

БІОЛОГІЯ І ЕКОЛОГІЯ

РІВЕНЬ СТАНДАРТУ



11

УДК 57(075.3)
О-76

Автори:

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

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

Видано за рахунок державних коштів. Продаж заборонено

Остапченко Л.І.

О-76 Біологія і екологія (рівень стандарту) : підруч. для 11-го кл. закл. заг. серед. освіти / Людмила Остапченко, Павло Балан, Тарас Компанець, Станіслав Рушковський. – Київ : Генеза, 2019. – 208 с. : іл.

ISBN 978-966-11-0990-1.

Підручник формує в учнів природничо-наукову компетентність за допомогою засвоєння системи інтегрованих знань про закономірності функціонування живих систем, їхній розвиток і взаємодію, здатність адаптовуватись. Розширено інформацію про профілактику неінфекційних, інфекційних, інвазійних захворювань, докладно висвітлено сучасні екологічні проблеми у світі та в Україні, шляхи їх подолання, а також визначено основні напрями реалізації біологічної безпеки. Підручник сприяє формуванню дослідницької компетентності учнів, що полягає у здатності до пошуку та засвоєння нових знань, набутті нових умінь і навичок, організації навчального процесу через ефективне керування ресурсами та інформаційними потоками.

УДК 57(075.3)

ISBN 978-966-11-0990-1

© 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 слід 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), уміщений 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, комунікативні здібності.

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, чи добре ви засвоїли матеріал.

НАВЧАЛЬНІ ПРОЕКТИ слугуватимуть формуванню навичок самостійної роботи, умінь пошуку потрібної інформації в додаткових літературних джерелах.

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

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!



ТЕМА 5. АДАПТАЦІЇ

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?

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 адаптовуватись – 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 змінами у будові та функціях як 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).

ФУНКЦІОНАЛЬНІ СИСТЕМИ – тимчасове об'єднання органів різних фізіологічних систем для забезпечення певної життєвої функції

- *Першого типу:* зміни молекулярного складу, біохімічних процесів у внутрішньому середовищі організму тощо
- *Другого типу:* зміни особливостей будови організмів, їхнього забарвлення, поведінки тощо

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 (біогеоценотичному) рівні адаптації забезпечують збереження видового різноманіття екосистем, їхньої цілісності, стійкості та здатності до саморегуляції.

Запам'ятаємо

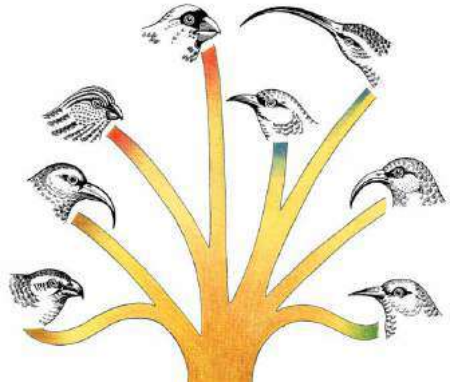
Хоч би на якому рівні організації живої матерії формувалися адаптації, вони насамперед спрямовані на підтримання гомеостазу біологічної системи: динамічної сталості її складу та властивостей.

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



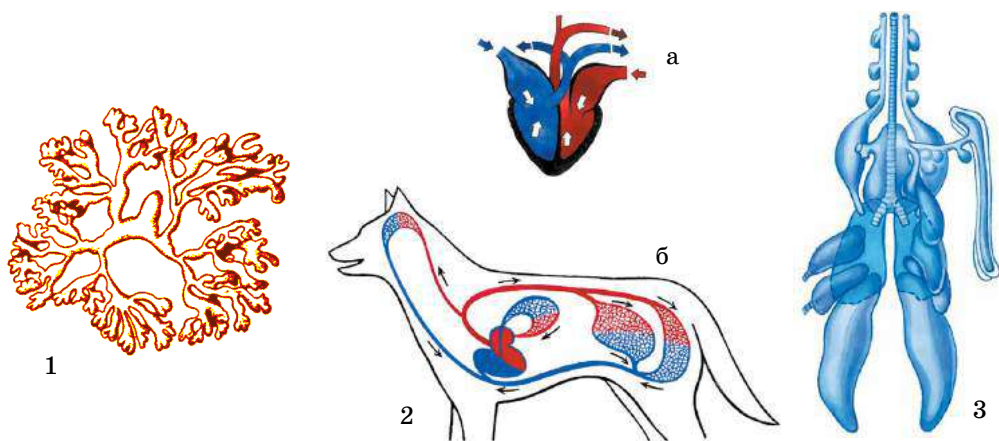
Ароморфози, пов'язані з підвищенням рівня організації, забезпечували адаптації до нових середовищ мешкання. **Ідіоадаптації** супроводжувались адаптаціями до конкретних умов опанованого раніше середовища і без змін рівня організації. Ви вже знаєте, що за допомогою ідіоадаптацій відбувається **адаптивна 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 виникали, також забезпечували кращу пристосованість до умов середовища, а не погіршували 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 галапоських 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)



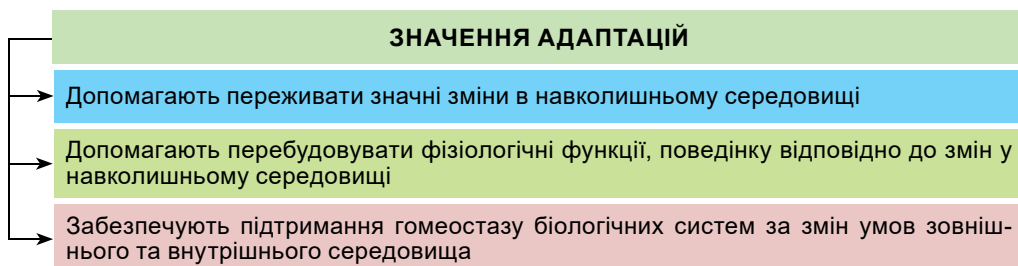
Мал. 1.4. *Визначте приклади ароморфозу, ідіоадаптації та загальної дегенерації:*
 1 – представник ракоподібних роду Дендрогастер, що паразитує в порожнині тіла морських зірок; 2 – чотирикамерне серце (а) та два кола кровообігу (б) ссавців;
 3 – повітряні мішки птахів

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



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

мірності ви неодноразово 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?

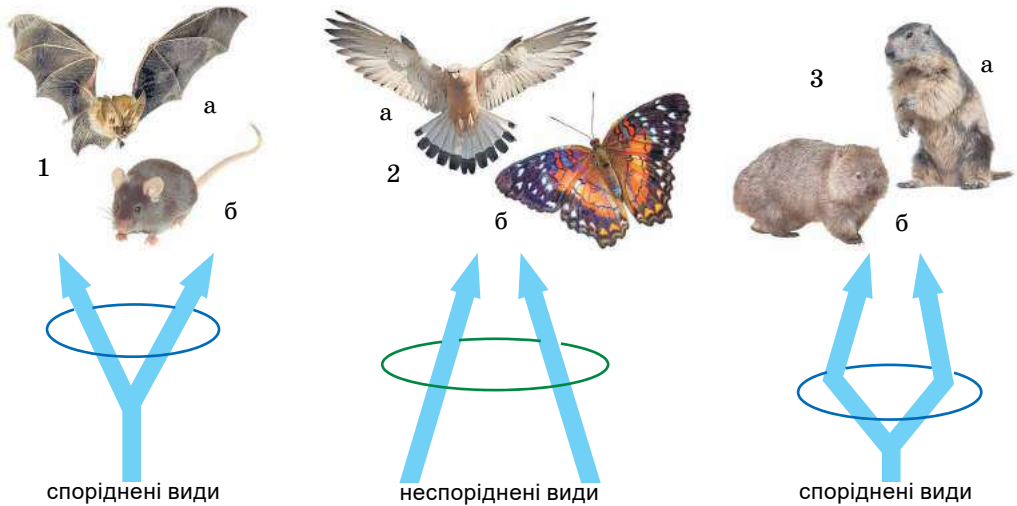
§2. ПРИНЦИП ЄДНОСТІ ОРГАНІЗМІВ І СЕРЕДОВИЩА ЇХНЬОГО МЕШКАННЯ

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. Основи концепції гомеостазу заклали 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 врівноважені. 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 XX 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 фізіолог **Іван Михайлович Сеченов (1829–1905)**: будь-який організм (рослинний або тваринний) є саморегульованим механізмом, від-

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

За різких 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 популяцій, які мешкають у різних частинах ареалу в різних умовах, можуть формуватися 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. Представникові родини Вовчі – песцю, мешканцю Заполяр'я, 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, у яких умовах реалізується спадкова інформація особини (мал. 3.1).

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 адаптуватися 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 (*мутаційна 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 поширитися 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 закріпитися 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 особливий нейрогормон, який виробляють нейросекреторні клітини головного мозку

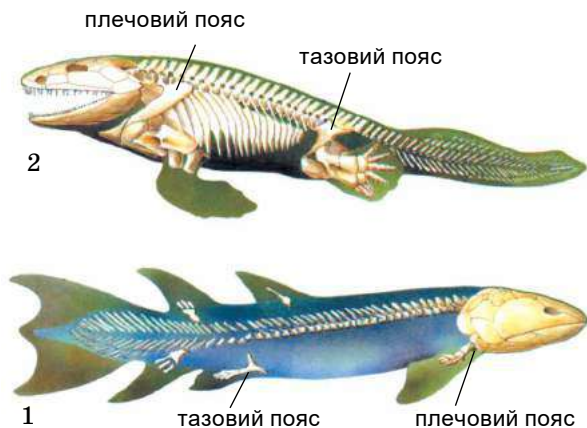


Значення преадаптацій у процесі формування адаптацій. Адаптації часто формуються на базі *преадаптацій* – властивостей або пристосовувані організмів певного виду, що потенційно можуть мати адаптивну цінність. Концепція преадаптації полягає в тому, що багато органів та адаптацій сформувалися, первинно 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 хребтних тварин з водойм до існування на суходолі був пов'язаний з певними преадаптаціями. Зокрема, скелет грудних плавців у риб посилювався 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).

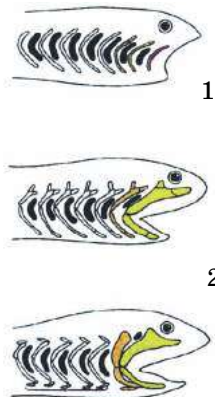
Термін «преадаптація» запропонував 1911 р. французький учений **Люсьєн Кено** (1866–1951). Під преадаптаціями він розумів такі особливості організмів, які виникають випадково (тобто внаслідок мутацій), але в подальшому набувають пристосувальної цінності. Але преадаптивний стан організму (або окремого 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. Запропонуйте свій варіант таких рослин.



Мал. 3.3. У кистеперих риб (1) у процесі еволюції 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 (2 – одна з перших наземних тварин – іхтіостега)

Мал. 3.4. Зяброві дуги початково виконували опорну функцію для зябер (1), але в щелепноротих хребтних передня пара зябрових дуг перетворилася на щелепи (2, позначені зеленим кольором), 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* – розтягую, подовжую) – 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 тварин 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 належать ці тварини)

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 сформувались. У разі зміни умов середовища адаптації можуть втрачати своє значення, й організм, 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 проявлятися у фенотипі окремих, гомозиготних за ним, особин. Це явище повернення ознак, пригнаних предкам, називають **атавізмом** (мал. 4.1).

- *Адаптації непостійні*: ті з них, які втратили своє значення, через певний час зникають, натомість можуть формуватися 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, дзижчальця 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. 4.1. У 2006 р. було виявлено дельфіна, який мав, окрім ласт (нормально розвиненої у всіх особин передньої пари кінцівок), ще й пару слабко розвинених задніх кінцівок (*завдання*: наведіть ще приклади атавізмів у тварин)



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

- *Добра адаптованість організмів до дії певного чинника не означає такої самої адаптованості до дії інших (правило відносної незалежності адаптацій)*. Так, лишайники, які можуть оселятися на субстратах, бідних на органіку (наприклад, скельних породах), переживати тривалі посуш-

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



ливі періоди або періоди несприятливих температур, дуже чутливі до забрудненості повітря.

● *Не існує видів, навіть з близьких систематичних груп (родів, родин, рядів тощо), ідентичних за набором своїх адаптацій.* Тобто кожен вид – мешканець певного середовища – має свій індивідуальний набір адаптацій до мешкання у своєму середовищі. 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 у будові не лише зубів, а й щелеп, жувальних м'язів тощо. **Запам'ятаємо:** отже, формування адаптації обмежене можливостями біосистеми до адаптаційних змін.

● *Ступінь адаптованості організмів до середовища мешкання не залежить від рівня їхньої організації:* наприклад, прокаріоти, організація клітин яких значно простіша, можуть досить ефективно пристосовуватися до переживання несприятливих умов (пригадайте утворення цист і



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 маскування від хижаків



Мал. 4.5. Приклад активного адаптування рослин до умов місцезростання: в рослини само-силу 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)

спор) та ефективного розмноження, якщо ці умови стають сприятливими.

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

Організми можуть адаптуватися до середовища мешкання *активно*, регулюючи власні процеси життєдіяльності залежно від змін умов довкілля. Наприклад, температура тіла птахів і ссавців як тепло-

кровних 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 змінюватися 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, сплячка їжаків або зимовий сон бурих ведмедів) може значно знижуватися температура тіла.



Це дає змогу зменшити витрати енергії на вироблення тепла (мал. 4.6, 1). Ще один приклад: цисти золотистої картопляної нематоди (мал. 4.6, 2) – небезпечного шкідника картоплі (покриви материнської особини слугують захистом для яєць і личинок) можуть зберігатись у ґрунті до 10 років.

Уникнення несприятливих змін умов існування (міграції та кочівлі деяких комах, риб, 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).

Мал. 4.6. Приклади пасивного адаптування організмів до змін умов середовища мешкання: 1 – зимова сплячка їжака; 2 – цисти золотистої картопляної нематоди

Мал. 4.7. Коли густота популяції сарани перелітної незначна, личинки та імаго (статевозрілі особини) мають зелене або коричневе забарвлення (1); така поодинокі форма не утворює зграй; якщо густота 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



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. 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*, це стверджує правило відповідності умов середовища мешкання генетичній визначеності організму). Прокаріоти мають лише одну молекулу ДНК у ядерній зоні (нуклеоїді), тому набір їхньої спадкової інформації відповідає гаплоїдному набору хромосом еукаріотів. 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 зі зміною їхньої активності. Зокрема, це стосується складу та



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

активності травних ферментів. На малюнку 5.1 зображено одного з найчарівніших денних метеликів нашої фауни – поліксену (1), занесеного до Червоної книги України. Гусінь цього метелика (2) може споживати листки рослин лише одного роду – Хвилівника. 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 концен-

трації 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.



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

Цікаво знати



У кишечнику людини можуть мешкати два види амєб: кишкова та дизентерійна. Кишкова амєба не завдає шкоди здоров'ю хазяїна. Дизентерійна амєба зазвичай живиться симбіотичними бактеріями та рештками їжі, теж не завдаючи шкоди хазяїнові. Але за певних умов (*пригадайте* яких) вона здатна виділяти ферменти, що руйнують стінки кишечника людини, та спричиняє захворювання дизентерією. Кишкова амєба таких ферментів не синтезує.



Мал. 5.3. Антарктична риба трематом-пістряк – приклад холодолюбної тварини з температурою тіла $-1,98^{\circ}\text{C}$. Дуже солонa вода може мати температуру замерзання нижчу за 0°C

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 послаблювались.

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 місцєиснувань. Наприклад, поява глікопротеїдних (сполуки, що складаються з білків і вуглеводів) і поліпептидних «антифризів» у морських кісткових риб надала їм змогу зберігати активність за від'ємних температур (мал. 5.3).

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

Запам'ятаємо

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

Основні напрями адаптацій на молекулярному рівні:

- 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 прокаріотів 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?

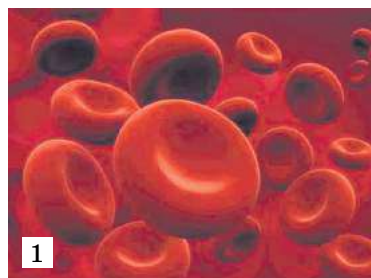
Адаптації, пов'язані з морфологічними змінами клітин. Функціонування будь-якої клітини залежить від взаємодії різних її структурних компонентів. Наведемо деякі приклади. Ви знаєте, що є одноклітинні еукаріоти, які можуть існувати як в аеробних умовах, так і в анаеробних.



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

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 трипаному. 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, змінюючи будову клітини, паразит адаптується до перебування в різних середовищах.



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 унеможливає здійснення в цих клітинах кисневого (аеробного) етапу енергетичного обміну. Тому дозрілий еритроцит ссавців задовольняє свої

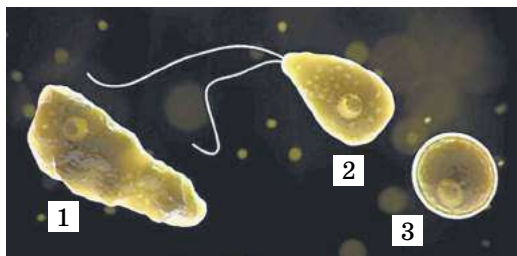
Мал. 6.2. Еритроцити хребтних тварин: 1 – ссавців (вони без'ядерні); 2 – жаб (зверніть увагу на наявність ядра)

обмежені енергетичні потреби лише за рахунок анаеробного гліколізу.

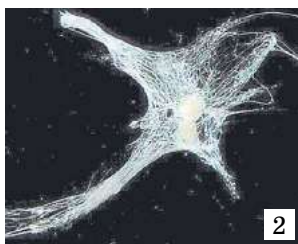
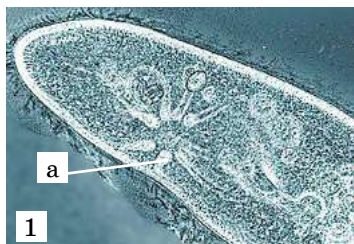
Цікавим прикладом зміни будови клітини одноклітинних еукаріотів залежно від умов мешкання є неглерія (мал. 6.3, 1) (*пригадайте*, до якого царства належить цей амебоподібний організм). Неглерії трапляються у прісних водоймах з підвищеною температурою води (+25...+30 °C), навіть у гарячих джерелах з температурою води до +45 °C. 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, і клітина перебудовується. У неглерії з'являються два джгутики, завдяки яким вона може швидко плавати. Таким чином 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*).



Мал. 6.3. Стадії життєвого циклу неглерії: 1 – амебоїдна (утворює одну псевдоподію); 2 – джгутикова; 3 – циста

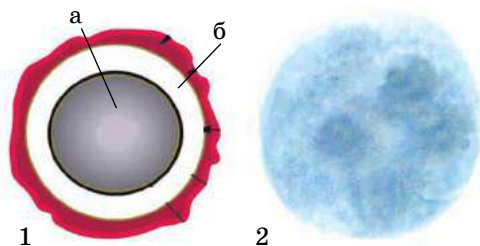


Мал. 6.4. 1. Скоротлива вакуоля (а) як адаптація до мешкання у прісних водоймах в інфузорії-туфельки. 2. У клітині прісноводної форамініфери пеломікси містяться тисячі скоротливих вакуоль

Важливою адаптацією багатьох прокаріотів є здатність формувати стадії спокою – спори та цисти. Спори вкриті щільнішою оболонкою (мал. 6.5, 1), ніж цисти, тому вони стійкіші до дії несприятливих умов середовища мешкання. Цисти прокаріотів 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, прокаріоти, 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

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



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

мешкати в ширшому діапазоні умов й еукаріотам. У клітинах багатоклітинних тварин за несприятливих умов може посилюватись інтенсивність процесів метаболізму, змінюватися будова плазматичних мембран, які забезпечують процеси транспортування 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 обмінів. Оскільки більшість процесів метаболізму в клітині відбувається з витратами енергії, основним напрямом адаптацій є підтримання синтезу молекул АТФ на рівні, потрібному для забезпечення 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 переживати 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 рефлексі? 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 при цьому можуть зачіпати будь-які рівні організації організму: клітини, тканини, органи, системи органів.

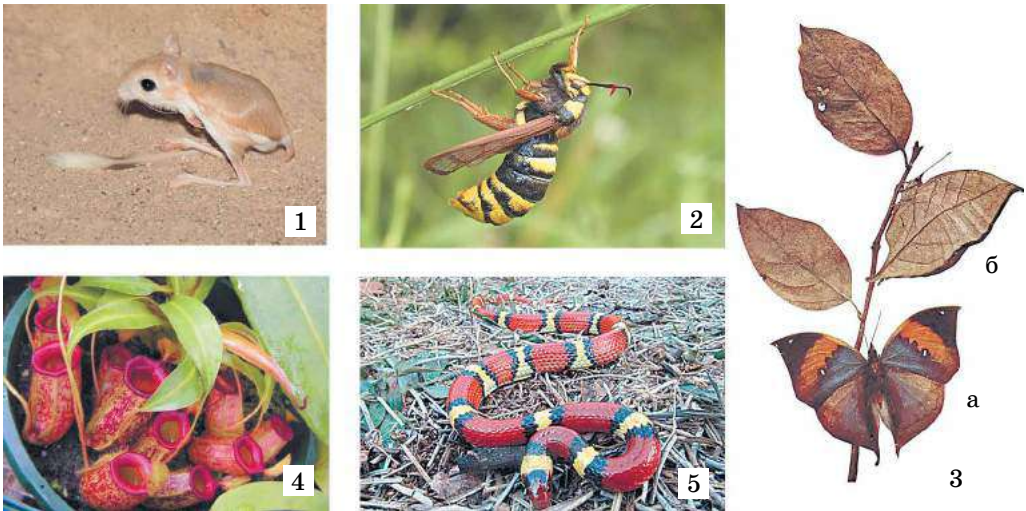
При цьому мобілізуються функціональні системи, сформовані раніше, й можуть наставати морфологічні зміни органів і систем органів. Ознакою досягнення певної адаптації організму є якісно новий його стан, для якого характерна підвищена стійкість до впливу несприятливих факторів та раціональне витрачання енергії.

Класифікація адаптацій на організмовому рівні. Адаптації, які формуються на організмовому рівні організації, забезпечують отримання потрібних ресурсів, дають змогу пристосовуватися до змін навколишнього середовища, ефективно захищатися від природних ворогів, розмножуватися, 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 (криптизм); 2 – неотруйний метелик скляниця велика тополева зовні нагадує осу (мімікрія); 3 – тропічний метелик каліма з розправленими крилами (а); зі складеними крилами (б) він нагадує листок (мімезія); 4 – ловильні листки комахоїдної рослини непентес нагадують квітки інших рослин, ними вона приваблює своїх жертв – комах; 5 – яскраво забарвлений кораловий аспід демонструє, що його укуси можуть виявитися 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 рослини або неїстівні предмети (мал. 7.2, 3). Своєрідну форму мімікрії спостерігають у рослин. Вона 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 потенційному ворогу про небезпечність контактів з ними.

● **Фізіологічні адаптації** 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 інтенсивності 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 на різних стадіях індивідуального розвитку. 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, система 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.

● Адаптації, потрібні для здійснення онтогенезу (індивідуального розвитку), можуть закріплюватись 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 розрізання шкаралупи в дитинчат крокодилів, черепах, пташенят; мал. 7.3).

● **Етологічні адаптації** пов'язані зі зміною поведінки особин. Ви пам'ятаєте, що поведінка тварин або людини пов'язана з реалізацією інстинктів (які становлять собою ланцюг



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

Мал. 7.4. Приклад етологічної адаптації: представники вищих раків – лангусти – 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



взаємопов'язаних безумовних рефлексів, спрямованих на здійснення певної життєвої функції: полювання на здобич, захист від ворогів тощо; мал. 7.4) та умовних рефлексів.

● 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.

Адаптації людини формуються за участі регуляторних систем – нервової та ендокринної. Завдяки їхній взаємодії регуляторні механізми стають



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

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 та 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. До висоти 2000 м над рівнем моря фізіологічні функції організму людини змінюються незначно, тоді як на висоті понад 4000 м їхні зміни 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. *дез* – відсутність та *адаптація* – пристосування). Він може спричинити розвиток різних патологічних станів і хвороб (наприклад, гірської хвороби в умовах високогір'я).



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

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 норми адаптивної реакції (див. с. 24).

Проте, 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 них, керувати своєю поведінкою відповідно до головних цілей діяльності. Вони також пов'язані з адаптаціями до мешкання в міському або сільському середовищі, до різних видів професійної діяльності тощо.

Для **психічної адаптації** 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.

Преадаптацією до навчального процесу може стати відвідання різноманітних дошкільних закладів освіти, розвивальних центрів тощо. Постадаптацією є навички самоосвіти, критичного мислення, уміння працювати в команді.

Важливим аспектом періоду навчання в загальноосвітніх навчальних закладах є **професійна орієнтація** учнів. Це є заporукою майбутньої успішної професійної діяльності та високої працездатності, досягнення успіхів у дорослому житті.



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

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 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.

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.

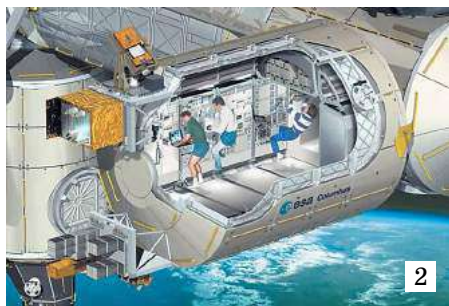
Під час розумової праці адаптивний характер мають зміни діяльності нервової системи, такі як процеси збудження та гальмування. Вони, у свою чергу, впливають на функціонування інших систем органів і функціональних систем. Після завершення розумової праці збудження нервових центрів, пов'язаних зі здійсненням 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, порушеній унаслідок стресу, та інших систем органів, які забезпечують гомеостаз організму.

Розумова праця часто супроводжується гіподинамією – низькою руховою активністю. Тому протягом робочого дня потрібно влаштовувати періодичні короткочасні 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 елементом 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,



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

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). Для адаптації до таких ситуацій важливо мати навички 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 організовуватися 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). Ці фармакологічні препарати, проникаючи 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.



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

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 до дії біологічних й соціальних чинників? 2. Що таке дезадаптація? 3. Яка роль функціональних резервів організму у формуванні адаптацій? 4. Які особливості адаптацій до навчання у школі? Що може стати преадаптацією до співпраці у шкільному колективі? 5. Назвіть адаптації людини до здійснення фізичної та розумової праці. 6. 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? 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.

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 Євразії, 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.



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

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 неоднаковою.

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, заселяти 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 залишатись у популяції в гетерозигот і не проявлятися у фенотипі.

Запам'яємо

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 рефлекси. 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).

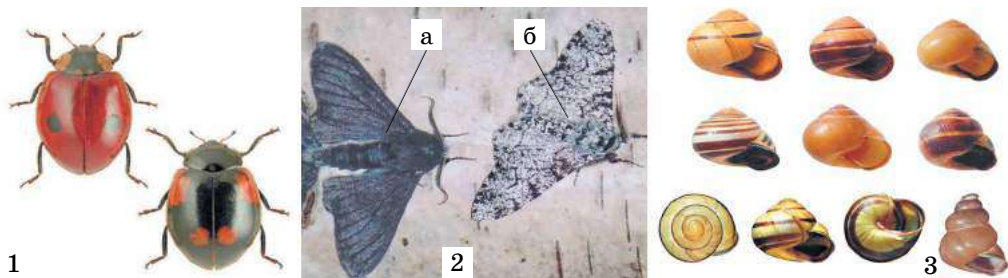
Друга група адаптацій – **популяційно-видові**, сформовані протягом існування окремих популяцій або історичного розвитку виду. Ці адаптації спадково закріплені на молекулярно-генетичному рівні. У тварин такі

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, у конкретних умовах його існування, такі адаптації, що дають 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 й зростанням її чисельності, а й з підтриманням густоти популяції на оптимальному 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 алелів 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 (ди-



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 черепаха 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

зруптивного) 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 місцеіснувань, 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 популяцій? 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 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?

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 як мешкати у ґрунті, споживаючи органічні рештки, так і паразитувати в кишечнику людини. Це свідчить про широкий спектр адаптацій виду.

Різні екологічні ніші можуть бути притаманні й різним фазам життєвого циклу **гетеротопних організмів**, у яких частина життєвого циклу проходить у воді, а інша частина — у повітряному середовищі (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

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



формування нових ніш, чим забезпечується ефективніше використання ресурсів.

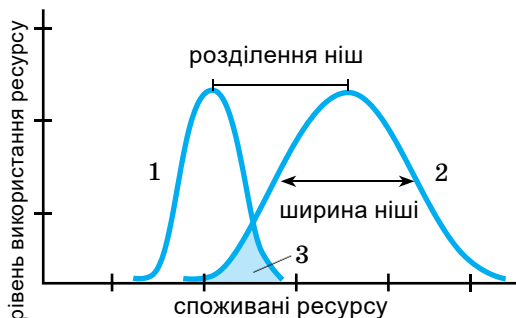
Характеристики екологічної ніші містять два виміри – ширину ніші та ступінь перекривання ніші із сусідніми (мал. 10. 2). Розширюватися або звужуватися екологічна ніша може через вплив інших видів. За відсутності тиску інших видів (конкурентів, хижаків, паразитів тощо) екологічна ніша може бути ширшою. 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, унеможливорює їхнє спільне існування в одній екосистемі.

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

Мал. 10.2. Графік, який ілюструє перекривання екологічних ніш двох видів, що мешкають в одному біогеоценозі: екологічна ніша виду 1 (1) вужча, 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



щів – 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 усієї доби).

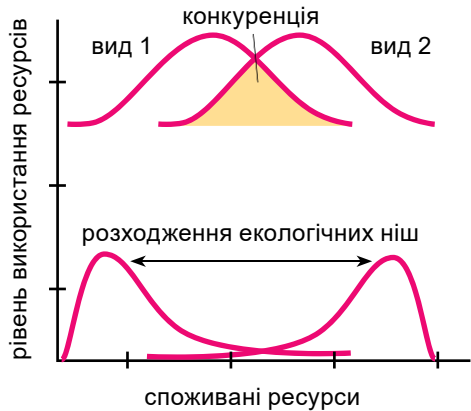
Розходження екологічних ніш двох видів з подібними екологічними вимогами може створити передумови для вселення в екосистему нового виду.

● **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 водночас знижує здатність виду пристосовуватися до нових умов, знижуючи його екологічну пластичність. Ми вже згадували про види-монофаги та поліфаги (див. 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 XX 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 пристосуватися до всього комплексу умов довкілля (*пригадайте* правило відносної незалежності адаптацій). На відміну від спеціалізованих видів (екологічно непластич-



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



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

них), екологічно пластичним видам притаманні неповні адаптації до дії окремих екологічних чинників. Це називають **адаптивним компромісом**.

Гіпотезу адаптивного компромісу запропонував відомий 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-попередники. Поступово в екосистемі починають 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 пластич-

Мал. 10.5. Приклади спеціалізованого (1) та неспеціалізованого (2) видів тварин: 1 – коала (представник сумчастих) мешкає 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 – снот-полоскун (ракун звичайний) – всеїдна тварина (поліфаг): якщо навесні та на початку літа снот 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 у різних країнах Європи та Азії

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

Ключові терміни та поняття

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

Перевірте здобуті знання



1. Що таке екологічна ніша? 2. Які організми називають гетеротопними? 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. 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 екосистеми, 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,

Мал. 11.1. Активний та пасивний способи полювання на здобич: 1 – гепард має струнке тіло з добре розвиненою мускулатурою та видовженими кінцівками; полює 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





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

популяція хижака регулює чисельність популяції здобичі. Але, активно виїдаючи особин популяції 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, жало комах тощо. У хижаків, які полюють із засідки, часто спостерігають маскувальне забарвлення (див. мал. 3.2), форму тіла, що нагадує об'єкти навколишнього середовища, тощо (наведіть приклади).

У здобичі адаптації спрямовані на те, щоб утекти від хижака, уникнути зустрічі з ним, стати непомітною, неїстівною 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, вироб-



Мал. 11.3. Адаптації тварин до подолання захисту рослин: 1 – верблюда колючка звичайна має довгі колючки (до 3 см завдовжки), але й вони не захищають цю рослину від виїдання верблюдами. Гусінь метелика данаїда хризипп (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

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 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)



лення 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).

Запам'ятаємо

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

Наведемо й інші приклади коеволюції 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, нектарниця 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. Такі квітки запилюють самці комах відповідних видів, які приймають 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 пилок 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.

Деякі комахи-запилювачі мають хоботок. Його довжина відповідає глибині оцвіттини квіток видів рослин, які ці комахи запилю-



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

ють. 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 екосистеми, 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 різноманітним життєвим форм.

Ключові терміни та поняття

коеволюція, коадаптація.

Перевірте здобуті знання



1. Що характерно для формування адаптацій на екосистемному рівні організації живої матерії? 2. У чому полягають коадаптації популяцій 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.

Поміркуйте



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

Творче завдання



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

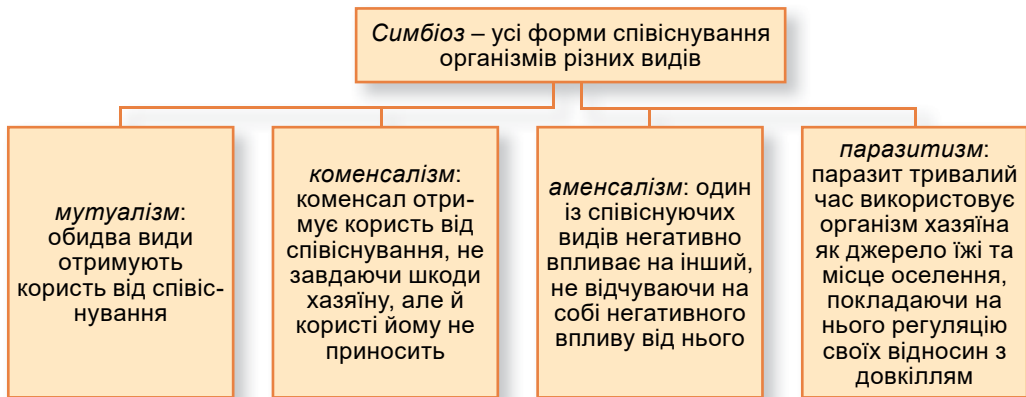
§ 12. СИМБІОЗ ТА ЙОГО ФОРМИ

Пригадайте, які є середовища мешкання організмів. Що таке коеволюція, 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 симбіонтами, можуть бути нейтральними або шкідливими для одного та корисними для іншого, або є корисними для обох видів.

Симбіоз може базуватися 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 коеволюції, під час якої обидва види мають адаптуватись один до одного. Є чотири основні форми симбіозу (мал. 12.1).

Мутуалізм (від лат. *мутуус* – взаємний) – обопільно вигідне і взаємозалежне співіснування двох організмів різних видів. У деяких випадках जोден 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 актиній 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 мутуалістич-



Мал. 12.1. Форми симбіозу

них 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.

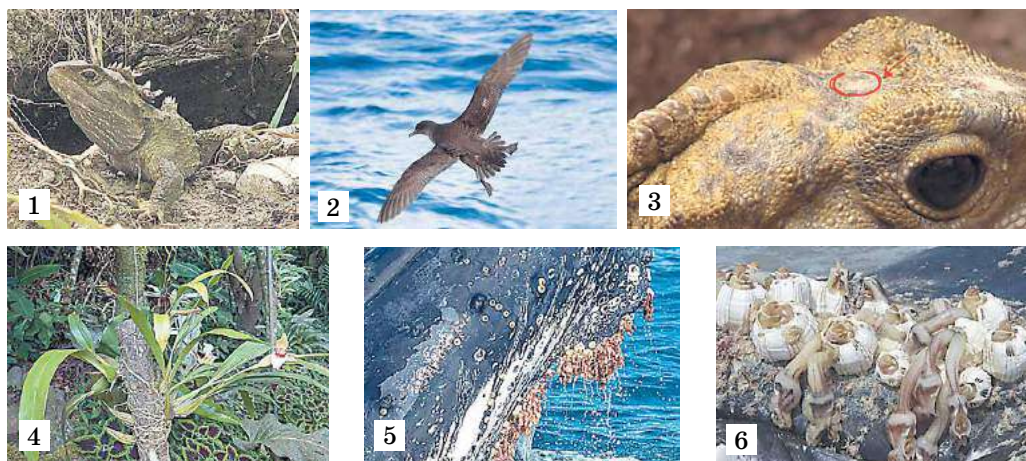
Коменсалізм (від лат. *ком* – разом та *менса* – стіл, трапеза) – форма симбіозу, за якої один з партнерів системи (коменсал) покладає на іншого (хазяїна) регуляцію своїх відносин із зовнішнім середовищем, але не вступає з ним у тісні взаємозв'язки (мал. 12.3). Основою для коменсалізму можуть бути як трофічні відносини (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 (*квартирантство*).

Співіснуючи з організмом хазяїна, коменсал отримує від цього односторонню користь. Присутність коменсалу для хазяїна залишається звичай байдухою. 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



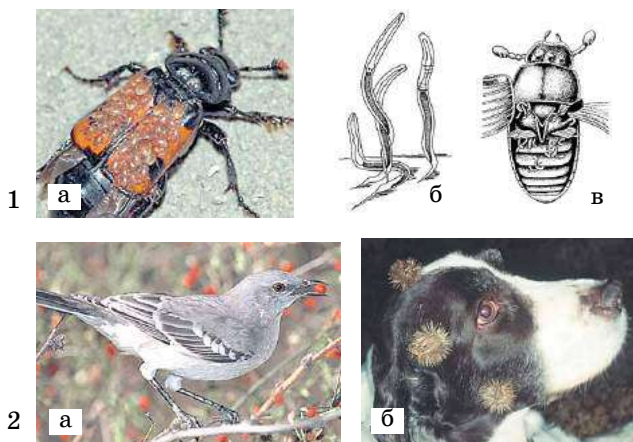
Мал. 12.2. Приклади мутуалізму: багатоджгутикові одноклітинні еукаріоти (1), оселяючись в організмі комах (2), які споживають деревину, виробляють ферменти, без яких їхні хазяї самостійно не здатні перетравлювати їжу; 3 – дорослі особини актинії роду Адамсія можуть існувати лише на черепашках раків-самітників; 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

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: близькість до джерела світла підвищує ефективність фотосинтезу. Але за дуже рясного оселення орхідеї можуть завдавати дереву певної шкоди. Так само шкодити хазяїну можуть і 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.



Мал. 12.4. 1. Приклад форе-зії: а – кліщі використовують жука-гробарика як своєрідний транспортний засіб, але не живляться за його рахунок; б – нематоди набувають специфічної пози, очікуючи на жука; в – нематоди на тілі жука. 2. Приклади зоохорії: а – соковиті стінки плоду приваблюють птахів; б – сухі плоди часто мають вирости у вигляді гаччків, шипів тощо, за допомогою яких чіпляються до тіла тварин

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). *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: кінська аскарида 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, у процесі коеволюції можуть переходити одне в одне. Відомі випадки, коли відносини між паразитами та їхніми специфічними хазяями згодом втрачали свою гостроту і перетворювалися на коменсалізм. Наприклад, серед сисунів-парамфістоматид (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.



Мал. 12.5. 1. Аскарида кінська. 2. Деляфондія

Запам'ятаємо

Різні форми симбіозу є категоріями динамічними, які в процесі коеволюції видів можуть трансформуватися 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?

Поміркуйте



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? У чому полягає явище молекулярної мімікрії?

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 (гніди) (2) вона приклеює секретом особливих залоз до волосин

Паразитам та їхнім хазяям притаманна тривала коеволюція, у ході якої паразити набувають вузької спеціалізації, як-от, 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, 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.

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 (мал. 13.2). 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 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 в пошуках придатних для існування тканин і органів, під час яких більшість з них гине.

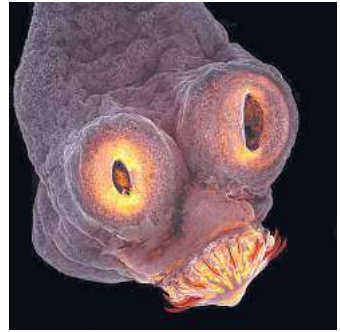
Хазяїн за допомогою різноманітних захисних реакцій намагається позбутися паразитів. Так, бар'єром на шляху проникнення паразитів в організм хазяїна слугують його покриви: шкіра та слизові оболонки. Проникнення паразита всередину організму спричиняє низку захисних реакцій: зокрема, активізується клітинний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

Типи адаптацій паразитів. Найпомітнішими адаптаціями паразитів є морфологічні: напри-



Мал. 13.2. Представник ракоподібних – цимотова, або язикова мокриця, – оселяється в ротовій порожнині риб. Паразит живиться кров'ю й через недостатнє кровопостачання спричиняє атрофію язика риби. Але хазяїн адаптується до присутності паразита, використовуючи його тіло як язик під час ковтання їжі

клад, 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.



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

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.

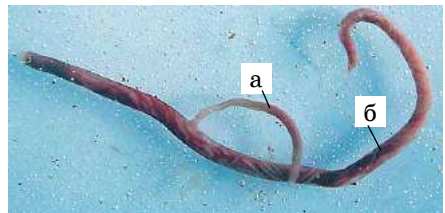
До *регресивних* (від лат. *regressus* – зворотний рух) морфофізіологічних адаптацій належать редукція органів опорно-рухової системи, спрощення будови нервової системи та органів чуття тощо.

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, часто здатними до самозапліднення. У роздільностатевих видів формуються адаптації для забезпечення надійності зустрічі партнерів. Зокрема, у нематод сингамусів (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 статевого отвору.

Деякі паразити (наприклад, личинки трихінели) 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 слонкової хвороби людини), що передаються



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



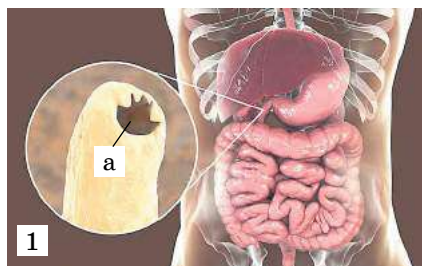
Мал. 13.5. Вухерерія та лоа – нематоди, які паразитують у людини; їхніх личинок переносять кровосисні комахи: 1 – личинка лоа серед еритроцитів людини; 2 – личинок лоа переносять гедзі (2), а личинок вухерерії – кровосисні комарі (3); 4 – прояв в людини слонової хвороби, спричиненої паразитуванням вухерерії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



кровосисними комарами, з'являються в периферичній крові людини лише надвечір або вночі. Натомість личинки іншого виду нематод – лоа – мігрують у периферичну кров удень, оскільки їхні проміжні хазяї – гедзі – активні саме в цей час (мал. 13.5).

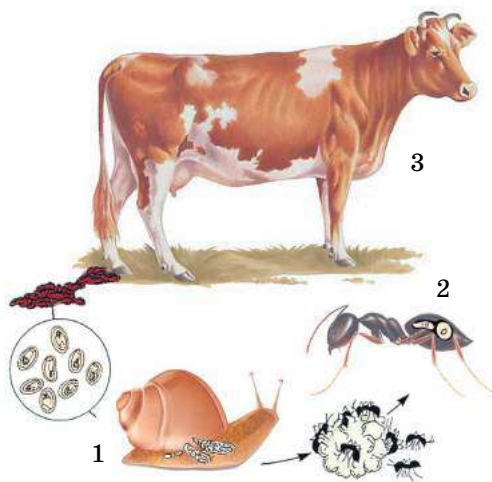
Життєві цикли паразитичних видів є адаптаціями до їхнього поширення та інвазування нових особин хазяїв. Зокрема, таку функцію здійснюють личинки, здатні до активного розселення, або проміжні чи остаточні хазяї, що беруть на себе функцію поширення паразитів. На малюнку 13.6 наведено один зі способів зараження 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 травоядних тварин (зрідка – 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 головний мозок комахи й змінює її поведінку: удень 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



Мал. 13.6. Анкілостома, або кривоголовка дванадцятипалої кишки, – паразит кишечнику 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 молюск (перший проміжний хазяїн); 2 – мурашка (другий проміжний хазяїн); 3 – травоядна тварина (остаточний хазяїн)



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. Що характерно для паразитизму як особливої форми 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?

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.

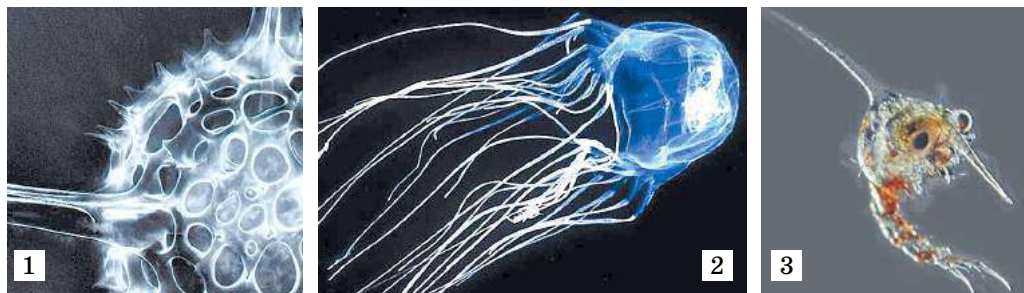
§ 14. АДАПТАЦІЇ ОРГАНІЗМІВ ДО УМОВ ВОДНОГО СЕРЕДОВИЩА МЕШКАННЯ

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 вирости 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



Мал. 14.1. Представники планктону: 1 – радіоларії 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, у поверхневому шарі їхньої цитоплазми містяться жирові включення, що зменшують щільність клітини; 2 – медуза «морська оса»; уміст води в медузах може становити до 98 %; 3 – личинка вищих раків має виріст на панцирі, який збільшує площу поверхні тіла

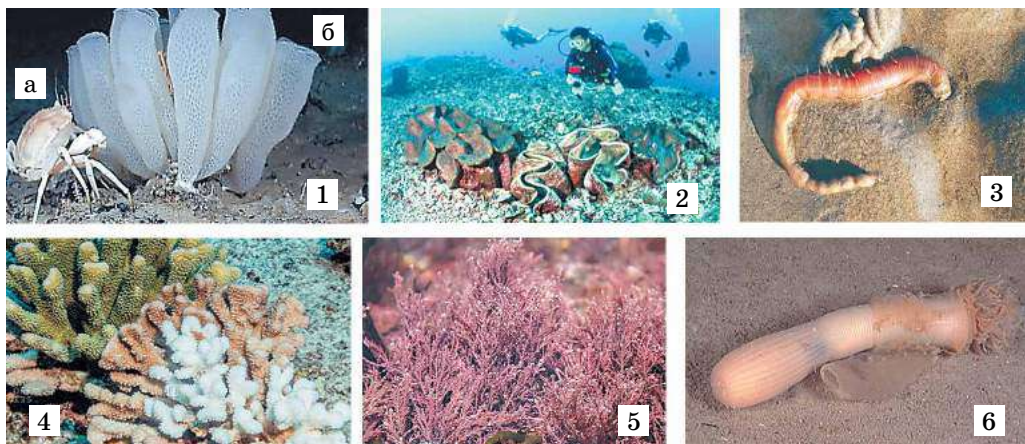
товщі води. Їхніми адаптаціями є обтічна форма тіла і добре розвинені органи руху (мал. 14.2). Покриви представників нектону часто вкриті слизом, що зменшує тертя при пересуванні у водній товщі. Наявність у багатьох риб плавального міхура, заповненого газом, дає їм змогу з мінімальними витратами енергії 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, багатоцетинкові черви, двостулкові та деякі інші молюски, вусоногі раки, краби, омари, голкошкірі, деякі водорості, ціанобактерії, бактерії тощо. Ці організми мають адаптації до прикріплення до 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). Представники



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



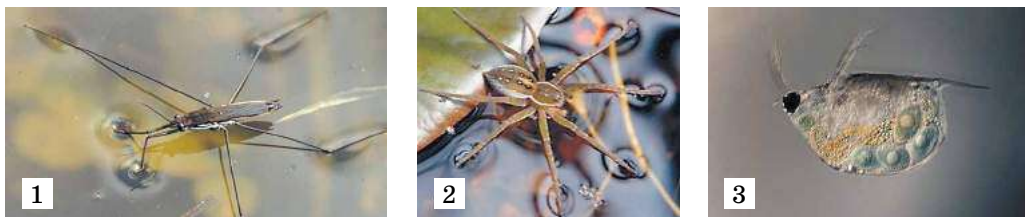
Мал. 14.3. Представники бентосу: 1 – золотий глибоководний краб (а) поруч з морськими скляними губками (кошик Венери) (б); 2 – найбільший двостулковий молюск велетенська тридакна, довжина черепашки якого сягає 1,2 м, а маса – понад 200 кг, живе близько 100 років; одна з перлин, утворених цим молюском (так звана перлина Аллаха) мала масу 6,4 кг; 3 – піскожил мешкає у морському ґрунті, у 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 коралові поліпи 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 – двостулковий прісноводний молюск дрейсена (трикутниця) може обростати різні гідротехнічні споруди, заважаючи їхній нормальній експлуатації; 2 – завдавати шкоди людині можуть і обростання, утворені водоростями

перифітону, так само як і бентосу, розселяються 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 (мал. 14.5). Їхнє життя пов'язане з поверхневою плівкою



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



Мал. 14.6. Амфібіонтні організми: 1 – тритон гребінчастий належить до хвостатих амфібій, 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 молюска ампулярії мантийна порожнина розділена перетинкою на дві частини: одна містить зябру, яка забезпечує дихання розчиненим у воді киснем, інша – слугує легенею, що забезпечує використання атмосферного кисню

води. До нейстону належать клопи-вodomірки, 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-вodomірки, деякі види павуків). Інші організми підвішуються до водної плівки знизу (наприклад, личинки комарів, деякі ракоподібні, молодь риб).

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).

Екологічні фактори, які відіграють провідну роль у водному середовищі. Різні зони Світового океану різняться за характером дії екологічних факторів, головними з яких є температу-



Мал. 14.7. Явище біолоюмінесценції: 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

ра, 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). Гідробіоти, які мешкають у континентальних водоймах, зазвичай стійкіші до коливань температури води порівняно з мешканцями морів. Для теплолюбних видів гідробіотів 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 здат-

ність 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 карбонатом, 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 покриттям та особливостям функціонування органів виділення).

Зміна інтенсивності освітленості, температури, вмісту солей, газів тощо може спричинити вертикальні міграції організмів. 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 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, дводишна риба – африканський протоптер (мал. 14.8, 2), може закопуватись у мул на глибину до 1 м й 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.



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

Ключові терміни та поняття

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



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?



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?

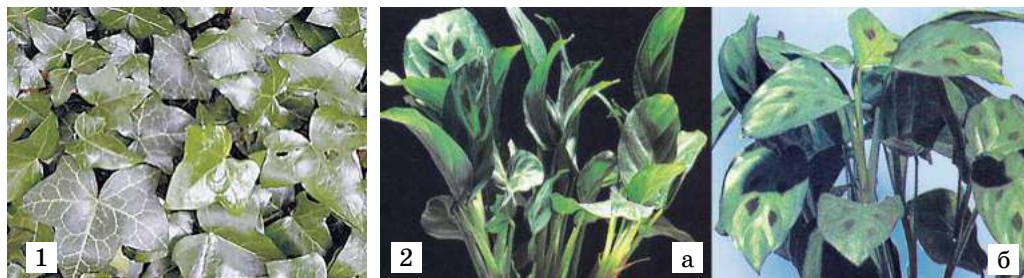
Провідна роль серед абіотичних факторів наземно-повітряного середовища належить освітленості, температурі та вологості.

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 пагони з укороченими міжвузлями й сильно розгалужені, листки зазвичай дрібні або із розсіченими листовими пластинками, укриті 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).

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



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

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



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 **кріофілами**, 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 можуть рухатися по снігу навіть при $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$; мал. 15.3, 1).

Термофіли, або **теплолюбні види**, мешкають за високих температур (до $+50\text{ }^{\circ}\text{C}$, іноді вище) навколишнього середовища (наприклад, археї тропічних лісів, пустельні жуки чорнотілки, мал. 15.3, 2). Їхні адаптації пов'язані з особливостями будови білків та інших макромолекул, 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 орга-



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 від пізньої осені до ранньої весни, під час відлиг утворюють скупчення на снігу; чорне забарвлення дає змогу ефективно поглинати сонячне тепло, підвищуючи температуру тіла; 2 – жуки чорнотілки роду Стенокара – мешканці спекотної пустелі Наміб; під час туманів ці комахи конденсують вологу на поверхні тіла, яка у вигляді краплин стікає до ротового отвору





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

нізмі 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 волосяного чи пір'яного покриву, діаметра капілярів шкіри,

випаровування поту, транспірація у рослин, розподіл прошарків жиру в тварин тощо). (Наведіть ще приклади механізмів терморегуляції у тварин.)

У **теплокровних**¹, або **гомойотермних**, тварин (ссавці, 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 пойкилотермних тварин пов'язані зі зміною поведінки: додаткову кількість тепла вони можуть отримати від інфрачервоного випромінювання, що надходить до поверхні Землі у складі сонячного спектра, виповзаючи на місця, що добре прогріваються (мал. 15.4).

● Адаптації тварин до існування в певних температурних умовах позначаються на особливостях їхньої будови. Так, згідно з **правилом Аллена** (його сформулював американський зоолог Дж. Аллен у 1877 р.) у **гомойотермних тварин Північної півкулі розміри частин тіла, що виступають** (вуха, хвости тощо), **збільшуються у напрямку поширення з півночі на південь**. Це пов'язано з тим, що в умовах жаркого клімату більші вуха, хвости 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, вони менше віддають тепла у довкілля і відповідно менше витрачають енергії для підтримання сталої температури тіла (мал. 15.5, 2).

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.

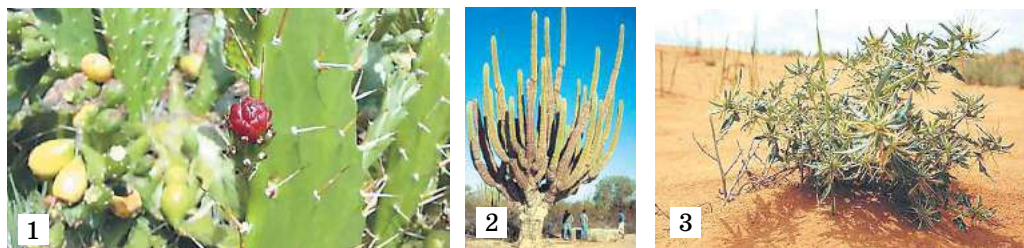


Мал. 15.5. 1. Полярна лисиця (а) та пустельна лисиця фенек (б). 2. У вовків, що мешкають на Таймирі (а), тіло завдовжки до 137 см, а маса – до 49 кг; натомість вовки – мешканці Монголії (б) – мають тіло завдовжки до 120 см і масу до 40 кг

Деяким видам гомойотермних тварин притаманна **гетеротермія**: у несприятливі періоди року вони можуть впадати у сплячку або стан зимового сну, 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 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 °С 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, верблюда колючка), що допомагає добувати 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, верблюда 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 **суккулентами**. Багаторічні трав'янисті рослини здатні переживати посушливий період у

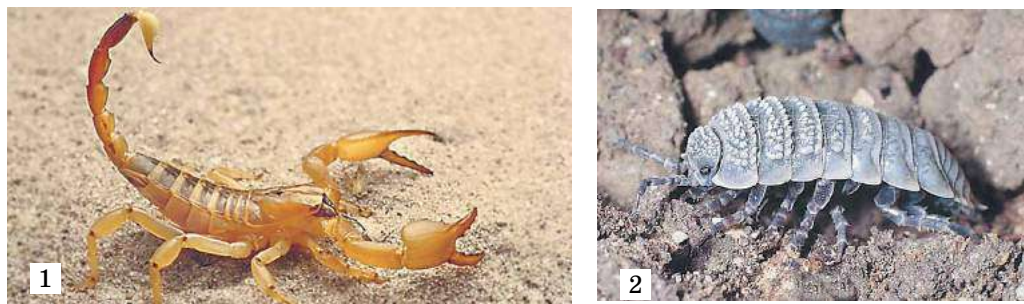


Мал. 15.6. Адаптації посухостійких рослин до зростання в посушливих умовах: 1 – кактус опунція, як й інші кактуси, накопичує вологу у своєму стеблі; 2 – кактус карнегія велетенська здатний запасати більш як 3 т води; 3 – верблюжа колючка – представник склерофітів

вигляді видозмінених підземних пагонів (кореневищ, цибулин, бульбоцибулин тощо), тоді як їхня надземна частина відмирає. Деревя 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 добувати 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).

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 черевоногих молюсків.



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 води 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 рослин

Фізіологічні адаптації пов'язані з особливостями життєвих функцій тварин. Так, багато мешканців посушливих місцевостей здатні до утворення метаболічної води завдяки окисненню запасів жиру (верблюда, 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, а 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. 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 місцевостей 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.

Ключові терміни та поняття

гомойотермні 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



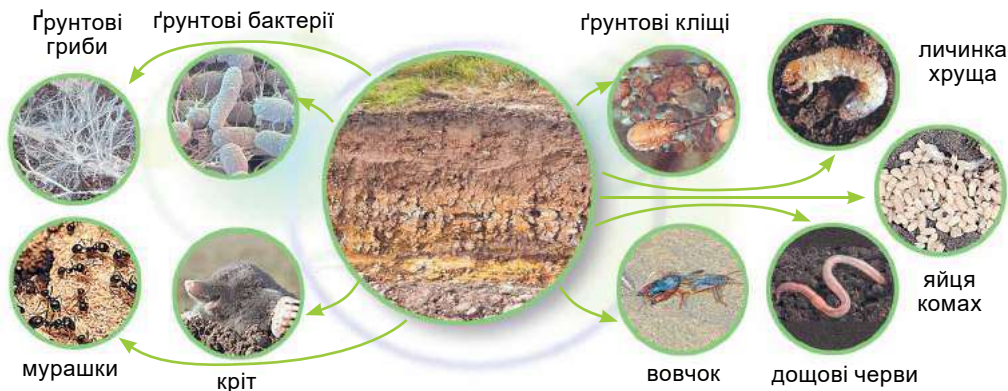
Чому тремтіння ссавців та людини під час переохолодження має адаптивне значення?

§ 16. АДАПТАЦІЇ ОРГАНІЗМІВ ДО ҐРУНТОВОГО СЕРЕДОВИЩА. ФОРМУВАННЯ ЖИТЄВИХ 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 болотних ґрунтах переважають органічні речовини, у чорноземах – співвідношення мінеральних та органічних речовин приблизно однакове, а в каштанових ґрунтах і сіроземах більше мінеральних сполук. Значні запаси органічних речовин (гумусу) у ґрунті створюють кормову базу для різноманітних груп організмів.

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



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

Склад ґрунтового повітря значно відрізняється від атмосферного: вміст вуглекислого газу в ньому у 10–100 разів вищий, а вміст кисню дещо нижчий. Кисень здебільшого надходить у ґрунт з атмосферного повітря завдяки дифузії, 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 підстилці 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 здійснюють основні ланки процесу ґрунтоутворення: синтез і руйнування органічної речовини, вибіркове накопичення біологічно важливих хімічних елементів, руйнування й новоутворення мінералів, міграцію речовин ґрунтом.



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 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

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 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, 15.7.2). 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.

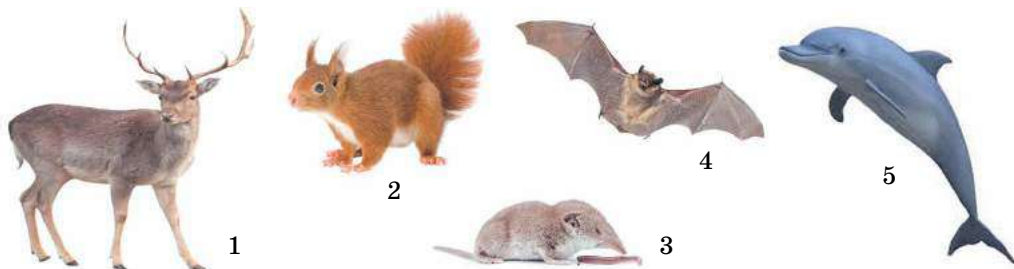
Життєві форми як одиниці екологічної класифікації організмів. Унаслідок тривалого адаптування до певних умов мешкання та певного способу життя у представників різних систематичних груп організмів формуються певні типи життєвих форм.



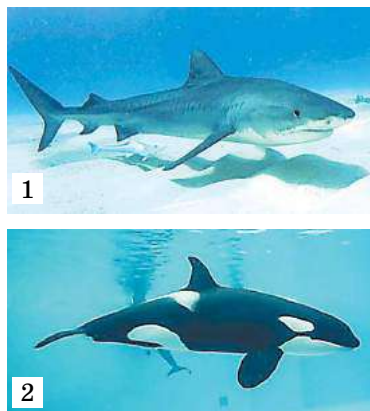
Мал. 16.3. Вступаючи у мутуалістичні відносини з рослинами і формуючи мікоризу, гриби підвищують ефективність їхнього мінерального живлення

Запам'ятемо

Життєва форма – схожа морфоекологічна 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.



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)



Мал. 16.5. Морські хижаки, здатні активно переслідувати здобич: 1 – тупорила акула (клас Хрящові риби; ряд Кархариноподібні); 2 – косатка (ссавець, що належить до ряду Китоподібні)

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 здатні до активного плавання, мають видовжене обтічне тіло (мал. 16.5).

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 виникнення 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, у різних частинах свого ареалу дорослі рослини одного виду можуть належати до різних життєвих форм. Наприклад, певні види ялини або сосни в умовах високогір'я або півночі часто набувають вигляду чагарників. Різні життєві форми липи серцелистої можуть траплятися навіть в одному фітоценозі. За сильного затінення, на дні ярів, схилах формується пригнічена форма липи – куцоподібний сланик. Такі особини липи не утворюють квіток, заввишки не перевищують 4 м і формують підлісок. Те саме притаманне й черемсі звичайній.

Є різні варіанти класифікації життєвих форм рослин. Одну з них розробив ботанік І. Серебряков. У ній виділення відділів базується на структурі надземних осей (деревні, напівдеревні та трав'янисті рослини), типів – на відносній тривалості життя надземних осей (у відділі деревних) або на тривалості життя рослин загалом (у відділі надземних трав'янистих рослин).

Відділ А. Деревні рослини. Типи: І. Дерева. ІІ. Чагарники. ІІІ. Чагарнички (відрізняються від чагарників меншими розмірами та меншою тривалістю життя).

Відділ Б. Напівдеревні рослини. Типи: ІV. Напівчагарники (відрізняються від чагарників тим, що їхні стебла дерев'яніють лише в багаторічній нижній частині, від якої щорічно відростають однорічні трав'янисті пагони) та напівчагарники (займають проміжне положення між деревними та трав'янистими рослинами, мають низькі стебла та напівдерев'янілі пагони).

Відділ В. Наземні трави. Типи: V. Полікарпічні трави (протягом життя цвітуть і плодоносять багато разів). VI. Монокарпічні трави (одно- чи дворічні рослини, які протягом життя цвітуть і плодоносять один раз, після чого відмирають).

Відділ Г. Водні трави. Типи: VII. Земноводні трави (рослини, які здатні рости як у воді, так і на суходолі). VIII. Плаваючі та підводні рослини (плавають на поверхні води або повністю занурені у воду).

Завдання: з допомогою вчителя або вчительки, використовуючи літературні та інтернет-джерела, наведіть приклади рослин, які належать до різних життєвих форм.

Отже, у процесі історичного розвитку різні групи організмів опановували певні екологічні ніші в різних середовищах мешкання, унаслідок чого в них сформувалися різноманітні життєві форми. У представників певної життєвої форми, які належать до різних систематичних груп, змінюються лише певні органи, насамперед ті, які контактують з довкіллям (наприклад, передні кінцівки тюленів і китоподібних, які забезпечують пересування у воді, перетворилися на ласти), тоді як загальний план будови організмів залишається незмінним. Аналіз життєвих форм організмів дає змогу встановлювати адаптивні зміни організмів, пов'язані з особливостями їхнього середовища мешкання.

Ключові терміни та поняття

життєві форми організмів.

Перевірте здобуті знання



1. Чим характеризується ґрунтове середовище мешкання? 2. Завдяки яким особливостям тварини – мешканці наземно-повітряного середовища – знаходять у ґрунті умови для переживання несприятливих періодів? 3. Що таке жива речовина ґрунту? 4. Чому формування певних життєвих форм організмів ґрунтується на процесі конвергенції?

Поміркуйте



Чому життєві форми вважають одиницями екологічної класифікації?

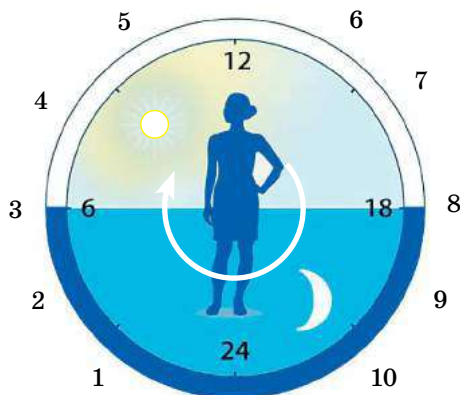
§ 17. АДАПТИВНІ РИТМИ БІОЛОГІЧНИХ СИСТЕМ РІЗНОГО РІВНЯ ОРГАНІЗАЦІЇ

Пригадайте, що таке нейрогормони, діапауза. Як функціонує гіпоталамо-гіпофізарна система? Яке її біологічне значення?

Адаптивні біологічні ритми як загальнобіологічне явище. Ви вже знаєте, що обертання Землі навколо Сонця та власної осі зумовлює зміни світлового режиму, температури, вологості повітря тощо. Живі істоти для нормального існування мають пристосовуватись до періодичних змін інтенсивності дії екологічних факторів та їхніх комплексів. Це зумовлює формування в них **адаптивних біологічних ритмів**.

Природні ритми організмів поділяють на **внутрішні** (пов'язані зі змінами інтенсивності власних процесів життєдіяльності) та **зовнішні** (спричи-

Мал. 17.1. «Біологічний годинник» людини: 1 – глибокий сон; 2 – низька температура тіла; 3 – виділення кортизолу (гормону кори надниркових залоз, що регулює вуглеводний обмін та бере участь у стресових реакціях); 4 – підвищення артеріального тиску; 5 – підвищена активність; 6 – краща координація дій; 7 – час швидких реакцій; 8 – найвища температура тіла; 9 – найбільш високий артеріальний тиск; 10 – секреція мелатоніну (гормон епіфіза; передає інформацію про світловий режим навколишнього середовища в організм; підвищення його концентрації готує організм до переходу в стан спокою)



нені змінами умов існування). Такі важливі життєві функції організму, як ріст, розвиток, розмноження, завдяки адаптивним біологічним ритмам здебільшого припадають на найбільш сприятливі періоди.

Внутрішні, або ендогенні, біологічні ритми часто пов'язані з явищем **біологічного годинника** – здатності організмів реагувати на плин часу (мал. 17.1).

Механізми «біологічного годинника» базуються на чіткій періодичності фізико-хімічних процесів, які відбуваються в клітині. Здатність організмів «вимірювати» час дає їм змогу добре пристосовуватися не лише до змін інтенсивності дії екологічних чинників протягом доби, а й до складніших геофізичних циклів у природі.

Цікаво знати



Ритм «біологічного годинника» можна коригувати, штучно змінюючи чергування світлого та темного періодів доби таким чином, щоб її тривалість була дещо коротшою ніж 24 години. Але біологічний годинник може тривалий час досконало функціонувати й без впливу зовнішніх чинників.

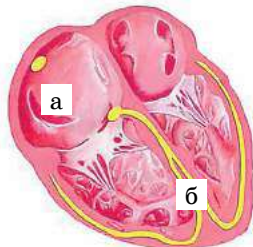
У багатоклітинних тварин внутрішні біологічні адаптивні ритми пов'язані зі спеціалізованими клітинами – **пейсмеркерами** (від англ. *пейс-меркер* – водій ритму). Ці клітини здатні генерувати й підтримувати коливання, які передаються провідними шляхами іншим клітинам і зумовлюють їхні біологічні ритми (мал. 17.2). Найпростіші пейсмеркерні механізми виявлено навіть у гідри, у якої періодичні скорочення тіла регулюються залежно від інтенсивності освітленості.

Запам'ятаємо

Внутрішні, або ендогенні, ритми біологічних систем пов'язані зі змінами інтенсивності власних процесів життєдіяльності.

Зовнішні, або екзогенні, біологічні ритми пов'язані з періодичною зміною інтенсивності дії різноманітних чинників навколишнього середовища: освітленості, температури, вологості, припливів тощо. Відповідно розрізняють: добові, сезонні, річні, припливно-відпливні адаптивні біологічні ритми організмів та їхніх угруповань.

Добові ритми. Унаслідок обертання Землі навколо своєї осі двічі на добу змінюється освітленість, що спричиняє коливання температури, вологості та інших абіотичних чинників (винятком є лише полярні та приполярні регіони). Зокрема, сонячне світло визначає періодичність процесів фотосинтезу, випаровування води рослинами, час розкриття і закриття квіток тощо. Зміна дня і ночі впливає на перебіг різних функцій організму тварин: рухової активності, інтенсивності процесів обміну речовин тощо. У людини зареєстрована залежність від часу доби майже 300 життєвих функцій (див. мал. 17.1).



Мал. 17.2. Приклад структури, що виконує функції пейсмеркерів: ритмічні скорочення серця забезпечує синусно-передсердний вузол (а), розташований у ділянці правого передсердя; цей вузол – основний водій ритму – складається з невеликого числа серцевих м'язових волоконців; у цьому вузлі формується хвиля збудження, під впливом якої скорочується весь серцевий м'яз; ця хвиля поширюється провідною системою (б)

Добові ритми спостерігають і на рівні угруповань організмів. Прикладом цього є міграції зоопланктону: мільйони й мільярди дрібних тварин уночі пересуваються ближче до поверхні води, а вдень – опускаються вглиб. Разом із зоопланктоном мігрують і тварини, які ним живляться, а також більші хижаки, що споживають планктоноїдні види.



Одним з провідних факторів зовнішнього середовища, які впливають на біологічні ритми організмів, є **фотоперіод** (від грец. *фотос* – світло та *періодос* – окружність) – тривалість довжини світлового періоду доби. Це найстабільніший з екологічних факторів. **Реакція організмів на зміну тривалості фотоперіоду має назву фотоперіодизм.** Він тісно пов'язаний з «біологічним годинником», утворюючи досконалий механізм регулювання в часі життєвих функцій організму.

Явище фотоперіодизму притаманне всім групам організмів, але найбільш чітко виражене у видів, які живуть в умовах різких сезонних змін довкілля. В організмів – мешканців тропіків – ці реакції виражені не так чітко, але їх можуть зумовлювати зміни посушливих періодів і періодів тропічних дощів.

У рослин зміну тривалості світлового періоду сприймають листки. Там утворюються біологічно активні речовини (фітогормони), які впливають на різноманітні процеси їхньої життєдіяльності (цвітіння, листопад, проростання насіння, бульб, цибулин та ін.).

У багатоклітинних тварин фотоперіодичні реакції регулюють нервова та ендокринна системи.

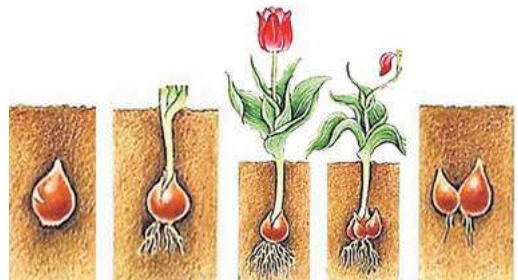
Критичний фотоперіод – це така тривалість фотоперіоду, яка визначає перехід організмів до наступної фази розвитку. Так, перехід у діапаузу метелика яблуневої листовертки на широті 32° настає тоді, коли тривалість фотоперіоду становить 14 год, а на широті 44° – 16 год.

Довжина світлового дня впливає і на функціонування екосистем, визначаючи закономірні сезонні заміни одних видів на інші (наприклад, тюльпани в степах і пустелях цвітуть і дають насіння навесні, потім їхні наземні частини відмирають, а цибулини залишаються в ґрунті в неактивному стані до наступної весни; мал. 17.3).

Багато видів перелітних птахів улітку входять до складу біоценозів помірних кліматичних зон, узимку – тропічних і субтропічних. У більшості рослин і пойкилотермних тварин узимку значно гальмуються процеси життєдіяльності, зумовлюючи перехід у неактивний стан.

Фотоперіодизм як сукупність спадкових реакцій організмів проявляється лише за певного спряження тривалості світлового періоду доби з іншими екологічними факторами. Так, вихід комах із лялечки, що перезимувала, визначається не лише тривалістю світлового періоду доби, а й певною температурою.

Дослідження фотоперіодичних реакцій організмів має важливе практичне значення. Наприклад, збільшуючи тривалість фотоперіоду, можна підвищувати продуктивність рослин, стимулювати розмноження, ріст тварин тощо. Зокрема, на птахофермах несучість



Мал. 17.3. Річний цикл тюльпана (завдання: опишіть етапи розвитку рослини та зазначте пори року)



Мал. 17.4. Зміна забарвлення тіла ваблячого краба від темного (1) до світлого (2)

свійських курей протягом року підвищують, збільшуючи тривалість фото-періоду й підтримуючи його на сталому рівні.

Близькі до добових **циркадні ритми** (від лат. *цирка* – близько і *діес* – день). Вони пов'язані з тим, що інтенсивність певних біологічних процесів організмів періодично змінюється з періодом від 20 до 28 годин. Циркадні ритми походять від добових, а збільшення чи зменшення їхнього періоду пов'язане зі зміною умов середовища мешкання. Якщо постійна інтенсивність дії певних екологічних факторів сприятлива, період циркадних ритмів може вкорочуватись, якщо ж несприятлива, навпаки, – збільшуватись.

Перебудова циркадних ритмів часто супроводжується порушенням перебігу фізіологічних процесів, доки ендогенні біологічні ритми не синхронізуються з екзогенними. Цей період адаптації може забирати різний час – від кількох діб до місяців. Наприклад, у мешканця Атлантичного узбережжя – ваблячого краба – щодоби змінюється забарвлення тіла: удень забарвлення цієї тварини темнішає, уночі – стає світлішим (мал. 17.4). Виявилося, що в особин ваблячого краба, які були вилучені із звичного середовища мешкання і пересажені в акваріуми, забарвлення продовжувало змінюватися синхронно з особинами, які залишалися в природних умовах. Ці явища спостерігали навіть в акваріумах, повністю ізольованих від світла. Коли акваріуми з крабами перевозили в інший часовий пояс, то періодичність зміни забарвлення крабів поступово (протягом кількох тижнів) змінювалася відповідно до місцевого ритму припливів і відпливів.

З певними фазами Місяця пов'язане розмноження деяких видів тварин, наприклад представника багатошестинкових червів – тихоокеанського палоло та певних видів нереїсів. Те саме спостерігають і в японських морських лілій.

Рух Місяця навколо Землі спричинює **припливно-відпливні ритми**. Найчіткіше вони виражені в мешканців припливно-відпливної зони (літоралі). Щодобово фази припливів і відпливів зсуваються приблизно на 50 хв. При цьому двічі на місяць у період нового та повного Місяця (приблизно кожні 14 діб, коли Земля, Сонце й Місяць розташовуються на одній лінії) припливи стають максимальними, сягаючи багатьох метрів (як-от, у канадській затоці Фанді – 18,5 м).

Під час відпливів мешканці літоралі закривають свої мушлі, будиночки, ховаються у ґрунт, змінюють забарвлення тощо (див. мал. 17.4, мал. 17.5, 1). Натомість на ділянках, які звільнилися від води, з'являються тварини – мешканці наземно-повітряного середовища (кліщі, комахи, птахи тощо), що знаходять тут достатню кількість їжі (скупчення водоростей, рештки тварин та ін.). Під час припливів активність мешканців літоралі поновлюється.

З періодами припливів і відпливів пов'язані й періоди розмноження деяких видів. Так, самка риби атерини-груніон (мал. 17.5, 3) під час висо-



Мал. 17.5. Припливно-відпливні ритми: у морських жолудів під час відпливів будиночки закриваються (1), а під час припливів відкриваються (2), з них висуваються кінцівки, вкриті щетинками, вони створюють потоки води, з якими надходить їжа; 3 – риба атерина-груніон, що мешкає біля узбережжя Південної Каліфорнії, її нерест чітко пов'язаний з певними фазами Місяця

ких припливів підходить до берега і закопує ікру в пісок, а після нересту відпливає у море. Личинки виходять з ікринок під час наступного високого припливу.

Сезонні адаптивні біологічні ритми пов'язані із сезонною періодичністю явищ у природі. Чіткіше вони виражені в середніх і високих широтах (близьких до Південного та Північного полюсів). Сезонні ритми пов'язані з обертанням Землі навколо Сонця, що зумовлює сезонні цикли змін кліматичних умов. Із певними сезонами пов'язані періоди розмноження організмів, їхнього розвитку, стану зимового спокою, періоди линяння, міграції; у листопадних рослин – щорічна зміна листя (*наведіть приклади*).

Ви вже знаєте, що у хребетних тварин є тісний зв'язок між гіпоталамусом і гіпофізом – гіпоталамо-гіпофізарна система. У гіпоталамусі зосереджені механізми автономного відліку часу, а також групи нейросекреторних клітин. Їхнє функціонування змінюється залежно від тривалості фотоперіоду. У свою чергу, фізіологічні процеси, пов'язані із сезонною періодичністю, регулюються за допомогою гормонів гіпофіза. Продуктування цих гормонів перебуває під контролем нейрогормонів гіпоталамуса.

На сезонні стани хребетних тварин значно впливають гонадотропні гормони, які стимулюють функції статевих залоз. Як ви пам'ятаєте, ці гормони (лютропін, фолітропін, пролактин) виробляє передня частка гіпофіза під впливом нейрогормонів, утворених у гіпоталамусі. Нейрогормони впливають також на секрецію пролактину, який регулює процеси розмноження, а у птахів – також міграцій.

 **Несприятливі сезони** організми можуть переживати у стані анабіозу чи криптобіозу (мал. 17.6). **Анабіоз** – стан організму, за якого відсутні помітні прояви життєдіяльності внаслідок значного гальмування процесів обміну речовин. Він супроводжується великими втратами води (до 75 %). Коли настають сприятливі умови, організми вихо-

Мал. 17.6. Ця мікроскопічна безхребетна тварина, що має фантастичний вигляд, – представник типу Тихоходи (близькі до членистоногих, але не мають членистих кінцівок); у стані зневоднення (анабіозу) здатна до 8 годин перебувати в рідкому гелії (температура -271°C), витримувати короткочасне нагрівання до $+150^{\circ}\text{C}$, гідростатичний тиск у 6000 атм, рентгенівське опромінення у дозі 570 000 Грей



дять зі стану анабіозу, і життєві процеси поновлюються. На відміну від анабіозу, під час **криптобіозу** процеси життєдіяльності значно уповільнені, але не гальмуються. Прикладом криптобіозу може слугувати сплячка різних видів хребетних тварин або діапауза в багатьох видів комах.

Цікаво знати

Спеціальна галузь біологічної науки – **хронобіологія** (від грец. *хронос* – час) – досліджує біологічні ритми організмів.

Ключові терміни та поняття

адаптивні біологічні ритми, «біологічний годинник», пейсмейкери, фотоперіод, фотоперіодизм, анабіоз, криптобіоз.

Перевірте здобуті знання

1. Що таке адаптивні біологічні ритми? 2. Які біологічні ритми називають внутрішніми, або ендогенними? 3. У чому полягає явище «біологічного годинника»? Яке його адаптивне значення? 4. Чим зумовлені добові ритми? 5. Що таке циркадні ритми? Чим вони відрізняються від добових? 6. Що таке фотоперіодизм? Яке його адаптивне значення? 7. Чим зумовлені припливно-відпливні ритми? Як до них адаптуються організми? 8. Чим зумовлені сезонні ритми та чергування пір року? Які адаптації спостерігають у різних організмів до періодичних змін пір року?

Поміркуйте

Чому в мешканців тропіків сезонні зміни інтенсивності процесів життєдіяльності виражені не так чітко, як у жителів помірних широт?

ПРАКТИЧНА РОБОТА 1

ВИЗНАЧЕННЯ ОЗНАК АДАПТОВАНOSTІ РІЗНИХ ОРГАНІЗМІВ ДО СЕРЕДОВИЩА ІСНУВАННЯ

Мета: на прикладі представників тваринного та рослинного світу визначити риси адаптованості до середовища їхнього мешкання.

Обладнання і матеріали: живі представники або фотографії кактусів і прісноводних легеневих акваріумних молюсків – катушок (або інших представників тваринного та рослинного світу – за вибором учителя або вчительки), пінцети, чашки Петрі, лупи, підручники.

Хід роботи

1. Уважно ознайомтеся з особливостями будови запропонованих представників тваринного та рослинного світу.

2. Визначте за допомогою визначальних карток чи визначників систематичне положення досліджуваних об'єктів.

3. Визначте середовища мешкання досліджуваних об'єктів та їхні екологічні особливості.

4. Визначте риси адаптованості досліджуваних об'єктів до середовища їхнього мешкання.

5. Результати досліджень занесіть у таблицю за зразком:

Об'єкти дослідження	Провідні чинники середовища мешкання	Адаптації

6. Зробіть висновки та занесіть їх у зошит.



ТЕМА 6.

БІОЛОГІЧНІ ОСНОВИ ЗДОРОВОГО СПОСОБУ ЖИТТЯ

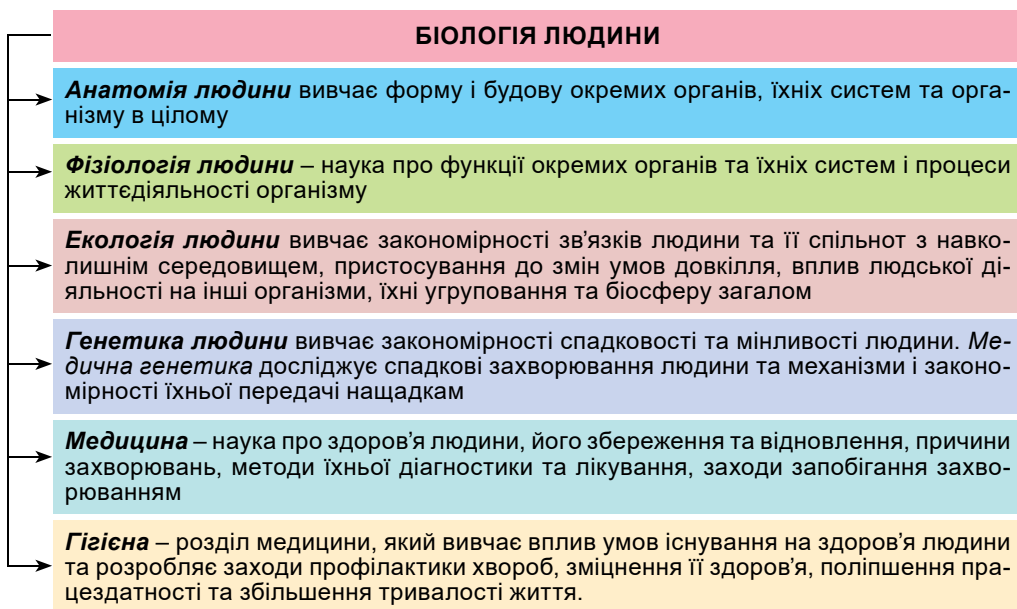
У цій темі ви дізнаєтесь про:

- принципи та складові здорового способу життя;
- безпеку та статеву культуру;
- негативний вплив куріння, вживання алкоголю та наркотиків на здоров'я людини;
- вплив навколишнього середовища та стресових факторів на організм;
- профілактику різноманітних захворювань людини.

§18. ПРИНЦИПИ І СКЛАДОВІ ЗДОРОВОГО СПОСОБУ ЖИТТЯ

Пригадайте біологічні науки, які вивчають організм людини. Які адаптивні біологічні ритми належать до циркадних? Які складові і функції автономної нервової системи людини?

Науки, які вивчають здоров'я людини. Людину як біосоціальну істоту вивчає окремий розділ біології, який має назву **біологія людини**. Він включає в себе багато наук (мал. 18.1).



Мал. 18.1. Науки, що вивчають здоров'я людини



Мал. 18.2. Складові здоров'я (завдання: проаналізуйте роль різних складових здоров'я у вашому власному житті)

Основні ознаки здоров'я. Здоров'я – найбільша цінність, подарована людині природою. Відповідно до Статуту Всесвітньої організації охорони здоров'я (ВООЗ): *здоров'я* – це стан повного фізичного, духовного і соціального благополуччя, а не тільки відсутність хвороб і фізичних дефектів (мал. 18.2). Основні ознаки здоров'я такі:

- нормальне функціонування організму на клітинному, тканинному та органному рівнях. Нормальний перебіг біохімічних і фізіологічних процесів, що сприяють індивідуальному виживанню і відтворенню;
- динамічна рівновага організму, його функцій і навколишнього середовища (гомеостаз). Критерієм оцінки рівноваги є відповідність структур і функцій організму навколишнім умовам;
- здатність до повноцінного виконання соціальних функцій, участь у соціальній діяльності та суспільно корисній праці;
- здатність людини пристосовуватися до мінливих умов існування в навколишньому середовищі;
- відсутність в організмі хвороб (патологій), хворобливих (патологічних) станів і змін;
- повне фізичне, духовне, розумове і соціальне благополуччя, гармонійний розвиток фізичних і духовних сил організму, принцип його цілісності, саморегуляції і гармонійної взаємодії всіх його органів.

Запам'ятаємо

Патологія (від грец. *патос* – страждання, хвороба та *логос* – вчення) – це хворобливе відхилення від нормального стану організму або процесів життєдіяльності (біохімічних, фізіологічних тощо), що порушує гомеостаз.

Принципи здорового способу життя. *Здоровий спосіб життя* – це стандарт поведінки людини, спрямований на збереження і зміцнення її здоров'я, продовження тривалості життя. Принципи, на яких ґрунтується здоровий спосіб життя, поділяють на дві категорії – біологічні та соціальні (мал. 18.3).

Ви вже знаєте з курсу «Основи здоров'я», що здоровий спосіб життя пов'язаний з відмовою від шкідливих звичок, раціональною організацією і розподілом часу з обов'язковим використанням засобів і методів активного відпочинку. Він знижує або усуває вплив факторів ризику, захворюва-

ПРИНЦИПИ ЗДОРОВОГО СПОСОБУ ЖИТТЯ

Біологічні

- відповідність віковим особливостям;
- оптимальне енергетичне забезпечення процесів життєдіяльності;
- зміцнення організму;
- відповідність природним добовим ритмам людини;
- відмова від шкідливих звичок

Соціальні

- естетичність життя;
- формування вольових якостей особистості;
- моральність способу життя;
- помірність у всьому

Мал. 18.3. Основні принципи здорового способу життя

ність і, як результат, – зменшує витрати на лікування, сприяє тому, що життя людини стає якіснішим і тривалішим, забезпечує гарні взаємини в родині, життєрадісність, гарний настрій та оптимізм, зумовлює високу працездатність організму, зниження втоми, високу продуктивність праці й на цій основі – високий матеріальний достаток.

Складові здорового способу життя:

- оптимальний руховий режим (мал. 18.4, 1);
- посилення імунітету і загартовування (мал. 18.4, 2, 3);
- збалансоване харчування;
- оптимальний психологічний настрій, позитивні емоції, вміння керувати своїм емоційним станом, оптимістичне ставлення до життя;
- статева культура;
- раціональний режим життя;
- відсутність шкідливих звичок (куріння, вживання алкогольних напоїв, наркотичних речовин);
- дотримання правил особистої гігієни.

Завдання. Об'єднайтесь у групи, підготуйте короткі повідомлення про кожну складову здорового способу життя. Організуйте рольову гру з різними персонажами від кожної групи (як-от, лікар, психолог, особа, що відстоює здоровий спосіб життя, і така, що виправдовує недотримання його тощо).



Мал. 18.4.1. Біг – найприродніший спосіб фізично навантажити свій організм й отримати заряд бадьорості на цілий день. Способи загартовування організму – поєднання повітряно-сонячних ванн з фізичними навантаженнями (2) та водні процедури (3)

Ключові терміни та поняття

здоров'я, здоровий спосіб життя, загартовування.

Перевірте здобуті знання



1. Що таке здоров'я? 2. Назвіть складові здоров'я людини. Схарактеризуйте їх. 3. Що таке здоровий спосіб життя? На яких принципах він ґрунтується?

Поміркуйте



Чому не можна досягти фізичного здоров'я, не досягши здоров'я психологічного, духовного та соціального?

§19. БЕЗПЕКА І СТАТЕВА КУЛЬТУРА. ПРОФІЛАКТИКА ЗАХВОРЮВАНЬ, ЩО ПЕРЕДАЮТЬСЯ СТАТЕВИМ ШЛЯХОМ

Пригадайте шляхи передачі ВІЛ.

Безпека і статеву культура. Життя людини як соціальної істоти базується на взаємостосунках з оточенням (рідними, друзями, однокласниками, вчителями тощо). Найскладнішими є стосунки між різними статями (чоловіком і жінкою).

Запам'ятаємо

Статева культура – це культура гармонійних відносин, включно із сексуальними, між чоловіком і жінкою. Сукупність зовнішніх ознак і внутрішніх рис людини, що роблять її привабливою для особин протилежної статі, має назву **сексуальність**.

Сексуальність притаманна кожній людині. Вона виражається через сексуальну активність. Для гармонійних відносин важливо вміти спілкуватися з особою протилежної статі й знаходити порозуміння в будь-яких ситуаціях.

У підлітковому віці під час статевого дозрівання виникає особливе психологічне почуття, так званий *статевий потяг*. Для декого це стає приводом розпочати статеве життя. Але процес статевого дозрівання включає не лише анатомічні та фізіологічні аспекти, а й психологічні та соціальні. Негативними наслідками раннього початку статевого життя може стати небажана вагітність, безпліддя, захворювання, що передаються статевим шляхом (ЗПСШ): ВІЛ/СНІД, гепатит С тощо.

Підліткова вагітність є важливою соціальною проблемою. Тому відмова від пропозицій сексуальних стосунків у цьому віці демонструє зрілість і міцність характеру, а не м'якість і нерішучість. Раннє статеве життя може завдати болю і розчарування. Дехто отримує перший сексуальний досвід під впливом психоактивних¹ речовин, не усвідомлюючи повною мірою, що відбувається.

Гармонійні статеві стосунки передбачають взаємоповагу і відповідальне ставлення до партнера. Одним з проявів відсутності у людини статевої культури є неухважність до партнера і нехтування «безпечним сексом» – засобами контрацепції та профілактики ЗПСШ.

Запам'ятаємо

Питання грамотного регулювання народження дитини має соціальне, економічне, біологічне і медичне значення (*поясніть це*).

¹ Алкоголь, наркотичні речовини тощо.

Для запобігання вагітності застосовують різні засоби **контрацепції** (від лат. *contraceptio* – виключення), серед них найпоширеніші:

- презервативи – найдоступніший засіб для безпечного сексу, зазвичай не впливає на здоров'я людини і надійно захищає від ЗПСШ;
- контрацептивні таблетки – препарати, які запобігають дозріванню та заплідненню яйцеклітин;
- внутрішньоматкова спіраль – невеликий пластиковий пристрій, який лікар або лікарка вводить у порожнину матки; це запобігає зануренню заплідненої яйцеклітини в її стінку;
- сперміцидні піхвові креми, пасти, таблетки та кульки; введення в піхву цих речовин перешкоджає руху сперматозоїдів.

Контрацепція набагато безпечніша за аборт, бо штучне переривання вагітності може завдати непоправної шкоди здоров'ю жінки. Перший аборт у 15 випадках зі 100 стає причиною безпліддя. Проте варто пам'ятати, що жоден засіб контрацепції не дає 100 %-ї гарантії запобігання вагітності, а використання деяких може зумовити запалення та ерозію матки, її шийки чи піхви, порушення ліпідного обміну тощо.

Профілактика захворювань, що передаються статевим шляхом (ЗПСШ). ВООЗ вважає небезпечний секс одним з п'яти глобальних факторів, що найбільше впливають на здоров'я людини й усунення яких може подовжити очікувану тривалість життя у світовому масштабі майже на п'ять років.

Легковажність, нестриманість, безвідповідальність, небажання чи нездатність передбачати та враховувати наслідки своєї поведінки часто призводять до інфікування ЗПСШ. На сьогодні відомо понад 40 збудників ЗПСШ. До них належать збудники гонореї, сифілісу, хламідіозу, трихомоніазу, генітального герпесу, гепатиту В та С, папіломавіруси та інші.

Завдання: з допомогою вчителя або вчительки, використовуючи літературні та інтернет-джерела, знайдіть інформацію про згадані захворювання та їхніх збудників. Визначте, збудники яких з них належать до бактерій, вірусів, одноклітинних еукаріотів. Підготуйте пам'ятку щодо профілактики цих захворювань.

Кожне із згаданих захворювань має свої прояви та методи лікування. Але деякі люди легковажно ставляться до свого здоров'я, звертаючись не до лікаря, а до сумнівних спеціалістів. Наслідками невилікуваних ЗПСШ можуть бути:

- розвиток запальних процесів статевих органів як у чоловіків, так і в жінок, що можуть порушити сексуальну функцію (зокрема, призвести до імпотенції);
- безпліддя, яке настає у 20–40 % чоловіків і 55–85 % жінок;
- серйозні ускладнення під час вагітності, викидні, мертвонародження, народження дітей з хворобами;
- хронічні (постійні) болі в статевих органах.

Лікуватися від ЗПСШ мають обидва партнери одночасно, щоб уникнути повторних заражень.

Профілактика передачі збудників ЗПСШ та ВІЛ передбачає:

- уникання статевих стосунків з особами, щодо яких немає впевненості, що вони не інфіковані ВІЛ чи збудниками ЗПСШ. Не допускати, щоб біологічні рідини інших осіб (особливо кров, сперма, виділення з піхви) потрапляли на шкіру або слизові оболонки;
- максимально зменшити кількість сексуальних партнерів і партнерок;
- використання презервативів;

- ураховуючи, що деякі ЗПСШ передаються не тільки статевим шляхом, а й побутовим, слід дотримуватися чітких правил особистої гігієни – не користуватися чужою білизною, рушником, губкою, зубною щіткою, бритвою, помадою тощо;

- не користуватися з іншими людьми одними і тими самими голками та шприцами для введення лікарських речовин.

Цікаво знати



У 1988 році ВООЗ оголосила день 1 грудня Всесвітнім днем боротьби зі СНІДом (мал. 19.1). У всьому світі в цей день говорять про СНІД як загрозу існуванню людства. Боротьба зі СНІДом об'єднала зусилля урядів і громадських організацій сотень країн, мільйонів небайдужих людей. Уже є певні успіхи щодо продовження життя людей зі СНІДом, посилюється толерантне ставлення до людей, інфікованих ВІЛ.



Мал. 19.1. Міжнародний символ боротьби зі СНІДом

Важливо пам'ятати, що ранні прояви багатьох ЗПСШ можуть бути малопомітними, й більшість людей не звертає на них увагу, доки не з'являються серйозні симптоми, а отже, важкі ураження, які потребують складного лікування. Тому за найменшої підозри щодо зараження слід негайно звернутися до лікаря.

Однією з причин поширення ЗПСШ є зловживання алкоголем і наркотичними речовинами, оскільки людина у стані сп'яніння із затьмареною свідомістю легше вступає в статевий зв'язок.

Ключові терміни та поняття

статева культура, контрацепція.

Перевірте здобуті знання



1. Що мають на увазі під статевою культурою? Яке значення статевої культури для забезпечення здорового способу життя? 2. Які засоби контрацепції ви знаєте? 3. Чому важливо планувати вагітність? 4. Як здійснюють профілактику захворювань, що передаються статевим шляхом?

Поміркуйте



Які негативні наслідки може спричинити вагітність у підлітково-му віці?

§ 20. НЕГАТИВНИЙ ВПЛИВ НА ЗДОРОВ'Я ЛЮДИНИ АЛКОГОЛЮ, ТЮТЮНОКУРІННЯ ТА НАРКОТИКІВ

Пригадайте, які речовини належать до наркотичних. Що таке гормони, нейрогормони, нейромедіатори?

Вплив звичок людини на її здоров'я. Реалізація фізичних і духовних можливостей, закладених у людині від природи, залежить від її способу життя, повсякденної поведінки і звичок. Деякі шкідливі звички призводять до передчасного старіння та різноманітних захворювань. Ви вже знаєте з курсів основ здоров'я і біології, що такими шкідливими звичками насамперед є тютюнокуріння, вживання алкоголю і наркотиків. Пристрасть до тютюнокуріння і вживання алкоголю є різновидом наркоманії, адже наслідки їхнього вживання та механізми виникнення залежності подібні.

Для наркоманії характерні непереборний потяг до вживання наркотиків, тенденція до підвищення вжитих доз, формування психічної (психологічної) і фізичної залежності від наркотику.

Біологічний механізм формування наркотичної залежності діє через природні процеси, що перебігають в організмі, – біохімічні, біоелектричні, фізіологічні тощо. У результаті вживання наркотиків організм включає їх у свої біохімічні процеси.

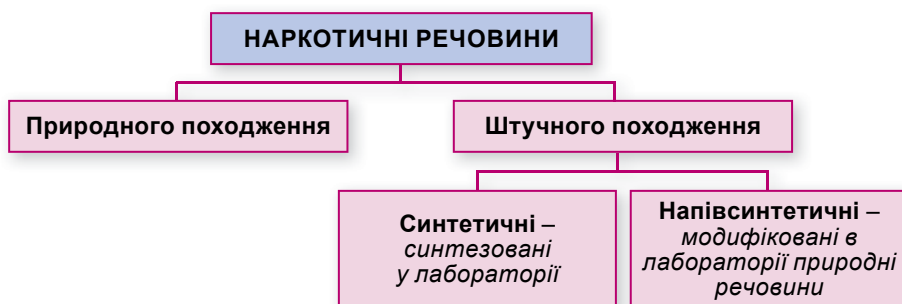
Здоровий організм людини виробляє власні «наркотичні» речовини, які регулюють її настрій, відчуття навколишнього світу, стимулюють працездатність. У разі регулярного вживання наркотиків, щоб уникнути зайвої кількості стимулювальних речовин, організм знижує або навіть припиняє синтез власних «наркотиків». Поступово низку функцій організму, які до вживання наркотиків забезпечували речовини, вироблені самим організмом (як-от гормони, нейрогормони, медіатори), починають виконувати наркотики. Отже, людина, яка почала вживати наркотик, щоб зберегти нормальний стан, змушена постійно його використовувати. Так формується фізична залежність від наркотику.

Цікаво знати



В організмі людини синтезується біологічно активна сполука – **серотонін**, її попередником є амінокислота триптофан. Цю сполуку називають «гормоном щастя». Її рівень підвищується під час ейфорії та знижується при депресії. Харчові продукти, багаті на триптофан (шоколад, сир, інжир, помідори та ін.), сприяють синтезу серотоніну й поліпшують настрій. Серотонін виконує функцію нейромедіатора, сприяє руховій активності, процесам зсідання крові, травлення. Зниження рівня серотоніну в організмі посилює больові відчуття.

Наркотичні речовини за своєю природою можуть бути як природного (отримані з рослин, грибів), так і штучного походження (мал. 20.1).



Мал. 20.1. Класифікація наркотичних речовин за походженням

Види наркотичної залежності. Похідні опіуму, або *опіати*, мають болезаспокійливу дію й усувають відчуття страху. Такі наркотичні анальгетики (знеболювальні препарати) отримують з різних сортів снодійного (опійного) маку (наприклад морфін), а також синтетичним шляхом. Оскільки опіати мають деяку хімічну подібність до певних гормонів людини, вони легко засвоюються організмом. Їхня фармакологічна дія полягає в блокуванні рецепторів, які відповідають за відчуття болю.

За відмови від уживання і навіть зниження дози наркотичних засобів у відповідні нервові центри починають надходити сигнали, що свідчать про те, що не залишилося сполук, здатних знизити больові відчуття. Такі сигнали надходять майже від усіх частин тіла, і людина, залежна від наркоти-



Мал. 20.2. У 1987 році Генеральна Асамблея ООН постановила щорічно відмічати 26 червня як Міжнародний день боротьби зі зловживанням наркотичними засобами та їх незаконним розповсюдженням

ків, відчуває сильний біль, який із часом тільки зростає. Це змушує її вживати наркотики знову і в більших кількостях. Тому без допомоги лікарів-наркологів дуже важко

подолати залежність від наркотиків (мал. 20.2).

На перших етапах вживання наркотиків людині здається, що вона може контролювати цю шкідливу звичку. Але фізіологічна та психологічна залежність часто перемагає її волю. Руйнується особистість: не цікавлять рідні люди та друзі, власне здоров'я, навчання або робота.

Кокаїнова наркоманія відома з найдавніших часів. Індіанці Південної Америки жували листки коки (мал. 20.3) для зняття втоми, підвищення бойового духу. У середині XIX ст. з рослин коки було виділено токсичний алкалоїд – кокаїн, який виявився сильним психостимулятором. До нього так само характерне швидке звикання.

Амфетаміни – наркотики штучного походження – також належать до психостимуляторів. За своїми якісними характеристиками дія амфетамінів на психіку дещо схожа з ефектами, спричиненими кокаїном.

До групи **галюциногенів**, або **психоделіків**, належить безліч речовин рослинного походження: канабіс (коноплі), пейотль, мускатний горіх, псилоцибінові гриби, насіння іпомеї тощо, а також синтезовані штучно речовини – хімічні аналоги рослинних препаратів: мескалін, псилоцибін, ЛСД. Галюциногени спричиняють мимовільні галюцинації, наплив образів і відчуттів, часто не пов'язаних з реальністю. Це дезорганізує психіку до ступеня психозу, призводить до розладу свідомості, сприйняття, мислення. Стан, у якому перебуває людина під впливом галюциногенів, аналогічний шизофренічному нападу.

Медикаманія. Загальна схильність людей до самолікування на тлі медичної неосвіченості призвела до масового зловживання заспокоїливими препаратами – **транквілізаторами** (від лат. *транквілло* – заспокоювати). Але ще в шістдесяті роки XX століття було відкрито здатність таких препаратів спричиняти звикання та синдром залежності. Наслідок передозування – кома. Цей стан характеризується непритомністю, різким послабленням або відсутністю реакцій на зовнішні подразники, згасанням рефлексів аж до повного їхнього зникнення, порушенням глибини та частоти дихання тощо.



Токсикоманія – вдихання легких речовин, що справляють наркотичну дію. Потяг до токсикоманії, щойно з'явившись, одразу набуває некерованого характеру, швидко формується психічна залежність. Стан токсичного сп'яніння настає після декількох вдихів. У тих, хто нюхає розчинники, уже за 1–2 місяці руйнуються внутрішні органи, нервова система; через 1–2 роки людина отримує тяжкі захворю-

Мал. 20.3. Кока – рослина, що походить з Південної Америки. Відіграє значну роль в індіанській культурі; листки цієї рослини містять наркотичну речовину кокаїн

вання. Токсикоманія відрізняється від наркоманії лише в юридичному аспекті. Речовини, які використовують людиною з токсикоманією, не віднесено до групи наркотиків, тому на токсикоманію не поширюються правові й кримінальні акти, які діють щодо людей, які вживають наркотики.

Негативний вплив алкоголю на організм людини. Щодня в результаті роботи нормальної мікрофлори кишечника та з деякими продуктами бродіння в організм дорослої людини може потрапляти невелика кількість етанолу (не більше ніж 0,01 % від загального об'єму крові). Етиловий спирт (особливо його метаболіти) навіть у малих дозах є сильною отрутою для клітин нашого організму, але ферментні системи знешкодження алкоголю мають змогу швидко впоратися з такою концентрацією.

У результаті вживання алкогольних напоїв доза етанолу в організмі значно збільшується, що спричинює різноманітні його ефекти. Якщо концентрація етилового спирту в організмі перевищує 0,03 %, він починає активно впливати на клітини центральної нервової системи, стимулюючи викид різноманітних нейромедіаторів (зокрема, серотоніну). За рахунок гальмування деяких ділянок головного мозку, особливо відділів, які відповідають за формування почуттів тривоги та напруження, це призводить до відчуття ейфорії. Оскільки ця стимуляція не є природною для нервових клітин, за умов постійного вживання алкоголю вони виснажуються і для досягнення ефекту потрібні дедалі більші дози етанолу. Отже, виникає залежність від алкоголю, яка формується за тим самим принципом, що й від наркотиків.

Збільшення концентрації етилового спирту в крові призводить також до посилення його токсичної дії. За концентрації етанолу в крові 0,2 % значно порушується координація рухів (вражається мозочок); концентрація 0,4 % призводить до коматозного стану. Смерть від зупинки дихання настає за вмісту в крові 0,6–0,7 % алкоголю. Найбільше від алкоголю потерпає головний мозок. Кожен грам чистого алкоголю знищує близько 200 нейронів мозку, таким чином отупляючи людину і погіршуючи її пам'ять.

Алкоголь утримується в крові до 5–7 годин. Увесь цей час серцю доводиться працювати в несприятливих умовах. Пульс частішає до 100 ударів на хвилину, в організмі порушується обмін речовин і живлення серцевого м'яза. Він втрачає еластичність і перероджується. Розвивається атеросклероз і гіпертонічна хвороба.

У печінці під дією алкоголю погіршуються обмінні процеси, порушується її бар'єрна функція. Доведено патогенний вплив алкоголю і на нирки. Алкоголь також згубно впливає на бактерії, що сприяють травленню і засвоєнню поживних речовин організмом. Тривале вживання алкоголю часто спричиняє розвиток виразкової хвороби, яка відрізняється важким перебігом і частими загостреннями.

За систематичного вживання алкоголю порушується гормональний баланс організму. Зменшення секреції статевих гормонів призводить до появи в людей з алкогольною залежністю вторинних статевих ознак, притаманних протилежній статі: фемінізації у чоловіків і маскулінізації у жінок (поміркуйте, як може змінюватись зовнішній вигляд таких людей).

Порушення гормонального балансу в організмі жінок (накопичення в крові чоловічого статевого гормону – тестостерону) за систематичного вживання алкоголю також призводить до зміни її зовнішнього вигляду, що проявляється посиленням м'язового тону (різкі, незграбні рухи), зменшенням і перерозподілом жирового прошарку, зміною висоти і тембру голосу, який стає більш низьким, хриплуватим.

Негативний вплив тютюнокуріння на організм людини. Тютюновий дим містить, крім нікотину, близько 1000 особливо отруйних твердих і газоподібних речовин, таких як бензпірен (сильний канцероген), оксиди Нітрогену, Карбону, акролеїн, спирти, альдегіди і кетони, вуглеводні, феноли, синильна кислота, радіоактивний полоній, арсен (миш'як) та інші солі важких металів тощо.

Нікотин є однією з найсильніших серед відомих рослинних отрут (також належить до алкалоїдів), які впливають на нервову систему. Вміст нікотину в цигарковому димі становить від 0,4 до 3 мг, при цьому його смертельна доза для людини – 70 мг. Фізична та психологічна залежність від нікотину розвивається набагато швидше, ніж від алкоголю.

У людей, які курять, на відміну від людей, що не курять, у 2–3 рази частіше розвивається інфаркт і передінфарктний стан, стенокардія та інші хвороби серця. За систематичного куріння судини серця звужуються, знижується надходження кисню до серцевого м'яза, що призводить до його хронічної перевтоми. Наслідком куріння є ішемічна хвороба серця, що пов'язана з недостатнім кровопостачанням серцевого м'яза. Раннім її виявом є стенокардія.

Шкідливі сполуки, що містяться у тютюновому димі, подразнюють слизові оболонки рота, носа, гортані, трахеї та бронхів та осідають у верхніх дихальних шляхах і легенях. Це спричинює хронічне запалення дихальних шляхів і стимулює розвиток онкологічних захворювань, особливо раку легень (найпоширеніший тип раку в курців). Подразнюючи слинні залози, нікотин спричиняє посилене слиновиділення. Слина з нікотинном, що заковтується, призводить до гастриту.

Тютюнокуріння також згубно впливає на діяльність статевих залоз. У чоловіків нікотин пригнічує статеві центри, розташовані в крижовому відділі спинного мозку. Пригнічення статевих центрів і невроз, що постійно підтримується курінням, призводять до статевого безсилля (імпотенції). Куріння впливає не тільки на здоров'я самої людини, а й на її майбутнє потомство, як жінки, так і чоловіка.

Завдання. Створіть антирекламу тютюнопаління, яка б відповідала інтелектуальним запитам ваших ровесників і ровесниць.

Ключові терміни та поняття

звичка, наркоманія, транквілізатори, галюциногени, токсикоманія.

Перевірте здобуті знання



1. Які негативні звички здатні руйнувати здоров'я людини? 2. Що таке наркоманія? Які є види наркоманії? 3. У чому полягає небезпека вживання транквілізаторів без контролю лікарів? 4. Що таке галюцинації? Які речовини здатні їх спричиняти? 5. У чому полягає небезпека токсикоманії? 6. Що спільного та відмінного між наркоманією та алкоголізмом? 7. У чому полягає небезпека тютюнокуріння?

Поміркуйте



1. Негаразди в особистому житті іноді штовхають людину до вживання наркотиків, алкоголю, тютюнокуріння. Чим можна ефективно замінити це, зберігаючи своє фізичне та психічне здоров'я? 2. Чому куріння наркотичних засобів так само шкідливе, як і внутрішньовенне введення?

Творче завдання



Об'єднайтеся в групи. За допомогою хмарних технологій підготуйте коротенькі інтерактивні матеріали щодо негативних наслідків дії різних наркотичних речовин на організм людини. Презентуйте їх у класі.

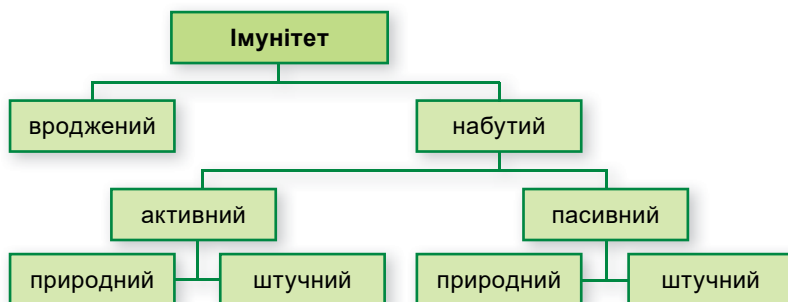
§21. ІМУННА СИСТЕМА ЛЮДИНИ, ОСОБЛИВОСТІ ЇЇ ФУНКЦІОНУВАННЯ

Пригадайте складові імунної системи людини. Які види імунітету ви знаєте? Що таке антигени та антитіла? Що таке коєволюція? Які є види лейкоцитів? Що таке алергени? Які білки називають глобулярними? Що таке апоптоз і некроз клітин? Які зв'язки називають дисульфідними?

Види імунітету. Імунна система сформувалася в процесі еволюції для забезпечення захисту організму від збудників інфекційних та інвазійних захворювань, пухлин і відіграє важливу роль у підтриманні гомеостазу.

 **Імунітет** (від лат. *іммунітас* – звільнення, позбавлення від будь-чого) – здатність організму протидіяти збудникам інфекційних та інвазійних хвороб, а також впливу речовин, які мають антигенні властивості.

Розрізняють два основні види імунітету: неспецифічний, спрямований проти будь-якого чужорідного агента (антигена), та специфічний, спрямований проти конкретного чужорідного агента. За походженням імунітет можна умовно поділити на вроджений і набутий (мал. 21.1).

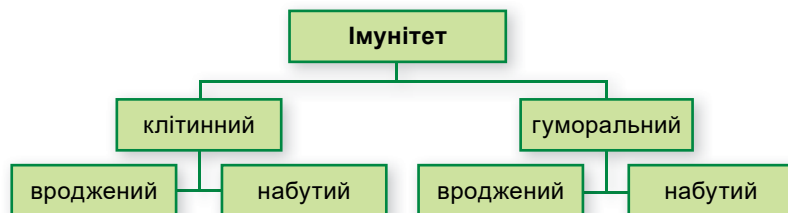


Мал. 21.1.
Класифікація
видів імунітету
за походженням

Вроджений імунітет генетично успадковується від батьків і не зумовлений контактом організму зі збудником хвороби. Він є наслідком коєволюції патогену та організму хазяїна (*завдання*: схарактеризуйте механізм утворення в популяції вродженого імунітету). Прикладом вродженого імунітету є нездатність людини заразитися деякими хворобами тварин, наприклад чумою (чумкою) собак.

Набутий імунітет, на відміну від вродженого, формується протягом життя людини і може виникати після перенесення захворювання (*активний природний*) чи після щеплення (*активний штучний*). Набутий *пасивний імунітет* розвивається або після введення в організм готових антитіл у вигляді лікувальної сироватки (*штучний*), або при передачі антитіл від матері до дитини через плаценту (*природний*).

За механізмом реалізації захисту імунітет поділяють на клітинний і гуморальний (мал. 21.2). **Клітинний імунітет** зумовлений здатністю різних видів лейкоцитів до фагоцитозу й руйнування заражених клітин. **Гуморальний імунітет** забезпечується розчинними білками, які містять



Мал. 21.2.
Класифікація
імунітету
за механізмом
реалізації
захисту

ся у сироватці чи плазмі крові, тканинній рідині, різноманітних секретах. І клітинний, і гуморальний імунітет можуть бути специфічними чи неспецифічними щодо збудників хвороб.

Вроджений клітинний імунітет забезпечується здатними до фагоцитозу лейкоцитами (нейтрофілами, еозинофілами, базофілами, макрофагами). При цьому природа збудника (антигена) не має значення. Лейкоцити захоплюють його і перетравлюють. *NK-лімфоцити* (від англ. *natural killer* – природні вбивці) знищують пухлинні та вражені вірусом клітини.

Вроджений гуморальний імунітет пов'язаний зі здатністю різних білків взаємодіяти зі збудниками хвороби, руйнуючи їх чи заражені ними клітини. До факторів неспецифічного гуморального імунітету належать:

- *лізоцим* – фермент, який міститься в слині, слюзах, грудному молоці, нейтрофілах; здатний руйнувати клітинні стінки бактерій;

- *система комплементу* – близько 20 глобулярних білків плазми крові, здатних, об'єднуючись у комплекси, руйнувати клітини збудника, стимулювати фагоцитоз, брати участь у розвитку запальних реакцій;

- *інтерферони* – білки, які виділяють клітини у відповідь на зараження чужорідними агентами, зокрема вірусами, і забезпечують несприйнятливості щодо цих агентів незаражених клітин, їм також притаманна протипухлинна та антибактеріальна дія;

- *антимікробні пептиди*, які виділяються в секреторні рідини організму.

Набутий клітинний імунітет ґрунтується на здатності Т-лімфоцитів впізнавати заражені клітини і руйнувати їх. Існує кілька видів Т-лімфоцитів, які виконують різні функції: Т-кілери (клітини-вбивці), Т-хелпери (клітини-помічники), Т-супресори (клітини – регулятори імунної відповіді).

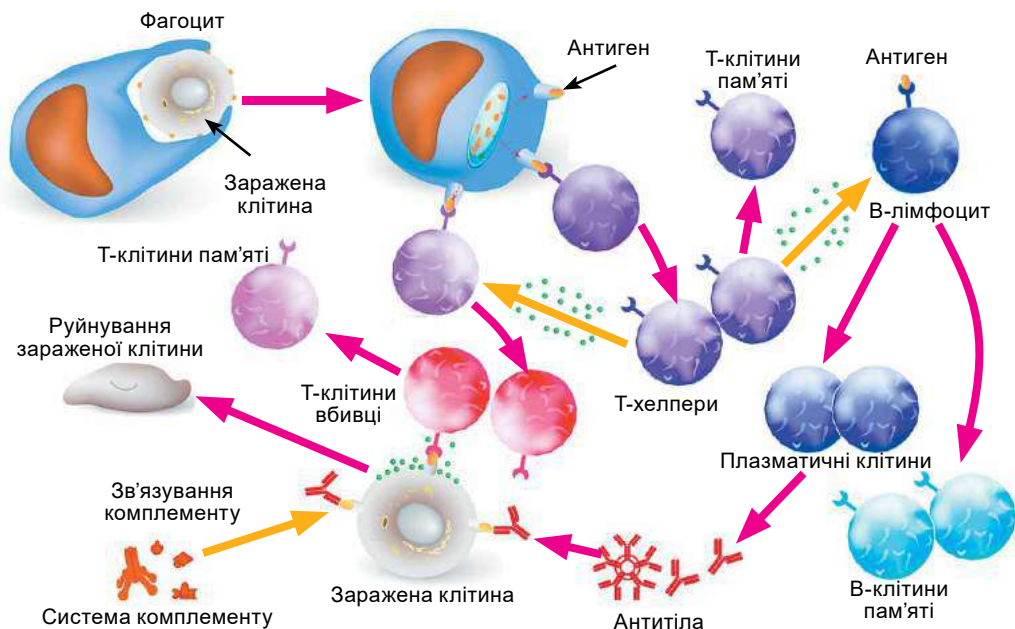


Набутий гуморальний імунітет пов'язаний з утворенням антитіл клітинами, що походять від змінених В-лімфоцитів. *Пригадаємо: антитіла (імуноглобуліни)* – білки, здатні впізнавати та специфічно зв'язуватися з відповідними антигенами, утворюючи комплекси антиген – антитіло.

Формування імунної відповіді на потрапляння до організму антигена (збудника хвороби) – складний багатоступеневий процес (мал. 21.3). Антиген, уперше потрапивши в організм, «зустрічається» з лейкоцитами, здатними до фагоцитозу (фагоцитами). Вони знищують більшість антигенів, але частина антигенів, що залишається, стимулює розвиток подальших імунних реакцій. Передумовою розвитку імунних реакцій є потрапляння антигена в будь-який вторинний лімфатичний орган (селезінку, лімфатичні вузли, апендикс, мигдалики). У ньому антиген стикається зі специфічними до нього лімфоцитами.

Т-лімфоцит, натрапивши на антиген, «розпізнає» його, активується і починає ділитися. Частина новоутворених клітин перетворюється на клітини-вбивці, здатні руйнувати відповідного збудника чи заражені ним клітини. Інші – перетворюються на Т-клітини імунної пам'яті. Клітина-вбивця наближається до клітини-мішені та зв'язується з її мембраною. На цьому етапі розпізнаються заражені (чи пухлинні), які містять антиген, та незаражені клітини. Клітини-вбивці вивільняють у міжклітинне середовище специфічні білки, які активують фізіологічну загибель клітини – апоптоз. На мембрану клітини-вбивці вивільнені білки не впливають.

В-лімфоцити після зустрічі з антигеном також починають активно ділитися та перетворюватися на плазматичні клітини і В-клітини пам'яті.



Мал. 21.3. Схема, що ілюструє механізм формування імунної відповіді (завдання: проаналізуйте схему і схарактеризуйте механізми формування імунної відповіді)

Плазматичні клітини виробляють антитіла, специфічні до цього антигена. Антиген приєднується до антитіла і втрачає інфекційні властивості. Так само нейтралізуються токсичні речовини, що потрапили в організм (змійна отрута, токсини бактерій, гельмінтів тощо). Утворення комплексу антиген – антитіло активує систему комплементу. На поверхні клітини-мішені (бактерії), що містить антиген, збирається комплекс білків, які її руйнують.

Завдяки клітинам імунної пам'яті та антитілам, що циркулюють у крові, за повторного потрапляння антигена в організм значно швидше, ніж за первинного, розвивається **вторинна імунна відповідь** (клітинна і гуморальна). Розвиток вторинної гуморальної відповіді триває від десятків хвилин до кількох годин і має назву **імунної реакції негайного типу**. Вторинна клітинна відповідь – **імунна реакція сповільненого типу** розвивається протягом 1–2 днів.

Механізм утворення алергічної реакції. Інколи реакція набутого імунітету може бути надмірною чи неадекватною. У такому разі розвивається **алергічна реакція** – підвищена чутливість організму до якої-небудь речовини, переважно білкової природи, – алергену. До алергенів належать: пилок рослин, шерсть тварин, деякі харчові продукти, лікарські засоби тощо. Алергічна реакція розвивається за повторного потрапляння алергену. Системним проявом алергії є анафілактичний шок.

Запам'ятаємо

Анафілактичний шок (від грец. *ана* – зворотна дія та *філаксис* – захист, самозахист) – загальна алергічна реакція негайного типу, спричинена різноманітними алергенами. Вона виникає через декілька хвилин після введення алергену. Анафілактичний шок може загрожувати життю людини.

Алергічна реакція виникає через утворення специфічних антитіл. Вони приєднуються до мембран клітин (базофілів, опасистих клітин), які містять у цитоплазмі гранули з медіаторами. Після проникнення алергена антитіла активують клітини, до яких приєднані. Унаслідок ці клітини виводять назовні вміст своїх гранул – гістамін та інші медіатори. У результаті дії гістаміну на тканини та органи організму збільшується проникність судин, шкіра червоніє, з'являються пухирі, свербіж, спазми непосмугованих м'язів. Для лікування алергічних захворювань застосовують антигістамінні препарати, які блокують розвиток симптомів алергічної реакції.

Ключові терміни та поняття

іmunітет вроджений і набутий, природний і штучний, клітинний і гуморальний, антиген, антитіло, алергічна реакція, анафілактичний шок.

Перевірте здобуті знання



1. Що таке іmunітет? Які його види вам відомі? 2. Чим вроджений іmunітет відрізняється від набутого? 3. Які механізми дії клітинного та гуморального іmunітету? 4. Що таке антиген та антитіло? Який механізм їхньої взаємодії? 5. Що собою становлять алергічні реакції? Які їхні причини?

Поміркуйте



У чому полягає небезпека анафілактичного шоку?

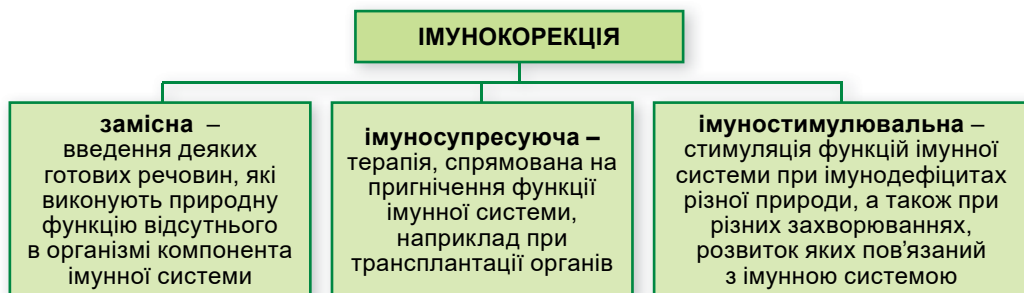
§22. ІМУНОКОРЕКЦІЯ ТА ІМУНОТЕРАПІЯ

Пригадайте, що таке іmunітет, його типи та механізми розвитку. Що вивчає наука імунологія? Що таке імунодефіцит? Що таке вектори в генній інженерії? Що таке плазмід?

Імунокорекція – розділ імунології, що вивчає способи і методи профілактики й лікування хвороб, пов'язаних з порушенням функції іmunної системи. Розрізняють замісну, імуносупресуючу (імунопригнічувальну) та імуностимулювальну імунокорекцію (мал. 22.1).

Заходи імунокорекції бувають спеціалізованими, тобто спрямованими безпосередньо на іmunну систему, або неспеціалізованими. До неспеціалізованих належить нормалізація способу життя, відмова від шкідливих звичок, стабілізація психоемоційного стану. До цієї групи заходів відносять також процедури загартування, що дають змогу посилити неспецифічну резистентність організму до різного виду негативних впливів, включно зі стресом.

Залежно від засобів, які використовують, імунокорекція може бути: лікарською; фізіотерапевтичною; кліматичною; фізичною (фізичні наван-



Мал. 22.1. Основні види імунокорекції залежно від спрямування

таження збільшують продукцію інтерферонів). Найефективнішою є *лікарська імунокорекція*. Її здійснюють за допомогою лікарських препаратів – *імуномодуляторів*. Вони можуть мати різне походження – рослинне, бактеріальне, тваринне, синтетичне. Крім того, низку імунокоригуючих препаратів виготовляють із застосуванням різних біотехнологічних методів.

Замісну імунокорекцію застосовують у разі важких імунодефіцитних станів, за інфекцій, що зачіпають увесь організм, а також інших імунопатологічних процесів. Препарати для замісної імунокорекції отримують з крові й клітин людини, а також за допомогою генної інженерії.

До замісної імунокорекції також належить трансплантація кісткового мозку, тимусу або введення в організм пацієнта попередньо активованих клітин імунної системи. Замісною імунокорекцією майбутнього є генна терапія, що полягає у введенні в організм генів, які кодують різні фактори гуморального імунітету, у складі вірусних чи плазмідних векторів.

Імуноterapia – лікувальні заходи, спрямовані на регуляцію роботи імунної системи, зокрема на нормалізацію змін у її структурі і функціях. Як й імунокорекція, імуноterapia може бути імуносупресуючою та імуностимулювальною.

Імуносупресуюча терапия супроводжується створенням стану імунодефіциту, тобто істотним збільшенням ризику розвитку інфекційних і пухлинних процесів. Її застосовують для запобігання відторгненню трансплантованих тканин та органів; для корекції багатьох інших станів – автоімунних захворювань, алергічних реакцій. У цих випадках лікарі та лікарки ретельно аналізують співвідношення небезпеки самого захворювання і небезпеки розвитку імунодефіциту.

Імуностимулювальну терапію застосовують у разі захворювань, до розвитку яких залучена імунна система. Наприклад, для створення імунітету до збудників інфекційних хвороб імунну систему активують за допомогою вакцин, а пасивний імунітет створюють введенням сироваток або очищених антитіл. Імуностимулювальними є препарати рослинного (настоянки елеутерококу, солодки, лимоннику тощо) або бактеріального походження (вакцини, препарати клітинної стінки бактерії, пробіотики), препарати тимусу, селезінки, крові, кісткового мозку та синтетичні препарати. Певна імуностимулювальна активність властива вітамінам, препаратам з антиоксидантними й прооксидантними властивостями.

Революційну методику імуноterapiї ракових захворювань з використанням Т-лімфоцитів запропонував американський імунолог **Дж. Елісон** спільно з японським дослідником **Т. Хондзьо**. За це їм 2018 року було присуджено Нобелівську премію з фізіології та медицини (мал. 22.2). Суть методики полягає в мобілізації імунітету самих пацієнтів для боротьби з раком.

Вакцинація. Ви вже знаєте, що на існуванні вторинної імунної відповіді ґрунтується профілактичний захід боротьби з інфекційними хвороба-



Мал. 22.2. Лауреати Нобелівської премії з фізіології та медицини 2018 року: 1 – Джеймс Елісон (1948 р.); 2 – Тасуку Хондзьо (нар. 1942 р.)

ми – щеплення, або вакцинація. Пригадаємо: **вакцина** – препарат, що складається з ослаблених чи вбитих збудників хвороб, продуктів їхньої життєдіяльності чи окремих антигенів, отриманих хімічним або генно-інженерним шляхом.

Після вакцинування в організмі відбуваються такі самі зміни в імунній системі, що і в разі справжньої інфекції, тільки без проявів захворювання: виробляється специфічний імунітет до збудника. Основні групи вакцин наведено у таблиці 22.1.

Для утворення стійкого імунітету та його підтримання більшість вакцин слід вводити неодноразово, тобто проводити періодичну ревакцинацію у дорослому віці. Наприклад, щеплення від правцю та дифтерії варто робити тричі у віці до року, а ревакцинацію – у віці 18 місяців, 6 років, 16 років та кожні 10 років у дорослому віці. Ревакцинація від кору та краснухи рекомендована у 6-річному віці.

Таблиця 22.1

ОСНОВНІ ГРУПИ ВАКЦИН		
Тип вакцини	Характеристика	Приклади
Живі	Містять послаблений штам збудника	Вакцини проти поліомієліту, кору, паротиту, краснухи, туберкульозу
Інактивовані	Містять убитий цілий мікроорганізм або компоненти клітинної стінки чи очищені білки збудника	Вакцини проти сказу, кашлюку, вірусу гепатиту А
Анатоксини	Містять інактивовані токсини мікроорганізмів	Вакцини проти дифтерії, правцю
Синтетичні	Містять отримані методом генної інженерії білки збудника	Вакцина проти гепатиту В

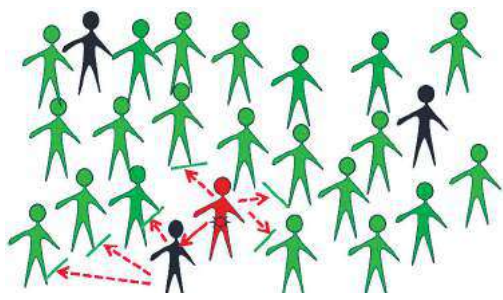
Запам'ятаємо

Ревакцинація – повторне введення вакцини через певні проміжки часу після первинної вакцинації.

Нині вакцинація є найефективнішим та найдешевшим методом боротьби з важкими інфекційними хворобами. Наприклад, завдяки масовому щепленню повністю ліквідовано чорну віспу (останній випадок захворювання зафіксовано у 1977 році в Сомалі), вражаюче знизилася захворюваність на поліомієліт (вірусне захворювання, що призводить до важкого паралічу в дітей). Саме масова вакцинація сприяла утворенню так званого популяційного імунітету.

Запам'ятаємо

Популяційний (колективний) імунітет – ефект, який заважає поширенню збудника інфекції в популяції, якщо значна частина її індивідів має особистий імунітет до збудника, що опосередковано захищає й чутливих до збудника осіб (мал. 22.3).



Мал. 22.3. Схема, що ілюструє створення популяційного колективного імунітету: зелений колір – люди з імунітетом; чорний – сприйнятливі; червоний – щойно вакциновані

Якщо збудник є у зовнішньому середовищі або може бути привнесений з інших популяцій, то для формування популяційного імунітету потрібно, щоб вакцинованими було не менше ніж 70 % населення. Інакше виникає ризик епідемій. Наприклад, відмова від вакцинації стала причиною епідемії кашлюку у Великій Британії та Швеції наприкінці ХХ сторіччя. Заборона з релігійних міркувань вакцинації від поліомієліту в Нігерії, Афганістані та Пакистані спричинила зростання захворюваності. Міграції населення із цих країн у Європу призвели до розвитку епідемічної ситуації. Так, в Україні у 2015 році було зафіксовано два випадки поліомієліту (уперше в Європі з 2010 року). Ураховуючи наднизький рівень вакцинації населення, ситуація може стати загрозливою. Катастрофічною є також ситуація з кором. За даними Міністерства охорони здоров'я, в Україні з початку 2018 року захворіло понад 52 тис. людей, з них 33 тис. дітей.

Цікаво знати



Останнім часом активно розробляють щеплення проти деяких онкологічних захворювань. Ракові клітини мають на своїй поверхні білки, які не притаманні нормальним клітинам – так звані ракові антигени. Очищені ракові антигени можна використовувати як вакцини для стимулювання протипухлинного імунітету.

Ключові терміни та поняття

імунокорекція, імунотерапія, вакцини, ревакцинація, популяційний (колективний) імунітет.

Перевірте здобуті знання



1. Що таке імунокорекція та імунотерапія? 2. У чому полягає вакцинація? 3. Які є типи вакцин? 4. Чому для утворення стійкого імунітету потрібна ревакцинація? 5. Чому не слід відмовлятися від вакцинації? 6. До чого може призвести зниження популяційного (колективного) імунітету?

Поміркуйте

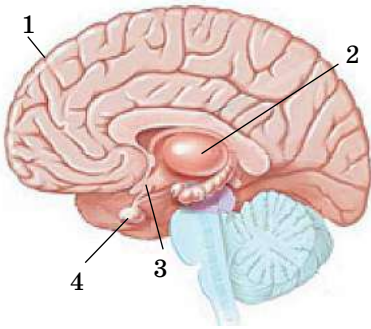


Як масова вакцинація захищає проти інфекційних хвороб також і нещеплених людей?

§23. ВПЛИВ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА ТА СТРЕСОВИХ ФАКТОРІВ НА ЗДОРОВ'Я ЛЮДИНИ

Пригадайте, які захворювання називають інфекційними та інвазійними. Що таке межі толерантності? Які чинники забезпечують еволюцію різних груп організмів? Чим характеризуються процеси асиміляції та дисиміляції? Що таке стрес і гіпоталамо-гіпофізарна система, функціональні системи? Що таке адаптивний потенціал та адаптивна норма? Що таке автономна нервова система? Які її функції?

Вплив факторів навколишнього середовища на здоров'я людини та розвиток адаптаційно-компенсаторних реакцій. На здоров'я людини впливають спосіб життя, генетичні фактори і фактори навколишнього середовища. До *абіотичних факторів* належать кліматичні (сонячна радіація, температура, вологість повітря, атмосферний тиск), а також хімічні речовини та фізичні явища. Серед різноманітних *біотичних факторів* важливе місце належить збудникам інфекційних та інвазійних захворювань. *Антропічні фактори* – це штучні джерела радіації, різні хімічні речовини, аерозолі, стічні води, радіохвилі, електричне й електромагнітне поля, вібрація, шумове забруднення тощо.



Мал. 23.1. Структури головного мозку, яким належить провідна роль у формуванні адапційно-компенсаторних реакцій людини: 1 – кора великих півкуль; 2 – таламус; 3 – гіпоталамус; 4 – гіпофіз

Організм людини пристосовується до дії чинників довкілля завдяки взаємодії регуляторних систем – нервової та ендокринної. Їх називають **адаптаційно-компенсаторними реакціями**. Регуляторні механізми мають три основні стадії. Перша – *початкова* – характеризується тим, що під час дії

зовнішнього чинника, незвичного за силою або тривалістю, виникають фізіологічні реакції, які у кілька разів перевищують потреби організму. Ці реакції перебігають некоординовано, зі значним напруженням роботи певних органів і значними витратами енергії. Тому їхній функціональний резерв швидко виснажується, а адаптивний ефект низький. Наприклад, у людини, що потрапила в середовище з низьким умістом кисню, прискорюються дихальні рухи; на клітинному рівні посилюються процеси дисиміляції, адже потрібне надходження додаткових енергетичних ресурсів до клітин та органів. Початковий етап пов'язаний з так званою стрес-реакцією. Її ще називають **загальним адаптаційним синдромом**, сенс якого полягає в мобілізації енергетичних і пластичних ресурсів організму.

Друга стадія відбувається в умовах тривалої та сильної дії певного чинника або комплексної дії кількох чинників. Вона супроводжується формуванням стійких адаптацій. Адаптивний ефект може досягатися за рахунок формування функціональних систем (наприклад, тимчасового об'єднання дихальної, кровоносної, нервової систем для забезпечення ефективного постачання кисню до тканин та органів).

Нові адаптаційні програми в організмі людини формуються за участі кори великих півкуль кінцевого мозку та підкіркових структур (насамперед, таламуса та гіпоталамуса; мал. 23.1). Такі програми нестійкі: у разі зміни умов ті, що сформувалися раніше, але втратили своє значення, зникають і формуються нові. Реакції, що виникають на другому етапі, охоплюють різні рівні організації: від молекулярного до організмового. На цій стадії, яка може тривати роками, посилюються регуляторні механізми й стабілізуються фізіологічні процеси.

Третя стадія – **стійкої довготривалої адаптації**. Тривалий або багаторазовий вплив на організм певних чинників мобілізує функціональні системи, що склалися раніше. Фізіологічні процеси, пов'язані з адаптацією, оптимізуються, на їхнє здійснення витрачається менше енергетичних ресурсів, процеси асиміляції починають переважати над процесами дисиміляції.



Розглянемо розвиток адаптаційно-компенсаторних реакцій на прикладі перебудов в організмі, що відбуваються за участю нейрогуморальних регуляторних механізмів і забезпечують сталість температури тіла в умовах холоду (*завдання*: проілюструйте цей механізм у вигляді схеми). Терморецептори шкіри сприймають холодове подразнення і чутливими шляхами надсилають імпульси в гіпоталамус (там розташований центр терморегуляції) та у вищі відділи центральної нервової системи. Звідти в зворотному напрямку надходять сигнали до різних органів і сис-

тем, що беруть участь у підтриманні температури тіла. Руховими нервами імпульси надходять до м'язів, у яких розвивається терморегуляторний тонус і тремтіння.

Симпатичними нервами імпульс досягає мозкової речовини надниркових залоз, де посилюється секреція адреналіну. Цей гормон сприяє звуженню периферичних судин і стимулює розпад глікогену в печінці й у м'язах. Важливим чинником є залучення до терморегуляції гіпофіза, а через його тропні гормони – щитоподібної залози і кори надниркових залоз. Гормон щитоподібної залози підвищує рівень обміну речовин та активізує утворення мітохондрій (*пригадайте*, як утворюються нові мітохондрії). Глюкокортикоїди (гормони кори надниркових залоз) стимулюють утворення вуглеводів з білків. Цих реакцій може бути достатньо для збереження температури тіла.

В умовах тривалого чи інтенсивного впливу холоду механізми терморегуляції перенапружуються і виснажуються, температура тіла знижується і настає друга стадія охолодження – декомпенсація, чи власне гіпотермія. Тепловий баланс порушується, тепловіддача перевищує теплопродукцію. Знижується температура тіла, рівень обмінних процесів і споживання кисню, пригнічуються життєво важливі функції організму. Порушення процесів дихання і кровообігу призводить до кисневого голодування, пригнічення функцій центральної нервової системи, зниження імунологічної реактивності. При цьому наявна гіпоксія як наслідок розладу дихання та кровообігу. Цей стан посилюється порушенням мікроциркуляції крові внаслідок зниження тонусу судин, уповільнення кровообігу.

У другій стадії гіпотермії тісно переплітаються явища патологічні та пристосувальні. Наприклад, пригнічення функцій центральної нервової системи є охоронним, бо знижується чутливість нервових клітин до нестачі кисню і подальшого зниження температури тіла. Зниження обміну речовин, у свою чергу, зменшує потребу організму в кисні. Надзвичайно цікавим є той факт, що в стані гіпотермії організм стає менш чутливим до впливу багатьох несприятливих чинників зовнішнього середовища – нестачі кисню та їжі, інтоксикації, інфекції, впливу електричного струму, переважання тощо.

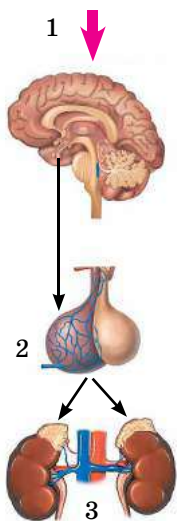
Завдання. Загартовування також пов'язане з впливом на організм низки зовнішніх фізичних факторів, зокрема низької температури, але є однією зі складових здорового способу життя. *Поміркуйте*, чи немає тут суперечності.

Вплив стресових факторів на здоров'я людини. Виникнення несподіваної та напруженої ситуації призводить до порушення рівноваги між організмом і навколишнім середовищем. Настає неспецифічна реакція організму у відповідь на цю ситуацію – **стрес**. Стрессова реакція має різний прояв у різних людей: активна – зростає ефективність діяльності, пасивна – ефективність діяльності різко зменшується.



Важливим компонентом пристосування людини до незвичних ситуацій є комплекс реакцій, що забезпечують активацію гіпоталамо-гіпофізарної системи (мал. 23.2). Стресові ситуації часто пов'язані з посиленням психоемоційним навантаженням на нервову систему людини: це високий темп сучасного життя, великі обсяги інформації, яку ми отримуємо з екранів телевізорів, з Інтернету, багатьох інших інформаційних джерел, погіршення стану довкілля тощо.

Біологічне значення стресу – мобілізація адаптивних механізмів організму з метою захисту від руйнівних впливів. Отже, стрес є одним із



Мал. 23.2. Механізм реакцій організму людини на вплив стресових факторів: 1 – вплив факторів, які спричиняють стрес; 2 – гіпофіз виділяє адренкортикотропний гормон, який активує діяльність кори надниркових залоз; 3 – виділення в кров та інші тканини гормонів кори надниркових залоз – кортикостероїдів

захисних механізмів. Але ви пам'ятаєте, що адаптивні можливості організму людини не безмежні, тому надзвичайно сильні негативні впливи здатні підривати здоров'я, знижувати ефективність захисних реакцій і спричиняти важкі захворювання, у тому числі – й психічні.

Стресові чинники (фізичні, хімічні, біологічні, психічні тощо), впливаючи на організм, насамперед активізують гіпофіз. Він виробляє гормон (адренкортикотропний), що стимулює діяльність кори надниркових залоз. При цьому посилюється надходження в кров та інші тканини гормонів кори надниркових залоз – кортикостероїдів. Вони стимулюють механізми, завдяки

яким організм краще адаптується до нових умов (мал. 23.2).

Відомий канадський учений **Ганс Гуго Бруно Сельє** (1907–1982) – автор концепції стресу – виділяв три стадії розвитку стресових реакцій. Перша – *реакція тривоги*, під час якої мобілізуються адаптивні можливості організму. Гормони надниркових залоз підвищують артеріальний тиск, рівень глюкози в крові (як ви пригадуєте, це енергетична сполука), стимулюють утворення еритроцитів червоним кістковим мозком тощо. Далі настає стадія *резистентності (опору)*, під час якої зазвичай підвищується стійкість і протидія несприятливим чинникам. У людини в цей час посилюється розумова діяльність та м'язова активність, виникає бажання долати несприятливі умови. Якщо дія стресових факторів слабшає або припиняється, стан організму поступово нормалізується. Якщо ж не припиняється, а ще й посилюється, організм виснажується, зміни стають необоротними. Тому цю стадію називають *стадією виснаження*.

Однією з передумов протистояння емоційному стресу є висока емоційно-вольова стійкість. Така властивість насамперед потрібна людям тих професій, які періодично стикаються зі стресовими ситуаціями (пілоти, моряки, рятувальники, військові тощо). Вони відчують стресовий стан пізніше, ніж інші, і долають його швидше.

Цікаво знати

Найбільш несприятливими для формування адаптивних реакцій і здатними спричиняти розвиток різних патологій людини є стресові чинники малої інтенсивності, які діють тривалий час (протягом років). Вони поступово виснажують адаптаційні резерви організму, порушуючи нейрогуморальні механізми адаптацій.

Як зменшити негативний вплив стресових факторів? Якщо ви помітили у себе ознаки стресового стану (зниження уваги, погіршення пам'яті, проблеми із засвоєнням нового матеріалу або трудовою діяльністю, відчуття втоми, яке не проходить, сонливість, головні болі без помітних причин, постійне відчуття невдоволеності життям тощо), приділіть собі більше уваги. Чітко дотримуйтеся режиму дня: сон має бути повноцінним (не менше 8 годин на добу), відпочинок – активним (спорт, плавання, тривалі прогулянки на свіжому повітрі тощо), харчування – раціональним і збалансо-



Мал. 23.3. Перебування у спокійному стані на природі, коли на вас не діють несприятливі чинники, є одним з найпростіших методів релаксації (1); до релаксації вдаються й тварини (2)

ваним (*пригадайте*, що це означає), за можливості уникайте ситуацій, здатних спричинити стрес.

Опануйте **методи релаксації** (від лат. *релаксаціо* – розслаблення), які допоможуть зняти м'язове та психічне напруження, відновити, підвищити працездатність (мал. 23.3). Можна застосовувати спеціальні дихальні техніки, масаж, водні процедури тощо. За потреби зверніться за кваліфікованою допомогою до психологів або психотерапевтів.

Ключові терміни та поняття

акліматизація, дезадаптація, функціональні резерви організму, стрес, релаксація.

Перевірте здобуті знання



1. Як сучасна людина має адаптуватися до дії біологічних і соціальних чинників? 2. Які стадії виділяють у процесі формування адаптацій людини? 3. Які структури головного мозку людини відіграють провідну роль у формуванні адаптацій? 4. Що таке дезадаптація? 5. Що таке функціональні резерви організму? Яка їхня роль у формуванні адаптацій? 6. Що таке стрес та яка його роль у пристосуванні людини до несприятливих умов?

Поміркуйте



Які методи релаксації людина може застосовувати самостійно з метою підвищення своїх адаптаційних можливостей?

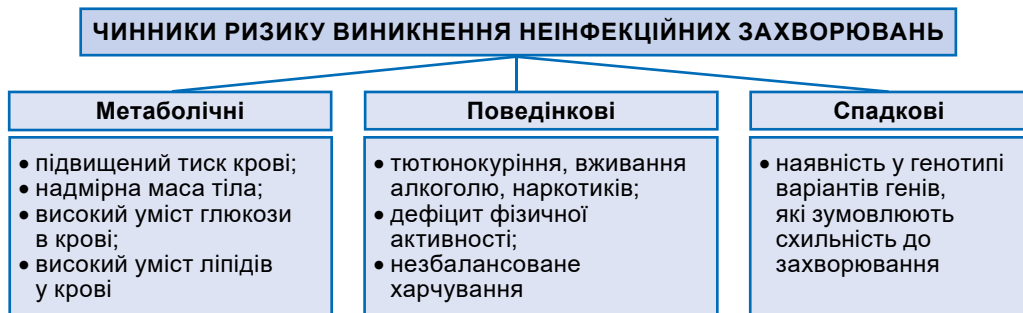
§ 24. ПРОФІЛАКТИКА НЕІНФЕКЦІЙНИХ, ІНФЕКЦІЙНИХ, ІНВАЗІЙНИХ ЗАХВОРЮВАНЬ ЛЮДИНИ

Пригадайте причини виникнення інвазійних, інфекційних і неінфекційних хвороб. Які шляхи передачі збудників інфекційних хвороб? Які захворювання належать до трансмісивних? Які трансмісивні захворювання мають природні осередки? Що таке карантин і для чого його застосовують? Що таке імунітет? Які його види ви знаєте? Які хвороби називають інвазійними?



Профілактика захворювань – це заходи, що запобігають їхньому виникненню.

Профілактика неінфекційних захворювань. *Неінфекційні захворювання* – це хворобливі стани, які виникають у результаті впливу фізіологічних, екологічних, поведінкових чинників і можуть мати генетичну причину (спадкову схильність). Серед неінфекційних захворювань найпоширенішими є: серцево-судинні (зокрема, гіпертонічна хвороба, ішемічна хвороба серця, інфаркт, інсульт), онкологічні, діабет, хронічні захворювання органів дихання, травлення, виділення тощо. Від цих патологій потерпають до 60 % дорослого та майже 20 % дитячого населення світу. Існує



Мал. 24.1. Основні чинники виникнення неінфекційних захворювань

тісний взаємозв'язок неінфекційних захворювань з умовами і способом життя та факторами ризику (мал. 24.1).

Метаболічні чинники тісно пов'язані з поведінковими, а тому їхня дія може бути значно зниженою через дотримання здорового способу життя – відмову від шкідливих звичок, збалансоване харчування, фізичну активність тощо. Розуміння ролі генетичних чинників і поведінкових факторів ризику неінфекційних захворювань дає змогу розробляти індивідуальні програми профілактичних заходів з усунення факторів ризику і зміцнення організму (мал. 24.2).

Профілактика інфекційних захворювань. Поширення будь-якого інфекційного захворювання – це процес передачі збудника хвороби (вірусів, бактерій, грибів) від джерела (людини чи тварини, які захворіли) до сприйнятливому організму. Після зараження така людина сама може стати джерелом інфекції. Якщо інфекційне захворювання циркулює лише серед людей (джерелом збудників є тільки люди), його називають **антропонозним** (поліомієліт, менінгококова інфекція). Якщо джерелом інфекції для людини є винятково тварини (наприклад, сказ) – **зоонозним**. Існують й **антрополозонозні захворювання**, збудники яких є спільними для людей і тварин, а джерелом інфекції для людини є як хворі люди, так і хворі тварини (чума, сонна хвороба тощо).

Якщо паразитування збудників в організмі хазяїна перебігає без виражених клінічних проявів – це **носієцтво збудників інфекції**.

Протиінфекційні профілактичні заходи спрямовують на три ланки епідемічного процесу: своєчасне виявлення інфікованих; ізоляція (карантин) і лікування осіб, які захворіли; дезінфекція вогнища зараження.

Своєчасне виявлення людей, які захворіли, і застосування статистичних методів дає змогу визначити, коли поширення інфекційного захворювання перевищить епідемічний поріг і набуде характеру епідемії.



Мал. 24.2. Стратегії профілактики неінфекційних захворювань

Епідемічний поріг – це показник захворюваності на певне захворювання на певній території. Його визначають як відсоток населення, що захворіло (кількість захворілих на 100 тисяч населення). Цей показник розраховують на основі даних про захворюваність за багато років. Він дає змогу визначити початок зростання рівня захворюваності, що за певних умов може перерости в епідемію. Наприклад, 2019 р. епідемічний поріг захворюваності на грип становив 518,68 на 100 000 населення.

Заходи щодо ліквідації другої ланки епідеміологічного процесу такі:

- контроль за дотриманням громадянами правил і норм особистої гігієни;
- реклама і пропаганда гігієнічних навичок і санітарної культури населення;
- проведення органами охорони здоров'я протиепідемічних дій (санітарно-гігієнічний контроль за продажем харчових продуктів, особливо в осередках ураження, за станом об'єктів харчування та водопостачання; перевірка виконання правил приготування, зберігання і транспортування продуктів, готової їжі, якості води).

Для створення та зміцнення імунітету в населення потрібні:

- профілактична вакцинація;
- введення специфічних сироваток або антитіл, або імунотерапія;
- профілактичне застосування антибіотиків та інших протимікробних засобів.

Завдання. Нерідко під час епідемії грипу лікарі ставлять діагноз грип чи ГРВІ (гостра респіраторна вірусна інфекція) і призначають для лікування антибіотики. *Подискутуйте в парах:* чи буде ефективним таке лікування вірусних інфекцій. У яких випадках є доцільним призначення антибіотиків під час грипу чи ГРВІ?

Профілактика інвазійних захворювань. Інвазійні захворювання залежно від збудника поділяють на гельмінтози (збудниками є гельмінти), протозойні (збудники – одноклітинні твариноподібні організми), акаріїazi (збудники – кліщі) та ентомози (збудники – комахи). Для організації профілактичних заходів проти інвазійних захворювань потрібно знати цикли розвитку паразитів, їхніх переносників¹, особливості зараження, розвитку та перебігу інвазійного захворювання, а також встановити резервуари збудника інвазії з урахуванням географічної зони.

Важливою ланкою профілактики інвазійного захворювання є знищення переносників збудників за допомогою різноманітних методів: фізичних, хімічних, біологічних. Окремо виділяють генетичні методи боротьби, пов'язані з впливом на спадковий матеріал переносників. Наприклад, для боротьби з малярією у лабораторних умовах опроміненням стерилізують самців комарів, після чого випускають їх у природу, де вони паруються із самками. Потомство, отримане після такого парування, не розвивається взагалі або виявляється нежиттєздатним.

З-поміж специфічних засобів для лікування і профілактики інвазійних захворювань виділяють кілька груп препаратів. **Антигельмінтні засоби**, або **антигельмінтики**, застосовують для звільнення організму від гельмінтів. Запобігти зараженню гельмінтами допоможе елементарне дотримання правил особистої гігієни (миття рук перед вживанням їжі, після відвідування місць загального користування та спілкування з домашніми тваринами). Також потрібно овочі та фрукти, які вживають

¹ Для трансмісивних захворювань.

у сирому вигляді, обов'язково обдавати окропом; термічно обробляти рибу та м'ясо.

Подібно до антигельмінтиків існують й препарати для боротьби з паразитичними та кровосисними комахами та кліщами, а також одноклітинними тваринами. Речовини, що відлякують шкідливих членистоногих, мають назву **репеленти**. Для профілактики нападу кровосисних комах і кліщів під час відвідування місць, де є ризик їхнього нападу, потрібно захищати тіло відповідним одягом.

Ключові терміни та поняття

профілактика захворювань, неінфекційні, інфекційні та інвазивні захворювання, носії збудників захворювань, епідемічний поріг, репеленти.

Перевірте здобуті знання



1. У чому полягає профілактика інфекційних та інвазійних захворювань? 2. Наведіть приклади неінфекційних, інфекційних та інвазійних захворювань. 3. Яких особин називають носіями збудників інфекції (інвазії)? 4. Що таке епідемічний поріг? Яке практичне значення цього показника? 5. З якою метою для профілактики зараження збудниками інфекційних (інвазійних) захворювань застосовують репеленти?

Поміркуйте



Чи правильним є вислів, що профілактика хвороби дешевша за її лікування? Обґрунтуйте свою відповідь.

НАВЧАЛЬНІ ПРОЕКТИ

Особиста програма зміцнення здоров'я

ПРАКТИЧНА РОБОТА 2

РОЗРОБКА РЕКОМЕНДАЦІЙ ЩОДО ПРОФІЛАКТИКИ ЗАХВОРЮВАНЬ

Мета: на прикладі обраних за допомогою вчителя або вчительки неінфекційного, інфекційного та інвазійного захворювань розробити комплекс рекомендацій щодо їхньої профілактики.

Матеріали: дидактичні картки з даними щодо причин виникнення певних неінфекційних, інфекційних та інвазійних захворювань, шляхами потрапляння в організм людини збудників інфекційних та інвазійних захворювань, особливостями їхнього життєвого циклу, фотографії збудників і симптомів захворювань.

Хід роботи

1. Пригадайте, чим відрізняються неінфекційні, інфекційні та інвазійні захворювання.

2. На моделі якогось обраного вами неінфекційного захворювання складіть перелік профілактичних заходів, які допоможуть не захворіти на нього.

3. На моделі якогось обраного вами інфекційного захворювання складіть перелік профілактичних заходів, які допоможуть не інфікуватися ним.

4. На моделі якогось обраного вами інвазійного захворювання складіть перелік профілактичних заходів, які допоможуть не заразитися ним.

5. Складіть перелік профілактичних заходів, що можуть допомогти не заразитися захворюваннями, які передаються статевим шляхом (визначте, чи це захворювання інфекційне, чи інвазійне).

6. Проаналізуйте складені вами переліки, визначте ті профілактичні заходи, що повторюються у різних списках. Упорядкуйте ваші списки так, щоб на початку були представлені заходи, які повторюються в різних (або в усіх) переліках, а в кінці – специфічні, характерні лише для певної групи захворювань.



ТЕМА 7. ЕКОЛОГІЯ

У цій темі ви дізнаєтесь про:

- предмет, завдання та методи досліджень у галузі екології;
- зв'язки екології з іншими науками;
- основні закономірності дії екологічних факторів на організми та їхні угруповання;
- структуру та закономірності функціонування угруповань організмів: популяцій та екосистем;
- єдину глобальну екосистему нашої планети – біосферу; закономірності її функціонування;
- учення В.І. Вернадського про біосферу та ноосферу.

§25. ЕКОЛОГІЯ: ПРЕДМЕТ ДОСЛІДЖЕНЬ, ЗАВДАННЯ ТА МЕТОДИ. ЗВ'ЯЗКИ ЕКОЛОГІЇ З ІНШИМИ НАУКАМИ

Пригадайте рівні організації живої матерії. Що таке популяції, види, екосистеми? Які основні положення концепції сталого розвитку природи та суспільства?

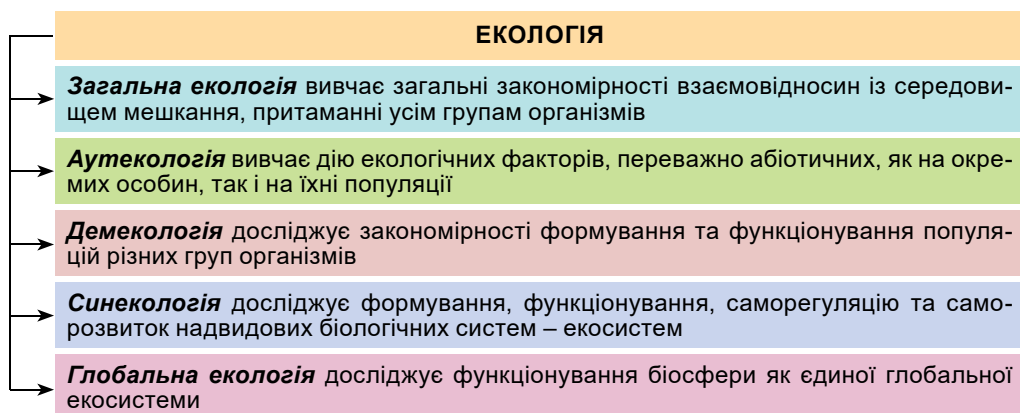
Предмет і завдання екології. Екологія як самостійна наукова галузь сформувалася в середині XIX сторіччя, коли наукова спільнота остаточно усвідомила, що неможливо вивчати організми поза їхнім середовищем мешкання. Термін «*екологія*» (від грец. *ойкос* – житло, місцеперебування, *логос* – наука, вчення) запропонував 1866 року відомий біолог **Ернст Геккель** (мал. 25.1).

Екологія – наука про взаємозв'язки організмів та їхніх угруповань між собою та довкіллям. Сучасна екологія досліджує різні рівні організації живої матерії – від молекулярного до біосферного, але найбільше уваги приділяє надорганізовим біологічним системам (*поміркуйте* чому). Предметом екології є сукупність або структура зв'язків між організмами, їхніми угрупованнями та фізичним середовищем мешкання, а також склад і закономірності формування й функціонування угруповань організмів – популяцій, екосистем, біосфери в цілому.

На сучасному етапі розвитку екології притаманний **системний підхід**, який полягає у всебічному вивченні



Мал. 25.1. Ернст Генріх Філіп Август Геккель (1834–1919) – видатний німецький учений, послідовник учення Ч. Дарвіна. Започаткував філогенетичний напрям у систематиці (*пригадайте*, чим він характеризується), увів терміни «онтогенез» та «філогенез», є співавтором біогенетичного закону (*пригадайте* його формулювання). 1866 року у своїй праці «Загальна морфологія організмів» запропонував назву для нової науки – екологія



Мал. 25.2. Основні галузі екології

всіх компонентів біологічних систем в їхній взаємодії між собою й у розвитку. На малюнку 25.2 наведено основні галузі екології.

В екології як комплексній науці перетинаються інтереси різних природничих, гуманітарних і технічних дисциплін. Так виникли *екологічна біохімія, екологічна фізіологія, екологічна морфологія, еволюційна екологія, екологічна палеонтологія* тощо.

Інші підрозділи екології сформувалися у результаті взаємодії екології з біологічними науками, що вивчають окремі групи організмів. Це *екологія рослин, екологія тварин, екологія грибів, екологія мікроорганізмів*. Приклади деяких екологічних дисциплін, які виникли внаслідок взаємодії екології з іншими природничими та гуманітарними науками наведено в таблиці 25.1.

Таблиця 25.1

ЕКОЛОГІЧНІ ДИСЦИПЛІНИ, ЯКІ ВИНИКЛИ ВНАСЛІДОК ВЗАЄМОДІЇ ЕКОЛОГІЇ З ПРИРОДНИЧИМИ ТА ГУМАНІТАРНИМИ НАУКАМИ	
Напрямок	Що досліджує
Геоєкологія	Досліджує склад, будову, властивості, процеси фізичних і геохімічних оболонок (геосфер) Землі як середовища мешкання людини та інших організмів. Вивчає зміни життєво потрібних ресурсів геосфер Землі під впливом різних екологічних факторів, шляхи їхньої охорони та раціонального використання
Ландшафтна екологія	Вивчає просторове різноманіття та елементи ландшафтів (однорідних територіальних комплексів, з єдиною геологічною основою, рельєфом, ґрунтовим покривом, кліматичним режимом і характерними угрупованнями організмів) та їхній вплив на розподіл організмів
Хімічна екологія	Досліджує наслідки впливу на навколишнє середовище різних хімічних сполук і можливих шляхів зменшення їхнього негативного впливу на природу
Радіаційна екологія (радіо-екологія)	Вивчає вплив радіаційного опромінювання на окремі організми та їхні угруповання, адаптації до дії цього чинника, а також поведінку радіонуклідів у різних компонентах екосистем (ґрунті, водоймах, організмах)
Соціальна екологія (соціо-екологія)	Досліджує закономірності взаємодії суспільства та навколишнього середовища. Вивчає особливості інтересів окремих соціальних груп, що експлуатують природні ресурси, їхнє ставлення до проблем природокористування та охорони природи

Напрям	Що досліджує
Екологія людини	Як підрозділ соціоекології досліджує закономірності взаємодії людини та її спільнот з навколишнім середовищем, вплив різних чинників довкілля на організм людини з метою збереження та поліпшення здоров'я
Математична екологія	Покликана математично обробляти дані, отримані дослідним шляхом, і створювати математичні моделі, що дають змогу прогнозувати зміни в популяціях, екосистемах й біосфері в цілому
Технічна екологія	Дисципліна, завданням якої є розроблення технічних засобів і технологічних процесів, спрямованих на зменшення шкідливих відходів виробництва і захист довкілля від забруднення ними

Завдання. Укажіть науки, внаслідок взаємодії з якими виникли ті чи інші напрями сучасної екології.

Науки, які за своєю сутністю є екологічними, наведено на малюнку 25.3.

	Гідробиологія вивчає угруповання мешканців водойм
	Ґрунтова біологія вивчає угруповання мешканців ґрунтів
	Екологія наземних екосистем вивчає формування й функціонування угруповань організмів – мешканців наземно-повітряного середовища
	Паразитологія вивчає паразитичні організми та їхні угруповання, взаємодію з організмом хазяїна
	Фітоценологія (геоботаніка) – наука про рослинні угруповання

Мал. 25.3. Приклади екологічних наук

Сучасна екологія – не лише самостійна природнича дисципліна, а й світогляд, покликаний пронизувати всі науки й сфери діяльності людей. Головними її завданнями є: встановлення закономірностей взаємозв'язків між організмами, їхніми угрупованнями та умовами існування; дослідження структури, саморозвитку та функціонування угруповань організмів; розроблення методів визначення екологічного стану природних і штучних екосистем; спостереження за змінами в окремих екосистемах і біосфері в цілому, прогнозування їхніх наслідків; створення бази даних і розроблення рекомендацій щодо екологічно безпечного планування гос-

подарської та соціальної діяльності людини; гармонізація співіснування людського суспільства з навколишнім середовищем; застосування екологічних знань у справі охорони довкілля та раціонального використання природних ресурсів.

 **Раціональне природокористування** – така система користування природними ресурсами, за якої їх використовують достатньо повно та ефективно: максимальне використання відновних ресурсів, відходів виробництва (безвідходне виробництво) тощо.

Ключові терміни та поняття

екологія, аутоекологія, демекологія, синекологія, раціональне природокористування.

Перевірте здобуті знання  1. Що досліджує сучасна екологія? 2. Що є предметом екологічних досліджень? 3. Які розділи виділяють у межах екології? Що вони досліджують? 4. Які екологічні дисципліни сформувались унаслідок взаємодії екології з іншими науками? 5. Які завдання сучасної екології? 6. Що таке раціональне природокористування?

Поміркуйте  Чому сучасну екологію вважають стрижнем, який об'єднує інтереси різноманітних наук?

§26. ОСНОВНІ МЕТОДИ ЕКОЛОГІЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Пригадайте науки, з якими взаємодіє екологія. У чому полягає системний підхід в екологічних дослідженнях? Які основні методи досліджень застосовують у біології?

Методи екологічних досліджень. Оскільки екологія взаємодіє з багатьма іншими науками, вона вбирає в себе притаманні їм концепції та методи досліджень. Різноманітність методів досліджень в екології зумовлена також тим, що об'єктами спостережень є не тільки різні групи організмів, а й різні рівні організації живої матерії.

Так, **польові спостереження** дають змогу вивчати організми та їхні угруповання у звичному для них природному середовищі (наприклад, спостереження за міграціями птахів) (мал. 26.1). **Метод екологічного моніторингу** ґрунтується на постійних комплексних спостереженнях за перебігом певних процесів в окремих популяціях, екосистемах, біосфері в цілому чи за станом певних біологічних об'єктів. Проведення екологічного моніторингу дає підстави для розроблення заходів охорони окремих популяцій організмів, екосистем і біосфери в цілому. Залежно від масштабів розрізняють чотири види екологічного моніторингу (табл. 26.1).

Таблиця 26.1

ВИДИ ЕКОЛОГІЧНОГО МОНІТОРИНГУ	
Вид моніторингу	Характеристика
Глобальний	Спостереження за змінами, що відбуваються у межах біосфери
Державний	Спостереження за змінами у природних або штучних екосистемах на території певної держави
Регіональний	Спостереження за змінами у природних або штучних екосистемах на території певного регіону
Локальний	Спостереження за змінами у природних або штучних екосистемах на певній локальній території (певна екосистема, агроценоз, населений пункт тощо)



Мал. 26.1. Методи екологічних досліджень: 1 – екологічний моніторинг за допомогою безпосередніх спостережень; 2 – сучасний комплексний моніторинг за допомогою приладів, інформацію з яких можна зчитувати дистанційно; 3 – експериментальні екологічні дослідження можна проводити, використовуючи, наприклад, акваріум як модель водної екосистеми

Експериментальні дослідження, як польові, так і лабораторні, передбачають свідоме втручання дослідників у структуру біологічних систем і природний хід подій з метою визначення, як система або процес реагуватимуть на певний вплив. Експерименти поділяють на *однофакторні* (досліджують вплив одного фактору) та *багатофакторні* (вивчають вплив кількох факторів). Багатофакторний експеримент дає змогу дослідникам комбінувати різні чинники, змінювати інтенсивність впливу на об'єкт дослідження всіх або окремих з них.

Методи екологічної індикації дають можливість визначити стан і властивості екосистем за видовим складом і співвідношенням між собою певних груп видів. Для визначення стану екосистем не потрібно досліджувати всі види, які входять до їхнього складу. Достатньо спостерігати лише за певними їхніми групами, які називають *індикаторними*. Наприклад, на кислих ґрунтах зростають хвощ польовий, біловус, верес; на ґрунтах з нейтральною реакцією – робінія звичайна, дуб, шипшина, ожина; на засолених – солонець, содник (мал. 26.2). Певні групи водоростей використовують для визначення вмісту органічних сполук і різних забруднювачів у водоймах.

Моделювання – метод дослідження та демонстрації структур, функцій, процесів за допомогою їхньої спрощеної імітації. Це обов'язковий етап багатьох наукових досліджень, оскільки дає змогу вивчати об'єкти та процеси, які неможливо безпосередньо спостерігати чи відтворювати експериментально. **Математична модель** – це вираження (у вигляді математичних рівнянь зв'язків між різними елементами певної системи. Змінюючи числове значення одного з показників, уведених у модель, можна спостерігати, як змінюватимуться й інші, тобто як поводитиметься змодельована система за певних умов. Наприклад, однією з перших математичних моделей в екології була модель взаємодії популяції хижака та



Мал. 26.2. Приклади індикаторних видів організмів: 1 – хвощ польовий; 2 – робінія звичайна (біла акація); 3 – солонець трав'янистий

його здобичі, що демонструє залежність чисельності одного виду від чисельності іншого.

Будь-який накопичений кількісний матеріал, отриманий завдяки спостереженням, експериментально або внаслідок моделювання, потребує статистичного оброблення. Розвиток сучасної екології, так само, як й інших наук, неможливий без застосування **математично-статистичних методів**.

Отже, **системне дослідження певної екосистеми** передбачає:

- вивчення фахової літератури, узагальнення попереднього досвіду;
- постановку задач дослідження (визначення основних напрямів досліджень);
- вибір концепції дослідження (узагальнення відомостей про об'єкт дослідження і представлення цих відомостей у вигляді цілісної та логічно обґрунтованої концепції);
- проведення спостережень, польових і лабораторних експериментів;
- обов'язкове математичне моделювання, аналіз і перевірку придатності моделей;
- синтез отриманих даних;
- комп'ютеризацію досліджень; створення масштабних баз даних;
- здійснення кількісних оцінок і прогнозування;
- висновки з проведених досліджень й за потреби – пропозиції щодо подальших досліджень; широку міжнародну співпрацю.

Ключові терміни та поняття

метод екологічного моніторингу, методи екологічної індикації, індикаторні групи організмів, математичне моделювання.

Перевірте здобуті знання



1. Назвіть методи досліджень, які використовують у екології. 2. У чому полягає метод екологічного моніторингу? 3. На чому ґрунтуються методи екологічної індикації? 4. Яким вимогам мають відповідати групи організмів, які використовують у методах екологічної індикації? 5. У чому полягає метод математичного моделювання? Чому екологічні дослідження неможливі без його застосування?

Поміркуйте



У чому полягають особливості екологічних досліджень?

§27. ЕКОЛОГІЧНІ ФАКТОРИ ТА ЇХНЯ КЛАСИФІКАЦІЯ

Пригадайте, що таке аутоекологія, таксиси, рефлекси, тропізми, настії, нутації.

Класифікація екологічних факторів. Усі організми потенційно здатні до необмеженого розмноження та розселення. Але видовий склад організмів, що мешкають у різних кліматичних зонах, не зміщується: кожний з них притаманний певний набір видів тварин, рослин, грибів, мікроорганізмів. Надмірне розмноження і розселення організмів обмежується певними *географічними перешкодами* (моря, гірські ланцюги, пустелі тощо), *кліматичними факторами* (температура, вологість тощо), а також різноманітними *взаємозв'язками між окремими видами*. *Пригадаємо*: частина простору в біогеоценозах, населена популяціями даного виду, яка забезпечує їх потрібними ресурсами та умовами існування, – це **місцеіснування виду**. Усі ці ресурси та умови існування разом називають екологічними факторами.

Мал. 27.1. Біотичні зв'язки між організмами різних видів можуть визначати їхнє поширення: бластофага (1) – представник ряду Перетинчастокрилі – єдиний запилювач інжиру (2); коли цю рослину акліматизували в Каліфорнії (США), де умови для вирощування виявилися сприятливими, інжир не плодоносив, оскільки були відсутні комахи-запилювачі; тому разом з рослиною довелося акліматизувати й бластофагу



Екологічні фактори – це всі компоненти середовища мешкання, які впливають на організми та їхнє угруповання. Залежно від природи та особливостей дії їх поділяють на абіотичні, біотичні та антропогенні. **Абіотичні фактори** – компоненти та властивості неживої природи (температура, освітленість, вологість, газовий склад повітря, тиск, сольовий склад води, тип ґрунту тощо), які прямо або опосередковано впливають на окремі організми та їхнє угруповання.

Біотичні фактори – різні форми взаємодій між особинами в популяціях і між популяціями в угрупованнях. Як ви пам'ятаєте, такі взаємодії можуть бути *антагоністичними* (конкуренція, паразитизм, хижацтво тощо), *взаємовигідними* (наприклад мутуалізм) чи *нейтральними* (нейтралізм). Кожен з організмів постійно взаємодіє з особинами свого (*внутрішньовидові зв'язки*) та інших (*міжвидові зв'язки*) видів (різні форми внутрішньо- та міжвидових взаємодій детальніше розглянемо згодом). Тому одні види організмів є складовою середовища мешкання інших (мал. 27.1). Будь-який організм під час здійснення власних процесів життєдіяльності змінює середовище мешкання: при цьому одні ресурси із цього середовища вилучаються, інші, навпаки, вносяться.

Антропічні або антропогенні фактори – це різні форми діяльності людини, що змінюють стан середовища мешкання різних видів істот, включно із самою людиною. Зокрема, антропічні фактори – це прямий вплив людини на навколишнє середовище (полювання на тварин, вирубування дерев тощо), тоді як антропогенні – наслідки господарської діяльності людини (наприклад, забруднення довкілля, пов'язане з експлуатацією заводів, ТЕЦ, АЕС).

Екологічні фактори як ресурси та умови. Усе те, що споживають організми, слід вважати **ресурсами середовища мешкання**. Ресурси (їжа, вміст хімічних елементів і води в ґрунті тощо), на відміну від **умов існування** (температури, відносної вологості повітря, солоності води, швидкості течії тощо), вичерпуються організмами, унаслідок чого стають менш доступними.

Розрізняють ресурси незамінні та взаємозамінні. **Незамінні ресурси** організм не може замінити на інші (наприклад, Нітроген або Калій для рослин, рослина хвилівник звичайний для гусені денного метелика – поліксени). Якщо один ресурс організм може повністю замінити на інший, такі ресурси є **взаємозамінними** (наприклад, голуби та інші птахи можуть споживати насіння рослин різних видів).

Мінливість екологічних факторів. Кожен екологічний фактор діє на організми з певною інтенсивністю. Вона може бути *відносно постійною*

протягом тривалих історичних періодів розвитку біосфери (наприклад, сонячне випромінювання, сила тяжіння, сольовий склад морської води, газовий склад атмосфери тощо). Більшість екологічних факторів має *мінливу інтенсивність дії* (температура, вологість повітря, освітленість тощо). Ступінь мінливості кожного екологічного фактору залежить від особливостей середовища мешкання організмів. Наприклад, температура на поверхні води або ґрунту може коливатись у значних межах залежно від пори року чи доби, тоді як у водоймах чи ґрунті на глибинах понад кілька метрів перепади температури не такі відчутні.

Зміни екологічних факторів можуть бути: *періодичними*, залежно від часу доби, пори року, положення Місяця відносно Землі тощо; *неперіодичними* (виверження вулканів, землетруси, урагани тощо); *спрямованими протягом значних історичних проміжків часу* (зміни клімату Землі, пов'язані з перерозподілом співвідношення площ суходолу та Світового океану). Організми легше адаптуються до звичних для них періодичних змін дії екологічних факторів і гірше до тих, які змінюються неперіодично, особливо якщо з ними не доводилося стикатися їхнім предкам.

Дія одного й того самого екологічного фактору може бути нейтральною для одних організмів й відчутно впливати на інших, які мешкають на спільній території. Наприклад, азот (N_2) атмосферного повітря (*пригадаємо*: його вміст становить 78,1 %) – нейтральний фактор для багатьох організмів (тварин, рослин, грибів, багатьох мікроорганізмів), адже вони не здатні його засвоювати. Але він життєво потрібний азотфіксуючим організмам (бульбочковим бактеріям, деяким ціанобактеріям тощо).

Від ступеня мінливості умов існування залежить і видова різноманітність організмів певної екосистеми: що різноманітніші умови, то різноманітніший її видовий склад.

Ключові терміни та поняття

місцеіснування виду, екологічні фактори (абіотичні, біотичні, антропогенні або антропогенні).

Перевірте здобуті знання



1. Що таке місцеіснування виду? 2. Схарактеризуйте екологічні фактори. 3. Які екологічні фактори вважають ресурсами, подразниками, а які – умовами існування? 4. Якою може бути мінливість екологічних факторів?

Поміркуйте



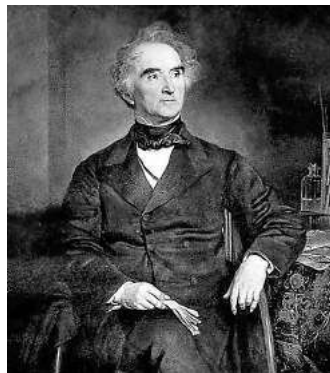
Що характеризує аутоекологію як окремий розділ екології?

§28. ЗАКОНОМІРНОСТІ ВПЛИВУ ЕКОЛОГІЧНИХ ФАКТОРІВ НА ОРГАНІЗМИ ТА ЇХНІ УГРУПОВАННЯ

Пригадайте, що таке популяції організмів. Які адаптації формуються на популяційно-видовому рівні організації живої матерії? Що таке екологічна ніша? У чому полягає біологічна суть правил взаємодії екологічних факторів, відносної незалежності адаптацій, екологічної індивідуальності, правил Аллена та Бергмана?

● Перший екологічний закон сформулював 1840 року німецький учений **Ю. Лібіх** (мал. 28.1). Він припустив, що для організмів лімітуючим (обмежувальним) буде той життєво важливий фактор, доступна кількість якого найбільше відхилятиметься від його оптимального значення. Цю закономірність названо **законом мінімуму Лібіха**.

Мал. 28.1. Юстус фон Лібіх (1803–1873) – німецький учений-хімік, який зробив помітний внесок у розвиток агрохімії (науки про оптимізацію живлення рослин, застосування добрив і підвищення продуктивності рослин). Сформулював «закон повернення», згідно з яким рослини під час живлення поглинають з ґрунту певні елементи, внаслідок чого їхній вміст там зменшується, тому для нормального існування рослин потрібно повертати в ґрунт спожиті мінеральні сполуки. Так було науково обґрунтовано потребу внесення у ґрунт добрив



Учений звернув увагу на те, що продуктивність рослин часто обмежується не тими елементами живлення, які потрібні у значних кількостях (наприклад, карбон(IV) оксид, сполуки Нітрогену, вода, оскільки ці сполуки і так є у достатній кількості), а мікроелементами (такими як Бор, Цинк та ін.), що потрібні рослині у мінімальній кількості, але які у дефіциті в навколишньому середовищі. Цей закон застосовують у практиці сільського господарства, оскільки вирощування рослин певного виду ускладнюється або унеможлиблюється, якщо вміст певного хімічного елемента в ґрунті значно нижче потрібного мінімуму (для Фосфору – нижче 20 % від потрібної норми, для Кальцію – нижче 50 %).

Запам'ятаємо

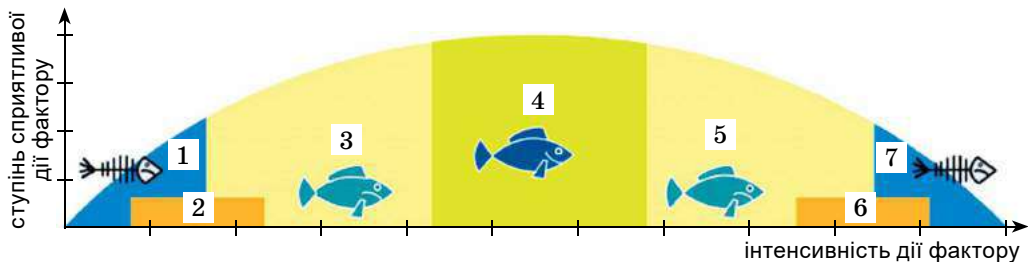
Можливість існування організмів у певному середовищі мешкання насамперед визначатимуть **лімітуючі (обмежувальні) фактори**, інтенсивність дії яких наближується або виходить за межі витривалості особин даного виду. Обмежувальні фактори визначають територію розселення виду – його ареал. Так, поширення багатьох видів тварин на північ стримується нестачею тепла і світла, на південь – дефіцитом вологи, проникнення морських видів риб у прісні водойми стримує низька солоність води тощо.

● Закон мінімуму пізніше доопрацювали Ф. Блекман і В. Шелфорд. Ф. Блекман 1909 року сформулював **закон лімітуючих факторів**: найбільше обмежують можливість існування виду за даних умов ті фактори середовища, інтенсивність дії яких найбільше відхиляється від зони оптимального (зони найбільш сприятливої дії екологічного фактору), незважаючи на оптимальне поєднання та інтенсивність дії інших екологічних факторів.

● 1913 року В. Шелфорд звернув увагу на те, що лімітуючим може бути не лише фактор з мінімальною інтенсивністю дії, а й той, інтенсивність дії якого максимальна. Ця закономірність дістала назву **закону толерантності**: можливість існування виду за певних умов може визначатись як надлишком, так і нестачею будь-якого з екологічних факторів, чия інтенсивність дії наближуватиметься до критичних точок мінімуму та максимуму (тобто значень мінімальної та максимальної інтенсивності дії даного чинника).



Толерантність – здатність організму пережити несприятливий вплив певного екологічного фактору. Діапазон дії екологічного фактору, який охоплює проміжок між мінімально та максимально можливою для особин цього виду дією, називають *межами толерантності*.



Мал. 28.2. Схема, що ілюструє закон оптимуму: 1 – мінімальне значення фактору; 2 – екстремальні умови; 3 – зона песимуму; 4 – зона оптимуму; 5 – зона песимуму; 6 – екстремальні умови; 7 – максимальне значення фактору (*завдання: уважно розгляньте схему та знайдіть на ній верхню й нижню межу толерантності та межі екологічної валентності виду*)

● Закони мінімуму, лімітуючих факторів і толерантності узагальнює **закон оптимуму**: дія кожного екологічного фактору має лише певні межі позитивного впливу на організми (мал. 28.2). Сприятлива для організмів певного виду інтенсивність впливу екологічного фактору має назву *зони оптимуму*. Оптимальними умовами насамперед вважають такі, за яких особини певного виду залишають найбільше нащадків. З енергетичної точки зору, оптимальними є умови, за яких організм з найменшими витратами енергії здатний зберігати звичний для нього рівень обміну речовин, що, у свою чергу, забезпечує його інтенсивний ріст і розвиток.

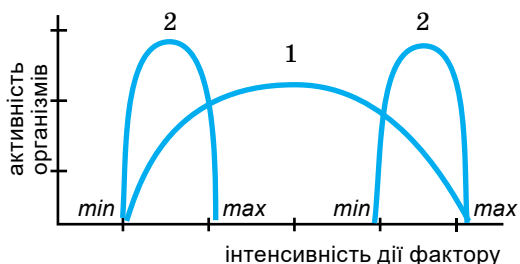
Що більше інтенсивність дії певного екологічного фактору відхилятиметься від оптимальної в той чи інший бік, то більше буде виражена його пригнічувальна дія на організми (*зона пригнічення*, або *песимуму*). Пригнічувальна дія певного екологічного фактору часто залежить від того, з якою інтенсивністю і в якому поєднанні одночасно діятимуть інші фактори середовища мешкання (*пригадаємо*: про це твердить правило взаємодії екологічних факторів). Отже, оптимум і межі толерантності організмів певного виду стосовно дії будь-якого фактору можуть зсуватися у певний бік, залежно від того, з якою силою і в якому поєднанні діють інші чинники.

Значення інтенсивності дії екологічного фактору, за якими існування організмів стає неможливим, називають верхньою та нижньою межами витривалості, або толерантності (критичні точки максимуму й мінімуму). Відстань між межами витривалості визначає **екологічну валентність певного виду**, тобто діапазон інтенсивності дії екологічного фактору, у якому можливе існування певного виду.

Запам'ятаємо

Якщо організми певного виду опиняються в умовах, коли дія одного або кількох екологічних факторів максимально наближується до верхньої або нижньої межі толерантності, ці умови стають для них екстремальними. Існування в таких умовах потребує значних витрат енергетичних ресурсів.

Широку екологічну валентність особин певного виду щодо певного екологічного фактору позначають приставкою *еври-*. Так, *песці* належать до *евритермних тварин*, оскільки можуть витримувати значні коливання температури (близько 80 °C: від -50 °C до + 35 °C). Деякі безхребетні (певні види губок, кільчаків) належать до *еврибатних організмів*, бо можуть існувати від прибережної зони до великих глибин, витримуючи значні коливання тиску. Представник ракоподібних – артемія належить



Мал. 28.3. Для еврибіонтних організмів (1) характерна широка екологічна валентність, для стенобіонтних (2) – вузька

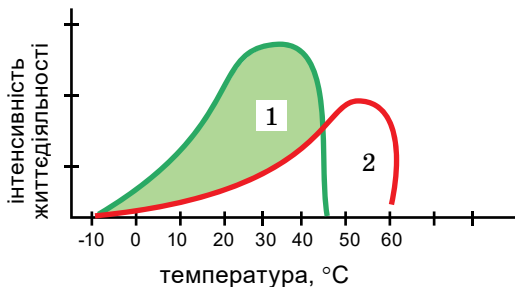
факторів, називають *еврибіонтними*.

Вузьку екологічну валентність, тобто нездатність витримувати значні коливання певного екологічного фактору, позначають приставкою *стено-* (наприклад, стенотермні, стенобатні, стенофотні тощо). Стенобіонтні види здатні існувати лише за більш-менш стабільних умов середовища мешкання. До стенобіонтних організмів належать певні мешканці тропічних регіонів (як-от, мадрепорові корали), різноманітні паразити внутрішніх органів тварин (стожкові черви, сисуни, аскариди тощо), мешканці океанічних глибин, печер тощо. Стенобіонтність обмежує можливості розселення. Отже, екологічна валентність виду ширша за мінливіших умов середовища його мешкання (мал. 28.3).

Неоднозначність дії певного екологічного фактору на різні функції організму. Оптимум для перебігу одних процесів життєдіяльності може бути песимумом для інших. Наприклад, при збільшенні температури середовища інтенсивність фотосинтезу зростатиме швидше, ніж інтенсивність дихання рослини. При підвищенні температури понад $+40^{\circ}\text{C}$ інтенсивність фотосинтезу різко знижується, тоді як інтенсивність дихання може зростати (мал. 28.4). При температурі повітря у діапазоні $+40\ldots+45^{\circ}\text{C}$ у пойкилотермних тварин значно зростає інтенсивність процесів метаболізму, але гальмується рухова активність, що може спричинити стан теплового заціпеніння.

• На біологічну систему одночасно діє не один, а цілий комплекс екологічних факторів, які до того ж взаємодіють між собою (**закон сукупної дії Мітчерліх-Бауле**). Згідно з ним *продуктивність біологічної системи визначається інтенсивністю дії не одного чи декількох окремих екологічних факторів, а всією їхньою сукупністю*.

• Згідно із **законом взаємокомпенсації факторів** (сформулював у 1930 р. Е. Рюбель): *відсутність або нестача деяких екологічних факторів може бути частково компенсована за рахунок інших подібних факторів*. Так, нестача світла під час здійснення фотосинтезу може бути частково компенсована надлишком карбон(IV) оксиду (CO_2). У місцях, де багато сполук Стронцію (Sr), молюски можуть частково замінювати ними сполуки



Мал. 28.4. Неоднозначність дії певного екологічного фактору на різні функції організму: залежність інтенсивності фотосинтезу та дихання від температури середовища: 1 – фотосинтез; 2 – дихання (завдання: поясніть, як зростання температури впливає на ці процеси)

Кальцію під час росту мушель. Проте взаємокомпенсація екологічних факторів має певні межі й жоден із життєво важливих факторів не може бути повністю замінений на інший. Наприклад, нестача вологи гальмуватиме процес фотосинтезу, навіть за оптимальної інтенсивності освітлення й концентрації CO₂ в атмосфері.

Ключові терміни та поняття

закони: мінімуму, лімітуючих факторів, толерантності, оптимуму, сукупної дії, взаємокомпенсації екологічних факторів; лімітуючі (обмежувальні) фактори, екологічна валентність виду, еври- та стенобіонтні види.

Перевірте здобуті знання



1. Про що твердить закон мінімуму? Яке його практичне значення? 2. Які екологічні фактори називають лімітуючими (обмежувальними)? Яка їхня роль у поширенні організмів? 3. Сформулюйте закон лімітуючих факторів. 4. Про що твердить закон толерантності? 5. Сформулюйте закон оптимуму. Що таке межі витривалості (толерантності)? 6. Схарактеризуйте закон сукупної дії. 7. Сформулюйте закон взаємокомпенсації екологічних факторів. Яка його біологічна основа?

Поміркуйте



Як на практиці можна визначити оптимальну зону дії екологічного фактору на організми певного виду?

§29. ПОПУЛЯЦІЇ ТА ЇХНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Пригадайте, що характерно для популяційно-видового рівня організації біологічних систем. Які основні положення біологічної концепції виду та синтетичної теорії еволюції? Які критерії виду ви знаєте? Що таке поліморфізм?

Популяції як окремих рівень організації біологічних систем досліджує демакологія (див. мал. 25.2).

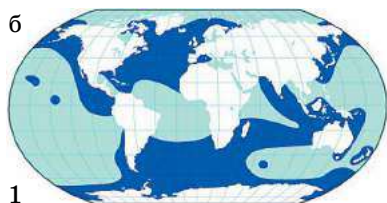
Популяція як структурно-функціональна одиниця виду. Пригадаємо: синтетична теорія еволюції розглядає популяцію як елементарну одиницю еволюції (*поміркуйте* чому). Вид – це сукупність популяцій, особини яких становлять певну генетичну єдність, оскільки мають подібний набір генетичної інформації. Кожен біологічний вид у процесі свого історичного розвитку пристосовується до певних умов існування, що визначає ту частину біосфери, яку населяють особини даного виду, – ареал. Взаємодія особин виду з комплексом екологічних факторів, характерних для середовища його мешкання (абіотичних, біотичних, антропічних), становить його **екологічну характеристику**.

• Умови для існування представників виду на різних ділянках його ареалу відрізняються. Про це твердить **правило географічного оптимуму**: у центрі видового ареалу зазвичай умови для існування виду оптимальні, до периферії вони погіршуються. Тож і особини, які мешкають у центрі видового ареалу, можуть зовні відрізнятися від особин з периферії. Наприклад, береза пухнаста, або біла, у центрі видового ареалу представлена типовими деревоподібними формами, тоді як на периферії – кущоподібними.

Отже, умови, сприятливі для існування особин даного виду, на території ареалу поширені мозаїчно. Тому ділянки з різною густиною населення здебільшого розділені ділянками, де представники виду взагалі не трапляються. Так формуються популяції.



Популяція (від лат. *populus* – народ, населення) – це сукупність особин виду, які тривалий час мешкають у певній частині його ареалу, частково чи повністю ізольовано від інших подібних сукупностей особин



Мал. 29.1. Види-космополіти (1) та види-ендеміки (2): 1 – косатка (а) поширена майже в усьому Світовому океані (б), вид представлений багатьма популяціями; 2 – бичок-цуцик чорноріченський – ендемік Криму, мешкає лише на короткій ділянці річки Чорна; вид перебуває під загрозою зникнення, тому його занесено до Міжнародної Червоної книги

цього ж виду, і характеризуються певним генофондом. Популяція – це особлива форма існування виду, яка функціонує у природі як особлива біологічна система.

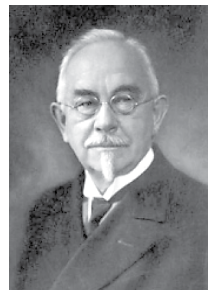
Види організмів із широким ареалом можуть складатись із сотень і тисяч популяцій, а види-ендеміки можуть бути представлені лише однією популяцією (мал. 29.1).

Цікаво знати



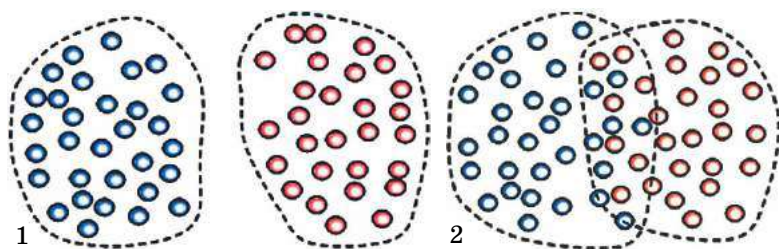
Термін «популяція» запропонував 1903 року датський учений В. Йогансен (мал. 29.2) для позначення генетично різноманітного угруповання особин одного виду на противагу генетично однорідним чистим лініям (*пригадайте*, що називають чистими лініями).

Мал. 29.2. Вільгельм Людвіг Йогансен (1857–1927) – датський біолог, запропонував терміни «популяція» (1903), «ген», «генотип», «фенотип» (1909)



Ступінь відокремленості популяцій певного виду. За наявності значних географічних перешкод популяції можуть бути майже повністю відокремлені одна від одної (наприклад, популяції риб з різних озер). Якщо територія, яку займає вид, більш-менш однорідна, то межі між окремими популяціями виражені нечітко (популяції гризунів, наприклад бабаків, що мешкають у степах і пустелях) (мал. 29.3).

Нечіткими можуть бути межі й між окремими популяціями мігруючих видів. Наприклад, особини певних видів жуків, метеликів, клопів тощо, які вийшли з яєць в одній місцевості, у періоди масового розмноження



Мал. 29.3. Ступінь відокремленості популяцій: 1 – чітко відмежовані; 2 – частково перекриваються



Мал. 29.4. 1. Метелик данаїда хризипп здатний з території Туреччини через Чорне море залітати у Крим, проте постійних популяцій там не утворює, оскільки в умовах України розмножуватися нездатний. Інші види метеликів-данаїд (2) наприкінці серпня масово мігрують з півдня Канади через США до центральної Мексики (3)

можуть долати десятки й сотні кілометрів і змішуватись з особинами з інших популяцій (мал. 29.4).

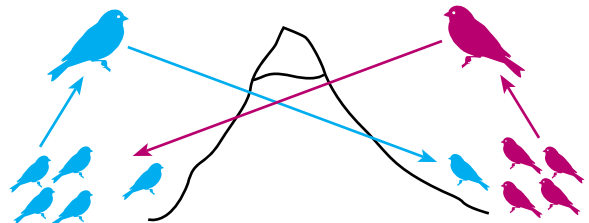
Особливості функціонування популяцій. Функціонування виду як цілісної інтегрованої біологічної системи забезпечується постійними або епізодичними міграціями особин з одних популяцій до інших (мал. 29.5). Тривала відсутність зв'язків між окремими популяціями одного виду із часом може стати передумовою видоутворення внаслідок поступових змін їхнього генофонду або морфологічних ознак виду. Наприклад, у зайців білих з півострова Ямал довжина сліпої кишки вдвічі більша, ніж у мешканців уральського лісостепу. Це пояснюють розбіжностями у складі їжі цих тварин, зокрема вмістом грубих кормів.

Існування особин одного виду в різних умовах довкілля зумовлює й певні відмінності в біології представників різних популяцій. Наприклад, бобри, які оселяються на неглибоких річках, будують греблі, що підтримують рівень води. Це поліпшує можливості їхнього живлення. На болотах бобри будують хатинки і прокладають систему каналів, які забезпечують їм доступ до їжі. Бобри, що мешкають на глибоких річках, риють нори на схилах берегів.

Показники, які характеризують стан популяції. Кожна популяція має певну **чисельність**, тобто складається з певного числа особин. **Мінімальна життєздатна популяція** – найменше число її особин, яке здатне забезпечити існування популяції протягом багатьох поколінь. Кожна популяція займає **певну площу** або **об'єм** (для популяцій гідробіонтів або мешканців ґрунту) в екосистемі.

Густота популяції визначається середнім числом особин, що припадає на одиницю площі або об'єму, який вона займає. З усіх потрібних чинників навколишнього середовища, інтенсивність дії яких найбільше відхиляється від оптимальної, густоту популяції певного виду насамперед визначатиме той, який впливає на найуразливішу стадію (фазу) розвитку організму.

Мал. 29.5. Міграції особин певного виду з однієї популяції до іншої забезпечують обмін генетичним матеріалом, завдяки чому їхній генофонд дедалі стає подібнішим



Народжуваність – число особин популяції, які народилися за одиницю часу (наприклад, за добу, місяць, рік тощо); **смертність** – число особин, які гинуть за цей самий час.

Різниця між народжуваністю й смертністю становить **приріст популяції**. Якщо рівень народжуваності перевищуватиме рівень смертності, приріст популяції буде позитивним, якщо навпаки – негативним. **Питома біомаса популяції** – це маса особин популяції, що припадає на одиницю площі або об'єму. Розрахунки проводять на масу живої або сухої речовини. **Продукцією популяції** називають біомасу, створену за одиницю часу. Її визначають як сукупність приростів біомаси усіх особин за певний проміжок часу, включно із загиблими та елімінованими. У величину продукції також включають масу утворених спор, насінин, плодів, новонароджених особин, прижиттєвих виділень тощо. Величину продукції співвідносять до одиниці площі або об'єму, які займає популяція ($\text{кг}/\text{м}^2$, $\text{кг}/\text{м}^3$).

Ключові терміни та поняття

екологічна характеристика виду, правило географічного оптимуму, мінімальна життєздатна популяція.

Перевірте здобуті знання



1. Чому вид існує у вигляді системи популяцій?
2. Про що твердить правило географічного оптимуму?
3. Яким може бути ступінь відокремленості популяцій певного виду? Від чого він залежить?
4. Що мають на увазі під мінімальною життєздатною популяцією?
5. Які показники характеризують стан популяції?

Поміркуйте



Чому демакологію виокремлено в окремий розділ екології?

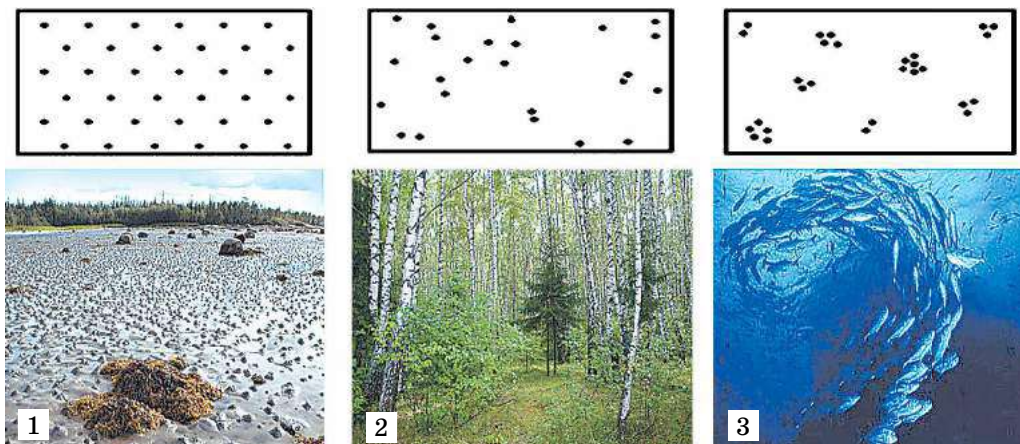
§ 30. ОСОБЛИВОСТІ СТРУКТУРИ ПОПУЛЯЦІЙ: ПРОСТОРОВА, ВІКОВА, СТАТЕВА

Пригадайте, які екологічні фактори вважають ресурсами, а які – умовами існування. Які організми належать до гетеротопних? Що таке панміксія? Про що твердить закон розщеплення?

Кожна популяція характеризується певною структурою: просторовою, віковою, статевою, генетичною, етологічною. Структура популяції має адаптивний характер, оскільки є наслідком взаємодії особин виду з комплексом усіх екологічних факторів середовища мешкання. Вона певною мірою динамічна: зміна умов довкілля спричиняє й відповідні її зміни. Динамічність структури популяції дає змогу найповніше використовувати ресурси середовища мешкання.

Просторова, або територіальна, структура популяції. Будь-яка популяція завжди більш-менш тісно пов'язана з певною територією. Оскільки кожна територія може прогодувати лише певне число особин, то повнота використання наявних ресурсів залежить не тільки від загальної чисельності популяції, але й від характеру розміщення її особин у просторі.

Розподіл особин у просторі може бути: випадковим, рівномірним і груповим (мал. 30.1). **Випадковий розподіл** зазвичай спостерігають тоді, коли середовище мешкання досить неоднорідне, а організми не об'єднуються в групи. **Рівномірний (або дифузний) розподіл** зазвичай буває там, де між особинами сильна конкуренція або інші антагоністичні відносини. У разі **групового (плямистого) розподілу особин** популяція заселяє простір нерівномірно, залишаючи вільні місця, непридатні для життя її особин.



Мал. 30.1. Типи розподілу особин у межах популяції: 1 – рівномірне (дифузне), наприклад оселення багатощетинкового черва піскожила на морській літоралі; 2 – випадкове, наприклад мішаний ліс; 3 – групове (плямисте), наприклад утворення табунів риб

Тип розподілу особин популяції визначає рівень внутрішньовидової конкуренції та ймовірність внутрішньопопуляційних контактів (від чого залежить ефективність розмноження).

За характером використання території популяції тварин ділять на осілі, кочові та мігруючі (мал. 30.2).



Популяції **осілих видів** (наведіть приклади) тривалий час мешкають на одній і тій самій території. Популяції **кочових видів** відносно недалеко переміщуються у пошуках їжі, місць розмноження, зимівлі тощо (наведіть приклади). Популяції **мігруючих видів** здійснюють закономірні зміни місць існування, значно відокремлених просторово. Міграції, як і кочівлі, часто спричинені сезонними змінами умов і здійснюються зазвичай за визначеними маршрутами.

Вікова структура популяції визначається співвідношенням кількості особин різних вікових груп. Американський еколог А. Боденхеймер виділив три основні фізіологічні періоди

Мал. 30.2. Міграції та кочівлі тварин: 1 – шляхи осінньої міграції журавля сірого: як весняні, так й осінні міграції птахів відбуваються більш або менш сталими шляхами; 2 – перед кочівлею вовки збираються у зграї; на відміну від міграцій птахів вони переміщуються не за сталими маршрутами, а залежно від умов довкілля (наприклад, нестачі їжі)

особин популяції: передрепродуктивний, репродуктивний і пострепродуктивний. Їхня тривалість може бути різною: так, в однорічних трав, багатьох видів комах і кліщів здатність до розмноження настає вже на першому році життя. Натомість статева зрілість деревних рослин і великих хребетних тварин може наставати пізно: наприклад, сосна звичайна починає розмножуватися на 12–14-му році життя, риба білуга – на 12–18-му.

Зазвичай у популяції, що перебуває у сприятливих умовах, є представники всіх вікових груп. Вони забезпечують підтримання нормального рівня чисельності та густоти особин. Якщо такі співвідношення будуть порушені через скорочення чисельності особин передрепродуктивного та репродуктивного віку, це може призвести до деградації популяції.

Коли статева зрілість особини настає пізно і здатність до самовідтворення незначна (кити, осетри, форель, кедр ліванський, сосна сибірська, женьшень, зозулинці тощо), інтенсивна експлуатація популяцій людиною з вилученням значної біомаси може призвести до їхньої деградації. Такі популяції найбільш чутливі до втрат особин з груп молодих і статевозрілих особин.

Статева структура популяції визначається співвідношенням особин різних статей (1 : 1, 1 : 2 тощо). Теоретично в популяціях роздільностатевих організмів співвідношення статей має становити 1 : 1 (мал. 30.3). Але внаслідок різної життєздатності особин тієї чи іншої статі таке співвідношення може відхилятися як в один, так і в інший бік.

♀ / ♂	X	Y
X	XX	XY
X	XX	XY

Мал. 30.3. У популяціях організмів, стать яких визначається в момент запліднення, співвідношення самців і самок, згідно із законом розщеплення, має становити 1 : 1

 **Пригадаємо:** головна причина диференційованої смертності самців і самок – особливості їхнього генома. Менш життєздатними зазвичай є особини гетерогаметної статі, оскільки у їхньому фенотипі частіше можуть проявитися летальні або напівлетальні рецесивні алелі, розміщені в статевих хромосомах.

Висока густина популяції забезпечує й високі темпи розмноження, тоді як за низької густоти популяції особинам протилежної статі досить важко знайти одне одного. Наприклад, ступінь експлуатації синіх китів у світовому масштабі була такою інтенсивною, що популяції цих тварин нині представлені дуже розрідженими табунами. Створилася ситуація, за якої самцям і самкам стало важко знаходити одне одного. Унаслідок цього спостерігають стійке зниження у популяціях частки вагітних самок. За дуже низької густоти популяцій у багатьох видів хребетних тварин зникає стимул до парування.

Ключові терміни та поняття

осілі, кочові та мігруючі популяції.

Перевірте здобуті знання  1. Чим визначається просторова структура популяції? Якою вона може бути? 2. Які виділяють типи популяцій тварин за характером використання території? 3. Що собою становить вікова структура популяції? 4. Чим визначається статева структура популяцій?

Поміркуйте  У чому полягає біологічне значення явища статевого диморфізму?

§31. ОСОБЛИВОСТІ СТРУКТУРИ ПОПУЛЯЦІЙ: ЕТОЛОГІЧНА, ГЕНЕТИЧНА

Пригадайте, які ви знаєте структури популяцій. Що таке геном, генотип, генфонд? Які процеси належать до мікроеволюційних? Яку мінливість називають комбінативною?

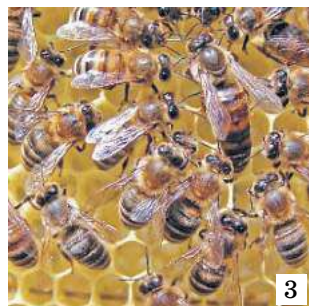
Етологічна структура популяцій тварин – це система взаємовідносин між її особинами, що проявляється в особливостях їхньої поведінки. *Пригадаємо: етологія* (від грец. *етос* – характер) – наука про біологічні основи поведінки тварин.

Особинам різних видів притаманний поодинокий або груповий спосіб життя. За **поодинокого способу** життя особини популяції більш-менш відокремлені просторово і збираються групами лише на період розмноження (тетеруки, качка-крижень тощо). **Груповий спосіб життя** пов'язаний з утворенням постійних груп: родин, колоній, табунів, зграй тощо. Відносно нечисленні внутрішньопопуляційні угруповання особин, які проживають на обмеженій території, називають **демами**. На відміну від популяції, деми існують нетривалий час (зазвичай протягом кількох поколінь).

Родинний спосіб життя підсилює зв'язки між батьками та нащадками. **Родина** – група особин, у якій батьки мешкають разом з дітьми і піклуються про них (наприклад, у тигрів молоді особини тримаються біля матері до 2–3 років; мал. 31.1, 1). Особливим типом родин є **прайд** – стійка група з 6–12 (зрідка – до 20) особин у популяціях лева. Зазвичай прайд складається з одного великого самця та кількох самок з їхніми нащадками (мал. 31.1, 2). Приклад родин особливого типу – суспільні комахи (терміти, мурашки, медоносна бджола, джмелі, суспільні оси; мал. 35.1, 3). У їхніх гніздах мешкають особини різних поколінь, які відрізняються за будовою та функціями, утворюючи **касти**.

Колонії тварин – це скупчення особин одного виду, які оселяються разом (берегова ластівка, дикий кріль, бабаки, деякі риучі оси тощо) (мал. 31.2, 1). Колонії можуть бути більш-менш постійними або ж виникати лише на певний час, наприклад на період розмноження. Колонії тварин можуть утворюватися і внаслідок брунькування (губки, поліпи кишковопорожнинних тощо) (мал. 31.2, 2).

Зграї – тимчасові рухомі угруповання тварин, які виникають для спільних міграцій, пошуків їжі тощо (сарана, риби, горобці, вовки та ін.). Існування популяції у вигляді системи зграй полегшує виконання важливих функцій у житті виду: захист від ворогів, пошук їжі, міграції. У зграях часто є вожаки, або лідери, – найбільш досвідчені особини, які мають



Мал. 31.1. Груповий спосіб життя у тварин: 1 – родина тигрів: мати та її нащадки; 2 – прайд левів; 3 – родина медоносної бджоли (*завдання*: пригадайте диференціацію у медоносної бджоли щодо каст і статей)



Мал. 31.2. Колонії тварин: 1 – оселення берегової ластівки; 2 – колонії морських гідроїдних поліпів роду Обелія виникають унаслідок брунькування: нові особини при цьому зберігають зв'язок з іншими особинами колонії

індивідуальні навички пошуку зручних місць проживання, способів захисту, здійснення міграцій (мал. 31.3).

Табуни – стійкіші й триваліші об'єднання тварин порівняно зі зграями (наприклад, у диких коней). У табуні можуть бути родини або вікові групи, усередині яких відбуваються тісніші контакти порівняно з представниками інших подібних груп. Зазвичай у табуні є лідер, який своєю поведінкою визначає напрямок переміщень табуна, реакції на небезпеку, пошуки місць живлення та відпочинку тощо.

Генетична структура популяцій. Ви вже знаєте, що всі особини одного виду мають подібний набір генів. Але різні популяції одного виду відрізнятимуться між собою не лише частотою зустрічальності (концентрацією) різних алельних генів та їхніх поєднань (часткою гомо- та гетерозигот), а й їхнім набором.

Жодна популяція не може вмістити в собі усі можливі алелі та їхні комбінації, притаманні певному виду організмів у цілому. Тому різні популяції одного виду завжди відрізнятимуться за цими показниками. Оскільки окрема популяція містить лише частину генофонду виду, її можна вважати не тільки структурно-функціональною, а й генетичною одиницею виду.



Пригадаємо: сукупність усіх генів та їхніх алелів особин певної популяції або виду називають **генофондом**. Зміни генофонду популяції спричиняють: мутаційний процес, відсутність або обмеженість вільного схрещування (ізоляція), дрейф генів, інтенсивні міграції особин з різними поєднаннями алелів з популяції в популяцію, зміни чисельності (популяційні хвилі) тощо.

Генофонд популяції формується під впливом різних чинників протягом її існування. Різні алелі тих чи інших генів по-різному впливають на життєздатність особин. Якщо стани ознак, які вони визначають, виявляються сприятливими чи нейтральними, то у особин – їхніх носіїв – більше шансів вижити і передати у спадок нащадкам. Це може забезпечувати із часом зростання їхньої концентрації в популяції. Якщо ж алелі виявляються шкідливими (летальні та сублетальні), то відбувається **елімінація**



Мал. 31.3. Вожак зграї вовків агресивною поведінкою підтверджує свій статус лідера

(від лат. *еліміно* – видаляю) – загибель їхніх носіїв. У гетерозиготному стані такі рецесивні мутації не проявляються у фенотипі, а отже, не впливають на життєздатність особин.

Унаслідок схрещувань між собою гетерозиготних особин за такими мутаціями вони можуть поступово поширюватися у популяції. Коли зустрічальність певних рецесивних мутацій зростає, збільшується ймовірність схрещування між собою особин, які їх несуть. У таких випадках ці мутантні рецесивні алелі можуть перейти в гомозиготний стан і проявитись у фенотипі.



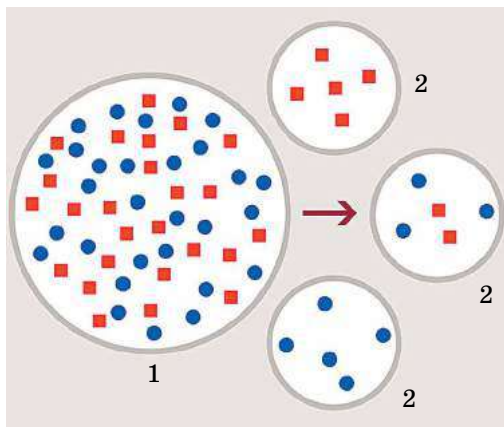
Пригадаємо: наявність у генофонді популяції мутацій, які знижують загальну пристосованість популяції до умов існування, має назву *генетичний тягар*. Ще однією з причин зміни генетичної структури популяції є *дрейф генів* – випадкова і неспрямована зміна концентрацій алелів у популяції (у разі заселення нової популяції). Найбільш чітко це явище виявляється у нечисленних популяціях. І навпаки, що вища чисельність популяції, то менш значна роль дрейфу генів у зміні концентрацій алелів та їхніх поєднань.

Граничний випадок дрейфу генів – це процес виникнення нової популяції з невеликої кількості особин. Такий процес у разі заселення нових територій американський біолог Е. Майр назвав *ефектом засновника*. Популяції багатьох видів організмів, які мешкають на океанічних островах, хоча й налічують нині сотні й тисячі особин, походять від небагатьох особин, які потрапили туди внаслідок випадкового розселення. Аналогічну ситуацію спостерігають і на прикладі ізольованих озер, лісів тощо. Концентрації окремих алелів та їх поєднань в особин, які заснували нову популяцію, можуть значно відрізнятися від концентрації алелів у популяції, з якої вони походять (мал. 31.4). Отже, генофонд таких острівних популяцій збіднений порівняно з материковими.

На генетичну структуру популяцій можуть впливати різні форми ізоляції. Допоки різні популяції певного виду обмінюються спадковою інформацією, їхні генофонди більш-менш подібні між собою. Щойно в межах

ареалу виникають ті чи інші форми ізоляції, генофонди ізольованих популяцій можуть змінюватися незалежно одна від одної. Тож, що більша кількість ізольованих популяцій притаманна певному виду, то багатший його генофонд. Явище, коли унеможливується обмін спадковою інформацією між особинами одного виду, називають *генетичною ізоляцією*.

Ізольовані популяції пристосовуються до умов довкілля незалежно одна від одної. Тому популяціям певного виду може бути притаманний *генетичний поліморфізм* – співіснування в межах однієї території двох чи більше внутрішньовидових форм, що відрізняються особливостями свого генофонду.



Мал. 31.4. Схема, що ілюструє «ефект засновника»: 1 – материнська популяція; 2 – дочірні популяції (завдання: з допомогою учителя або вчителя пояснить малюнок)

Запам'ятаємо

Кожний біологічний вид має унікальний генофонд. Тому одним з найважливіших завдань, які стоять перед людиною, є охорона генофонду природних популяцій організмів.

Ключові терміни та поняття

деми, прайд, зграї, табуни, генофонд, елімінація, генетична ізоляція, ефект засновника.

Перевірте здобуті знання



1. Чим характеризується етологічна структура популяцій? 2. Що таке деми? Наведіть приклади. 3. Чим характеризуються родини у суспільних комах? 4. Що собою становлять колонії тварин? Наведіть приклади. 5. Схарактеризуйте генетичну структуру популяцій. 6. Які чинники впливають на генофонд популяцій?

Поміркуйте



Які переваги для виживання надає формування внутрішньопопуляційних угруповань – демів?

Творче завдання



Порівняйте прайд левів і родину тигрів. Що спільного і відмінного в організації їхніх внутрішньопопуляційних угруповань?

§32. ЧИСЕЛЬНІСТЬ ПОПУЛЯЦІЙ ТА МЕХАНІЗМИ ЇЇ РЕГУЛЯЦІЇ

Пригадайте, які показники характеризують різні популяції. Які фактори називають лімітуючими?

Популяційні хвилі. Ви вже знаєте, що одними з показників, які характеризують стан популяції, є її чисельність та густота. Зазвичай ці показники взаємопов'язані, оскільки популяції займають певну площу (або об'єм, у разі мешканців водойм або ґрунту). Чисельність та густота популяцій навіть за сталих умов існування непостійні в часі, вони можуть періодично чи неперіодично змінюватися під впливом різноманітних факторів.



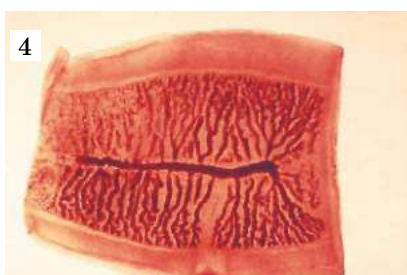
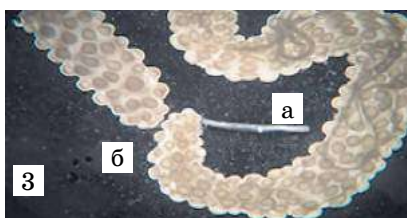
Коливання чисельності популяцій називають популяційними хвилями, або хвилями життя. Популяційні хвилі можуть бути сезонними або несезонними. *Сезонні популяційні хвилі* зумовлені особливостями життєвих циклів організмів або сезонною зміною кліматичних факторів. *Несезонні популяційні хвилі* спричиняють різні екологічні фактори: кліматичні, інтенсивний вплив хижаків або паразитів, господарська діяльність людини тощо.

Збільшення чисельності популяції залежить від величини її **репродуктивного (біотичного) потенціалу**. Це теоретичний максимум нащадків від однієї пари батьків (або однієї особини у гермафродитних організмів), що народилися за одиницю часу (місяць, рік тощо).

Запам'ятаємо

Репродуктивний потенціал характеризує здатність даного виду до розмноження за відсутності лімітуючих факторів.

Кожному виду організмів притаманний свій репродуктивний потенціал. Наприклад, видам, які не проявляють турботу про нащадків, властива висока плодючість. Так, риба-місяць одночасно відкладає до 300 млн ікринок. Натомість самки триголкової колючки відкладають у гніздо, яке буде та охороняє самець, лише по 20–100 ікринок. Класичним прикладом великої плодючості є нематода сферулярія, яка паразитує у джмелів. Статеві



Мал. 32.1. Види з високим і низьким репродуктивним потенціалом: 1 – самець триголкової колючки (цей вид є в фауні України) будує та охороняє гніздо з водоростей, куди самки відкладають невелику кількість ікринок; 2 – рибу-місяць за плідністю вважають рекордсменом серед хребетних тварин; вона має чималі розміри: завдовжки до 3,1 м, заввишки – до 4,26 м, маса тіла – до 2235 кг; ікринки відкладає безпосередньо у воду й подальшої турботи про нащадків не виявляє; 3 – паразит джмелів нематода сферулярія: а – тіло самки; б – матка, заповнена яйцями; 4 – майже весь об'єм дозрілого членика бичачого цїп'яка заповнює матка, заповнена яйцями (близько 175 000 яєць); протягом року цей паразит може утворювати близько 1 800 000 яєць

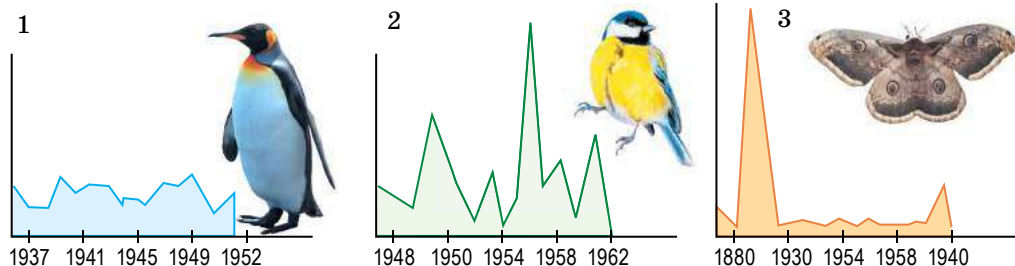
органи самки, що випинаються назовні й заповнені яйцями, переважають об'єм решти тіла у 15–20 тис. разів (мал. 32.1).

Типи динаміки чисельності популяцій.

Є три основні типи динаміки чисельності популяцій (мал. 32.2). **Стабільний тип** характеризується незначним розмахом і тривалим періодом коливань чисельності (мал. 32.2, 1). Він притаманний видам, у яких добре розвинені механізми, здатні підтримувати гомеостаз популяцій, з відносно невисокою густотою, значною тривалістю життя, складною віковою структурою і здебільшого добре вираженою турботою про нащадків (великі риби, ссавці та птахи).

Флюктууючий (мінливий) тип властивий дрібним хребетним тваринам, деяким безхребетним. При цьому максимальні показники чисельності і густоти популяцій можуть спостерігати з періодом у межах

5–11 років. Розрізняють три послідовні фази у динаміці їхньої чисельності: максимуму, розрідження чисельності та її зростання (завдання: знайдіть ці фази на мал. 32.2, 2).



Мал. 32.2. Приклади різних типів динаміки чисельності популяцій: 1 – стабільного; 2 – флюктууючого (мінливого); 3 – спалахового

Мал. 32.3. Приклади тварин, яким притаманна *K*- (1) та *r*-стратегія (2) розмноження: 1 – саванний слон – найбільша із сучасних наземних тварин (середня маса самок – 5 т, самців – 7 т (максимально до 10,4)). Раніше його вважали підвидом африканського слона, тепер наукова спільнота обґрунтовує, що це окремий вид; вагітність триває 20–22 місяці, а пологи відбуваються раз на 2,5–9 років; самка народжує одне дитинча (зрідка – два); до чотирьох років життя дитинча слона потребує опіки матері; крім того, ним опікується ще кілька нестатевозрілих самок; при цьому що їх більше, то більше шансів у дитинчати вижити; 2 – миша польова (житник пасистий) здатна розмножуватись до 5 разів на рік (зазвичай 3–4), народжуючи від 3 до 7 мишенят



Спалаховий тип притаманний популяціям з нестійкою чисельністю: значне зниження чисельності змінюється періодом різкого зростання у сотні разів і більше. У динаміці чисельності таких організмів розрізняють такі послідовні фази: максимуму, розріджування, зниження, відновлення та зростання (*завдання*: знайдіть ці фази на мал. 32.2, 3).

Американські екологи **Роберт Хелмер МакАртур** (1930–1972) та **Едвард Осборн Уїлсон** (народ. 1928) сформулювали поняття *K*- та *r*-стратегії розмноження (мал. 32.3). ***K*-стратегія розмноження** притаманна організмам, які зазвичай мають значну тривалість життя, часто великі розміри і виявляють певну турботу про нащадків. У таких організмів число нащадків здебільшого незначне, але більша частина їх виживає. Натомість ***r*-стратегія розмноження** здебільшого притаманна організмам з невеликими розмірами і незначною тривалістю життя. Часто такі організми мешкають у нестабільних умовах існування; у них значне число нащадків, проте більша частина їх зазвичай гине ще до настання здатності до розмноження.

Біологічне значення популяційних хвиль. Популяційні хвилі є одним з елементарних еволюційних процесів, який може впливати на генофонд популяцій. Крім того, масове розмноження або масова смертність особин популяції можуть зумовлювати розширення або звуження ареалу. При цьому важлива роль належить популяціям, які мешкають на межі ареалу виду. Якщо внаслідок масового розмноження особини із цих популяцій потрапляють у сприятливі умови, ареал виду може значно розширюватись.

Регуляція чисельності популяцій. Теоретично кожному комплексу умов середовища мешкання відповідає певна оптимальна густина популяції, за якої народжуваність і смертність врівноважуватимуть одна одну. Такий врівноважений стан популяції відповідає поняттю ємності середовища мешкання.

Запам'яємо

Ємність середовища мешкання – це його спроможність забезпечити нормальну життєдіяльність певному числу особин популяції без помітних порушень довкілля. При цьому рівень споживання ресурсів має врівноважуватися відновленням їх.

Щойно густота популяції стає вищою або нижчою від певного рівня, у ній виникають процеси саморегуляції. Регулювальними чинниками можуть бути як внутрішньовидові, так і міжвидові зв'язки. Усе різноманіття механізмів підтримання гомеостазу популяцій відповідає трьом функціональним категоріям:

- підтримання адаптивного характеру просторової структури популяції;
- підтримання різноманітності генетичної структури популяції;
- регуляція густоти популяції.

Цікаво знати



Згідно з **концепцією саморегуляції популяцій** будь-яка популяція здатна регулювати свою чисельність і густоту таким чином, щоб не підірвати відновлювані ресурси середовища мешкання, і без втручання тих чи інших зовнішніх факторів (наприклад, хижаків або несприятливих кліматичних умов).

Із зростанням густоти популяції змінюється не тільки якість навколишнього середовища, а й властивості особин, які складають цю популяцію. Це, зокрема: зниження плодючості; затримання статевого дозрівання; підвищення рівня смертності (як безпосередній наслідок стресового стану і масовості захворювань); зміна поведінкових реакцій у тварин – так звана **стресова поведінка**.

У тварин, яким притаманний суспільний спосіб життя, саморегуляція можлива завдяки **суспільній поведінці**. Наприклад, завдяки ієрархічності в розмноженні беруть участь лише особини вищого рангу. У суспільних комах (медоносної бджоли, джмелів, мурашок) – самці та окремі самки – цариці.

Одним з механізмів регуляції чисельності й густоти популяцій є **територіальність** тварин. Вона запобігає надлишковому виснаженню ресурсів середовища мешкання. У зв'язку з територіальною поведінкою тварин виникають і способи охорони індивідуальних ділянок: різні звукові сигнали, пахучі мітки, погрозливі пози, у рослин – різні хімічні речовини, які вони виробляють у процесі росту і розвитку й виділяють у ґрунт чи повітря (наприклад фітонциди).

Уникненню перенаселеності сприяє **розселення**: у разі перевищення певного критичного рівня густоти популяції частина особин її залишає, мігруючи на вільні території або до інших популяцій з низькою густотою. Завдяки міграціям особин з популяції в популяцію зменшується ризик спорідненого схрещування, яке негативно позначається на їхній життєздатності. *Пригадаємо*: що різноманітніший генофонд популяції, то більший її адаптивний потенціал.

У популяціях рослин і тварин, які ведуть прикріплений або малорухомий спосіб життя, процеси саморегуляції густоти можуть проявлятися явищем **саморозріджування** (наведіть приклад саморозріджування у рослин). У популяціях мікроорганізмів чисельність і густота клітин може регулюватися гальмуванням процесів розмноження внаслідок надходження в навколишнє середовище продуктів власного метаболізму (наприклад, у дріжджів – етилового спирту).

Ключові терміни та поняття

популяційні хвилі, репродуктивний (біотичний) потенціал, *K*- та *r*-стратегії розмноження організмів, ємність середовища мешкання.

Перевірте здобуті знання



1. Що таке популяційні хвилі? 2. Які чинники здатні впливати на чисельність популяцій? 3. Чим характеризується репродуктивний (біотичний) потенціал? 4. Назвіть типи динаміки чисельності популяцій. Схарактеризуйте їх. 5. Назвіть механізми регуляції чисельності популяцій. 6. Що таке ємність середовища мешкання? 7. У чому суть концепції саморегуляції популяцій?

Поміркуйте



1. Який з типів динаміки популяцій (стабільний, флюктууючий, спалаховий) може найбільше впливати на їхній генофонд? 2. Які процеси можуть забезпечувати у рослин обмін спадковим матеріалом між популяціями подібно до міграцій особин у тварин?

§ 33. БІОГЕОЦЕНОЗ ТА ЙОГО СТРУКТУРА

Пригадайте, що таке популяція, коеволюція. Які зв'язки називають трофічними? Які способи живлення автотрофних і гетеротрофних організмів? Які бувають життєві форми організмів?

Біогеоценози як особливий рівень організації живої матерії. Ви вже знаєте, що популяції різноманітних видів мікроорганізмів, грибів, рослин і тварин існують не окремо одні від одних, а взаємодіють між собою, утворюючи єдиний функціональний комплекс – біоценоз. Кожен вид може існувати у формі популяцій лише завдяки зв'язкам з іншими видами.



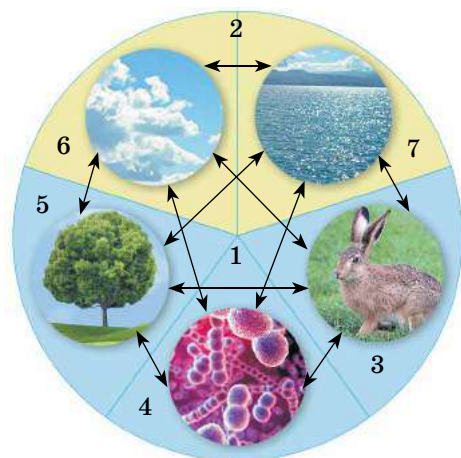
Біоценоз – історично сформована сукупність усіх видів організмів, які населяють ділянку місцевості з однорідними умовами існування й взаємодіють між собою. Термін «біоценоз» запропонував 1877 р. німецький учений Карл Август Мьобіус (1825–1908) – один із фундаторів екології.

Популяції різних видів, які входять до складу певної екосистеми, тісно пов'язані не лише між собою, а й з умовами фізичного середовища мешкання (мал. 33.1). Вони отримують з довкілля певні речовини, потрібні для забезпечення їхньої життєдіяльності, та виділяють туди продукти обміну речовин.



Екосистема – це сукупність організмів різних видів, які взаємодіють між собою і з фізичним середовищем мешкання таким чином, що всередині такої біологічної системи виникають потоки енергії та колообіг речовин, які зв'язують усі її складові в єдину цілісну систему. *Пригадаємо: колообіг речовин* – це обмін речовинами між абіотичною (неживою) та біотичною (живою) частинами екосистем (*завдання: знайдіть їх на мал. 33.1*).

Термін «екосистема» 1935 р. запровадив англійський учений, один з перших екологів Артур Тенслі (1871–1955). 1942 р. відомий фахівець у галузі вивчення рослинних угруповань Володимир Миколайович Сука-



Мал. 33.1. Структура екосистеми: 1 – біоценоз; 2 – екотоп; 3 – тварини; 4 – мікроорганізми; 5 – рослинність; 6 – атмосфера; 7 – ґрунт, вода (*завдання: проаналізуйте наведену схему і поясніть, які зв'язки пов'язують між собою її складники*)



Мал. 33.2. Структура біогеоценозу / екосистеми

чов (1880–1967, народився в с. Олександрівка на Харківщині) запропонував термін «біогеоценоз». Згідно з його поглядами, **біогеоценоз** – це **екосистема, що займає певну однорідну ділянку місцевості**. Так В. Сукачов започаткував новий напрям екологічних досліджень – *біогеоценологію*, що вивчає структуру та функціонування біогеоценозів.

Основою екосистем є фотосинтезуючі організми (здебільшого зелені рослини), які формують певне рослинне угруповання – **фітоценоз**. Ділянку середовища, яку займає біогеоценоз, називають **біотопом** (від грец. *біос* – життя та *топос* – місце). Для позначення ділянки, яку займає екосистема, використовують термін **екотоп** (мал. 33.2).

Запам'ятаємо

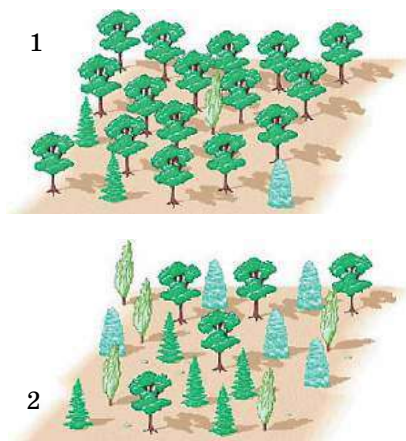
Поняття «екосистема» та «біогеоценоз» досить близькі, але не тотожні. Біогеоценоз, на відміну від екосистеми, є більш конкретним територіальним поняттям, оскільки займає обмежену ділянку з однорідними умовами існування, на якій формується фітоценоз. Термін «екосистема» стосується будь-якої сукупності пов'язаних між собою організмів різних видів, які не обов'язково займають ділянку з однорідними умовами існування.

Структура біогеоценозу. До абіотичної частини біогеоценозів належать: *неорганічні сполуки* (вуглекислий газ, кисень, азот, вода, сірководень тощо), які включаються у біогенну (тобто за участю живих істот) міграцію речовини; *органічні сполуки* (рештки організмів чи продукти їхньої життєдіяльності), що зв'язують між собою абіотичну та біотичну частини біогеоценозу; *кліматичний режим* (середньорічна температура, вологість тощо), який визначає умови існування організмів.

Біотичну частину біогеоценозу складають різні екологічні групи організмів, популяції яких пов'язані між собою різними зв'язками. Це насамперед **продуценти** (від лат. *продуцентіс* – той, що виробляє, створює) – автотрофні прокаріоти, водорості, вищі рослини; **консументи** (від лат. *консумо* – споживаю) – фітофаги, хижаки, паразити, сапротрофи, симбіотрофи); **редуценти** (від лат. *редуцентіс* – той, що повертає, відновлює) – бактерії, гриби, деякі тварини. Редуценти зв'язують між собою абіотичну та біотичну частини біогеоценозів, забезпечуючи стабільність колообігу речовин у них.

Кожен біогеоценоз характеризується певною видовою, просторовою, екологічною структурою. **Видова структура** визначається як видовим різноманіттям, так і співвідношенням чисельності та густоти популяцій окремих видів. *Видове різноманіття (видове багатство)* враховує не тільки число видів, які входять до складу даного біогеоценозу, але й кількісний розподіл особин між різними видами. Наприклад, у біогеоценозах з незначним видовим різноманіттям часто спостерігають чітке переважан-

Мал. 33.3. Біогеоценоз з високим ступенем домінування певного виду (1) та біогеоценоз, де відсутнє чітке домінування окремих видів (2) (завдання: з допомогою вчительки або вчителя зробіть припущення щодо можливих причин високого ступеня домінування окремих видів у біогеоценозі)



ня (домінування) окремих видів над іншими, тоді як у біогеоценозах із значним видовим різноманіттям такого зазвичай немає (мал. 33.3). *Видова насиченість біогеоценозу* – кількість видів, що припадає на одиницю площі або об'єму.

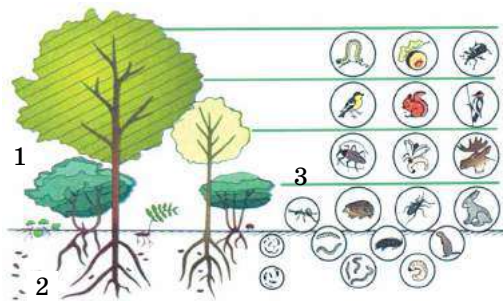
● Німецький еколог **Август Фрідріх Тінеман** (1882–1960) сформулював біогеоцотичні правила, які пояснюють видову різноманітність біогеоценозів. **Правило різноманітності** стверджує: *що різноманітніші умови існування певного біотопу, то вищим буде його видове різноманіття*. Згідно з **правилом відхилення**: *що більше умови існування відхилятимуться від оптимальних, то біднішим буде видовий склад такого біогеоценозу*.

Іншою важливою характеристикою є **біомаса біогеоценозу**. Це сумарна маса особин різних видів у перерахунку на одиницю площі або об'єму. Кожен біогеоценоз характеризується певною **продуктивністю** – біомасою, що створюється за одиницю часу.

Просторова структура визначається **ярусністю**. Розрізняють ярусність вертикальну та горизонтальну. Кожен ярус має своєрідні умови існування (світловий режим, режими вологості та температури тощо) та специфічний набір видів. Тому організми, які входять до складу певного ярусу, мають спільні риси адаптованості до умов проживання (*наведіть приклади*, проаналізувавши малюнок 33.4).

Екологічна структура біогеоценозу визначається певним співвідношенням популяцій різних екологічних груп організмів (їхніх життєвих форм). Склад населення біогеоценозу формується завдяки різноманітним зв'язкам між популяціями різних видів, здатних мешкати в певних природних умовах.

Провідна роль у формуванні та функціонуванні біогеоценозів належить **видам-едифікаторам** (від лат. *едифікатор* – будівельник). Це переважно певні види рослин, рідше – тварин (наприклад, у морських екосистемах – коралові поліпи). Перехідні зони між сусідніми біогеоценозами називають **екотонами** («ефект галявини»). У структурі екотонів поєднуються елементи кількох сусідніх біогеоценозів. Тому на межі між сусідніми біогеоценозами можна спостерігати **екотонний ефект**: підвищення продуктивності та видового різноманіття.



Мал. 33.4. Вертикальна ярусність лісового біогеоценозу: надземна (1) та підземна (2) ярусність рослин; 3 – рослини визначають і ярусне розташування організмів (грибів, тварин, мікроорганізмів), пов'язаних з ними

Ключові терміни та поняття

екосистема, біоценоз, біогеоценоз, продуценти, консументи, редуценти, вертикальна ярусність біогеоценозів, види-едифікатори.

Перевірте здобуті знання



1. Що спільного та відмінного між поняттями «екосистема» та «біогеоценоз»? 2. Схарактеризуйте структуру біогеоценозів. 3. Яка роль продуцентів, консументів і редуцентів у функціонуванні біогеоценозів? 4. За якими показниками відрізняються різні біогеоценози? 5. Яка роль видів-едифікаторів у формуванні та функціонуванні біогеоценозів? 6. Що таке екотони? У чому полягає екотонний ефект?

Поміркуйте



На той час, коли В.М. Сукачов запропонував термін «біогеоценоз», уже існувало поняття «екосистема». Для чого було потрібно вводити термін «біогеоценоз»?

§34. ВЗАЄМОЗВ'ЯЗКИ ОРГАНІЗМІВ У БІОГЕОЦЕНОЗАХ

Пригадайте, що таке симбіоз та які його форми. Що таке екологічна ніша? Які організми належать до автотрофів, міксотрофів і гетеротрофів? Які способи гетеротрофного живлення вам відомі? Що таке харчовий преферендум?

Типи зв'язків між організмами в біогеоценозах. Усі види, що входять до складу певного біогеоценозу, пов'язані між собою різноманітними зв'язками. Відомий зоолог та еколог **Володимир Миколайович Беклємішев** (1890–1962) згрупував їх у чотири основні типи (табл. 34.1).

Таблиця 34.1

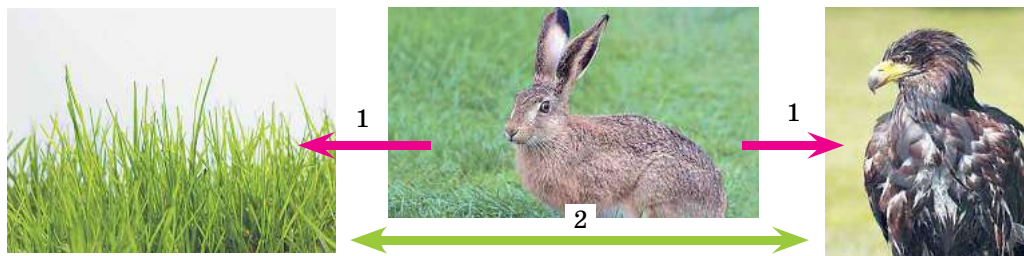
ТИПИ ЗВ'ЯЗКІВ МІЖ ОРГАНІЗМАМИ В БІОГЕОЦЕНОЗАХ			
Типи зв'язків			
Трофічні	Топічні	Форичні	Фабричні
Безпосереднє споживання організмів, їхніх решток або продуктів життєдіяльності	Створення одним організмом середовища мешкання для іншого	Транспортування організмів одного виду іншим	Використання одними організмами інших або їхніх решток для будівництва власного житла

Прямі та непрямі зв'язки між популяціями різних видів у біогеоценозах. **Прямі зв'язки** безпосередньо зв'язують популяції різних видів, наприклад хижака та здобичі, паразита та хазяїна, рослини та фітофага. У разі **непрямих зв'язків** одна популяція впливає на іншу опосередковано, через популяції інших видів. Так, хижаки, регулюючи чисельність здобичі – фітофага – впливають тим самим і на популяції рослин, якими він живиться. А від стану популяцій рослин, які є кормовою базою фітофага, залежить стан популяцій хижаків, які споживають тварин-фітофагів (мал. 34.1).



Пригадаємо: у разі **антагоністичних взаємозв'язків** (конкуренції, паразитизму, хижацтва) одна із взаємодіючих популяцій негативно впливає на іншу (**наведіть приклади**). За **мутуалістичних взаємозв'язків** кожен із взаємодіючих видів отримує певну користь (**наведіть приклади**).

● Відомий еколог **Георгій Францович Гаузе** (1910–1986) сформулював **принцип конкурентного виключення**: два види організмів не можуть стабільно існувати в обмеженому просторі, якщо зростання чисельності обох



Мал. 34.1. Приклади прямих (1) та непрямих (2) зв'язків між популяціями різних видів у біогеоценозі (*завдання*: поясніть, як популяції наведених на малюнку видів можуть впливати на чисельність інших)

видів обмежене певним життєво необхідним ресурсом. Один з конкуруючих видів завжди матиме перевагу над іншим, унаслідок чого менш конкурентоспроможний вид буде витіснений з біогеоценозу або ж його екологічні вимоги мають бути змінені. Особини, що конкурують, можуть безпосередньо не взаємодіяти між собою, але реагують на зниження рівня певного ресурсу середовища мешкання у довкіллі через присутність конкурентів (наприклад, зменшення запасів здобичі для вовків унаслідок її споживання іншими хижаками).

Цікаво знати

Явище негативного впливу одних організмів (рослин, грибів, тварин, мікроорганізмів) на інші (їхній ріст, розвиток, розмноження) виділенням біологічно активних речовин у довкілля має назву **алелопатія** (від грец. *аллелон* – взаємно та *патос* – страждання). За допомогою біологічно активних речовин такі рослини пригнічують ріст інших і можуть проникати у рослинні угруповання, де вони раніше не зростали. Тому людина має враховувати характер взаємозв'язків між різними видами рослин при спільному їхньому висіванні на одній ділянці або плануючи сівозміни.

Найбільш важливими для нормального функціонування будь-якого біогеоценозу є **трофічні зв'язки**. На малюнку 35.2 наведені основні варіанти гетеротрофного живлення.

ГЕТЕРОТРОФНЕ ЖИВЛЕННЯ		
Хижацтво	Взаємовідносини між організмами двох видів тварин (рідше – між рослинами та тваринами або між грибами та тваринами), за яких один з них (хижак) вловлює, вбиває і споживає іншого (здобич).	
Фітофагія	Живлення тварин живими тканинами рослин. Відносини рослиноїдних тварин (фітофагів) і рослин, якими вони живляться, певним чином нагадують відносини хижаків та їхньої здобичі	
Паразитизм	Паразити, як і хижаки, споживають живі тканини хазяїна, але якщо й убивають його, то не відразу, оскільки у багатьох випадках загибель хазяїна може спричинити загибель і самого паразита	

ГЕТЕРОТРОФНЕ ЖИВЛЕННЯ

Сапротрофне живлення	Живлення мертвими органічними речовинами: рештками організмів, їхніми виділеннями тощо	
Симбіотрофне живлення	Організми різних видів вступають у мутуалістичні відносини й отримують поживні речовини від свого симбіонта	

Мал. 34.2. Основні варіанти гетеротрофного живлення (завдання: назвіть організми, зображені на малюнку)

Топічні зв'язки виникають тоді, коли види не пов'язані прямими трофічними відносинами, але внаслідок життєдіяльності одних видів змінюються умови існування інших. Зокрема, організми одних видів створюють середовище мешкання для організмів інших (*пригадаємо*: вусоніг раки можуть оселятися на поверхні тіла молюсків, китоподібних, тропічні орхідеї – на стовбурах дерев тощо). Ще приклади топічних зв'язків: певні види кліщів, псевдоскорпіонів (мал. 34.3), комах, багатошестинкових червів, ракоподібних тощо здатні оселятися у житлі інших організмів; лишайники створюють передумови для вселення вищих рослин на субстрати, де рослин раніше не було.



Мал. 34.3. Приклад топічних зв'язків: книжковий псевдоскорпіон (завдовжки до 2 мм) оселяється в житлі людини, бібліотеках, музеях, де живуться дрібними членистоногими, серед яких є багато видів-шкідників



Форичні зв'язки забезпечують поширення одних організмів за допомогою інших. *Пригадаємо*: транспортування тваринами плодів, насіння, пилку рослин, спор рослин і грибів називають *зоохорією* (від грец. *зоон* – тварина та *хорео* – поширююсь). Цю функцію у біогеоценозах найчастіше виконують птахи й ссавці, рідше інші групи тварин (наприклад комах). Транспортування одних видів тварин іншими має назву *форезія* (від лат. *форас* – назовні) (*пригадаємо*: певні види кліщів і нематод, які трапляються у скупченнях екскрементів або на трупах хребетних тварин, можуть поширюватися за допомогою жуків-гноювиків або жуків-гробариків). Риби-причеви присмоктуються до тіла різних морських тварин: інших риб, черепах,

Мал. 34.4. Приклад форичних зв'язків: у риб-причеп (ряд Окунеподібні) передній спинний плавець перетворений на своєрідний присосок, яким вони прикріплюються до тіла «транспортного засобу» – більших за розмірами риб, черепах, китів

Мал. 34.5. Приклад фабричних зв'язків: личинки комах-волохокрильців мешкають у будиночках, які самі створюють з рослинних решток, черепашок дрібних молюсків тощо



китів (мал. 34.4). Цікаво, що у зв'язку з таким способом життя у цих риб зник плавальний міхур, оскільки лише окремі представники причеп (наприклад, причепа звичайна) можуть також вести вільний спосіб життя.

Фабричні зв'язки утворюються, коли організми одного виду використовують для побудови своїх споруд залишки, продукти виділення або живих істот іншого виду (мал. 34.5).

Ключові терміни та поняття

трофічні, топінні, форичні, фабричні зв'язки, принцип конкурентного виключення.

Перевірте здобуті знання



1. Які варіанти трофічних зв'язків притаманні гетеротрофним організмам? 2. Що таке прямі та непрямі зв'язки між видами? Наведіть приклади. 3. У чому суть принципу конкурентного виключення? На яких екологічних закономірностях він базується? 4. Що характерно для топінних, форичних і фабричних зв'язків? Наведіть приклади.

Поміркуйте



Чому саме трофічним зв'язкам належить провідна роль у функціонуванні екосистем?

§35. ПЕРЕТВОРЕННЯ ЕНЕРГІЇ В БІОГЕОЦЕНОЗАХ

Пригадайте, чому функціонування біологічних систем неможливе без перетворень енергії. Що таке енергія з позицій фізики? У яких одиницях вимірюють енергію? Які організми називають продуцентами, консументами та редуцентами?

Перетворення енергії в біогеоценозах. Потoki речовин та енергії в біогеоценозах підпорядковуються певним закономірностям. *По-перше*, це **закон збереження маси**: маса речовин, які вступають у хімічну реакцію, має дорівнювати масі речовин, що утворилися в процесі реакції. *По-друге*, це **закон збереження енергії (перший закон термодинаміки)**: енергія не створюється і не зникає, вона лише може переходити з одного стану в інший. **Другий закон термодинаміки** стверджує, що при переході енергії з одного стану в інший частина її розсіюється у вигляді тепла, унаслідок чого вона втрачається системою.

Ви вже знаєте, що біогеоценози, як і окремі організми, є *відкритими системами*, що потребують постійного надходження речовини та, насамперед, енергії ззовні (мал. 35.1). Основним джерелом цієї енергії є сонячне світло, яке фототрофи вловлюють і перетворюють в енергію хімічних зв'язків синтезованої ними органічної речовини. Гетеротрофні організми отримують потрібну їм енергію внаслідок ферментативного розкладу органічних речовин. Лише незначна частина енергії сонячного світла, яка сягає поверхні Землі (близько 1 %), фіксується продуцентами, інша ж відбивається в космос або розсіюється у вигляді теплоти.

Уперше на провідну роль зелених рослин у забезпеченні енергією усіх мешканців нашої планети звернув увагу всесвітньовідомий учений **Климент Аркадійович Тімірязєв** (1843–1920), який обґрунтував *положення про космічну роль зелених рослин* (а також інших фототрофних організмів).

мів) у функціонуванні біосфери. Згідно із цим положенням фототрофні організми, уловлюючи сонячні промені та перетворюючи світлову енергію на енергію хімічних зв'язків синтезованих ними органічних сполук, забезпечують існування й розвиток життя на Землі.

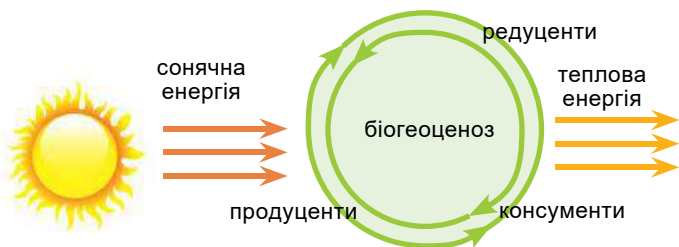
Організми, які споживають зелені рослини, засвоюють для побудови речовин свого тіла лише незначну частину енергії хімічних зв'язків своєї їжі (не більше 10–20 %). Решта розсіюється у вигляді теплоти і витрачається на процеси життєдіяльності. Те саме спостерігають і при поїданні фітофагів хижаками і т. п. Отже, на кожному етапі передачі енергії від одних організмів до інших більша частина її витрачається у вигляді теплоти і лише незначна частка перетворюється на потенційну енергію хімічних сполук у процесах пластичного обміну.

Ланцюги живлення. Пригадаємо: послідовності організмів, у яких особини одного виду, їхні рештки або продукти життєдіяльності слугують об'єктом живлення організмів іншого, називають **ланцюгами живлення (трофічними ланцюгами)**. Отже, ланцюги живлення – це ряди організмів різних видів, у яких можна прослідкувати шляхи витрачання початкової дози енергії. Оскільки під час передачі енергії з попередньої ланки до наступної більша її частина втрачається для життєдіяльності організмів, кількість ланок ланцюгів живлення обмежена і зазвичай не перевищує 4–5.

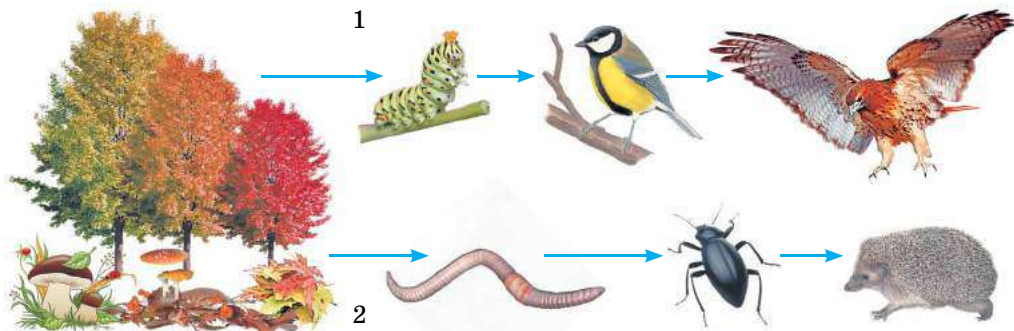
Здебільшого ланцюги живлення в біогеоценозах починаються продуцентами (автотрофними організмами). Рослиноїдні організми займають наступний після продуцентів трофічний рівень (**консументи I порядку**), далі йде рівень хижаків, які живляться рослиноїдними видами (**консументи II порядку**) тощо. Якщо консументи мають широкий спектр живлення, вони можуть займати різні трофічні рівні в кількох ланцюгах. Наприклад, сіра ворона може житись зерном (як консумент I порядку) або пташенятами зерноїдних (консумент II порядку) чи комахоїдних (консумент III порядку) видів птахів.

Частина біомаси загиблих продуцентів, яку не спожили консументи (наприклад, опале листя), а також рештки чи продукти життєдіяльності інших організмів (трупий й екскременти тварин тощо) становлять кормову базу сапротрофів. До них належать і редуценти, здатні розкласти органічні речовини до неорганічних. Отже, у біогеоценозі енергія у вигляді хімічних зв'язків органічних сполук акумулюється на рівні продуцентів, проходить через організми консументів і редуцентів, частково розсіюється у вигляді тепла на кожній з трофічних ланок, зберігається в мертвій органічній речовині й остаточно втрачається для біогеоценозу під час її руйнування (див. мал. 35.1).

У біогеоценозах формуються ланцюги живлення двох типів. Ланцюги живлення **пасовищного типу (ланцюги виїдання)** починаються з продуцентів і йдуть послідовно через ланки рослиноїдних тварин (консументів I



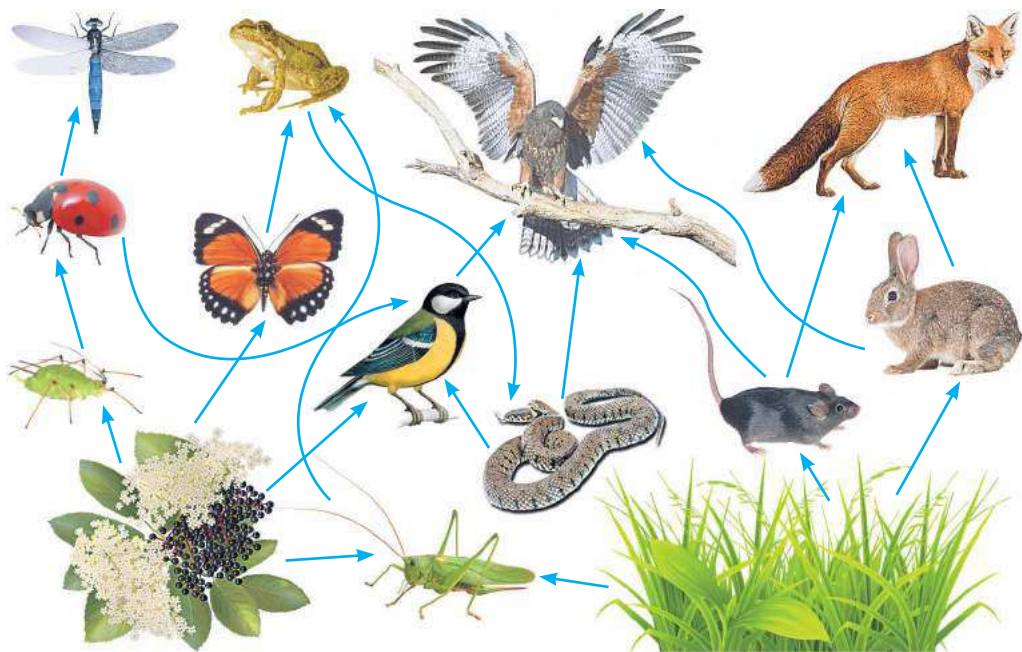
Мал. 35.1. Біогеоценоз як відкрита біологічна система (завдання: з допомогою вчительки або вчителя прокоментуйте схему, наведену на малюнку)



Мал. 35.2. Типи ланцюгів живлення: 1 – пасовищний; 2 – детритний (завдання: проаналізуйте структуру наведених на малюнку ланцюгів живлення й встановіть трофічні рівні організмів, що входять до їхнього складу; запропонуйте свої варіанти пасовищного й детритного ланцюгів живлення)

порядку), хижаків (консументів II і вищих порядків) і закінчуються редуцентами. Ланцюги живлення **детритного типу** (ланцюги розкладання) починаються з мертвої органічної речовини (решток організмів або продуктів їхньої життєдіяльності) і продовжуються безпосередньо консументами (сапротрофами) (мал. 35.2).

Трофічна сітка. У будь-якому біогеоценозі різні ланцюги живлення не існують окремо один від одного, а тісно переплетені, формуючи **трофічну** (харчову) **сітку** (мал. 35.3). Ступінь розгалуження трофічної сітки певного біогеоценозу залежить від його видового різноманіття. А від ступеня



Мал. 35.3. Трофічна сітка наземного біогеоценозу (завдання: з допомогою вчительки або вчителя виділіть окремі ланцюги живлення та проаналізуйте їх; визначте на малюнку консументів різних порядків і редуцентів; складіть свій варіант трофічної сітки)

розгалуженості трофічної сітки, у свою чергу, залежить його стійкість (поміркуйте чому).

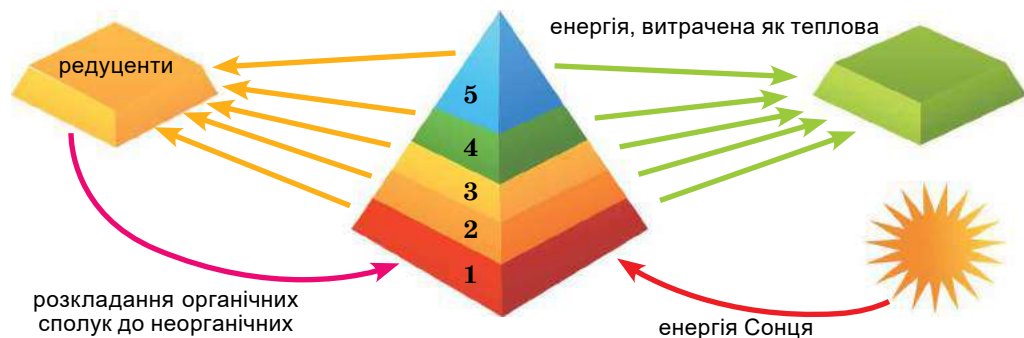
Правило екологічної піраміди. Види екологічних пірамід. Передача енергії через різні ланки ланцюга живлення залежить від ефективності, з якою організми перетворюють спожиту їжу на створену ними біомасу, що містить відповідну кількість енергії. Таку ефективність називають *ефективністю ланцюга живлення*. Це відсоток енергії, яка міститься в їжі, використаній консументом для створення власної біомаси.

Продуктивність біогеоценозу виражають в одиницях маси або енергії (створеної за одиницю часу й у перерахунку на одиницю площі або об'єму, наприклад, 1000 кг на ділянці площею 100 м² протягом року). Розрізняють продуктивність *первинну*, створену автотрофами, та *вторинну*, створену гетеротрофами. Продуценти значну частину синтезованої продукції (40–70 % сумарної) споживають для забезпечення власних процесів життєдіяльності, а та, що залишилась, становить *чисту первинну продукцію* – приріст біомаси рослин за певну одиницю часу. Це той резерв, який можуть споживати консументи та редуценти. Отже, гетеротрофні організми існують завдяки чистій первинній продукції біогеоценозу.

У стабільних біогеоценозах (наприклад, вологих тропічних лісах) гетеротрофи повністю використовують усю чисту первинну продукцію. Тому в них абсолютний приріст біомаси наближується до нуля. У нестабільних біогеоценозах з незначним видовим різноманіттям більша частина первинної продукції консументами та редуцентами не споживається і приріст біомаси (переважно у вигляді решток рослин) є високим (наприклад, біогеоценози тундри). Це створює передумови для появи у складі біогеоценозу нових видів.

● **Правило екологічної піраміди** стверджує: *на кожному попередньому трофічному рівні кількість біомаси та енергії, що запасуються організмами за одиницю часу, значно більша, ніж на наступних*. Графічно його зображають у вигляді піраміди, утвореної з окремих блоків. Кожен із цих блоків відповідає продуктивності організмів (створеній за одиницю часу біомаси або запасеній енергії) на відповідному трофічному рівні ланцюга живлення (мал. 35.4).

Є різні види екологічних пірамід. *Піраміда біомаси* відображає кількісні закономірності передачі маси органічної речовини від одного трофіч-



Мал. 35.4. Схема, що ілюструє правило екологічної піраміди: при переході енергії, яка міститься в їжі, з нижчого трофічного рівня на вищий більша її частина (приблизно 90 %) втрачається, менша (приблизно 10 %) – запасується: 1 – продуценти – 100 %; 2 – консументи I порядку – 10 %; 3 – консументи II порядку – 1 %; 4 – консументи III порядку – 0,1 %; 5 – консументи IV порядку – 0,01%

ного рівня ланцюга живлення до іншого (продуктивність організмів при цьому виражають у одиницях маси сухої речовини). **Піраміда енергії** демонструє закономірності передачі енергії від однієї ланки ланцюга живлення до іншої. Кожний її блок відповідає тій кількості хімічної енергії, яка запасасться на відповідному трофічному рівні. **Піраміда чисел** відображає співвідношення числа особин на кожному з трофічних рівнів ланцюга живлення. На відміну від пірамід біомаси і енергії, її основа може бути вужчою за верхівку (*поміркуйте чому*).

Ключові терміни та поняття

ланцюги живлення, трофічна сітка біогеоценозу, правило екологічної піраміди.

Перевірте здобуті знання



1. Чому біогеоценози потребують постійного надходження енергії ззовні? 2. Яка подальша доля світлової енергії, яку засвоюють продуценти? 3. Як формуються ланцюги живлення? 4. Чим визначається трофічний рівень організмів у ланцюзі живлення? 5. Які ви знаєте типи ланцюгів живлення? 6. Завдяки чому формується трофічна сітка? 7. Що стверджує правило екологічної піраміди? Яка біологічна основа цієї закономірності? 8. Які ви знаєте види екологічних пірамід? Схарактеризуйте їх.

Поміркуйте



1. Чому біогеоценози не можуть існувати без продуцентів? Відповідь обґрунтуйте. 2. Чому стабільність біогеоценозів залежить від ступеня розгалуженості трофічної сітки?

Творче завдання



Побудуйте піраміду біомаси ланцюга живлення пасовищного типу (на ваш вибір).

§ 36. ПРОДУКТИВНІСТЬ ЕКОСИСТЕМ РІЗНОГО ТИПУ. АГРОЦЕНОЗИ

Пригадайте, що таке первинна та вторинна продуктивність. Які організми належать до сапротрофів? Який спосіб ведення сільського господарства є екстенсивним та інтенсивним? Що таке шельф?

Окремі біогеоценози нашої планети відрізняються за різними показниками: структурою, продуктивністю, величинами та швидкістю потоків речовин та енергії, співвідношенням створеної первинної та вторинної продукції, швидкістю утилізації органічних решток, площею, яку вони охоплюють, видовим різноманіттям тощо.

Біомаса і продуктивність наземних біоценозів. Найнижча продуктивність характерна для біогеоценозів тундри та пустель, найвища – для вологих тропічних лісів (мал. 36.1) (*поясність чому*). У біогеоценозах



Мал. 36.1. Різні типи наземних біогеоценозів: 1 – тропічний ліс – приклад високопродуктивного саморегульованого біогеоценозу з високим видовим різноманіттям; приклади низькопродуктивних біогеоценозів: пустеля Сахара (2) та арктична тундра (3) (*поміркуйте*, чим зумовлена низька видова різноманітність цих типів біогеоценозів)

антарктичних і помірних регіонів низькі зимові температури та відносно короткий фотоперіод негативно позначаються на їхній продуктивності. Нестача волог обмежує продуктивність біогеоценозів посушливих регіонів, незважаючи на сприятливе поєднання температури та режиму освітлення. Отже, продуктивність наземних біогеоценозів різко знижується від вологих тропіків до регіонів з помірним і прохолодним кліматом. Біогеоценози боліт займають наче проміжне положення між наземними і водними, часто вони високопродуктивні.

Продуктивність водних біогеоценозів. Різноманітні морські біогеоценози можна поділити на два типи: прибережні та відкритих вод. Для біогеоценозів Світового океану характерна досить низька продуктивність, яка в кілька разів нижча за продуктивність наземних, а біомаса їхніх продуцентів – нижча у тисячі разів. Підраховано, що продуктивність біогеоценозів відкритого океану становить не більше 10 % від продуктивності лісових екосистем помірної зони.

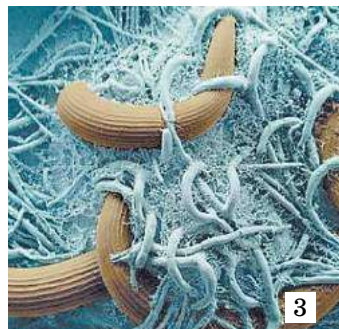
Продуценти водних біогеоценозів – це переважно водорості. Вони швидко продукують біомасу за рахунок високих темпів розмноження і швидкої зміни поколінь, але її так само швидко споживають консументи. Отже, запас біомаси, яку створюють водні продуценти, постійно залишається на низькому рівні. Біомаса в морських біогеоценозах переважно запасається консументами вищих порядків (риби, китоподібні, морські птахи тощо), які мають більшу тривалість життя і меншу швидкість зміни поколінь. Продуктивність біогеоценозів прісних вод – озер, ставків, боліт і річок подібна до продуктивності аналогічних морських.

Агроценози. Людина як консумент залежить від чистої первинної продукції, створеної зеленими рослинами. Для її постійного отримання вона створює штучні угруповання – агроценози (поля, пасовища, городи тощо; мал. 36.2, 1).

 **Агроценоз** (від грец. *агрос* – поле та *койнос* – загальний) – **збіднене видами угруповання рослин, тварин, грибів і мікроорганізмів, створене людиною для отримання сільськогосподарської продукції.** Від природних біогеоценозів агроценози відрізняються своїми властивостями та особливостями функціонування. У них не здійснюється колообіг речовин, оскільки більшу частину продукції вилучають у вигляді врожаю. Незначне видове різноманіття та мало розгалужені трофічні сітки зумовлюють



Мал. 36.2. Агроценози – приклади штучних біогеоценозів (1); у разі недостатньої уваги до стану агроценозу в ньому починають з'являтися дикі види, які поступово витискають культурні (2), або масово розмножуються шкідники (3 – комахи хрестоцвіті блішки – небезпечні шкідники капустяних)



Мал. 36.3. Біологічний метод боротьби з видами-шкідниками: 1 – жуки-сонечка є природними ворогами попелиць, які шкодять різним видам культурних рослин; 2 – трихограми (ряд Перетинчастокрилі) – комахи, самки яких відкладають свої яйця в яйця інших комах, серед яких є небезпечні шкідники; 3 – серед грибів є хижі види, здатні вловлювати й перетравлювати шкідливі види нематод

слабку екологічну стійкість. У агроценозах майже відсутня саморегуляція.

За високі врожаї людина розплачується високими витратами матеріальних ресурсів, зокрема, на внесення мінеральних та органічних добрив, обробіток ґрунтів, полив тощо. Унаслідок вирощування на значних площах протягом років однієї чи кількох рослинних культур в агроценозах можливе масове розмноження бур'янів і шкідників (комах, гризунів, паразитичних грибів тощо; мал. 36.2, 2, 3).

Під час створення агроценозів слід враховувати зв'язки, які можуть виникати при спільному існуванні культурних рослин, а також між культурними та дикорослими. Доцільно впроваджувати біологічні методи боротьби, коли чисельність видів-шкідників регулюють за допомогою їхніх природних ворогів – хижаків або паразитів (мал. 36.3). Генетичні методи боротьби (наведіть приклади) теж не забруднюють довкілля.

Уведення до складу агроценозів продуктивних культурних видів і сучасні методи їхнього культивування сприяють отриманню з одиниці площі більше потрібної продукції. Це дає можливість переходити з екстенсивного шляху ведення сільського господарства на інтенсивний, зберігати у природному стані більше біогеоценозів, не перетворюючи їх на нові агроценози, й навіть виводити з сільськогосподарського використання частину земель, створюючи на їхньому місці зелені зони.

Ключові терміни та поняття

агроценоз.

Перевірте здобуті знання



1. Які загальні закономірності змін продуктивності наземних біогеоценозів різних природних зон?
2. Чому біогеоценози тропічних лісів вирізняються високою продуктивністю та видовим різноманіттям? 3. Чим характеризується функціонування водних біогеоценозів?
4. Які особливості функціонування агроценозів?

Поміркуйте



Чому тривале вирощування одного виду рослин на одній ділянці може негативно вплинути на продуктивність агроценозу?

НАВЧАЛЬНІ ПРОЕКТИ

Дослідження особливостей структури місцевих екосистем (природних чи штучних).

§37. ВЛАСТИВОСТІ БІОГЕОЦЕНОЗІВ. СУКЦЕСІЇ

Пригадайте, що таке коєволюція та коадаптації. Які типи зв'язків можуть виникати між організмами одного виду та між представниками різних видів? Що таке гомеостаз популяцій і фотоперіодизм? Які умови існування вважають екстремальними? Які організми називають ценофілами та ценофобами, у чому полягають К- та r-стратегії розмноження?

Властивості біогеоценозів. Формування певного біогеоценозу – тривалий еволюційний процес. Під час його розвитку ускладнюється структура, зростає видове різноманіття, формуються цілісність, стійкість, здатність до самовідтворення та саморегулювання.

Цілісність біогеоценозів забезпечують взаємодії організмів як усередині популяцій (наприклад, внутрішньовидова конкуренція), так і між популяціями різних видів (міжвидова конкуренція, хижацтво, фітофагія, паразитизм тощо). Про це твердить **правило взаємоприспосованості**: *види у біогеоценозі пристосовані один до одного таким чином, що їхнє угруповання становить єдину систему із взаємопов'язаних компонентів*. Цьому сприяють потоки спадкової інформації між особинами одного виду (передача генетичної інформації від батьків нащадкам) і між особинами різних видів (горизонтальне перенесення генів). Фактори неживої природи впливають на життєдіяльність організмів, а вони, відповідно, – на мікроклімат біогеоценозу. Унаслідок цього виникають потоки енергії та колообіг речовин, які зв'язують ці складові в єдину систему.

Стійкість біогеоценозів залежить від видового різноманіття, сталості зв'язків між популяціями різних видів (насамперед трофічних), від ступеня внутрішньої впорядкованості. Багатовидові біогеоценози зазвичай добре структуровані, розгалужена трофічна сітка забезпечує швидкість потоків енергії та сталість колообігу речовин.

Здатність біогеоценозів до самовідтворення зумовлена взаємодією саморегульованих популяцій, які входять до їхнього складу, та забезпечується наявними ресурсами довкілля (вода, їжа, гази тощо). Різноманітні біотичні зв'язки, насамперед трофічні, забезпечують здійснення потоків енергії та колообігу речовин. Завдяки міжвидовим зв'язкам діяльність одних організмів компенсує вплив на середовище мешкання інших. Наприклад, завдяки процесам мінералізації, які здійснюють редуценти, у ґрунт повертаються мінеральні сполуки, які споживають рослини та гриби. Біогеоценози самовідтворюються й на популяційному рівні: завдяки розмноженню особин кожного виду відновлюється чисельність, густота популяцій і біомаса окремих видів, а також біомаса та видове різноманіття самого біогеоценозу.

Саморегулювання біогеоценозів. Як регулювальні фактори при цьому діють внутрішньовидові та міжвидові зв'язки, які зменшують коливання чисельності окремих видів (пригадайте ці зв'язки). **Гомеостаз біогеоценозу** – це його здатність протистояти зовнішнім і внутрішнім змінам, зберігаючи динамічну рівновагу свого складу та властивостей. Він забезпечується здатністю до самопідтримання, самовідтворення та саморегуляції.

Вплив екологічних факторів на зміни в біогеоценозах. Сукцесії. У біогеоценозах можуть відбуватися циклічні або поступальні зміни. Якщо вони немасштабні та нетривалі, біогеоценоз легко відновлює свою структуру. **Здатність до процесів саморозвитку є універсальною властивістю біогеоценозів.**

Циклічні зміни – це пристосування біогеоценозів до періодичних (добових, припливно-відпливних, сезонних тощо) змін довкілля. Вони можуть проявлятися як періодичні зміни густоти окремих популяцій, їхньої віко-

вої структури, активності особин різних популяцій, зміни видового складу (це, наприклад, пов'язане з видами, які щорічно здійснюють закономірні міграції: перелітні птахи, деякі види кажанів, комах тощо). Багато видів частину річного циклу перебувають у неактивному стані (спори бактерій, грибів і рослин, цисти бактерій і одноклітинних гетеротрофних організмів, фаза яйця у тварин, лялечки у комах тощо).

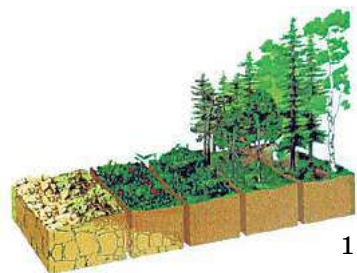
Поступальні зміни відбуваються під час відновлення зруйнованих біогеоценозів; унаслідок необоротних змін кліматичних умов (вологості, середньорічної температури тощо); під час формування і саморозвитку угруповань організмів там, де вони були відсутні (формування сосняків на пісках, розвиток угруповань на первинних ґрунтах тощо). Поступальні зміни можуть призвести до заміни біогеоценозу одного типу на інший.

 **Процеси саморозвитку біогеоценозів, які відбуваються внаслідок взаємодії організмів між собою та абіотичним середовищем, мають назву *сукцесії*** (від лат. *сукцесіо* – послідовність, наступність). Прикладами сукцесій є: зміни, які відбуваються з покинутим пшеничним полем, коли конкурентоспроможніші дикорослі трав'янисті рослини витісняють культурні, або заростання водною рослинністю озера і перетворення його на болото. Ланцюг різних типів біогеоценозів, які послідовно змінюють один одного, називають *сукцесійним рядом*.

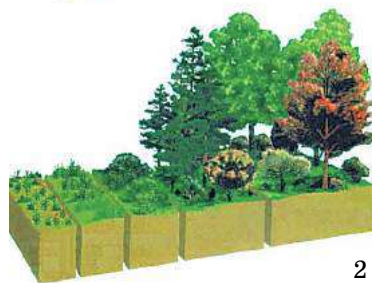
● **Закон послідовності проходження фаз розвитку** твердить: *природні системи можуть проходити фази розвитку лише в еволюційно закріпленому порядку: від відносно простих до складніших, зазвичай без випадіння проміжних етапів* (проте можливе їхнє швидке проходження). Уся біосфера як глобальна екосистема зазнає безперервних закономірних сукцесійних змін.

Сукцесії можуть бути первинними і вторинними. **Первинні сукцесії** – поява і розвиток угруповань організмів у тих місцесуваннях, де їх раніше не було (оселення лишайників на скельних породах або вищих рослин на піщаних узбережжях, заселення вулканічної лави після її застигання тощо) (мал. 37.1, 1). Вони відбуваються в декілька етапів: заселення ділянки земної поверхні певними видами рослин або лишайників; загострення конкурентних взаємовідносин між різними видами, внаслідок чого одні види витісняють інші; перетворення організмами середовища мешкання; зростання видового різноманіття; поступова стабілізація умов існування та міжвидових взаємовідносин. **Вторинні сукцесії** – процес відновлення природної рослинності після певних порушень, наприклад відновлення лісів після пожеж (мал. 37.1, 2). На перебіг вторинної сукцесії певним чином впливають угруповання організмів, які залишилися від попередньої екосистеми після її руйнування.

Сукцесії можуть спричиняти як зовнішні (зміни кліматичних умов, господарська діяльність людини) щодо угруповання причини, так



1



2

Мал. 37.1. Сукцесії первинні (1) та вторинні (2) (завдання: схарактеризуйте основні стадії цих процесів; відзначте та опишіть риси подібності та відмінності в ході первинних і вторинних сукцесій)

і внутрішні (діяльність самих організмів, що входять до складу угруповання). Серед внутрішніх причин сукцесії є неповнота колообігу речовин, унаслідок чого в біогеоценозі може накопичуватись значна маса неперероблених консументами і редуцентами решток організмів і продуктів їхньої життєдіяльності. Ця кормова база створює умови для вселення в нього нових видів.

На перших етапах сукцесійних змін зазвичай переважають екологічно пластичні види (види-ценофоби), здатні до заселення місцеснувань з несприятливими умовами. Для них характерне інтенсивне розмноження (*r*-стратегія), швидкий розвиток, значна витривалість до змін екологічних факторів. Своєю діяльністю такі організми створюють умови для оселення інших видів. Наприклад, сосна звичайна, оселяючись на пісках, затінює поверхню ґрунту, сприяючи надходженню в нього органіки, утриманню ґрунтової води. Це створює умови для оселення інших видів рослин.

Процес сукцесії триває, допоки біогеоценоз не досягне значної видової різноманітності, що дає змогу стабілізувати колообіг речовин і перетворення енергії. Під час сукцесії поступово ускладнюються трофічні зв'язки між організмами, розгалужується трофічна сітка й уповільнюються темпи приросту біомаси.

● Під час сукцесійних перетворень діє **закон сукцесійного сповільнення**: *процеси, що відбуваються у зрілих урівноважених екосистемах, які перебувають у стабільному стані, зазвичай виявляють тенденцію до сповільнення*. Завершуються сукцесії формуванням **зрілих (клімакських) біогеоценозів** (від грец. *клімакс* – вища точка, кульмінація) із значним видовим різноманіттям організмів, розвиненими механізмами саморегуляції і здатністю до самовідтворення. У клімакських угрупованнях домінують види з тривалішими циклами розвитку, меншою кількістю нащадків (*K*-стратегія розмноження), у яких добре розвинені механізми послаблення конкурентних взаємовідносин (територіальна поведінка, вузька спеціалізація щодо джерел їжі тощо).

Завдання. Процес формування клімаксного біогеоценозу може тривати десятки й сотні років: трави відновлюються за 1–10 років; чагарники – 10–25 років; листяний ліс – 25–100 років; мішаний ліс – 100–150 років; хвойний ліс – 150–250 років. Змодельуйте етапи формування клімаксного біогеоценозу в місцях, зруйнованих стихійним видобуванням бурштину в Україні).

Будь-яке угруповання не може поєднувати одночасно дві протилежні тенденції: високий рівень створення чистої первинної продукції та стабільність. Угруповання, які виникають на початкових етапах сукцесії, створюють більше продукції, ніж споживають. Натомість, зрілим біогеоценозам властивий збалансований колообіг речовин і висока ефективність використання енергії, завдяки чому вони здатні ефективно протистояти несприятливим зовнішнім впливам без порушення власної структури.

Ключові терміни та поняття

гомеостаз біогеоценозів, сукцесії первинні, вторинні, зрілі (клімаксні) біогеоценози.

Перевірте здобуті знання



1. Які властивості притаманні біогеоценозам? Схарактеризуйте їх. 2. Що таке сукцесія? 3. Які фактори можуть спричинити зміни в біогеоценозах? 4. Яке значення сукцесій у функціонуванні біогеоценозів? 5. Що таке первинні та вторинні сукцесії? Наведіть приклади. 6. Які є закономірності сукцесійного процесу? 7. Що характерно для зрілих (клімакських) біогеоценозів?

Поміркуйте



Для яких факторів може спричинити найбільш швидкі зміни в біогеоценозах?

§38. УЧЕННЯ В.І. ВЕРНАДСЬКОГО ПРО БІОСФЕРУ ТА НООСФЕРУ

Пригадайте, у чому полягає космічна роль зелених рослин. Що мають на увазі під біогенною та абіогенною міграцією речовин?

Біосфера та її межі. Поняття *біосфера* (від грец. *біос* – життя та *сфера* – куля) запропонував австрійський геолог Едуард Зюсс (1831–1914) у 1875 р. Учення про біосферу створив український учений В.І. Вернадський (мал. 38.1).

Біосфера не утворює окремої живої оболонки Землі, а є частиною її геологічних оболонок, заселених організмами. Вона охоплює верхню частину твердої оболонки Землі (літосфери), всю товщу водної (гідросфери) та нижній шар повітряної (атмосфери) і становить собою сукупність усіх біогеоценозів Землі, єдину глобальну екосистему вищого порядку.

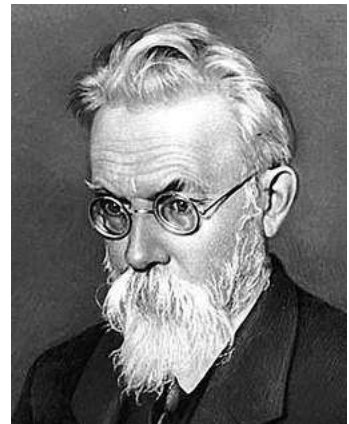
Углиб літосфери організми можуть проникати на відносно незначні глибини. Наприклад, на глибинах 2–4 км мешкають лише деякі групи бактерій, переважно у нафтоносних пластах. У гідросфері життя трапляється на будь-яких глибинах, навіть максимальних (близько 11 000 м). В атмосфері поширення організмів обмежено озоновим екраном. Максимальна висота, на якій було виявлено спори бактерій і грибів, – близько 22 км. Найвищу концентрацію біомаси спостерігають там, де умови існування організмів найбільш сприятливі та різноманітні – на межах літосфери та атмосфери, атмосфери та гідросфери, гідросфери та літосфери.

Основні положення вчення В. Вернадського про біосферу. В.І. Вернадський розглядав біосферу як органічну єдність живого та неживого. Усю сукупність організмів на планеті Земля, включно з людиною, учений називав *живою речовиною*. Основними її характеристиками є: сумарна біомаса, хімічний склад та енергія.

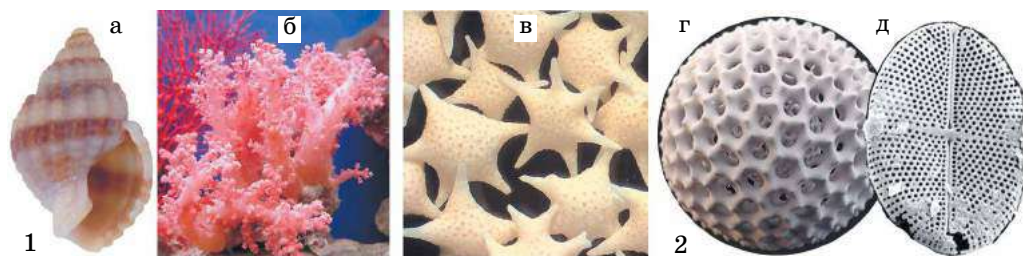
У біосфері активно відбувається обмін речовин і перетворення енергії, які визначаються сумарною активністю всіх організмів. Завдяки фотосинтезу щорічно жива речовина Землі продукує близько 160 млрд тонн сухої органічної речовини, з якої приблизно 1/3 синтезують біогеоценози Світового океану, а 2/3 – суходолу. Отже, біосфера є глобальним акумулятором і трансформатором енергії Сонця, без якої неможливе життя на Землі.

Біосфері притаманні механізми самопідтримання та самовідтворення. Ці властивості проявляються в регуляції постійного газового складу атмосфери, сталого складу і концентрації солей Світового океану, у підтриманні потрібних для існування організмів фізичних умов на поверхні Землі за допомогою озонового екрану.

В.І. Вернадський сформулював три біогеохімічні принципи: 1) біогенна міграція хімічних елементів у біосфері завжди проявляє тенденцію до свого максимального прояву; 2) еволюція видів під час історичного розвитку біосфери спрямована на підсилення біогенної міграції



Мал. 38.1. Володимир Іванович Вернадський (1863–1945) – український природознавець, філософ; започаткував такі наукові напрями, як біогеохімія та радіогеологія; заснував Національну бібліотеку України в Києві (нині – Національна бібліотека України ім. В.І. Вернадського); один із засновників Української національної академії наук, її перший президент (1918)



Мал. 38.2. Концентраційна функція живої речовини тісно пов'язана з участю організмів у створенні осадових порід: 1 – молюски (а), коралові поліпи (б), форамініфери (в) здатні концентрувати сполуки Кальцію, тому відіграють важливу роль в утворенні покладів вапняків; 2 – деякі радіолярії (г), діатомові водорості (д) накопичують сполуки Силіцію й беруть участь у створенні осадових порід радіоляритів і діатомітів

атомів; 3) жива речовина перебуває у стані безперервного хімічного обміну з навколишнім середовищем, яке створюється та підтримується на Землі завдяки космічній енергії Сонця.

Біохімічні функції живої речовини. Газова функція: живі істоти впливають на газовий склад атмосфери, Світового океану і ґрунту: аеробні організми під час дихання вбирають з довкілля кисень і виділяють вуглекислий газ; рослини і ціанобактерії в процесі фотосинтезу вбирають вуглекислий газ і виділяють кисень. **Окисно-відновна функція:** за допомогою організмів в атмосферному повітрі, воді й ґрунті окиснюються та відновлюються певні хімічні сполуки. Наприклад, залізобактерії окиснюють сполуки Феруму, денітрифікуючі – відновлюють нітрати й нітрити до молекулярного азоту чи його оксидів тощо. **Концентраційна функція:** організми вбирають з довкілля і накопичують у своєму тілі певні хімічні елементи (мал. 38.2).

Колообіг речовин у біосфері. Функції живої речовини пов'язані з біогенною міграцією атомів у процесі колообігу речовин у біосфері. Частина



Мал. 38.3. Роль організмів у ґрунтоутворенні (завдання: з допомогою вчителя або вчительки поясніть, які групи організмів беруть участь у процесах ґрунтоутворення)

міграції хімічних елементів, яка здійснюється за участю організмів, є *біогенною*, а яка відбувається поза ними – *абіогенною*. Систему колообігів різних хімічних елементів і речовин В.І. Вернадський назвав *біогеохімічними циклами*.

Організми беруть участь в утворенні осадових порід, накопичуючи протягом життя в своїх скелетах, черепашках, панцирах сполуки Кальцію, Силіцію, Фосфору тощо (див. мал. 38.2). Вони також долучаються до руйнування гірських порід. Наприклад, лишайники, оселяючись на скелях, виділяють органічні кислоти, які руйнують гірські породи. Мешканці ґрунтів, а також вплив води, повітря та кліматичних факторів забезпечують ґрунтоутворювальні процеси (мал. 38.3). Під час цих процесів відбуваються складні перетворення та переміщення різноманітних речовин у верхньому шарі літосфери. Речовини, які утворюються під час розкладання органіки, накопичуються у формі гумусових речовин, з яких утворюється гумус.

Рослинність Землі щорічно поглинає близько $1,7 \cdot 10^8$ т вуглекислого газу і виділяє близько $1,2 \cdot 10^8$ т кисню, який використовують у процесі дихання всі аеробні організми.

Учення В.І. Вернадського про ноосферу. В.І. Вернадський ще в першій половині XX ст. передбачав, що біосфера розвинеться у ноосферу (від грец. *ноос* – розум і *сфера* – куля); термін запропонували 1927 р. французькі філософи Едуар Луї Еманюель Жюльєн Леруа (1870–1954) та П'єр Тейяр де Шарден (1881–1955)).



Ноосфера – це новий стан біосфери, за якого розумова діяльність людини стає визначальним фактором її розвитку.

Для ноосфери характерний тісний зв'язок законів природи і соціально-економічних чинників суспільства, науково обґрунтоване раціональне використання природних ресурсів, відновлюваність колообігу речовин і потоків енергії. До розв'язання будь-яких проблем людина має підходити з позицій *екологічного мислення*, тобто збереження і поліпшення стану природного середовища.

Сучасний стан біосфери – *біотехносфера* – зумовлений прямим або опосередкованим впливом технічних засобів для забезпечення матеріальних і соціально-економічних потреб людини. Це призводить до вичерпання природних ресурсів, зниження регенераційних можливостей біосфери внаслідок порушення природного колообігу речовин та потоків енергії на нашій планеті. Тому перетворення біосфери на ноосферу є одним з головних завдань, які стоять перед людством, неодмінною умовою його виживання.

Ключові терміни та поняття

біосфера, ноосфера, біотехносфера, біогеохімічні цикли.



Перевірте здобуті знання



1. Схарактеризуйте зовнішні оболонки планети Земля. 2. Що таке біосфера? Хто автор учення про біосферу? 3. Чому біосферу вважають єдиною глобальною екосистемою нашої планети? Які межі біосфери? 4. Чим характеризується біотехносфера? 5. Що таке ноосфера? Чим вона характеризується? 6. Які властивості та функції живої речовини в біосфері?



Поміркуйте



1. Чому біосфера не становить окремої оболонки Землі? 2. У чому полягає значення вчення В.І. Вернадського про ноосферу для подальшого існування людства?



ТЕМА 8.

СТАЛИЙ РОЗВИТОК І РАЦІОНАЛЬНЕ ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ

У цій темі ви дізнаєтесь про:

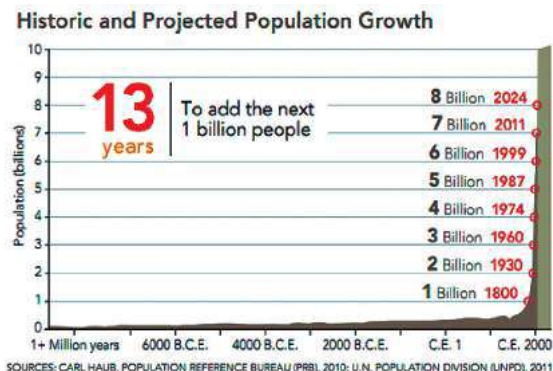
- сучасні екологічні проблеми у світі та в Україні;
- види забруднення, їхні наслідки для природних і штучних екосистем та людини;
- вплив людини на атмосферу, гідросферу, ґрунти, наземні екосистеми та його наслідки;
- важливість охорони біорізноманіття нашої планети як умови стабільного функціонування біосфери;
- основні напрями екологічної політики в Україні;
- концепцію сталого розвитку та її значення для подальшого розвитку людського суспільства.

§39. СУЧАСНІ ЕКОЛОГІЧНІ ПРОБЛЕМИ У СВІТІ ТА В УКРАЇНІ

Пригадайте основні положення вчення В.І. Вернадського про біосферу та ноосферу. Що таке екологічна ніша, генофонд? Що мають на увазі під родючістю ґрунтів? Що таке гумус, ерозія ґрунту? Які ліси називають первинними та вторинними? Що таке фотосистема?

Нині діяльність людини стала провідним екологічним фактором, що поставила її перед складним вибором: або і далі жити, нехтуючи законами природи, або ж розвивати те, що американський еколог і захисник навколишнього природного середовища **Ольдо Леопольд** (1887–1948) називав «екологічною совістю», тобто відповідальністю перед наступними поколіннями людей за стан планети. Перелік екологічних проблем, породжених діяльністю людини, досить довгий.

Зростання населення Землі (мал. 39.1). За розрахунками вчених, у VII тисячолітті до н. е. населення Землі не перевищувало 10 млн особин.



Мал. 39.1. Графік, що ілюструє темпи зростання населення Землі: вже 2024 р., за прогнозами вчених, населення нашої планети може сягнути 8 млрд (1), а 2050-го – 9,3 млрд. Найбільший приріст населення прогнозують за рахунок Індії, Китаю та країн Африки (*Science*. V. 333. Р. 540. Дані Організації Об'єднаних Націй)

На початку нашої ери населення планети становило приблизно 300 млн, у середині XVII ст. – майже 700 млн, у 1970 р. – 3,6 млрд, у 1990 – 5,3 млрд особин. У червні 2018 р. населення Землі сягнуло 7,6 млрд. Якщо ця тенденція зростання народонаселення зберігатиметься, то вже в 2050 р. воно сягне понад 9 млрд.

Отже, за останні 50 років населення Землі зросло вдвічі, тобто відбувається справжній **демографічний вибух**, наслідки якого у майбутньому неможливо передбачити. Зокрема, зростання народонаселення загострює проблему забезпечення продовольчими ресурсами. При цьому регіони з найбільшою густотою населення часто не збігаються з місцевостями з найбільш розвиненим сільським господарством. Наприклад, у країнах Європи, Північної Америки, Австралії, де виробляють до 60 % харчових продуктів, мешкає лише 30 % населення Землі, тоді як для Східної Азії це співвідношення становить відповідно 28 % і 53 %.

Процеси урбанізації (від лат. *урбанус* – міський). Стрімкий розвиток промисловості та торгівлі супроводжується інтенсивним розвитком міст, зокрема **мегаполісів** (від грец. *мегас* – великий і *поліс* – місто). Нині в містах проживає майже 40 % населення планети, хоча вони займають не більше 0,5% її площі. Великі міста та їхні околиці є прикладом природного середовища, найбільш спотвореного діяльністю людини. Це і руйнування природних екосистем, і забруднення промисловими та побутовими відходами, й інтенсивний рух транспорту тощо (мал. 39.2).

Знищення лісів. Протягом останніх 10 тис. років унаслідок діяльності людини площа лісів на планеті скоротилася на третину і щорічно скорочується майже на 17 млн га. Насамперед вирубують тропічні ліси, які відіграють провідну роль у підтриманні екологічної рівноваги на планеті. Майже повністю знищені первинні ліси Європи, а вторинні ліси, які їх заступили, мають збіднений видовий склад тварин, рослин і грибів.

Інтенсивне й нераціональне використання енергоресурсів. В останні роки загострилися проблеми експлуатації атомних електростанцій (АЕС), які діють у більш ніж 30 країнах світу. Це і проблеми безаварійної роботи АЕС, і забруднення радіонуклідами територій, які їх оточують, і захоронення відпрацьованого ядерного палива тощо (мал. 39.3). Так, термін експлуатації контейнерів, у яких їх зберігають, важко зіставити з періодом напіврозпаду радіоактивних сполук (у деяких ізотопів він може перевищувати 24 тис. років).



Мал. 39.2. Проблеми сучасних мегаполісів: 1 – інтенсивна забудова зменшує площі зелених зон – своєрідних легень міста; 2 – інтенсивна робота промисловості та рух транспорту значно забруднюють повітря, що негативно впливає на здоров'я мешканців; 3 – великі міста стикаються з проблемою утилізації побутових і промислових відходів



Мал. 39.3. Аварії на атомних електростанціях мають глобальні наслідки:
1 – зруйнований 4-й блок Чорнобильської АЕС; 2 – аварія на японській АЕС «Фукусіма-1»

Забруднення ґрунтів, водойм і повітря. Забезпечення населення Землі продуктами харчування змушує щороку збільшувати площі орних земель. Розорювання ділянок природних екосистем і вирубування лісів, які забезпечують оптимальний рівень ґрунтових вод і захищають ґрунти від впливу вітрів тощо, спричиняють їх ерозію. Погіршується санітарний стан водойм через забруднення промисловими й побутовими стоками, пестицидами, добривами, які потрапляють з агроценозів. Нераціональне споживання водних ресурсів загострює проблему питної води.

Шкідливі для здоров'я людини та інших організмів викиди промисловості, вихлопи газів автотранспорту забруднюють повітря, спричиняють «кислотні дощі». Збільшення концентрації в атмосфері вуглекислого та інших газів змінює клімат планети.

Зниження біорізноманіття планети. Інтенсивний вплив людини на природні біогеоценози (безпосереднє винищення організмів, руйнування їх місцеіснувань, забруднення довкілля) спричинив вимирання багатьох видів тварин, рослин і грибів. Зникнення будь-якого виду організмів збіднює генофонд планети, оскільки він має унікальний набір генів.

Ключові терміни та поняття

демографічний вибух, урбанізація.

Перевірте здобуті знання



1. Чому антропічний вплив став провідним екологічним фактором сьогодення? 2. Як впливає на біосферу зростання населення Землі? 3. Чому знищення лісів негативно впливає на стан біосфери? 4. Які причини погіршення стану атмосфери? 5. Як діяльність людини впливає на стан водойм? 6. Як людина впливає на біологічне різноманіття організмів нашої планети?

Поміркуйте



1. Зростання населення планети зумовлює збільшення площ орних земель. З іншого боку, ефективна, науково обґрунтована діяльність людини зумовлює їхнє скорочення. Як це можна пояснити? 2. Як споживання енергоресурсів впливає на стан біосфери?

Творче завдання



У цьому параграфі перелічено лише основні екологічні проблеми, з якими доводиться стикатися сучасній людині. З допомогою вчительки або вчителя з'ясуйте, які екологічні проблеми є у вашому регіоні. Підготуйте відповідну доповідь (або презентацію).

§40. ВИДИ ЗАБРУДНЕННЯ, ЇХНІ НАСЛІДКИ ДЛЯ ПРИРОДНИХ І ШТУЧНИХ ЕКОСИСТЕМ ТА ДЛЯ ЗДОРОВ'Я ЛЮДИНИ.

ЗАБРУДНЕННЯ МЕХАНІЧНЕ ТА ФІЗИЧНЕ

Пригадайте, що таке моніторинг, методи біоіндикації та біотестування. Як іонізуюче випромінювання впливає на живу матерію? Що таке фотоперіодизм?



Забруднювачі – різноманітні природні або штучні агенти, які потрапляють у навколишнє природне середовище в концентраціях, що перевищують звичайний природний фон і негативно впливають на організми, порушуючи рівновагу в екосистемах.

Види забруднення. За своїм походженням забруднення буває природним і антропогенним (антропогенним) (мал. 40.1). **Природне забруднення** відбувається без втручання людини (наприклад, виверження вулканів, пожежі внаслідок удару блискавок, потрапляння певних видів організмів у невластиві їм екосистеми). **Антропогенне забруднення** є результатом впливу діяльності людини на екосистеми (як-от, забруднення довкілля побутовими та промисловими відходами, внесення отрутохімікатів, викиди радіонуклідів унаслідок аварій на АЕС).



Мал. 40.1. Природні (1) та антропогенні (2) забруднення: 1 – під час виверження вулкани викидають багато уламкового матеріалу, попелу, магми – високотемпературного розплаву, що утворюється в надрах Землі (на фотографії – виверження вулкану Кілауеа на Гавайях); 2 – виливи нафти можуть становити небезпеку для морських екосистем

За своєю природою забруднення може бути механічним, фізичним, хімічним або біологічним. Прикладом біологічного забруднення є інтродукція певних видів тварин і рослин під час колонізації Австралії (мал. 40.2).



Мал. 40.2. Кактус опунція (1) потрапив на територію Австралії у першій половині XIX ст. як декоративна рослина; згодом опунція поширилась за межами оселі людини настільки (в 1920 р. охоплювала площу майже у 24 млн га), що перетворилася на небезпечний бур'ян; довелося завозити з батьківщини опунції її природного ворога – метелика кактусову вогнівку (2), гусениці якої (3) живляться цим кактусом



Мал. 40.3. Механічне забруднення довкілля виробами з пластику: 1 – забруднення водойм пластиковими виробами можуть набувати характеру екологічної катастрофи (річку Цитарум на острові Ява (Індонезія) вважають найбруднішою у світі); 2 – забруднення довкілля пластиковими виробами небезпечне для тварин: ускладнює або унеможливорює їхнє пересування, а потрапляння в кишечник – ускладнює процеси перетравлення їжі; дослідження показали, що пластик міститься в тілі майже 90 % морських птахів

Механічне забруднення – надходження до середовища хімічно та біологічно інертних для організмів твердих матеріалів (наприклад, тверді побутові та промислові відходи, частинки ґрунту, які зі стоками потрапляють у водойми) (мал. 40.3). Особливо небезпечним є забруднення полімерними матеріалами (наприклад, пластиковими виробами: пляшками, пакетами тощо).

Завдання. Вироби з пластмас дуже повільно розкладаються, а їхнє щорічне виробництво тільки зростає. Використовуючи різноманітні інформаційні джерела, підготуйте інформацію про можливе розв'язання цієї ситуації.

Фізичне забруднення. Залежно від природи розрізняють: теплове, світлове, шумове, електромагнітне та радіоактивне (радіаційне) забруднення. *Теплове забруднення* пов'язане з надходженням у повітря, ґрунт або водойми надлишкової теплової енергії (у вигляді нагрітого повітря або води). Часто воно пов'язане з інтенсивним використанням енергоносіїв (робота ТЕЦ та АЕС, транспорту тощо). Одним з основних шляхів запобігання тепловому забрудненню є економне використання традиційних енергетичних ресурсів (нафти, вугілля) і перехід на відновні джерела енергії (енергія водних потоків, припливів і відпливів, сонячна та вітрова енергія тощо).

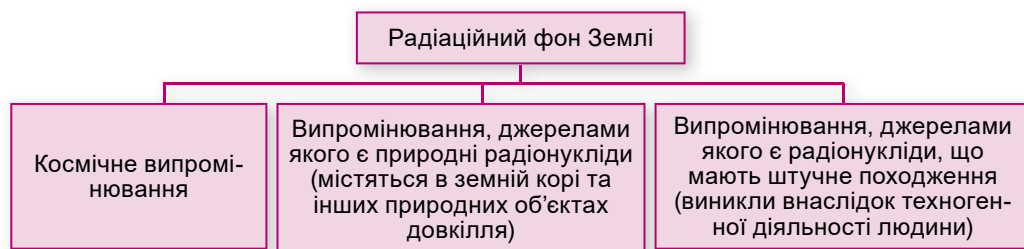
Цікаво знати



Теплове забруднення довкілля може спричинити появу в екосистемах нових, невластивих їм теплолюбних видів. Так, у водоймі Південно-Української АЕС з'явився африканський вид риб – тиляпія (ряд Окунеподібні). Підвищення температури довкілля також дає змогу перелітним птахам залишатись на зимівлю в тих країнах, де вони проводили літо.

Світлове забруднення – порушення інтенсивності й ритму природної освітленості певних територій у результаті дії штучних джерел світла. Воно може впливати на реакції організмів на тривалість світлової частини доби – фотоперіодизм.

Шумове, або акустичне, забруднення – форма фізичного забруднення, яка проявляється у вигляді збільшення рівня механічних коливань у середовищі понад природний фон. Основним джерелом шумового забруднення є діяльність транспорту: автомобільного, авіаційного, залізничного.



Мал. 40.4. Джерела радіаційного фону Землі

Шум інтенсивністю понад 75 дБ порушує сон, спричиняє негативні емоції (роздратованість), знижує працездатність тощо.

Електромагнітне забруднення. Джерела електромагнітних полів антропогенного походження – це лінії електропередач (найпотужніше), промислові та побутові електроприлади, електротранспорт, засоби зв'язку тощо. На даний момент немає неспростованих доказів щодо негативного впливу побутового електромагнітного випромінювання на екосистеми та здоров'я людини. Однак небезпека хвиль з невеликою довжиною для біологічних об'єктів (тепловий ефект, порушення електричних властивостей клітин тощо) потребує подальших досліджень щодо можливих шкідливих наслідків впливу електромагнітного забруднення.

Радіоактивне (радіаційне) забруднення – це перевищення інтенсивності іонізуючих випромінювань або вмісту радіоактивних ізотопів хімічних елементів, притаманних природному радіаційному фону (мал. 40.4). Пряма дія іонізуючого випромінювання пов'язана з потраплянням іонізуючих частинок у клітини та рідини організму. Непряма дія іонізуючого випромінювання пов'язана з утворенням вільних радикалів, які здатні руйнувати хімічні зв'язки й змінювати структуру макромолекул (таких як білки та нуклеїнові кислоти). Це може призвести до виникнення мутацій, загибелі клітин, спричинення онкологічних захворювань. Іонізуюче випромінювання найбільше впливає на клітини, здатні до активного поділу (наприклад кісткового мозгу та епітелію кишечника).

Запам'ятаємо

знаки, які позначають небезпеку:



отруйні речовини;



радіаційна небезпека;



іонізуюче опромінення;



радіовипромінювання;



біологічна небезпека (патогенні віруси, бактерії тощо);



висока напруга;



магнітне поле.

Ключові терміни та поняття

забруднювачі, радіоактивне (радіаційне) забруднення.

Перевірте здобуті знання



1. Які види забруднювачів ви знаєте? 2. Яке забруднення вважають природним, а яке – антропогенним (антропогенним)? 3. Що мають на увазі під механічним забрудненням? 4. Що

таке фізичне забруднення? Назвіть види фізичного забруднення. 5. Які наслідки радіоактивного (радіаційного) забруднення?

Поміркуйте 

У деяких розвинених країнах населення вимагає від урядів повністю відмовитись від атомної енергетики. Чи реально, на вашу думку, це здійснити в умовах сучасного індустріального суспільства та стрімкого зростання народонаселення?

Творче завдання 

Які особливості планування населених пунктів ви могли б запропонувати для того, щоб максимально убезпечити населення від шумового забруднення?

§41. ХІМІЧНЕ ТА БІОЛОГІЧНЕ ЗАБРУДНЕННЯ ДОВКІЛЛЯ

Пригадайте, як позначають отруйні речовини. Що таке пестициди, алкалоїди? Які паразити належать до гельмінтів? Які захворювання людини називають інфекційними та інвазійними? Що таке біогеохімічні цикли?

Хімічне забруднення. Хімічні елементи та речовини, які за досягнення певної концентрації у середовищі спричиняють токсичний ефект, називають **токсикантами**. Отруйні сполуки, які виробляють організми, – це **токсини** (як-от, **бактеріотоксини** (виробляють бактерії), **мікотоксини** (гриби), **зоотоксини** (тварини)). Вони зазвичай небезпечні для людини, але відіграють певну роль у природі (*поміркуйте* яку).

Речовини, які синтезує людина і які є чужорідними для біосфери, мають назву **ксенобіотики** (пестициди, мінеральні добрива, мийні засоби, барвники, паливно-мастильні матеріали, ліки тощо). Вони надзвичайно повільно розкладаються, не включаються у біогеохімічні цикли і тому накопичуються у довкіллі. Потрапляння ксенобіотиків усередину організму може спричинити отруєння, алергічні реакції, порушити обмін речовин, знизити імунітет, виявити мутагенну дію тощо. За хімічною природою токсиканти поділяють на неорганічні (важкі метали, радіонукліди) та органічні (феноли, нафтопродукти, пестициди, формальдегіди, бензпірен – утворюються під час спалювання палива).

Цікаво знати

1956 року в японському місті Мінамата були зареєстровані випадки нової нервової хвороби. В уражених людей відзначали порушення рухової активності, мови, послаблення зору та слуху, іноді – порушення свідомості, параліч і навіть смерть. Дослідження встановили, що причиною хвороби стали скидання у води бухти Мінамата сполук неорганічного Меркурію. У донних мікроорганізмах ці сполуки перетворювалися на більш токсичні органічні, здатні накопичуватись в організмах. Далі ланцюгами живлення такі сполуки, зокрема з рибою, надходили в організм людини. Проблема забруднення бухти Мінамата сполуками Меркурію не вирішена й досі.

Пестициди складно піддаються мікробіологічному розкладанню і характеризуються вираженими токсичними властивостями (мал. 41.1). Багато пестицидів можуть поширюватись далеко від місця їхнього застосування. Наприклад, у середині 1960-х рр. ДДТ було виявлено у печінці пінгвінів в Антарктиці.

На сучасному етапі практикують застосування пестицидів останніх поколінь – синтетичних аналогів природних сполук біологічного походження. Вимоги до таких пестицидів: токсична дія лише на шкідливі для людини організми, мінімальне забруднення довкілля й швидке розкладання.



Мал. 41.1. Основні види пестицидів (за впливом на певні групи організмів)

Регулярне застосування пестицидів сприяє появі шкідників, нечутливих до них. Наприклад, у деяких районах Коста-Рики припинили вирощувати бавовник, бо кошти, витрачені на боротьбу зі шкідниками, стійкими до дії пестицидів, почали перевищувати прибуток, який отримували від вирощування цієї культури. Залишилися забруднені пестицидами ґрунти, непридатні для подальшого сільськогосподарського використання.

Цікаво знати



Рейчел Луїз Карсон – відома американська біологиня, факівчиня у галузі охорони природи, письменниця. Одним з головних напрямів її досліджень було вивчення шкідливого впливу пестицидів (насамперед ДДТ) на навколишнє середовище. Цій проблемі присвячена одна з її всесвітньо відомих книжок – «Мовчазна весна». Ця та інші книжки Р.Л. Карсон сприяли розвитку екологічних рухів у різних країнах світу.



Мал. 41.2. Рейчел Луїз Карсон (1907–1964)

Біологічне забруднення довкілля – поява в певній екосистемі чужорідних для неї організмів або створення сприятливих умов для їхнього існування та розмноження. Це призводить до порушення сформованих раніше біотичних зв'язків, виснаження ресурсів середовища, забруднення довкілля продуктами їх життєдіяльності.



Свідоме або випадкове переселення певного виду організмів за межі його природного ареалу в нові місцевіснування називають **інтродукцією** (від лат. *інтродуктіо* – введення), а самі види – **інтродукованими**. Процес адаптації інтродукованого виду до нових умов існування називають **акліматизацією**.

Часто інтродуковані види виявляються більш конкурентоспроможними порівняно з місцевими (**аборигенними**) і здатними витіснити їх зі звичних біотопів. Наприклад, медоносна бджола, акліматизована в Австралії, витіснила місцевий вид без жала. До того ж паразити і шкідники акліматизованих видів можуть переходити на місцеві, спричиняючи їхню масову загибель. Тому перед інтродукцією певного виду людина повинна прогнозувати і можливі його взаємовідносини з аборигенними мешканцями екосистем.



Мал. 41.3. Приклади видів-інтродуцентів: 1 – амброзія полинолиста належить до карантинних бур'янів; завдає шкоди не тільки сільському господарству, а й здоров'ю людини як небезпечний алерген: пилок амброзії, потрапляючи в дихальні шляхи, спричиняє сльозотечу, запалення слизових оболонок, підвищує температуру тіла; 2 – небезпечний паразит медоносної бджоли – кліщ вароа

Випадкова інтродукція – вселення видів до нових екосистем, включно з випадками здичавіння та втеч з місць утримання. Прикладами таких інтродукованих видів в Україні є борщівник та амброзія (мал. 41.3, 1), серед тварин – колорадський жук, черевоногий молюск рапана венозна, голландський та китайський мохнаторуки краби тощо. Види-інтродуценти можуть спричинити явище **біологічної інвазії** – завдання шкоди місцевим екосистемам, економіці та здоров'ю людини (наприклад, кліщ вароа (мал. 41.3, 2) з країн Південної Азії в 70 рр. XX ст. дістався країн Європи та Південної Америки; нині поширений майже повсюдно (крім Австралії), завдаючи відчутної шкоди бджільництву).

Запам'ятаємо

Карантинними видами називають види, шкідливі для здоров'я людини та її господарства, відсутні на території даної країни або ж чисельність яких обмежують спеціальними заходами.

Інколи для ліквідації наслідків інтродукції певних видів доводиться інтродукувати інші. Так, коли на територію Австралії завезли копитних тварин, виявили відсутність місцевих видів жуків-гнойовиків, здатних переробляти їхні екскременти. Унаслідок цього пасовища вкрилися товстим шаром екскрементів, у якому почали масово розмножуватися кровосисні комахи. Тому в екстреному порядку довелося інтродукувати з Північної Африки місцевих жуків-гнойовиків, які протягом трьох років відновили в Австралії екологічну рівновагу.

Одним з варіантів біологічного забруднення є **мікробіологічне забруднення**: привнесення до навколишнього середовища (води, атмосфери, ґрунту, продуктів харчування або предметів побуту) та розмноження у ньому мікроорганізмів, які спричиняють інфекційні хвороби або псують харчові продукти, руйнують матеріали.

Ключові терміни та поняття

токсиканти, токсини, ксенобіотики, інвазійні та карантинні види.

Перевірте здобуті знання



1. Що характерно для хімічного забруднення? 2. Що спільного та відмінного в поняттях «токсиканти» та «токсини»? 3. Чим ксенобіотики небезпечні для біосфери? 4. Що собою становить біологічне забруднення довкілля? 5. Які види організмів називають інвазійними?

Поміркуйте



Які дослідження обов'язково має провести людина, щоб вирішити, інтродукувати певний вид організмів чи ні?

Творче завдання



З допомогою вчительки або вчителя встановіть отруйні види рослин, грибів і тварин вашої місцевості та підготуйте відповідні доповіді чи презентації.

§42. ПОНЯТТЯ ПРО ЯКІСТЬ ДОВКІЛЛЯ. КРИТЕРІЇ ЗАБРУДНЕННЯ ДОВКІЛЛЯ

Пригадайте, які ви знаєте типи забруднення довкілля. Що таке межі толерантності (екологічна валентність виду)? У чому полягають методи екологічних досліджень: біотестування, біоіндикація та моніторинг? Які види організмів називають едіфікаторами та домінуючими?

Якість довкілля – це ступінь відповідності умов середовища мешкання (природних і штучних екосистем і тих, що зазнали антропогенного впливу) потребам людини та інших живих істот. Встановлення параметрів окремих компонентів навколишнього середовища, які визначають межі прийнятних і допустимих змін їхнього складу та властивостей, називають *нормуванням якості навколишнього середовища*.

Нормативи якості довкілля. Залежно від природи антропогенного впливу встановлюють такі нормативи допустимого впливу на навколишнє середовище.

Нормативи гранично допустимих викидів (ГДВ) та скидів (ГДС) забруднювачів відображають допустиму кількість викидів і скидів у розрахунок на одиницю продукції, що випускається. Ці розрахунки здійснюють, орієнтуючись на дотримання санітарно-гігієнічних нормативів якості довкілля.

Нормативи допустимих фізичних впливів (кількості тепла, рівня шумового забруднення, вібрації, іонізуючого випромінювання, напруженості електромагнітних полів тощо) встановлюють для кожного джерела такого впливу з урахуванням впливу інших джерел. Єдиним чинним в Україні нормативом допустимого фізичного впливу на довкілля є обмеження температури вод, які скидають до природних водойм (наприклад, вод водойм-охолоджувачів ТЕС або АЕС).

Нормативи утворення твердих побутових відходів або відходів виробництва – це кількість відходів, які утворюються на одну розрахункову одиницю (одного мешканця для житлового фонду, 1 м² торговельної та складської площі або на 1 т виробленої продукції) за одиницю часу. Відходи утилізують спеціалізовані підприємства (мал. 42.1, 1). В Україні, на жаль, досі основним методом їхньої утилізації є зберігання на спеціалізованих звалищах (мал. 42.1, 2). Лише незначна частка (не більше 10 %) відходів, переважно метали, піддається справжній вторинній переробці. *Поміркуйте*: яку роль у розв'язанні цих проблем могла б відігравати біотехнологія.



Мал. 42.1. Утилізація побутових відходів: 1 – на спеціалізованих підприємствах перед утилізацією побутові відходи сортують; 2 – за відсутності перероблення побутових і промислових відходів виникають звалища завтовшки в десятки метрів, які охоплюють велетенські площі

Нормативи допустимого вилучення компонентів природного середовища встановлюють для збереження природних ресурсів, забезпечення сталого функціонування природних екосистем та запобігання їхній деградації. До природних ресурсів належать: надра, водні, лісові, ґрунтові, гірничі, об'єкти тваринного та рослинного світу тощо. **Загальне використання природних ресурсів** законодавчо гарантується всім громадянам України для задоволення їхніх потреб: оздоровчих, рекреаційних, матеріальних, естетичних тощо.

Спеціальне використання природних ресурсів здійснюють на оплатній основі з дотриманням природоохоронного законодавства за дозволами уповноважених органів управління фізичними та юридичними особами (підприємствами, установами, організаціями, фізичними особами – підприємцями) для реалізації цілей виробничої та іншої діяльності.

Нормативи допустимого антропогенного навантаження встановлюють за величиною граничного сукупного впливу всіх антропогенних джерел на довкілля в межах конкретних територій (акваторій). Умовою при цьому є забезпечення стабільного функціонування природних екосистем і збереження біологічного різноманіття.

Санітарно-гігієнічні нормативи – гранично допустимі концентрації (ГДК) хімічних речовин і мікроорганізмів або гранично допустимі рівні (ГДР) дії фізичних факторів у довкіллі, які ще не спричиняють шкідливого впливу на організм людини, а згодом – на здоров'я наступних поколінь.

Екологічні нормативи визначають граничну межу зміни параметрів довкілля, перевищення якої може створити загрозу для стабільного існування природних екосистем. Екосистема складається з багатьох організмів, чутливість яких до дії певного фактору може значно варіювати. Тому екологічні нормативи розраховують для видів, від яких насамперед залежить існування екосистеми (зокрема, видів-ефікаторів (*наведіть приклади таких видів*), домінуючих видів) і найбільш уразливих видів.

Запам'ятаємо

Рациональне використання природних ресурсів передбачає відновлюваність колообігу речовин і потоків енергії як в окремих екосистемах, так і в біосфері в цілому. Головними завданнями концепції якості життя є забезпечення фізичного та психічного здоров'я людини, збільшення споживання екологічно чистих харчових продуктів, поліпшення умов праці та відпочинку.

Методи дослідження якості довкілля. Оцінка стану довкілля – це порівняння отриманих величин окремих параметрів і показників з нормативними, середніми, фоновими значеннями для визначення якості довкілля або його окремих компонентів. При цьому встановлюють *поріг шкідливої дії* – мінімальну кількість впливу (мінімальну концентрацію певної речовини, мінімальну інтенсивність дії певного фізичного фактору тощо), унаслідок якого виникають зміни, що виходять за межі толерантності живих організмів та/або порушують стійкість екосистем.

Часто поріг шкідливої дії встановлюють за допомогою **біотестування**. Як **тест-об'єкти** використовують лабораторні культури різних організмів: певні види мікроорганізмів, рослин, тварин (мал. 42.2). Появу перших ознак порушення процесів життєдіяльності або віддалених ефектів у тест-об'єктів за певної інтенсивності того чи іншого впливу вважають порогом шкідливої дії.

Метод екологічного моніторингу – науково обґрунтована система спостережень і контролю за станом і функціонуванням об'єктів навколиш-



Мал. 42.2. Організми, які часто використовують як тест-об'єкти: 1 – інфузорія-туфелька; 2 – рачок дафнія; 3 – акваріумна рибка даніо періо

нього середовища різного рівня організації та прогнозування стану довкілля в майбутньому (мал. 42.3). Отримані результати порівнюють з нормативними величинами й здійснюють експертну оцінку.

Мал. 42.3. Проведення екологічного моніторингу: дослідники періодично фіксують показники приладів, за допомогою яких здійснюють контроль за станом довкілля



В Україні екологічний моніторинг здійснюють, спираючись на Закон України «Про охорону навколишнього природного середовища» (1991).

Біологічна індикація (біоіндикація) ґрунтується на тому, що наявність або відсутність певних видів організмів або їхніх угруповань, зміни їхньої чисельності слугують своєрідними індикаторами умов довкілля. Як **біологічні індикатори (біоіндикатори)** використовують популяції організмів певних видів, у яких вузький діапазон толерантності щодо дії певного екологічного фактору (види-стенобіонти) (мал. 42.4).

Екологічне прогнозування – передбачення у майбутньому основних параметрів компонентів довкілля протягом певних проміжків часу. Його здійснюють, спираючись на аналіз екологічних параметрів довкілля за попередній період спостережень, їхнє статистичне оброблення та узагальнення.



Мал. 42.4. Приклади видів-біоіндикаторів: 1 – щавель малий, так само як і хвощ польовий, є біоіндикатором кислих ґрунтів; мешканці ґрунту: дощові черви (2) та вільноживучі панцирні кліщі (3) можуть слугувати для біоіндикації родючості ґрунтів, умісту в них певних видів добрив, пестицидів тощо

Ключові терміни та поняття

якість довкілля, екологічні нормативи, біотестування, екологічне прогнозування.



1. Розкрийте поняття «якість довкілля». 2. На чому ґрунтується метод біотестування? Як його застосовують для оцінювання якості довкілля? 3. Які ви знаєте санітарно-гігієнічні та екологічні нормативи якості довкілля? 4. У чому полягає екологічний моніторинг якості довкілля? 5. На чому базуються методи біоіндикації? Які види організмів можуть бути використані для біоіндикації стану довкілля? 6. Яка мета екологічного прогнозування?



Яке значення для екологічного прогнозування має математичне моделювання? Наведіть приклади.

§43. АНТРОПІЧНИЙ ВПЛИВ НА АТМОСФЕРУ. НАСЛІДКИ ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ ТА ЙОГО ОХОРОНА

Пригадайте, які організми здійснюють фотосинтез з виділенням кисню. Які організми здатні фіксувати атмосферний азот? Яке значення для існування біосфери озонового екрана? Які види є едіфікаторами? Яка їхня роль у функціонуванні екосистем?

Ви вже знаєте, що атмосфера – це газова оболонка нашої планети, верхня частина якої переходить у відкритий космос. Нижня частина атмосфери контактує з поверхнею гідросфери та літосфери, значно впливаючи на них (мал. 43.1).

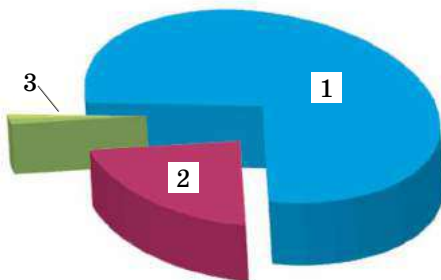
Завдання. Використовуючи знання, одержані в курсі географії, та різноманітні джерела інформації, підготуйте повідомлення про структуру й газовий склад атмосфери та явища, які в ній відбуваються.

Ви вже знаєте, що в процесі фотосинтезу рослини та ціанобактерії вбирають з атмосферного повітря вуглекислий газ і виділяють кисень. Вуглекислий газ виділяється в процесі дихання організмів, а також унаслідок розкладення органічної речовини живими істотами. Організми впливають і на концентрацію в атмосфері азоту. Повертається він в атмосферу внаслідок процесів розщеплення органічних сполук, переважно у вигляді амоніаку. Діяльність організмів сприяє надходженню в атмосферу і деяких інших газів – сірководню, метану тощо.

Сучасні екологічні проблеми атмосфери – забруднення повітря, кислотні дощі, парниковий ефект і руйнування озонового екрана.

Забруднення атмосферного повітря. Атмосферу забруднюють шкідливі для здоров'я людини та інших організмів викиди промисловості, вихлопи газів автотранспорту (сполуки Сульфуру, амоніак, метан, важкі метали тощо). Підприємства будівельної і вугледобувної промисловості є джерелами забруднення атмосфери технічним пилом.

Кислотні дощі. Надходження в атмосферу таких газових забруднювачів, як сульфур(IV) оксид (SO_2) та оксид Нітрогену (NO_2), при взаємодії з киснем та водяною парою утворює кислотні аерозолі сульфатної (H_2SO_4) та нітратної (HNO_3) кислот (щорічно в атмосферу надходить приблизно 160 млн тонн SO_2 і NO_2). Це спричинює так звані кислотні дощі, через які



Мал. 43.1. Газовий склад атмосфери біля земної поверхні: 1 – азот (N_2) – 78,09 %; 2 – кисень (O_2) – 20,95 %; 3 – аргон (Ar) – 0,93 %, вуглекислий газ (CO_2) – 0,03 %; водяна пара – 0,02–4 % тощо

Мал. 43.2. Гази SO_2 та NO_2 , потрапляючи в атмосферу, взаємодіють з вологою; утворена пара переноситься з повітряними потоками і, конденсуючись, випадає на землю у вигляді кислотних дощів, завдаючи шкоди наземним (1) і водним (2) екосистемам

стають мертвими прісні водойми, гинуть ліси, втрачається врожай. Вилуджування біогенних елементів з ґрунтів і потрапляння в них токсичних сполук уповільнює ріст дерев, спричинює їхню загибель (мал. 43.2, 1), негативно впливає на тваринний світ. Потраплення кислотних дощів у прісні водойми (мал. 43.2, 2) загострює проблеми з питною водою. Сульфур(IV) оксид (SO_2) подразнює слизові оболонки очей і верхніх дихальних шляхів; окиснюючись на слизових оболонках і в альвеолах до сульфатної кислоти, ця сполука легко проникає у кров.



Запам'ятаємо

Кислотні дощі – це опади (дощі, тумани, сніг), кислотність яких вище за нормальну ($\text{pH} = 5,6$). Найчастіше їх спостерігають у країнах з високорозвиненою енергетикою.

Зниження антропогенних викидів SO_2 за останні 40 років стало можливим завдяки зусиллям низки міжнародних організацій, зокрема Всесвітнього банку. У 1976 р. з ініціативи урядів країн Північної Європи та Скандинавії (територія яких найбільше потерпає від кислотних дощів) було запропоновано **Європейську конвенцію про транскордонне забруднення повітря сполуками Сульфуру та іншими оксидами** (Гетеборзький протокол, 1999 р.). Також діє низка європейських директив, які обмежують використання палива з високим вмістом сполук Сульфуру.

Є забруднювачі повітря, негативний ефект яких проявляється лише через певний час. Наприклад, бензпірен, що утворюється при спалюванні різних видів палива (як-от, нафтопродуктів). Потрапляючи в організм людини з їжею, через дихальні шляхи або шкіру, навіть у малих концентраціях бензпірен здатний спричиняти онкологічні захворювання. Бензпірен здатний до **біоаккумуляції**, тобто накопичуватись в організмах.

Пил та аерозолі, які надходять в атмосферу, є осередками конденсації вологи та формування хмар.

Парниковий ефект формує накопичення в атмосфері вуглекислого газу через інтенсивну роботу промисловості та транспорту, вирубування лісів. У результаті енергія сонячних променів, відбиваючись від поверхні планети, не може повернутись у космос, оскільки затримується молекулами різних газів, насамперед водяної пари, CO_2 , метану. Температура біля поверхні планети зростає. Наслідками глобального потепління клімату нашої планети є:

- збільшення частоти аномальних кліматичних явищ, часто з катастрофічними для людини наслідками (повені, урагани тощо);
- зміна настання сезонів року (переважно весняних та осінніх) зумовлює зміну меж ареалів тварин і рослин у високі широти; це супроводжується інтродукцією в місцеві екосистеми невластивих їм видів;



Мал. 43.3. 1. Кораловий риф – високопродуктивна морська екосистема, від якої залежить продуктивність Світового океану в цілому; 2 – зруйнований кораловий риф

● підвищення рівня Світового океану та підкислення його вод. Це може бути однією з причин руйнування коралових рифів (мал. 43.3).

Завдання: з допомогою вчительки або вчителя, використовуючи літературні та інтернет-джерела, доповніть цей перелік.

З метою обмеження викидів в атмосферу парникових газів у 1997 р. урядами багатьох країн (нині їх 191) в японському місті Кіото було підписано **Кіотський протокол**. Ця міжнародна угода зобов'язує уряди розвинених країн та країн з перехідною економікою скоротити або стабілізувати викиди парникових газів в атмосферу. У 2015 р. на

зміну Кіотському протоколу ухвалено Паризьку угоду, яка зобов'язує уряди всіх країн, починаючи з 2020 р., скоротити викиди CO_2 в атмосферу.

Руйнування озонового екрана. Основним механізмом утворення озону є фотохімічне перетворення двоухватного кисню під дією ультрафіолетового випромінювання. Незначна частина озону утворюється при електростатичній іонізації повітря, зокрема під час грозових розрядів (*пригадайте* з курсу хімії властивості озону). Озоновий екран становить собою частину стратосфери: у тропічних широтах – на висоті 25–30 км, помірних – 20–25 км, полярних – 15–20 км. Він здатний вбирати ультрафіолетові промені (насамперед з короткою довжиною хвиль, здатні спричинювати мутації). Послаблюється озоновий екран унаслідок надходження в атмосферу хлорфторвуглецевих сполук.

Ключові терміни та поняття

кислотні дощі, парниковий ефект.

Перевірте здобуті знання



1. Назвіть джерела антропогенного забруднення атмосфери. 2. Як інтенсивне споживання енергоресурсів впливає на стан атмосфери? 3. Який вплив «кислотних дощів» на біосферу? 4. Що таке «парниковий ефект»? Які можливі наслідки цього явища? 5. Які є тенденції зміни клімату Землі? Які їхні можливі наслідки?

Поміркуйте



Чому на перших етапах історичного розвитку біосфери життя могло існувати лише у воді?

§44. АНТРОПІЧНИЙ ВПЛИВ НА ГІДРОСФЕРУ. ОХОРОНА ВОДОЙМ

Пригадайте будову, властивості та функції води. Що таке макро- та мікроелементи? Який склад гідросфери?

До складу гідросфери, як ви вже знаєте, входять: води океанів, льодовиків, підземні та ґрунтові води (перебувають у складі літосфери), континентальні водойми (річки, озера, болота, штучні прісні водойми тощо).

Світовий океан вкриває майже 71 % поверхні нашої планети. Завдяки вільному обміну водними масами між різними океанами хімічний склад океанічної води доволі сталий; середня солоність Світового океану становить 35 ‰. **Континентальні водойми** забезпечують нормальне функціонування наземних екосистем, зокрема задовольняють потреби людини і тварин у питній воді, а також ґрунтове живлення рослин.

Льодовики мають важливий вплив на клімат певних регіонів планети, насамперед тих, що прилягають до Південного та Північного полюсів. Вони сприяють зниженню температури атмосферного повітря та водних мас завдяки великій прихованій теплоті танення (поглинається близько 2 % всієї сонячної енергії на Землі). Гірські льодовики є основним джерелом водного живлення деяких великих річок. **Підземні води** розташовані нижче земної поверхні й дна поверхневих водойм і водотоків, вони заповнюють пори, тріщини й інші порожнечі гірських порід у рідкому, твердому або газоподібному стані. Підземні води разом з поверхневими відіграють важливу роль у здійсненні колообігу води у біосфері.

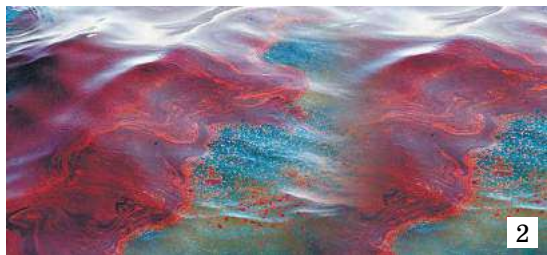
Запам'ятаємо

Підземні води є відновлюваним ресурсом. Їх поділяють на: господарсько-питні (не повинні містити шкідливих для здоров'я людини сполук і мікроорганізмів), промислові (застосовують у різних галузях промисловості), мінеральні (характеризуються підвищеною концентрацією певних біологічно активних (насамперед мінеральних) сполук, завдяки яким мають лікувальну дію) та термальні (температура від +20 °C і вище, також мають лікувальну дію).

Завдяки високій теплоємності гідросфера впливає на клімат планети.

Антропоічний вплив на стан водойм. Це, насамперед, забруднення промисловими і побутовими стоками, пестицидами, добривами, які потрапляють з агроценозів. Погіршення санітарного стану водойм, а також нераціональне споживання водних ресурсів загострюють проблему питної води. Незважаючи на застосування сучасних методів очищення промислових і побутових стоків, до 10 % найбільш стійких забруднювачів все ж таки можуть залишатися у воді. Тому стічні води, навіть очищені, для побутових потреб можуть використовуватись лише обмежено.

Надходження неочищених чи недостатньо очищених стічних вод у природні водойми унеможливорює їхнє використання для відпочинку людей або рибалки. Потрапляння у водойми сполук Фосфору й Нітрогену сприяє масовому розмноженню ціанобактерій. *Пригадаємо:* це явище називають «цвітіння води», воно спричинює масову загибель інших гідробіонтів (через нестачу кисню і вплив токсичних сполук, які виділяють ціанобак-



Мал. 44.1. Вплив діяльності людини на стан водойм: 1 – цвітіння води в Канівському водосховищі, спричинене масовим розмноженням ціанобактерій; 2 – аварії танкерів і нафтовидобувних платформ спричиняють небезпечні забруднення водойм

терії) (мал. 44.1, 1). Масову загибель мешканців водойм спричиняють і аварії танкерів, нафтодобувних платформ, унаслідок чого нафтова плівка вкриває значні площі водойм (мал. 44.1, 2).

Нестача питної води вже тепер є гострою проблемою, яка щороку лише загострюватиметься. З року в рік обсяги світового споживання прісної води лише зростають: так, якщо в 1900 році він становив 580 км^3 , то в 2005-му – близько $60\,000 \text{ км}^3$! Ця тенденція пов'язана як зі зростанням населення нашої планети, так і зі збільшенням обсягів промислового виробництва. Нині від нестачі питної води потерпає до 40 % населення планети. А до 2030 року понад 5 млрд людей (на той час – понад 67 % населення Землі) не зможуть отримувати задовільно очищену від забруднювачів воду.

Запам'ятаємо

Кожен з нас може зробити свій внесок у вирішення проблеми дефіциту питної води: потрібно економно ставитися до її споживання, не бути байдужим до невинуватених її втрат.

Завдання. Запропонуйте свої пропозиції щодо зниження обсягів споживання холодної та гарячої води, що дасть можливість зекономити кошти на оплаті житлово-комунальних послуг.

Одним з основних способів подолання локального дефіциту прісної води є регулювання поверхневого стоку спорудженням гребель, які штучно регулюють кількість води, що надходить до ділянок річок, розташованих нижче. Наприклад, на Дніпрі побудовано шість гребель. Але регулювання річкового стоку має і негативні наслідки. Створення штучних морів (наприклад, каскад водосховищ на Дніпрі) знижує швидкість течії річок, і, як наслідок, призводить до замулення водосховищ. Їхнє ложе заповнюється річковими наносами, що обмежує час експлуатації (від 100 до 500 років).

Зміну гідрологічного режиму водойм (глибини, швидкості течії, солоності тощо) спричинює створення штучних морів. Побудова гребель призводить і до затоплення значних площ орних земель, і до процесів берегової ерозії. Ще один з наслідків побудови гребель – перекривання доступу на нерест різним видам проходних риб. Так, у Дніпрі майже зникли осетрові риби, оскільки їм було перекрито шляхи нерестових міграцій із Чорного моря.

Для перевірки якості питної води застосовують різні методики, зокрема визначають число клітин бактерії кишкової палички у певному об'ємі. Згідно з вимогами Державних санітарних правил та норм «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною», затверджених Міністерством охорони здоров'я України 2010 р., в 1 см^3 досліджуваної водопровідної питної води (наприклад, з бюветів) кількість клітин кишкової палички не повинна перевищувати 100 (з 2020 р. – 50), фасованої води – не більше як 20. При цьому клітини та цисти патогенних одноклітинних організмів та яйця гельмінтів взагалі мають бути відсутні.

Запам'ятаємо

Колі-індекс показує кількість клітин бактерій групи кишкової палички в 1 л води. Державні стандарти регламентують і вміст у воді шкідливих важких металів.

Можливе й радіоактивне забруднення водойм, яке пов'язане з перевищенням природного радіоактивного фону водного середовища або з антропогенним впливом. Радіоактивність природної води залежить від: радіоактивності гірських порід і ґрунтів, з якими пов'язані водойми, скидів радіо-



Мал. 44.2. Захоронення радіоактивних відходів: 1 – металеві контейнери для захоронення; 2 – місця захоронення контейнерів у Світовому океані

активних речовин у водойми та їхнього надходження до підземних вод (наприклад, унаслідок підземних випробувань ядерної зброї).

Дуже небезпечним явищем є захоронення радіоактивних відходів у глибинах Світового океану (мал. 44.2). Небезпека такої методики утилізації радіоактивних відходів полягає у недовговічності контейнерів: уже через 10 років починають руйнуватися металеві, через 30 років – бетонні. Крім того, у Світовому океані затоплено 6 атомних підводних човнів, 9 атомних реакторів (корабельні, супутникові), 50 ядерних боєприпасів (унаслідок аварій під час запусків ракет). Гідросферу забруднюють й випробування ядерної зброї. Так, починаючи з 1945 року було проведено понад 2420 ядерних випробувань у різних геосферах.

Ключові терміни та поняття

колі-індекс.

Перевірте здобуті знання



1. Схарактеризуйте структуру гідросфери.
2. Назвіть складові поверхневих вод нашої планети.
3. Яка роль підземних вод у функціонуванні біосфери?
4. Які основні шляхи розв'язання проблеми нестачі питної води?
5. Назвіть основні джерела забруднення Світового океану.

Поміркуйте



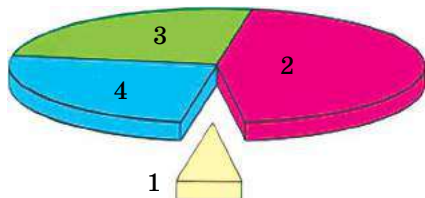
Чому збільшення числа клітин бактерій групи кишкової палички свідчить про забруднення водойм?

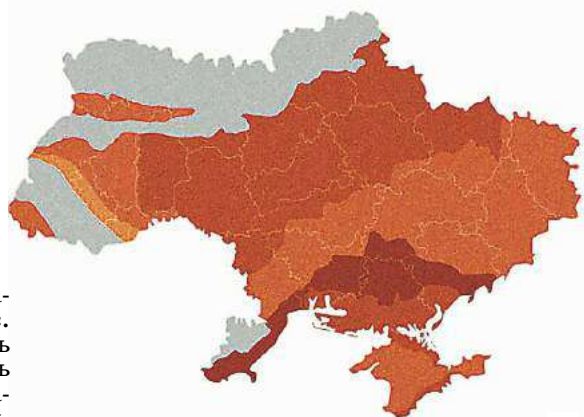
§45. ОСНОВНІ ДЖЕРЕЛА АНТРОПІЧНОГО ЗАБРУДНЕННЯ ҐРУНТІВ, ЇХНІ НАСЛІДКИ

Пригадайте особливості ґрунту як середовища мешкання організмів. Які організми трапляються у ґрунтовому середовищі? Які їхні функції у процесах ґрунтоутворення? Хто такі редукенти?

Ви вже знаєте, що ґрунти – це верхній пухкий шар літосфери, створений діяльністю різних груп організмів: бактерій, грибів, водоростей, підземних частин вищих рослин, тварин. Однією з важливих характеристик ґрунтів є їхня **родючість** – здатність забезпечувати рослини необхідними елементами живлення.

Мал. 45.1. Ідеальне співвідношення різних фаз ґрунту: ґрунтової органіки (1), мінеральних частинок ґрунту (2), ґрунтового повітря (3) та ґрунтової вологи (4)





Мал. 45.2. 1. Чорноземи – темнозабарвлені ґрунти, багаті на гумус. 2. Чорноземи в Україні охоплюють площу 27,8 млн га, що становить близько 46 % території нашої країни (завдання: визначте регіони, найбагатші на чорноземи)

2

У складі ґрунту виділяють три різні фази: *тверду* (ґрунтові частинки різних розмірів), *рідку* (ґрунтова вода) та *газоподібну* (ґрунтове повітря) (мал. 45.1). Під час газообміну з атмосферним повітрям виділяється вуглекислий газ і вбирається кисень, ці процеси називають *диханням ґрунту*.

Ґрунти України. Загальна площа України становить 60,355 млн га, з них на орні землі припадає 34,4, сіножаті – 2,2, пасовища – 4,8 млн га. Різноманітність фізико-географічних умов України зумовлює й різноманітність ґрунтового покриву країни: налічують близько 650 видів ґрунтів (*пригадайте*, які ви знаєте типи ґрунтів). Справжнім багатством нашої країни є чорноземи, які становлять десятку частину світових запасів цих родючих ґрунтів (мал. 45.2).

Антропоційний вплив на ґрунти та його наслідки. Розорювання ділянок природних екосистем і вирубування лісів, які забезпечують оптимальний рівень ґрунтових вод і захищають ґрунти від впливу вітрів тощо, спричинюють їх ерозію. *Пригадаємо: ерозія* (від лат. *еродере* – роз'їдати) **ґрунтів** – це зменшення товщі їхнього верхнього родючого шару внаслідок розмивання водами або здування вітром (мал. 45.3). Коли невеликі ярки, спричинені дією водних потоків, з'єднуються з великими, спостерігають яружну ерозію, зокрема на крутих схилах берегів річок (наприклад, Дніпра). Яруги та прилеглі до них ділянки непридатні для сільськогосподарського виробництва.

Частка еродованих ґрунтів в Україні внаслідок екстенсивного ведення сільського господарства щорічно зростає на 60–80 тис. га. При цьому втра-



Мал. 45.3. Ерозія ґрунтів: 1 – вітрова; 2 – яружна

та кожного сантиметра гумусового горизонту знижує потенційний урожай зерна на 0,5–2 ц/га. В Україні щорічні втрати гумусу становлять від 0,6 до 1 т/га.

Запам'яємо

Екстенсивний спосіб ведення сільського господарства пов'язаний зі збільшенням кількості аграрної продукції внаслідок зростання площ агроценозів.

Інтенсивний спосіб ведення сільського господарства пов'язаний зі збільшенням врожайності (кількості продукції, яку отримують з одиниці площі); для цього людина застосовує найсучасніші методики, що зменшують негативний вплив на родючість ґрунтів, використовує найбільш продуктивні сорти рослин і породи тварин.

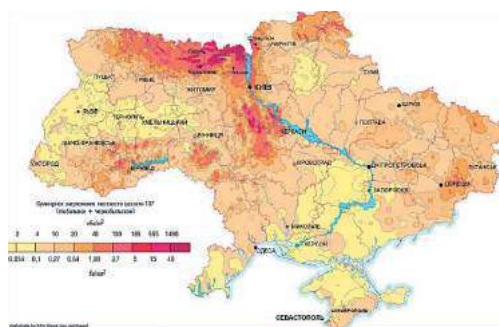
Завдання. Інтенсивний спосіб ведення сільського господарства потребує значних капіталовкладень, але він дає змогу скорочувати площу орних ґрунтів й збільшувати площі заказників, паркових територій тощо. Запропонуйте економний спосіб інтенсивного ведення сільського господарства у своєму регіоні.

Ще одна причина скорочення площ орних ґрунтів – це засолювання їх унаслідок нераціонального зрошення. Через надлишкове зрошення підвищується рівень ґрунтових вод, на поверхні ґрунту відкладаються солі (*поміркуйте чому*). Негативно впливає на родючість ґрунтів та їхнє населення застосування пестицидів. Надлишкова кількість пестицидів забруднює природні екосистеми, а також продукти харчування, питну воду, з якими вони можуть потрапляти в організм людини.

Близько 20 % ґрунтів України забруднені токсичними сполуками: радіонуклідами, важкими металами тощо. Основними джерелами забруднення ґрунтів слугують: об'єкти промисловості, енергетики та сільського господарства; транспорт (викиди вихлопних газів). Навколо великих промислових об'єктів радіус забруднення токсичними речовинами може становити від 1 до 20 км, а їхній уміст у ґрунтах може перевищувати гранично допустимий до 5–10 разів.

Загальна площа сільськогосподарських угідь України, забруднених радіонуклідами, становить близько 6,7 млн га (з них – 3,7 млн га – у зоні чорнобильської аварії; мал. 45.4). Ведення сільського господарства на територіях з високим вмістом у ґрунті радіонуклідів загрожує їхнім потраплянням у продукцію рослинництва та тваринництва (м'ясо, молоко та молочні продукти). Тому потрібно проводити меліоративні роботи, насамперед вапнування ґрунтів (як засіб зменшення рухливості радіонуклідів у ґрунті) та збільшення внесення калійних добрив (дефіцит Калію призводить до накопичення в рослинницькій продукції його хімічного аналога – Цезію (^{137}Cs)). Підвищення рівня забрудненості кормів зумовлює і зростання забрудненості продукції тваринництва.

Отже, для поліпшення екологічного стану ґрунтів України, збереження та підвищення їхньої родю-



Мал. 45.4. Забрудненість ґрунтів України радіонуклідами (*завдання*: скористайтеся картою України з атласу і визначте найзабрудненіші регіони)

чості потрібно перейти на інтенсивний спосіб ведення сільського господарства. Це широке впровадження новітніх технологій обробітку ґрунтів, збільшення частки органічних добрив, застосування лише тих мінеральних добрив, які швидко розкладаються у ґрунті й не шкодять його корисним мешканцям. Крім того, потрібно посилювати заходи охорони ґрунтів від забруднення пестицидами, важкими металами, радіонуклідами тощо.



Важливим елементом збереження й підвищення родючості ґрунтів є застосування **сівозмін** – науково обґрунтованого чергування сільськогосподарських культур у просторі та часі. Адже постійне вирощування одного виду рослин на певній території швидко виснажує ґрунт, оскільки одні види рослин можуть більше поглинати з нього певні хімічні елементи, ніж інші. Культури, які застосовують у сівозмінах, розміщують на полях таким чином, щоб кожна з них поверталася на колишнє місце не раніше, ніж через 3–4 роки. Потрібно також враховувати можливий вплив рослини-попередника на вид-наступник. Важливим елементом ведення сівозмін є включення *пару* – поля, не зайнятого культурними рослинами, але й без бур'янів (зазвичай протягом року).

Запам'ятаємо

Сівозміни зменшують виснаження ґрунту, ризик розвитку хвороб рослин і нападів шкідників (*поміркуйте* чому).

Ключові терміни та поняття

родючість ґрунту, екстенсивний та інтенсивний способи ведення сільського господарства, сівозміни.

Перевірте здобуті знання



1. Схарактеризуйте сучасний стан ґрунтів України. 2. У чому полягає небезпека різних видів ерозії ґрунтів? 3. Які основні джерела забруднення ґрунтів? 4. Які методики обробітку ґрунтів найменше порушують їхню структуру? 5. Назвіть основні заходи, спрямовані на охорону ґрунтів. 6. Чим інтенсивний спосіб ведення сільського господарства відрізняється від екстенсивного? Який з них прогресивніший?

Поміркуйте



1. Чому, на вашу думку, для боротьби зі шкідниками сільського господарства слід більше використовувати біологічні та генетичні методи боротьби замість хімічних? 2. Обґрунтуйте, чому в сівозміни варто включати представників родини Бобові.

Творче завдання



З допомогою вчителя або вчительки, використовуючи літературні та інтернет-джерела, проаналізуйте сучасний стан ґрунтів вашої місцевості та спробуйте запропонувати заходи, спрямовані на поліпшення їхнього стану.

§46. АНТРОПІЧНИЙ ВПЛИВ НА БІОРІЗНОМАНІТТЯ

Пригадайте, що таке біорізноманіття. Який зв'язок існує між біорізноманіттям екосистем і ступенем їхньої стійкості? Що таке біоценотична криза? Що таке геном, генотип і генофонд? Які види забруднення вам відомі?

Принцип біорізноманіття. *Пригадаємо: біорізноманіття (біологічне різноманіття; англ. biodiversity) – різноманітність життя в усіх його проявах, а також показник складності організації біологічних систем – різноманітності їхніх компонентів. Зокрема, розглядають різноманіття генетичне (різноманітність генів та їхніх станів – алелів), видове (різноманітність видів в екосистемах), екосистемне (різноманітність екосистем на*



Мал. 46.1. Екосистеми з низьким (1 – тундра) та високим (2 – екваторіальний тропічний ліс Південної Америки) видовим різноманіттям

певній території). Біорізноманіття є одним з найважливіших показників життєздатності та стійкості біологічних систем різного рівня організації.

Співіснування видів з різними екологічними вимогами дає змогу всьому угрупованню адаптуватись до зовнішніх впливів, які можуть виявлятися стресовими (*наведіть приклади*). Біорізноманіття зростає від полярних регіонів до екватора (мал. 46.1) та від морського клімату до континентального; біорізноманіття зменшується в екосистемах, які зазнають стресових впливів.

В екосистеми з більшим видовим різноманіттям більше шансів на тривале існування, ніж в екосистеми з незначним видовим різноманіттям (*поміркуйте чому*). Піклуючись про збереження видового різноманіття певної біологічної системи (від окремої популяції до біосфери), ми дбаємо і про збереження різноманітності її генофонду.

Запам'ятаємо

Принцип біорізноманіття полягає в тому, що величина біорізноманіття як всередині певного виду, так і в межах окремих екосистем та біосфери в цілому визначає життєздатність цих біологічних систем.

Біорізноманіття України. Різноманітність фізико-географічних умов на території нашої країни зумовлює значний рівень біорізноманіття. Регіони України розташовані на території трьох природних зон (зони мішаних лісів, лісостепової та степової), а також двох гірських фізико-географічних країн (частин Карпатської та Кримської). Через її територію пролягають шляхи міграцій багатьох тварин (насамперед птахів). Загалом на території нашої країни трапляється понад 70 тис. видів організмів. Тваринний і рослинний світ України включає багато рідкісних, реліктових та ендемічних видів, які потребують охорони.

Завдання. Використовуючи різноманітні джерела інформації, дізнайтеся про кількість організмів різних таксономічних одиниць, що мешкають на території України. Підготуйте міні-проект щодо кількох видів різних таксонів, які властиві вашому регіону.

Антропогенний вплив на біорізноманіття. Біорізноманіття біосфери не є сталим, воно постійно змінюється. Ми вже згадували, що видове різноманіття екосистем зростає в процесі їхнього саморозвитку – у процесі сукцесії, а біосфери в цілому – у процесі еволюції (*пригадайте механізм процесу дивергенції*).



Мал. 46.2. Деякі види тварин, що зникли з нашої планети, починаючи з 1600 року: 1 – сумчастий вовк (мешкав на острові Тасманія, остання особина померла від старості у 1936 р. у зоопарку м. Хобарт; Австралія); 2 – стеллерова корова (ряд Сирени; мешкала біля Командорських островів, Берингове море; вважають, що останню тварину знищено 1768 р.); 3 – китайський озерний дельфін (китайський прісноводний дельфін; був поширений у водоймах центральної частини Східного Китаю; з 2007 р. вважають вимерлим повністю); 4 – маврикійський дронт (додо; нелітаючий птах з ряду Голубоподібні; мешкав на острові Маврикій (Індійський океан); зник наприкінці XVII ст.); 5 – дикий бик тур (остання особина загинула 1627 р. на території сучасної Польщі)

Сучасному біорізноманіттю нашої планети та стабільному існуванню природних екосистем загрожує вплив антропоційного фактору. Види вимирають унаслідок прямого винищення, руйнування місць їхнього існування, забруднення довкілля тощо. Серед причин скорочення сучасного біорізноманіття нашої планети є нераціональне використання природних ресурсів, нерозуміння важливості збереження біорізноманіття для забезпечення стабільного існування біосфери, невідповідне зростання народонаселення. Пряме винищення загрожує видам рослин, тварин, грибів, які мають промислове або естетичне значення, використовують у медицині тощо.

Людина спрямовано знищує «шкідливі», з її точки зору, види. Наприклад, уряд Тасманії, де зберіглася остання невелика популяція сумчастого вовка, вирішив, що цей хижак завдає відчутної шкоди тваринництву, і стимулював знищення цих тварин (мал. 46.2, 1).

За підрахунками вчених, починаючи з 1600¹ р. зникло 94 види і 164 підвиди птахів, а ссавців – 63 види і понад 70 підвидів. Зокрема, зникли дикий бик (тур), морська (стеллерова) корова, сумчастий вовк, нелітаючий голуб (дронт), озерний дельфін тощо (мал. 46.2, 1–5). Нині на межі зникнення понад 25 000 видів рослин, 200 – ссавців, 250 – птахів, десятки тисяч видів безхребетних тварин. Під загрозою зникнення перебувають і рідкісні види, що мають колекційну цінність (наприклад, певні види тропічних метеликів, молюсків тощо).

¹ 1600 рік обрано за відправну точку не випадково. На той час з'явилися перші фундаментальні зведення по відомих видах рослин і тварин, одночасно посилювся і вплив людини на природу.

Запам'ятаємо

У природі не існує «шкідливих» чи «корисних» видів. Ці поняття лише визначають роль певного виду організмів стосовно людини та її господарства. У природних екосистемах усі види є важливими їхніми складниками (наприклад, паразити регулюють чисельність популяцій своїх хазяїв, хижаки – здобичі, личинки кровосисних комарів слугують кормовою базою для багатьох гідробіонтів).

На біорізноманіття негативно впливає інтенсивне вирубування лісів, унаслідок якого масово зникають види тварин і рослин. Непоправної шкоди як окремим екосистемам, так і біосфері в цілому завдають різні види забруднення (механічне, фізичне, хімічне, біологічне). *Пригадаємо*, якої шкоди завдає місцевим екосистемам інтродукція невластивих їм видів, які виявляються конкурентоспроможнішими за місцеві.

Якщо темпи вимирання видів не уповільнити, світ може зіткнутися із біоценотичною кризою, яка має антропічний характер. Для її відвернення людина має запам'ятати:

- будь-який вид організмів унікальний і має важливе значення для існування людства;
- збереження біорізноманіття – це збереження ресурсів, потрібних для збереження різноманітності генофонду нашої планети;
- для збереження біорізноманіття нашої планети недостатньо об'єднання зусиль урядів і громадських організацій усіх країн, потрібна ще й ефективна просвітницька діяльність серед населення;
- діяльність щодо збереження біорізноманіття як окремих територій, так і біосфери в цілому має здійснюватися згідно з національними та міжнародними програмами, створеними на науковій основі.

Ключові терміни та поняття

біорізноманіття (біологічне різноманіття).

Перевірте здобуті знання



1. Що таке біорізноманіття? Чим воно характеризується? 2. У чому полягає принцип біорізноманіття? 3. Чим характеризується біорізноманіття України? 4. У чому полягає негативний вплив діяльності людини на біорізноманіття біосфери?

Поміркуйте



Що має змінити людина у своєму ставленні до біорізноманіття біосфери, щоб уникнути глобальної біоценотичної кризи?

Творче завдання



Об'єднайтеся в групи. Дослідіть біорізноманіття вашої місцевості, підготуйте презентацію на цю тему.

§ 47. ШЛЯХИ ЗБЕРЕЖЕННЯ СУЧАСНОГО БІОРІЗНОМАНІТТЯ

Пригадайте, що таке біорізноманіття. Що таке екологічний моніторинг? У яких формах здійснюють екологічний моніторинг? Що таке банк генів і клонування видів? Що таке мінімальна життєздатна популяція? Що таке споріднене схрещування (інбридинг) та які його наслідки?

Основні напрями збереження сучасного біорізноманіття. Насамперед потрібно ретельно вивчати видовий склад рослин, грибів, тварин, прокаріотів окремих екосистем, флори й фауни як окремих країн, так і континентів у цілому. Здійснювати постійний екологічний моніторинг за станом біорізноманіття: локальний, регіональний, державний, глобальний. Охороняти довкілля від різних форм забруднення: механічного, фізичного, хімічного, біологічного.

Охорона біорізноманіття неможлива без створення відповідної законодавчої бази та міжнародного співробітництва. 5 червня 1992 року на Конференції ООН з питань довкілля та розвитку в Ріо-де-Жанейро (Бразилія, Саміт «Планета Земля») було ухвалено міжнародну угоду – **Конвенцію про охорону біологічного різноманіття**. Її підписали уряди 193 країн, серед яких й Україна (Закон України «Про ратифікацію Конвенції про охорону біологічного різноманіття», 1994), а також Європейський Союз (ЄС). Мета Конвенції – збереження біологічної різноманітності, стаке використання її компонентів і спільне отримання на справедливій і рівній основі вигід, пов'язаних з використанням генетичних ресурсів. Вона передбачає збереження компонентів біологічної різноманітності як у природному стані, так і поза їхніми природними місцями перебування.

На основі «Конвенції про охорону біологічного різноманіття» було створено «Концепцію збереження біологічного різноманіття України» (1997).

Цікаво знати



Поняття «біорізноманіття» почали широко застосовувати після того, як у 1986 році у США відбувся Національний форум з біорізноманіття, а у 1988 році відомий американський біолог **Е.О. Вілсон** (мал. 47.1) видав книжку «Біорізноманіття» з матеріалами цього форуму.

У 1998 році Рада Європи створила «Смарагдову мережу», яка діє у країнах Європи, що не є членами Європейського Союзу. Вона складається з територій особливого природоохоронного значення. «Смарагдова мережа» доповнює мережу «Природа-2000» («Natura 2000»), яка діє на території країн ЄС.

Міжнародні організації, що опікуються збереженням біорізноманіття. Міжнародна спілка охорони природи та природних ресурсів (скорочено МСОП; англ. *International Union for Conservation of Nature and Natural Resources (IUCN)*) – міжнародна некомерційна організація, яка висвітлює проблеми збереження біорізноманіття. МСОП створює списки видів тварин і рослин, що перебувають під загрозою зникнення, – **Червону книгу МСОП** (її ще називають Міжнародною Червоною книгою). Під егідою цієї організації створено і **Червоний список МСОП** – всеосяжну збірку відомостей про охоронний статус не тільки тварин, а й рослин і грибів у всьому світі (мал. 47.2, 1). МСОП також складає так звані **Чорні списки** видів, які зникли з нашої планети починаючи з 1600 року.

Європейський Червоний список – перелік таксонів тварин і рослин, які трапляються в Європі і перебувають під загрозою глобального вимирання.

Іншою міжнародною громадською організацією є **Всесвітній фонд природи** (англ. *World Wide Fund for Nature*, скорочено WWF). Ця найбільша у світі неурядова організація опікується збереженням і відновленням навколишнього середовища. Символ Всесвітнього фонду природи – велика панда (мал. 47.2, 2).



Мал. 47.1. Едвард Осборн Вілсон (народ. 1929 р.) – видатний американський еколог, ентомолог (один з провідних фахівців у галузі дослідження мурашок), письменник, професор Гарвардського університету (США). Один з перших почав розробляти концепцію збереження біорізноманіття, автор праць «Криза біологічного різноманіття» (1985) та «Різноманітність життя» (1992)

МСОП за сприяння Всесвітнього фонду природи та інших міжнародних організацій розроблено **Всесвітню Стратегію охорони живої природи (ВСОП)**.

Створення природоохоронних територій. Природоохоронні території мають забезпечити всі біоценотичні зв'язки, потрібні для існування рідкісних і зникаючих видів. **Концепція мінімальної життєздатної популяції** передбачає підтримання такого мінімального числа особин, яке здатне забезпечити її існування протягом багатьох поколінь. Вона має важливе економічне значення, оскільки за умов високої густоти оселення людини й чималих площ сільськогосподарських угідь важко заповідати великі площі земель. Оскільки тривале утримання особин на обмеженій території зумовлює їхнє споріднене схрещування, постає питання урізноманітнення генофонду популяцій, які потребують охорони. Із цією метою створюють екологічні, або «зелені», коридори, які забезпечують міграцію особин з популяції в популяцію.

Міжнародні заходи для підтримання біорізноманіття. Спеціальною резолюцією Генеральної Асамблеї ООН в 1995 році започатковано Міжнародний день біологічного різноманіття (*International Day for Biological Diversity*), який щорічно відзначають 22 травня (день підписання Конвенції про охорону біологічного різноманіття).



Мал. 47.2. 1. Емблема Червоного списку МСОП. 2. Емблема Всесвітнього фонду природи – велика панда (завдання: використовуючи різноманітні джерела інформації, дізнайтеся, завдяки яким заходам МСОП статус великої панди «під загрозою вимирання» змінився на «уразливий»)

Концепція

До 2050 року біорізноманіття нашої планети гідно оцінене, зберігається, відновлюється й раціонально використовується, підтримуючи здоровий стан планети та приносячи вигоди, необхідні для всіх людей

Прийняття ефективних і термінових заходів щодо запобігання втраті біорізноманіття

Стратегічна мета А. Ведення боротьби з основними причинами втрати біорізноманіття включенням тематики біорізноманіття в діяльність урядів і громадських організацій

Стратегічна мета В. Скорочення прямих навантажень на біорізноманіття та стимулювання його стійкого використання

Стратегічна мета С. Поліпшення стану біорізноманіття шляхом охорони екосистем, видів і генетичного різноманіття

Стратегічна мета D. Збільшення об'єму користі для всіх людей, що забезпечується біорізноманіттям

Стратегічна мета Е. Активізація здійснення цілей у межах Стратегічного плану завдяки розробленню та застосуванню національних стратегій і планів дій зі збереження біорізноманіття, а також виділення необхідних ресурсів для реалізації

Мал. 47.3. Структура Стратегічного плану в галузі збереження та стійкого використання біорізноманіття на 2011–2020 роки; стратегічний план використовують як гнучку структуру для постановки завдань на національному та регіональному рівнях для ефективного виконання завдань Конвенції про біологічне різноманіття



Мал. 47.4. Види тварин, реінтродуковані в Україні: 1 – зубр (або бізон європейський); занесений до Міжнародної Червоної книги та Червоної книги України; були часи, коли зубр зберігся лише в зоопарках; 2 – кулан: реінтродукований з території Туркменістану до біосферного заповідника Асканія-Нова та на острів Бірючий; занесений до Міжнародної Червоної книги; 3 – кінь тарпан: популяція цих тварин була штучно відновлена на території польської Біловезької пущі; в Україні вперше були реінтродуковані в Парк природи «Беремицьке» (Козелецький район, Чернігівська область); в Україні проект з розведення тарпаноподібних коней здійснюють з 2014 р.

20 грудня 2006 року Генеральна Асамблея ООН своєю резолюцією проголосила 2010 рік **Міжнародним роком біорізноманіття**. У резолюції 65-ї сесії Генеральної Асамблеї ООН період 2011–2020 років проголошено Десятиріччям біорізноманіття Організації Об'єднаних Націй з метою сприяння виконанню **Стратегічного плану в галузі збереження та стійкого використання біорізноманіття на 2011–2020 роки** (мал. 47.3).

Завдання: з допомогою вчительки або вчителя, використовуючи літературні та інтернет-джерела, з'ясуєте, які щорічні заходи проводять на підтримку збереження біорізноманіття в Україні. Яку участь у цих заходах можуть взяти учні та учениці вашої школи?

Збереження у штучних умовах популяції рідкісних видів тварин і рослин з наступною їхньою реінтродукцією в природні умови. Реінтродукція – спрямоване переселення і створення стійких популяцій диких видів тварин і рослин в екосистемах, де вони раніше мешкали, але за певних причин зникли. Прикладами реінтродукції в Україну є зубр, кінь тарпан (мал. 47.4) та інші.

Рациональне природокористування, зокрема раціональне ведення мисливського господарства: введення жорсткого ліцензування здобичі промислових видів тварин, забезпечення заходів із відновлення чисельності популяцій мисливських тварин. Отримані від цього гроші мають бути спрямовані на охорону заповідних територій, підтримання чисельності рідкісних та зникаючих видів. Із цим напрямом пов'язана й заборона видобування рідкісних і зникаючих видів тварин, рослин і грибів на державному та міжнародному рівнях. Введення жорсткого контролю та застосування жорстких мір відповідальності за порушення природоохоронного законодавства.

Збереження спадкового матеріалу рідкісних, зниклих і зникаючих видів у вигляді банків генів, зокрема збереження у замороженому стані (метод кріоконсервації). Такий матеріал може бути використаний для клонування та в селекційній роботі.

Ключові терміни та поняття

Червона книга та Червоний список МСОП, реінтродукція.

Перевірте здобуті знання



1. Чому важливо охороняти не окремі види організмів, а все біологічне різноманіття? 2. Які

основні напрями збереження біорізноманіття нашої планети? 3. Яка мета Конвенції про охорону біологічного різноманіття? 4. Яким міжнародним організаціям належить провідна роль у забезпеченні збереження біорізноманіття? 5. З якою метою створюють Червоні книги? 6. Які види організмів заносять до «Чорних списків»? 7. Чому збереження біорізноманіття неможливе без екологічної просвіти населення?

Поміркуйте



Чому списки видів тварин, рослин і грибів, які потребують охорони, мають назву «червоні»?

§ 48. ЕКОЛОГІЧНА ПОЛІТИКА В УКРАЇНІ

Пригадайте, що таке біорізноманіття та ноосфера.

Головним органом у системі центральних органів виконавчої влади України у формуванні та реалізації державної політики у сфері охорони навколишнього природного середовища, екологічної та у межах своєї компетенції біологічної, генетичної та радіаційної безпеки є **Міністерство екології та природних ресурсів України (Мінприроди України)** (мал. 48.1). Через Мінприроди України Кабінет Міністрів України спрямовує і координує діяльність таких центральних органів виконавчої влади, як: Державна служба геології та надр України, Державна служба заповідної справи, Державне агентство водних ресурсів України, Державне агентство екологічних інвестицій України, Державна екологічна інспекція України.



Міністерство екології
та природних ресурсів України

Завдання: на сайті Мінприроди України ознайомтеся з основними завданнями цієї установи. Підготуйте коротку інформацію щодо них, скориставшись хмарними технологіями.

Мал. 48.1. Логотип Міністерства екології та природних ресурсів України

Політика України в галузі охорони навколишнього природного середовища та збереження біорізноманіття. На основі Конвенції про охорону біологічного різноманіття, до якої приєдналася Україна, було створено **Концепцію збереження біологічного різноманіття України** (1997). Для її реалізації розроблено **Національну програму збереження біологічного різноманіття України на 1998–2015 рр.** А 2004 року Кабінет Міністрів України схвалив **Концепцію Загальнодержавної програми збереження біорізноманіття на 2005–2025 роки**. Згідно з нею біологічне різноманіття України має охоронятись як національне багатство, його збереження і раціональне використання є необхідною умовою стабільного розвитку країни.

Ухвалено такі закони України: «**Про охорону навколишнього природного середовища**» (1991), «**Про природно-заповідний фонд України**» (1992), «**Про охорону атмосферного повітря**» (1992), «**Про тваринний світ**» (1993), «**Про рослинний світ**» (1999), «**Про Загальнодержавну програму формування національної екологічної мережі України на 2000–2015 роки**» (2000), «**Про Червону книгу України**» (2002), «**Про екологічну мережу України**» (2004) і багато інших законодавчих актів.

Природоохоронна діяльність забезпечується основним законом нашої країни – **Конституцією України** (зокрема, статтями 16, 50, 66; ознайомтеся з ними). Правові рамки екологічної безпеки обумовлені встановленими

законодавством критеріями якості навколишнього природного середовища, харчових продуктів, одягу, житла тощо. Серед них нормативи екологічної безпеки стосовно гранично допустимих: концентрацій забруднювальних речовин у воді, повітрі, ґрунті; рівнів акустичного, електромагнітного, радіаційного й іншого шкідливого впливу на навколишнє природне середовище; вмісту шкідливих речовин у продуктах харчування і тваринних кормах.

Підтримання належного стану навколишнього природного середовища має забезпечуватися дотриманням нормативів гранично допустимих викидів і скидів у довкілля забруднюючих хімічних речовин, рівнів шкідливого впливу фізичних і біологічних факторів.

Державному контролю підлягають використання й охорона земель, надр, поверхневих і підземних вод, атмосферного повітря, лісів й іншої рослинності, тваринного світу, морського середовища і природних ресурсів територіальних вод, континентального шельфу тощо. Важливим елементом державної політики в галузі охорони біорізноманіття та навколишнього природного середовища є формування екологічної культури громадян за допомогою системи безперервної екологічної освіти та екологічного виховання людей.

Для здійснення ефективного збереження природних ресурсів Кабінет Міністрів України визначив порядок ведення їхнього державного обліку і кадастру. В Україні ведуть наступні кадастри: **Державний кадастр тваринного світу (1994); Державний кадастр рослинного світу (2006); Державний кадастр територій та об'єктів природно-заповідного фонду (2005)** та інші.

Запам'ятаємо

Кадастр – список або реєстр, наприклад, природних ресурсів (земельний, водний, лісовий, рослинний, тваринний тощо). Це інформаційні системи, які містять систему відомостей і використовуються у процесі здійснення державного управління.

Завдання. Ознайомтеся на офіційних сайтах загаданих кадастрів з їхніми завданнями та функціями. Україна – країна з багатими надрами. Вимогою сьогодення є їхнє раціональне використання. Запропонуйте план збереження природних ресурсів (на вибір) свого краю.

Міжнародне співробітництво України в галузі охорони навколишнього природного середовища зумовлене тим, що екологічні проблеми сьогодення не є проблемами окремих країн; сучасна екологічна криза має планетарний масштаб. Участь України у міжнародному співробітництві в галузі охорони навколишнього природного середовища визначена Законом України «Про охорону навколишнього природного середовища» (ст. 71). Як член ООН Україна є учасником 18 угод у галузі охорони природи. Вона приєдналася до Конвенції щодо створення глобальних систем моніторингу навколишнього середовища (1972), Конвенції про міжнародну торгівлю видами дикої фауни і флори, які перебувають під загрозою зникнення (1975), Конвенції про охорону біологічного різноманіття (1992), Конвенції ООН зі зміни клімату (1992) та багатьох інших.

На європейському рівні Україна є учасником таких угод, як Конвенція про охорону дикої флори та фауни і природних середовищ існування в Європі (1982), Конвенція по усуненню причин і запобіганню шкоди лісам Західної Європи (1984), Всеєвропейська стратегія збереження біологічного і ландшафтного різноманіття (1995) тощо.

Реалізацією міжнародних проектів у галузі охорони навколишнього середовища опікуються не тільки уряди країн, а й різноманітні організації. У 1991 році Світовий банк ЮНЕП створив фінансову природоохоронну організацію – Глобальний екологічний фонд, членами якої є понад 155 країн світу, серед них і Україна. Головна мета фонду – розроблення та реалізація фінансового механізму надання країнам пільгових кредитів для реалізації проектів, пов'язаних з вирішенням глобальних екологічних проблем.

Розширенню співробітництва у галузі охорони природи сприяє проведення численних міжнародних форумів. Так, у Парижі (Франція) у 1968 році було проведено Міжнародну конференцію ЮНЕСКО з раціонального використання та охорони ресурсів біосфери і прийнято програму «Людина і біосфера» (англ. *The Man and the Biosphere Programme* (скорочено МАВ)), яка є продовженням Міжнародної біологічної програми ЮНЕСКО. У 1972 р. в Стокгольмі відбулася Конференція з питань навколишнього середовища. На ній ухвалено рішення про створення «Програми ООН з навколишнього середовища» (ЮНЕП). Завдяки ЮНЕП уперше створено Всесвітню систему моніторингу за станом і змінами біосфери.

Важливим документом у галузі міжнародного природоохоронного співробітництва, за який проголосувала й Україна, стала **Всесвітня хартія природи**, яка проголосила про захист права всіх форм життя на виживання. Цей міжнародний документ, прийнятий Генеральною Асамблеєю ООН 28 жовтня 1982 року, проголошує такі загальні принципи збереження природи:

- природу потрібно поважати і не порушувати її основні процеси;
- генетична основа життя не повинна бути в небезпеці; популяційні рівні всіх видів, як диких, так і одомашнених, повинні бути збережені принаймні на рівні, необхідному для виживання; із цією метою потрібно забезпечити місця їхнього мешкання;
- усі території Землі, як сухопутні, так і морські, підлягають цим принципам збереження; особливий захист повинен бути наданий унікальним районам та типовим зразкам усіх видів екосистем і місцям проживання рідкісних або зникаючих видів;
- екосистемами та організмами, а також земельними, морськими і атмосферними ресурсами, які використовує людина, слід керувати для досягнення та підтримання оптимальної стійкої продуктивності, але так, щоб не загрожувати цілісності інших екосистем або видів, з якими вони співіснують;
- природа має бути захищена від деградації, спричиненої війною чи іншими загрозливими діями.

Міжнародне співробітництво України в галузі охорони навколишнього середовища та збереження біорізноманіття підтримує Світовий банк, Європейський банк реконструкції і розвитку, Глобальний екологічний фонд, Програма розвитку ООН та інші.

Ключові терміни та поняття

Концепція збереження біологічного різноманіття України, Концепція Загальнодержавної програми збереження біорізноманіття на 2005–2025 роки, кадастр, Всесвітня хартія природи.

Перевірте здобуті знання



1. Який державний орган України відіграє провідну роль у формуванні і реалізації державної політики у сфері охорони навколишнього природного середовища? 2. Яку законодавчу базу щодо охорони природи створено в Україні? 3. Схарактеризуйте основні поло-

ження природоохоронного законодавства України. 4. Яка мета ведення Державного кадастру тваринного світу та Державного кадастру рослинного світу? 5. Яке значення міжнародного співробітництва у справі охорони природи? 6. До яких міжнародних конвенцій, присвячених охороні навколишнього природного середовища та збереженню біорізноманіття, приєдналася Україна? 7. Які загальні принципи Всесвітньої хартії природи?



Які законодавчі акти України забезпечують екологічну безпеку її населення?

§49. ЧЕРВОНА ТА ЗЕЛЕНА КНИГИ УКРАЇНИ. ПРИРОДНО-ЗАПОВІДНИЙ ФОНД УКРАЇНИ

Пригадайте, які функції виконують Червона книга МСОП, Європейський Червоний список? Які є типи природоохоронних територій? У чому полягає екологічний моніторинг? Які види належать до реліктових та ендемічних? Які функції Всесвітнього фонду природи?

Охорона рідкісних і зникаючих видів тварин, рослин і грибів здійснюється за допомогою створення відповідної правової бази, зокрема Червоних книг (списків), а також природоохоронних територій (заповідників, національних природних парків тощо).

Червона книга України. Перше видання Червоної книги України (ЧКУ) побачило світ у 1980 р., наступне – у 1994 (тварини) і 1996 (рослини і гриби) роках, третє – 2009 р. (мал. 49.1).



Мал. 49.1. Червона книга України (третє видання): 1 – тваринний світ; 2 – рослинний світ

У 1992 р. Верховна Рада України ухвалила «Положення про Червону книгу України», а в 2002 р. – Закон України «Про Червону книгу України». Згідно із цим законом питання, пов'язані з охороною, використанням та відтворенням рідкісних і таких, що перебувають під загрозою зникнення, видів (і підвидів) тваринного і рослинного світу, занесених до ЧКУ, регулюються законами України «Про охорону навколишнього природного середовища», «Про тваринний світ», «Про рослинний світ», «Про природно-

заповідний фонд України», «Про захист тварин від жорстокого поводження» та іншими нормативно-правовими актами. Згідно із законодавством України кожні 10 років має виходити нове видання ЧКУ.

Запам'ятаємо

Види тварин і рослин, занесені до Червоної книги МСОП або Європейського Червоного списку, які трапляються на території України, заносять до ЧКУ або надають їм інший особливий статус відповідно до законодавства України про охорону та використання тваринного і рослинного світу.

Завдання: на офіційних державних сайтах ознайомтеся із Законом України «Про Червону книгу України»; об'єднайтеся в групи та проаналізуйте статті 3 і 4 цього Закону.

У ЧКУ про кожний із занесених до неї видів зазначені такі дані: категорія, до якої цей вид віднесено, основні місця знаходження, чисельність



Мал. 49.2. Види тварин і рослин, занесені до ЧКУ: 1 – тюлень-монах (зниклий); 2 – першоцвіт борошністий (зниклий у природі); 3 – боривітер степовий (зникаючий); 4 – сосна кедрова європейська (вразливий); 5 – язичок зелений (рідкісний) (завадання: прочитайте в ЧКУ розширену інформацію про кожен із цих видів, доповніть цей перелік)

у природі (у тому числі – і за межами України), її зміни, відомості про розмноження або розведення в неволі, заходи, що вжиті та які необхідно здійснити для охорони, джерела інформації. Також надані картосхеми поширення та фотографії (або малюнки) цього виду. Нині триває робота з підготовки нового, четвертого видання ЧКУ. Усі питання щодо наукового забезпечення ведення ЧКУ, редагування відомостей, занесених до неї видів тварин, рослин і грибів визначає **Національна комісія з питань Червоної книги України**.

Запам'ятаємо

Червона книга України – анотований та ілюстрований перелік рідкісних і таких, що перебувають під загрозою зникнення, видів і підвидів тварин, рослин та грибів, що мешкають на території нашої країни та підлягають охороні.

Види тварин, рослин, грибів і лишайників, занесені до третього видання ЧКУ, віднесено до наступних категорій (мал. 49.2):

- **зниклі**: види, про які після неодноразових пошуків у можливих місцях поширення відсутня будь-яка інформація;
- **зниклі в природі**: види, які збереглися лише у спеціально створених умовах;
- **зникаючі**: види, які перебувають під загрозою зникнення у природних умовах;
- **вразливі**: види, які у найближчому майбутньому можуть бути віднесені до категорії зникаючих;
- **рідкісні**: види, популяції яких невеликі і їм загрожує небезпека;
- **неоцінені**: види, які можуть найближчим часом бути віднесені до категорій зникаючих, вразливих чи рідкісних;
- **недостатньо відомі**: види, про які немає повної й достовірної інформації.

Зелену книгу України уперше в світі розробили фахівці України. У ній наведено рідкісні і типові рослинні угруповання, які потребують установа-лення особливого режиму їх використання. Ведення Зеленої книги України здійснюється згідно з «Положенням про Зелену книгу України» (2002).

Зелена книга України – офіційний державний документ, у якому зведено відомості про сучасний стан рідкісних і типових природних рослинних угруповань, які підлягають охороні. Вона є основою для розроблення охоронних заходів щодо збереження, відтворення та використання занесених до неї природних рослинних угруповань.

Цікаво знати

Ідею створення Зеленої книги започатковано в монографії «Зелена книга України: рідкісні, зникаючі та типові, що потребують охорони, рослинні угруповання», яка вийшла за редакцією академіка НАН України Ю.Р. Шеляг-Сосонка (мал. 49.3).

Мал. 49.3. Шеляг-Сосонко Юрій Романович (народ. 1933 р.): видатний український геоботанік, академік Національної академії наук України, професор, засновник геоботанічної школи України



Природно-заповідний фонд України (ПЗФ) згідно із Законом України «Про природно-заповідний фонд» складають ділянки суходолу і водойм, природні комплекси та об'єкти яких мають особливу природоохоронну, наукову, естетичну тощо цінність для збереження різноманіття ландшафтів, генофонду видів, підтримання екологічного балансу.

До ПЗФ України належать: біосферні та природні заповідники, національні природні парки, регіональні ландшафтні парки, заказники, пам'ятки природи, заповідні урочища, а також ботанічні сади, дендрологічні парки, зоологічні парки, парки-пам'ятки садово-паркового мистецтва.

Серед заповідників України особливе значення мають **біосферні**: Асканія-Нова, Карпатський, Чорноморський, Дунайський, Чорнобильський радіаційно-екологічний (таблиця 49.1). Ця категорія заповідників має міжнародне значення і створюється з метою збереження в природному стані найтипівіших природних комплексів біосфери і здійснення екологічного моніторингу. У біосферних заповідниках реалізуються міжнародні наукові і природоохоронні програми, у них охороняються усі компоненти біосфери.

Таблиця 49.1

БІОСФЕРНІ ЗАПОВІДНИКИ УКРАЇНИ			
Назва	Рік створення	Площа, га	Розташування, області
Карпатський	1968	57 880	Закарпатська
Асканія-Нова	1983	33 307,6	Херсонська
Чорноморський	1983	109 254,8	Херсонська, Миколаївська
Дунайський	1998	50 252,9	Одеська
Чорнобильський радіаційно-екологічний	2016	226 964,7	Київська (у межах Зони відчуження ЧАЕС)

Природні заповідники – природоохоронні науково-дослідні установи загальнодержавного значення. Їхні завдання: збереження в природному стані типових для даної місцевості чи унікальних природних комплексів з усіма їхніми компонентами. **Національні природні парки** – це природоохоронні і культурно-просвітницькі установи, покликані охороняти цінні природні, історико-культурні комплекси і об'єкти від більшості видів людської діяльності.

Регіональні ландшафтні парки – природоохоронні рекреаційні установи місцевого або регіонального значення, які створюють з метою збереження в природному стані типових або унікальних природних комплексів та об'єктів, а також забезпечення умов для організованого відпочинку населення. **Заказники** – об'єкти, створені з метою збереження і відтворення окремих видів організмів та інших природних ресурсів. **Пам'ятки природи** – окремі унікальні природні об'єкти, які мають наукове, пізнавальне, історичне, культурно-естетичне значення. **Заповідні урочища** – цілісні ландшафти, які мають важливе наукове, природоохоронне та естетичне значення.

Завдання: з допомогою вчителя або вчительки підготуйте інформацію про природно-заповідні об'єкти вашого регіону. Підготуйте постер або презентацію про них.

Ботанічні сади і зоологічні парки створюють з метою вивчення, збереження, акліматизації та ефективного господарського використання рідкісних і типових видів як місцевої, так і світової фауни і флори, здійснення просвітницько-виховної роботи, прищеплення у людей дбайливого відношення до природи. **Дендрологічні парки (дендропарки)** – території, на яких в умовах відкритого ґрунту вирощують різні види деревних рослин, вони мають науково-дослідницьке та культурно-просвітницьке значення.

Завдання: використовуючи офіційні державні сайти, дослідіть природно-заповідний фонд України; запропонуйте заходи, які можна здійснити на державному і місцевому рівні для збільшення площ природоохоронних територій.

Екологічна мережа. У 2004 році було ухвалено Закон України «Про екологічну мережу». Згідно з ним планується збільшити частку природних екосистем у земельному фонді України до рівня, достатнього для забезпечення можливостей міграцій і поширення видів рослин, тварин і грибів. Екологічна мережа України має стати складовою Всеєвропейської екологічної мережі як єдиної просторової системи територій країн Європи з природним або частково зміненим станом ландшафту.

Запам'ятаємо

Національна екологічна мережа України – єдина територіальна система природних ландшафтів, що підлягають охороні, об'єктів ПЗФ та об'єктів інших типів, визначених законодавством України. Її мета – збереження ландшафтного та біорізноманіття (зокрема, генетичного) створенням умов для міграцій тварин через систему територій, які підлягають особливій охороні відповідно до законів України та її міжнародних зобов'язань (мал. 49.4).



Мал. 49.4. Основні екологічні коридори, що входять до складу екологічної мережі України

Ключові терміни та поняття

Червона та Зелена книги України, природно-заповідний фонд, екологічна мережа.

Перевірте здобуті знання



1. Для чого створено Червону книгу України? 2. Для чого створено Зелену книгу України? Чому її вважають новим кроком у підходах до збереження біорізноманіття? 3. Які типи природоохоронних територій є в Україні? Схарактеризуйте їх. 4. Яке призначення національної екологічної мережі України?

Поміркуйте



1. Що спільного та відмінного у статусі та завданнях біосферних і природних заповідників? 2. Які види тварин і рослин вашої місцевості потребують охорони?

Творче завдання



Порівняйте категорії, за якими розподілено види тварин, рослин і грибів, занесені до 3-го видання ЧКУ, з подібними категоріями Червоної книги МСОП.

НАВЧАЛЬНІ ПРОЕКТИ Дослідження особливостей структури місцевих екосистем (природних чи штучних).

§50. КОНЦЕПЦІЯ СТАЛОГО РОЗВИТКУ ТА ЇЇ ЗНАЧЕННЯ

Пригадайте, яким має бути раціональне використання природних ресурсів. Що таке аквакультура? Що таке біопаливо? Як його отримують? Які населені пункти називають мегаполісами? Які можливі причини поступових змін клімату у наші дні?

Ви вже знаєте, що подальший розвиток суспільства неможливий без екологізації усіх галузей діяльності людини: наукових досліджень, економіки, освіти, суспільного життя. Ви також ознайомилися з різноманітними концепціями та програмами, спрямованими на збереження біорізноманіття, захист навколишнього природного середовища від забруднення тощо. З другої половини ХХ сторіччя постала проблема створення всеосяжної концепції, яка б ураховувала як проблеми погіршення стану навколишнього природного середовища, так і проблеми економічного та соціального розвитку суспільства.

У 1992 році конференція ООН з навколишнього середовища і розвитку в Ріо-де-Жанейро закріпила 27 принципів охорони довкілля у контексті сталого розвитку. У 2012 році відбулася конференція ООН зі сталого розвитку; її підсумковий документ, ухвалений Генеральною Асамблеєю ООН, мав назву «Майбутнє, якого ми прагнемо».

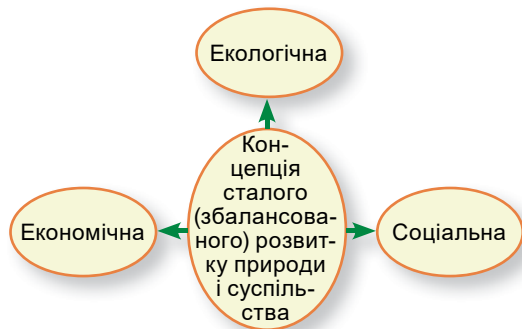
Запам'ятаємо

Сталий, або збалансований, розвиток (англ. *sustainable development*) – це процес економічних і соціальних змін суспільства, за якого встановлюється баланс між використанням природних ресурсів, необхідними для задоволення його сучасних потреб, і врахуванням інтересів майбутніх поколінь, включаючи їхнє право на безпечне та здорове суспільство та задоволення власних потреб. Інакше кажучи, сучасне суспільство несе відповідальність за те, у якому стані залишить після себе довкілля і природні ресурси наступним поколінням.

Концепцію сталого розвитку розробила Міжнародна комісія ООН з навколишнього середовища та розвитку. Її очолила відома норвезька громадська діячка та політеса **Гру Харлем Брунтланн**. Саме пані Г.Х. Брунтланн сформулювала поняття «сталий розвиток». У 1987 році комісія видала доповідь «Наше спільне майбутнє» (її також називають «Доповіддю Брунтланн»),

присвячену пошуку оптимального шляху сталого розвитку. Того самого року цю доповідь було прийнято Генеральною Асамблеєю ООН. Очолювана Г.Х. Брунтланн комісія визнала, що екологічні проблеми сьогодення мають не локальний, а глобальний характер.

Сучасний рівень соціально-економічного розвитку потребує взаємоузгодженості світового співробітництва у дотриманні стандартів якості довкілля. Тому Концепція сталого розвитку орієнтує всі країни на реалізацію екологічно спрямованих заходів щодо структурної перебудови національної економіки (енергетики, транспорту, промислового виробництва, сільського господарства) і міжнародних економічних відносин, на екологізацію всіх видів життєдіяльності суспільства. У Концепції є три основні складові (мал. 50.1).



Мал. 50.1. Складові Концепції сталого (збалансованого) розвитку природи і суспільства

1 січня 2016 р. офіційно вступили в силу 17 цілей у галузі стійкого розвитку. Їх було викладено в Порядку денному в галузі стійкого розвитку на період до 2030 р., який ухвалили лідери держав світу на саміті ООН (2015).

Завдання. Об'єднайтеся в групи. Проаналізуйте наведені цілі стійкого розвитку людства. За допомогою інтернет-джерел розкрийте їхній зміст. Під час дискусії наведіть приклади реалізації цілей Концепції сталого (збалансованого) розвитку в Україні. Запропонуйте заходи і засоби для ефективнішої їх реалізації. Розв'язання яких проблем щодо стійкого розвитку найактуальніше для України? (Зібрану інформацію використайте під час виконання Практичної роботи 3.)



Повсюдна ліквідація бідності в усіх її формах.



Ліквідація голоду, забезпечення продовольчої безпеки, поліпшення харчування та сприяння стійкому розвитку сільського господарства.



Забезпечення здорового способу життя і сприяння благополуччю для всіх в будь-якому віці.



Забезпечення всеохоплюючої та якісної освіти, заохочення освіти всіх протягом усього життя.



Забезпечення гендерної рівності та розширення прав і можливостей усіх жінок і дівчат.



Забезпечення доступу всіх до належних санітарних умов, водних ресурсів та їхнього раціонального використання.



Забезпечення для всіх доступу до недорогих, надійних, стабільних та сучасних джерел енергії.

Цікаво знати



Згідно з даними Міжнародного енергетичного агентства, з 2014 по 2019 рік використання відновлюваної енергії у світі має зрости до 40 %. Зокрема, лише в Німеччині в 2018 р. майже 38 % електроенергії було отримано з відновлюваних джерел (мал. 50.2).



Сприяння поступальному, всеохопному та стійкому економічному росту, повній зайнятості та достойній роботі для всіх.



Створення стійкої інфраструктури, сприяння всеохопній та стабільній індустріалізації та інноваціям.



Скорочення нерівності всередині країн та між країнами.



Забезпечення відкритості, безпеки, життєстійкості та екологічної стабільності міст та інших населених пунктів.



Забезпечення переходу до раціональних моделей споживання і виробництва.



Застосування негайних заходів щодо боротьби зі змінами клімату та його наслідками.



Збереження та раціональне використання океанів, морів і морських ресурсів в інтересах стійкого розвитку.



Захист і відновлення екосистем суходолу та сприяння їх раціональному використанню, раціональне лісокористування, боротьба з опустелюванням та деградацією земель, припинення процесу втрати біорізноманіття.



Мал. 50.2. Джерела відновлюваної енергії (*завдання: уважно розгляньте малюнок і схарактеризуйте джерела відновлюваної енергії, які на ньому зображені. Назвіть позитивні та негативні моменти у застосуванні зображених на малюнку джерел енергії; запропонуйте ще приклади таких джерел*)



Сприяння побудові миролюбного та відкритого суспільства в інтересах стійкого розвитку, забезпечення доступу до правосуддя для всіх і створення ефективних, підзвітних і заснованих на широкій участі установ на всіх рівнях.



Зміцнення засобів здійснення та активізації роботи в рамках Глобального партнерства в інтересах стійкого розвитку.

Отже, ресурси біосфери як глобальної екосистеми, навіть відновні, обмежені, а населення нашої планети та його матеріальні потреби зростають досить високими темпами, у вигляді геометричної прогресії. Тому сталий (збалансований) розвиток людства можливий лише за умови гармонізації відносин людського суспільства та природи, тобто такого стану біосфери, який В.І. Вернадський називав ноосферою.

Ключові терміни та поняття

сталий (збалансований) розвиток.

Перевірте здобуті знання



1. Схарактеризуйте сталий (збалансований) розвиток. 2. Які цілі реалізації Концепції сталого (збалансованого) розвитку? 3. Яка роль учення В.І. Вернадського у створенні та реалізації Концепції сталого (збалансованого) розвитку?

Поміркуйте



Чому пріоритетною ціллю Концепції сталого (збалансованого) розвитку зазначена повсюдна ліквідація бідності в усіх її формах?

ПРАКТИЧНА РОБОТА 3

ОЦІНКА ЕКОЛОГІЧНОГО СТАНУ СВОГО РЕГІОНУ

Мета роботи: використовуючи літературні та інтернет-джерела, а також інформацію, отриману від засобів масової інформації, оцінити екологічний стан регіону, у якому ви проживаєте; на основі проаналізованої інформації підготувати пропозиції щодо поліпшення екологічної ситуації в даному регіоні.

Хід роботи

1. Проаналізуйте отриману інформацію щодо основних об'єктів вашого регіону, які можуть слугувати джерелами тих чи інших видів забруднення. Наприклад: промислові підприємства, великі автомобільні магістралі, АЗС, аеропорти, залізниця, теплові або атомні електростанції, інші енергетичні об'єкти, великі агропромислові комплекси, полігони побутових або промислових відходів тощо. Зазначте потенційні види забруднення довкілля та можливий негативний вплив на здоров'я людини. Результати аналізу оформіть у вигляді таблиці.

2. Визначте природні та штучні комплекси (ліси, лісопарки, парки, водойми тощо), які можуть слугувати рекреаційними зонами. З'ясуйте тип зеленої зони, призначення, площу, екологічний стан. Результати аналізу оформіть у вигляді таблиці.

3. На підставі проаналізованої інформації зробіть висновки щодо екологічного стану вашого регіону, зазначивши основні об'єкти, що завдають шкоди довкіллю. За можливості вкажіть рівень дотримання санітарних норм у регіоні. Зробіть пропозиції щодо можливих шляхів поліпшення екологічної ситуації, не завдаючи збитків економіці. Укажіть основні зелені зони регіону та їхній сучасний стан. Зробіть пропозиції щодо поліпшення їхнього стану та ефективнішого використання.

¹ Учням надається певний час на збирання необхідної інформації. Вони періодично звітують перед вчителькою або вчителем про обсяг зібраної інформації.



ТЕМА 9.

ЗАСТОСУВАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ БІОЛОГІЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ У СЕЛЕКЦІЇ, БІОТЕХНОЛОГІЇ ТА МЕДИЦИНІ

У цій темі ви дізнаєтесь про:

- досягнення біологічних досліджень у біотехнології, сільському господарстві та медицині;
- мету і завдання сучасної селекції;
- сучасні підходи до селекції рослин, тварин і мікроорганізмів;
- основні напрями і методи сучасної біотехнології;
- роль клітинної та генної інженерії у сучасній селекції та біотехнології;
- досягнення та ризики генної інженерії людини;
- фармакогенетику як основу персоналізованої медицини;
- проблеми біологічної безпеки, пов'язані з розвитком новітніх біотехнологій;
- біологічну зброю, біологічний тероризм та біологічний захист.

§51. ПОСТУП БІОЛОГІЇ У СІЛЬСЬКОМУ ГОСПОДАРСТВІ: ПОЗИТИВНІ ТА НЕГАТИВНІ НАСЛІДКИ «ЗЕЛеної РЕВОЛЮЦІЇ»

Пригадайте, що таке антропогенні фактори довкілля. Які фактори середовища називають мутагенами та канцерогенами? Що таке генетична гетерогенність популяції?

Із середини 40-х років минулого століття по всьому світові в сільському господарстві почалися процеси, що дістали назву *Зелена революція*. Це комплекс змін у сільському господарстві, які сприяли значному збільшенню отримання сільськогосподарської продукції. У деяких країнах, що розвиваються, «Зелена революція» дала змогу розв'язати проблему нестачі продуктів харчування і загалом підвищити якість життя населення. Теоретично, теперішня ефективність сільського господарства здатна забезпечити такі темпи виробництва, які б дали змогу нарощування виробництва харчових продуктів відповідно до темпів зростання населення.

Наряду з використанням сучасної агротехніки – сучасних прийомів вирощування культурних рослин (пестицидів, добрив, технічних засобів обробки ґрунту, іригаційних робіт тощо) істотний внесок у розв'язання проблеми



Мал. 51.1. Норман Ернест Борлоуг (1914–2009) – засновник «Зеленої революції»

отримання сільськогосподарської продукції було зроблено завдяки створенню продуктивніших сортів культурних рослин і порід сільськогосподарських тварин. Наприклад, завдяки «генетичному поліпшенню» вдалося підвищити врожайність кукурудзи майже на 90 %, а продукцію молока – на 50 %.

Цікаво знати

Термін «Зелена революція» уперше запропонував Вільям Гауд у 1968 р., але її засновником є Н. Борлоуг (мал. 51.1) – американський агроном і селекціонер, який у 1970 р. отримав Нобелівську премію миру за внесок у боротьбу з голодом.

Негативні наслідки «Зеленої революції». Незважаючи на глобальні позитивні ефекти, сучасний розвиток сільського господарства призвів до появи не менш глобальних проблем, пов'язаних з екологічною безпекою:

- появи і розповсюдження у довкіллі нових ефективніших пестицидів, які можуть накопичуватися в організмах, спричиняти отруєння та справляти мутагенний або канцерогенний ефект;
- збільшення потреб у енергоресурсах (різних видів палива, електрики тощо), що призводить до посилення забруднення довкілля;
- ерозії ґрунтів у результаті іригаційних заходів, а також через вичерпання підземних вод;
- збільшення посівних площ призвело до скорочення біорізноманіття нашої планети (*поміркуйте* чому);
- зменшення генетичного різноманіття внаслідок скорочення кількості місцевих сортів і порід або заміни їх на завезені;
- локальних екологічних катастроф, які виникають унаслідок експансії видів, непритаманних даній екосистемі.

Запам'ятаємо

Екологічна безпека – це стан захищеності навколишнього середовища та життєво важливих інтересів людини від можливого негативного впливу різних форм діяльності людини, насамперед господарської, надзвичайних ситуацій природного і техногенного характеру, їхніх наслідків.

Можливість корегування або недопущення негативних ефектів «Зеленої революції». Як ви вже знаєте, застосування екологічних, насамперед агроекологічних, знань є необхідною умовою для вирішення низки проблем, які стоять перед людським суспільством, зокрема проблем раціонального природокористування (*поміркуйте* яких). Проте найбільшу надію наукова спільнота покладає на створення генних банків, які є ефективними засобами для збереження біорізноманіття, а також джерелом матеріалу для створення нових сортів і порід.

Запам'ятаємо

Генні банки – своєрідні сховища, де зберігають генетичний матеріал, який можна використати для отримання життєздатних рослин чи тварин: насіння чи спори рослин, заморожені статеві клітини або культури тканин. У великих генних банках усього світу зберігається приблизно 2 млрд зразків рослинного генетичного матеріалу.

В Україні на базі Інституту рослинництва імені В.Я. Юр'єва в м. Харкові створено Центр генетичних ресурсів рослин України. Основне його завдання – зібрання повної колекції культур, які вирощують в Україні. Нині в цьому Центрі зосереджено 148,3 тис. зразків. Власний генний

банк – «Колекція зародкової плазми рослин флори України та світової флори» – має Інститут клітинної біології та генетичної інженерії НАН України у м. Києві. Ця колекція цікава тим, що разом з насінним матеріалом (близько 5000 зразків з усього світу) вона містить 2000 унікальних клітинних ліній у банку клітинних культур.

У 2008 р. на норвезькому архіпелазі Свальбард, неподалік від Шпіцбергена у вічній мерзлоті побудували Всесвітнє сховище насіння (мал. 51.2). Його неофіційна назва – «Сховище Судного дня», оскільки основна мета проекту – збереження рослинного генофонду сучасних зернових культур на випадок локальних чи глобальних катастроф.



Мал. 51.2. Схема будівлі Всесвітнього сховища насіння, архіпелаг Свальбард, Норвегія. На листопад 2018 р. там зберігалось 967 216 зразків насіння з різних країн світу. Зокрема, Україна передала 2633 зразки пшениці, квасолі та інших культур

Створення генних банків тварин пов'язане зі значними труднощами. Сучасні методи довготривалого зберігання (переважно за дуже низьких температур) клітинних культур, тканин і статевих клітин тварин є недосконалими. Найнадійніше генофонди тварин поки що зберігають зоопарки. Наприклад, у великих зоопарках світу нині утримують понад 1 млн особин різних видів. Сучасні зоопарки є не тільки розважально-просвітницькими центрами, а й науковими та селекційними установами.

Ключові терміни та поняття

«зелена революція», екологічна безпека, генний банк.

Перевірте здобуті знання



1. Які зміни у веденні сільського господарства привели до «Зеленої революції»? 2. У чому полягають глобальні позитивні та негативні ефекти «Зеленої революції»? 3. Чому нині є гостра потреба у створенні генних банків? Який з генних банків є найбільшим в Україні? 4. Назвіть основну мету проекту Всесвітнього сховища насіння. 5. Які проблеми виникають при створенні генних банків тварин?

Поміркуйте



Запропонуйте свої методи та підходи для подолання негативних наслідків «Зеленої революції».

§52. СЕЛЕКЦІЯ ОРГАНІЗМІВ: ОСНОВНІ ПОЛОЖЕННЯ ТА ЗАВДАННЯ

Пригадайте визначення термінів «сорт», «порода», «штам». Які особини називають гібридними?

Подолати негативні наслідки «Зеленої революції» можливо завдяки створенню методами селекції нових сортів рослин і порід свійських тварин, які найкраще пристосовані до умов існування в конкретній місцевості, а їхнє вирощування та утримання не потребуватимуть складних і небезпечних агротехнічних заходів (використання пестицидів, іригації тощо).



Пригадаємо: селекція (від лат. *селектіо* – вибір, добір) – наука про створення нових і поліпшення вже існуючих сортів рослин, порід тварин і штамів мікроорганізмів. Сорти рослин, породи тварин і штами

мікроорганізмів є штучними популяціями організмів, які мають закріплені генетично морфологічні (особливості будови) та фізіологічні (наприклад, продуктивність, стійкість до хвороб, посухи тощо) корисні для людини ознаки.

Цікаво знати



За 15 тис. років людство створило приблизно 6200 порід різних видів тварин, а кількість сортів рослин неможливо навіть оцінити. На створення такої кількості форм природі знадобилося б близько 50 млн років (мал. 52.1).



Мал. 52.1. Різноманітні сорти капусти (1) та породи собак (2)

Як штучні популяції сорти, породи і штами мають низьку генетичну різноманітність: в усіх особин (клітин у мікроорганізмів) генетичні характеристики подібні або ідентичні, а відповідно – і подібні морфологічні ознаки та біологічні властивості (мал. 52.2). Вони не здатні до ефективного існування у дикій природі, без підтримання людини можуть загинути або втратити свої корисні властивості (зничавіти) (мал. 52.3).



Мал. 52.2. Стадо тонкорунних асканійських овець. Зверніть увагу на подібність усіх представників породи



Мал. 52.3. Дикий австралійський собака Динго – зничавілий свійський собака

Генетика як теоретична база для селекції. Відкриття закономірностей успадкування ознак, розуміння причин і закономірностей спадкової та неспадкової мінливості, молекулярних механізмів збереження та реалізації генетичної інформації дали можливість швидше й цілеспрямованіше отримувати нові сорти, породи, штами. У сучасній селекційній роботі використовують як класичні методи, так і найсучасніші молекулярно-генетичні підходи.

Глобальним завданням сучасної селекції є поліпшення корисних властивостей культурних рослин, свійських тварин і мікроорганізмів відповідно до конкретних потреб людини. Наприклад, селекція культурних рослин

може здійснюватися у напрямі підвищення врожайності, поліпшення харчових або технічних властивостей, стійкості до несприятливих умов зовнішнього середовища (посухи, засолення, впливу шкідників, збудників хвороб тощо), збільшення термінів зберігання продукції, створення сортів, придатніших для машинного збирання, вирощування в умовах теплиць або гідропоніки (спосіб вирощування без ґрунту; рослини отримують поживні речовини з розчину, який оточує корені). Бажані характеристики культурних рослин і свійських тварин людина може отримувати також створюючи гібридні особини.

Будь-який сорт рослин чи породи тварин створюють для існування в умовах, притаманних певній місцевості, у яких проявляється їхня максимальна продуктивність. Часто завезені сорти чи породи (особливо неофіційно) не виправдовують очікувань. Тому будь-які сорти чи породи повинні проходити **районування**, тобто перевірку на відповідність умовам тих кліматичних зон, де планують їхнє використання.

Селекційну роботу в Україні здійснюють у відповідних наукових установах Національної аграрної академії наук та Національної академії наук України, у широкій мережі селекційних станцій, на сортовипробувальних ділянках та у племінних господарствах. Серед найбільших селекційних центрів рослин в Україні такі:

- Селекційно-генетичний інститут – Національний центр насіннезнавства та сортовивчення (м. Одеса), де виведено та зареєстровано у реєстрі сортів України 139 сортів і гібридів зернових культур;

- Інститут рослинництва ім. В.Я. Юр'єва (м. Харків), де створено та зареєстровано 213 сортів і гібридів зернових й олійних культур;

- Інститут садівництва (с. Новосілки, Київська обл.), де у результаті багаторічної наукової діяльності створено близько 300 сортів плодових і ягідних культур;

- Національний науковий центр «Інститут виноградарства і виноробства ім. В.Є. Таїрова» (смт Таїрове, Одеська обл.), де створено близько 130 сортів столового та технічного винограду;

- Інститут овочівництва і баштанництва (с. Селекційне, Харківська обл.), там створено близько 500 сортів і гібридів овочевих та баштанних рослин;

- Миронівський інститут пшениці імені В.М. Ремесла (с. Центральне, Київська обл.), створено 276 сортів зернових колосових культур, серед яких шедеври світової селекції – сорти пшениці озимої Українка та Миронівська 808;

- Інститут картоплярства (смт Немішаєве, Київська обл.). Селекціонери цього інституту створили понад 100 сортів картоплі.

Відомими науковими установами, які активно здійснюють селекційно-племінну роботу у тваринництві, є: Інститут тваринництва степових районів імені М.Ф. Іванова (смт Асканія-Нова, Херсонська обл.), Інститут тваринництва (м. Харків), Інститут рибного господарства (м. Київ) та Інститут бджільництва імені П.І. Прокоповича (м. Київ). Ці та інші інститути співпрацюють з племінними господарствами, яких також багато в Україні. Наприклад, тільки у Київській області – 160, Херсонській – 61, Харківській – 80.

Завдання. Об'єднайтеся в групи, зберіть інформацію про селекційний центр рослин або тварин, що діє у вашому або сусідньому регіоні. Ознайомте однокласників й однокласниць з його науковими здобутками.

Ключові терміни та поняття

селекція, районування.

Перевірте здобуті знання



1. Чому закономірності еволюції свійських тварин і культурних рослин значно відрізняються від еволюційних процесів у природі? 2. Чим породи тварин, сорти рослин, штами мікроорганізмів відрізняються від природних популяцій? 3. Яка наука є теоретичною базою селекції? 4. У чому полягають глобальні завдання сучасної селекції? 5. Для чого потрібно районування сортів і порід?

Поміркуйте



Які проблеми виникають під час створення і використання міжвидових гібридів тварин і рослин?

Творче завдання



Використовуючи інтернет-портал <http://agroua.net/>, на якому представлені всі сорти рослин і породи тварин, що їх використовують в Україні, в обраній категорії знайдіть сорти або породи української селекції.

§53. ОСНОВНІ МЕТОДИ СЕЛЕКЦІЇ ОРГАНІЗМІВ: ШТУЧНИЙ ДОБІР І ГІБРИДИЗАЦІЯ

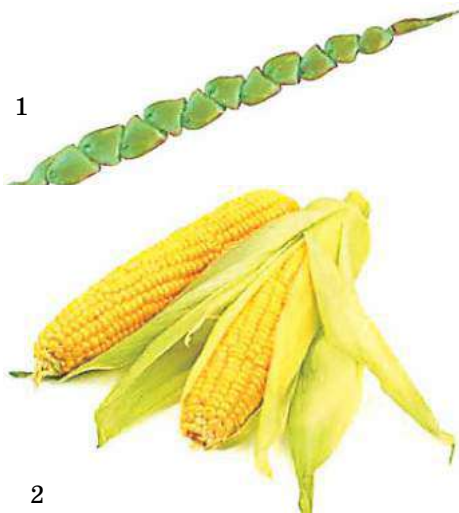
Пригадайте типи добору. Що таке гібридологічний аналіз, взаємодії між алельними генами? Які є типи взаємодій неалельних генів?

Починаючи з перших спроб одомашнювання тварин та введення в культуру рослин (приблизно 15 000 – 10 000 років тому) людина постійно намагалася поліпшити їхні властивості. Вона несвідомо робила вибір на користь особин, які приваблювали своїми певними якостями, наприклад продуктивніших, поступово поліпшуючи їх. Таку форму добору називають *несвідомою*. Ця примітивна формою селекції була найтривалішою і сприяла появі перших порід тварин і сортів рослин, які значно відрізнялися від вихідних предкових форм (мал. 53.1).

У подальшому людина почала цілеспрямовано добирати особин, які задовольняли її потреби, тобто здійснювала *методичний добір*, намагаючись свідомо вивести нові форми організмів. Методичний добір є *усвідомленою селекцією*.



Ви вже знаєте, що основними методами селекції є штучний добір і гібридизація. **Пригадаємо:** *штучний добір* полягає у відборі людиною особин, що мають потрібні для неї властивості, і в подальшому їхньому розмноженні. Теорію штучного добору обґрунтував Ч. Дарвін. Виділяють два типи штучного добору: масовий та індивідуальний. За *масового добору* відбирають групу особин за критеріями, що цікавлять людину. Перевагою цього добору є його простота. Основний недолік – особин для добору відбирають лише за фенотипом без урахування генотипів особин. Це значно сповільнює селекційний процес, створення чи поліпшення сортів і порід забирає багато часу (*поміркуйте* чому).



Мал. 53.1. Початки дикорослої центральоамериканської кукурудзи (1) та сучасного гібридного сорту (2)



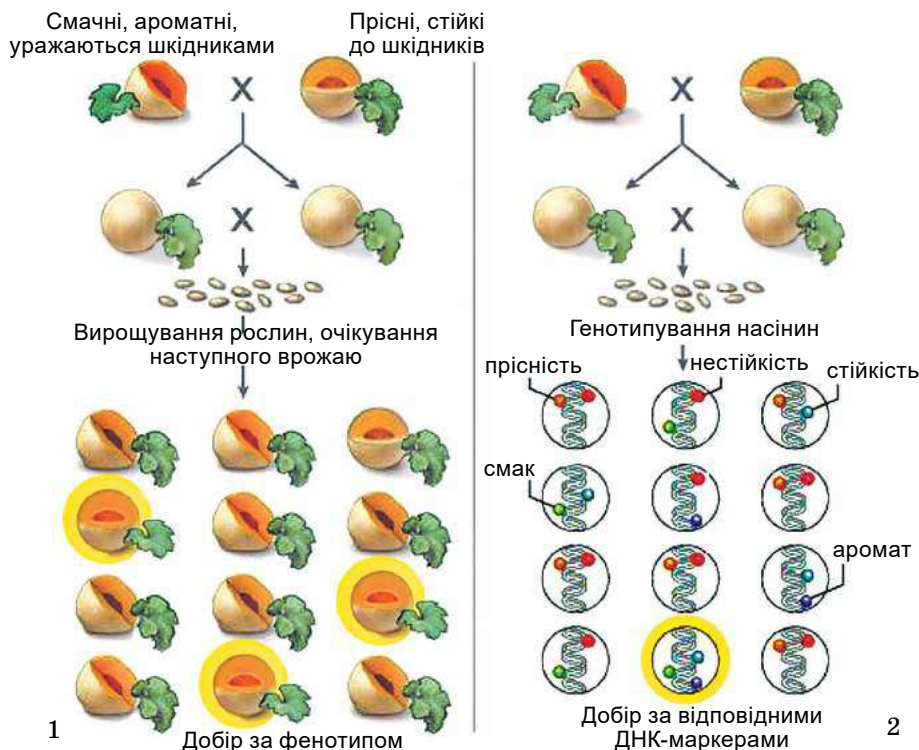
Породи та сорти, виведені методами так званої народної селекції, створювалися протягом кількох людських поколінь саме завдяки масовому добору. Прикладом є відома сіра українська порода великої рогатої худоби, стерилізованих биків якої називають волами (мал. 53.2).

У разі *індивідуального добору* вивчають спадкові властивості окремої тварини чи рослини, оцінюють властивості їхніх нащадків. Це дає змогу оцінити як характер успадкування певних ознак, так і вплив середовища на їхнє формування. Індивідуальний добір є найбільш точним інструментом для створення відповідних генотипів у процесі селекції.

Селекційний процес можна істотно прискорити за допомогою методів сучасної молекулярної генетики. Так, нині активно розвивається *добір за молекулярними маркерами* (мал. 53.3). **Молекулярні маркери** – невеликі сегменти ДНК, розміщені поблизу гена (або групи генів), що визначають бажані для селекціонера ознаки (наприклад, стійкість рослини до певних паразитів), які він планує сформувати у новоствореного сорту. Завдяки



Мал. 53.2. Сіра українська порода великої рогатої худоби на поштовій марці України



Мал. 53.3. Порівняння звичайної селекції (1) та селекції із застосуванням ДНК-маркерів (2). У другому випадку селекціонер може відібрати рослини-кандидати для подальшої селекційної роботи ще до того, як вони виростуть і дадуть урожай

застосуванню маркерів дослідження невеликого фрагмента тканини рослини, яку планують використовувати в селекційній роботі, можна встановити наявність або відсутність гена, що цікавить селекціонерів. У разі добору за ДНК-маркерами значно збільшується ймовірність відібрати особини з потрібними генотипами.

Основні типи схрещувань, які використовують у селекції. *Пригадаємо: гібридизація* – метод селекції, що полягає в отриманні організмів з потрібними властивостями за допомогою систем схрещувань. *Близькоспоріднене схрещування*, або *інбридинг*, використовують для виведення та підтримання чистих (у разі самозапилення чи самозпліднення) або інбредних (при схрещуванні з близькими родичами) ліній (*пригадайте*, що таке чиста лінія). Більшість сортів рослин і порід тварин є саме такими лініями. Однак близькоспоріднене схрещування може призвести до зниження життєздатності та продуктивності в особин унаслідок тривалого інбридингу (*поміркуйте чому*). Незважаючи на це, інбредні лінії багатьох перехреснозаплідних рослин і перехреснозаплідних тварин потрібні в селекційній роботі.

Неспоріднене схрещування, або *аутбридинг*, проводять між особинами з різних ліній, що дає змогу комбінувати цінні ознаки різних порід або сортів. Крім того, унаслідок схрещування між собою представників різних порід тварин, сортів рослин або інбредних ліній часто спостерігають явище гетерозису.



Пригадаємо: гетерозис, або «гібридна сила», – явище, коли гібриди першого покоління за деякими ознаками і властивостями (продуктивність, життєздатність, маса тощо) переважають вихідні батьківські форми. Ефект гетерозису широко використовують у сільському господарстві. Так, усі комерційні сорти кукурудзи є гібридами першого покоління. Швидкі темпи росту курчат бройлерів (мал. 53.4, 1) також пов'язані з явищем гетерозису (вони – гібриди, отримані за допомогою схрещування різних інбредних ліній м'ясних порід курей). В Інституті свинарства та агропромислового виробництва (м. Полтава) створено червону білопоясу породу м'ясних свиней (мал. 53.4, 2): у разі схрещування кабанів цієї породи зі свиноматками будь-яких інших порід імовірність ефекту гетерозису зростає до 15 %. Гетерозис повною мірою проявляється лише у гібридів першого покоління. У наступних поколіннях його ефект згасає (*поміркуйте чому*).

Серія зворотних схрещувань – гібриди першого та наступних поколінь нащадків, що мають потрібну ознаку, схрещують з однією з батьківських форм. Завдяки цьому в кожному наступному поколінні в генотипі гібридних особин дедалі більше концентруються бажані для селекціонерів гени однієї з батьківських ліній.



Мал. 53.4. Явище гетерозису в селекції тварин: 1 – бройлер – приклад ефекту гетерозису (ліворуч) та курчатко вихідної м'ясної породи (праворуч); 2 – червону білопоясу породу м'ясних свиней використовують для отримання гетерозисних форм свиней

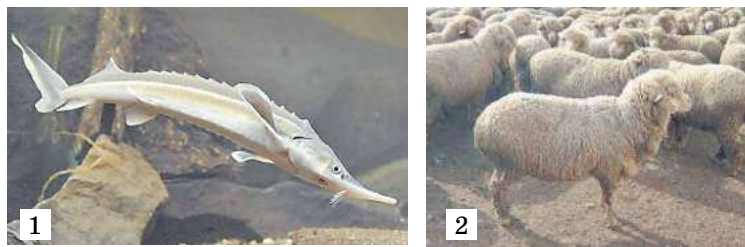


Мал. 53.5. Приклади міжвидових гібридів рослин і тварин: 1 – тритикале – штучно створений гібрид між пшеницею та житом; 2 – мул; 3 – нар

Віддалена (міжвидова) гібридизація – схрещування між представниками різних видів або різних родів. У результаті такої гібридизації можна отримати особин, які поєднують корисні для людини ознаки різних видів. Наприклад, тритикале – штучно створений гібрид пшениці та жита (мал. 53.5, 1) – має вищу морозостійкість, ніж вихідні види, стійкість до хвороб, більший уміст білків у насінинах. Здавна відомий гібрид кобили та віслюка – мул (мал. 53.5, 2), який відрізняється від батьківських видів більшою витривалістю, міцною конституцією та більшою тривалістю життя. Сильнішими та витривалішими є нари – гібриди першого покоління між одnogорбим і двогорбим верблюдами (мал. 53.5, 3).

Здійснюючи віддалену гібридизацію, селекціонер може стикатися з такими проблемами: *складність отримання міжвидових гібридів через їхню біологічну несумісність* (різна будова статевих органів, загибель статевих клітин до чи після запліднення, ускладнення поділу зиготи через різну кількість хромосом батьківських видів тощо); *безплідність отриманих гібридів (поміркуйте чому)*.

Інколи вдається отримати стабільні плодючі міжвидові гібриди. Серед рослин – це м'яка пшениця (є наслідком гібридизації трьох видів). Серед тварин – бістер – плодючий гібрид між білугою та стерляддю (мал. 53.6, 1). Плодючими можуть бути також і міжвидові гібриди свійських тварин з їхніми дикими родичами. Так, у результаті схрещування тонкорунних овець з муфлоном (його вважають найближчим родичем свійських овець) було створено породу гірський меринос (мал. 53.6, 2).



Мал. 53.6. Плодючі міжвидові гібриди: 1 – бістер; 2 – гірський меринос

Ключові терміни та поняття

штучний добір, гібридизація, гетерозис.

Перевірте здобуті знання



1. У чому полягає штучний добір? 2. Чим масовий штучний добір відрізняється від індивідуального? 3. У чому полягає перевага добору за молекулярними маркерами? 4. Які основні типи схрещувань використовують у селекції? 5. У чому полягає причина неплідності віддалених гібридів?



Використовуючи знання з генетики, отримані в курсі біології 9–10 класів, обґрунтуйте причини інбредної депресії та виникнення гетерозису.

§ 54. СЕЛЕКЦІЯ ОРГАНІЗМІВ: У ПОШУКАХ ГЕНЕТИЧНОГО РІЗНОМАНІТТЯ

Пригадайте, що таке генетичне різноманіття. Як оцінюють генетичну різно- рідність (гетерогенність) популяцій? Що таке генетичні маркери?

Ви вже знаєте, що генетична різноманітність, або гетерогенність, сорту рослин або породи тварин нижча порівняно з природними (*поміркуйте чому*). Через це кожний сорт або порода мають унікальний набір варіантів послідовностей ДНК (поліморфних молекулярних маркерів). (*Завдання*: використовуючи інтернет-джерела, знайдіть інформацію про метод ДНК фінгерпринтингу (своєрідних «відбитків пальців»).

Основний метод селекції – штучний добір – виявляється неефективним у генетично однорідних популяціях. Тому для успішної роботи селекціо- нерам потрібне генетичне різноманіття вихідного матері- алу. Учення про значення вихідного матеріалу для здійснення ефективної селекції розробив всесвітньові- домий генетик і селекціонер М.І. Вавилов (мал. 54.1). Він також створив перший у світі «банк генів» – колек- цію насіння культурних рослин та їхніх дикорослих родичів. Під час експедицій по всьому світу, аналізую- чи матеріали про світові рослинні ресурси, М.І. Вави- лов встановив 7 географічних *центрів походження культурних рослин* (див. табл. 54.1; мал. 54.2), де спостерігають найбільшу видову й сортову різноманіт- ність як культурних рослин, так і їхніх дикорослих форм. Ці центри географічно чітко відповідають цен- трам давніх цивілізацій.



Мал. 54.1. Микола Іванович Вавилов (1887–1943)

Цікаво знати



З розвитком методів молекулярної генетики і нових підходів до визначення гене- тичної гетерогенності матеріалу для селекції постало питання щодо перегляду кіль- кості центрів походження культурних рослин. Наприклад, деякі вчені вважають, що Південноазійський тропічний центр треба розділити на три. Пропонують додати ще один центр – Австралійський, звідки пішли евкаліпт, ківі, новозеландські шпинат і льон.

Таблиця 54.1

ЦЕНТРИ ПОХОДЖЕННЯ КУЛЬТУРНИХ РОСЛИН (ЗА М.І. ВАВИЛОВИМ)

Центри походження	Розташування	Культурні рослини
Південноазійський тропічний	Тропічна Індія, Індокитай, острови Південно-Схід- ної Азії	Рис, цукрова тростина, цитрусові, баклажани, огірок та ін. (33 % культурних рослин)
Східноазійський	Центральний і Східний Китай, Японія, Корея, Тайвань	Соя, просо, чай, гречка, слива, вишня, яблуня та ін. (20 % культур- них рослин)

Центри походження	Розташування	Культурні рослини
Південно-Західноазійський	Мала Азія, Середня Азія, Іран, Афганістан, Південно-Західна Індія	Пшениця, жито, бобові культури, льон, коноплі, ріпа, часник, виноград та ін. (14 % культурних рослин)
Середземноморський	Країни, розташовані по узбережжю Середземного моря	Капуста, цукрові буряки, маслини, конюшина та ін. (11 % культурних рослин)
Абіссинський	Абіссинське нагір'я в Африці	Тверда пшениця, ячмінь, кавове дерево, банани, сорго та ін. (4 % культурних рослин)
Центральноамериканський	Південна Мексика	Кукурудза, какао, гарбуз, тютюн, бавовник та ін. (10 % культурних рослин)
Південноамериканський (Андійський)	Західне узбережжя Південної Америки	Картопля, помідор, хінне дерево, ананас, арахіс та ін. (8 % культурних рослин)



Мал. 54.2. Розташування центрів походження культурних рослин
 I – Південноазійський тропічний; II – Східноазійський; III – Південно-Західноазійський; IV – Середземноморський; V – Абіссинський;
 VI – Центральноамериканський; VII – Південноамериканський (Андійський)

Визначення центрів походження домашніх тварин (центрів одомашнювання) – надскладна задача. Адже більшість предків сучасних видів свійських тварин уже вимерли. До того ж одні й ті самі види тварин одомашнювали незалежно у різних регіонах. Також під час переселення народів свійські тварини, які мігрували разом з людьми, пристосовувалися до нових умов, схрещувалися з місцевими дикими родичами, видозмінювалися. На сьогодні виділяють шість основних центрів одомашнювання тварин, які також відповідають центрам давніх цивілізацій (див. табл. 54.2; мал. 54.3).

ОСНОВНІ ЦЕНТРИ ОДОМАШНЮВАННЯ ТВАРИН		
Центри одомашнювання	Розташування	Свійські тварини
Китайсько-малайський	В'єтнам, Лаос, Кампучія, Таїланд, територія Східного Китаю	Свиня, курка, качка, китайський гусак, шовковичний шовкопряд, дубовий шовкопряд, медоносна бджола, золота рибка, собака
Індійський	Індія, Північний Пакистан, Бірма, Непал	Зебу, гаял, балійська худоба, буйвіл, азіатський павич, курка, індійська кішка, собака, медоносна бджола
Південно-Західноазійський	Північний схід Туреччини, північний схід Сирії, Іран, Ірак, Кавказ, Афганістан	Велика рогата худоба, кінь східного типу, вівця, коза, свиня, одnogорбий верблюд, голуб, бджола
Середземноморський	Узбережжя Середземного моря, північний схід Іспанії, південний схід Франції, Італія, Швейцарія, Балкани, Греція, Албанія, південний захід Сирії, Йорданія, Єгипет	Велика рогата худоба, кінь західного типу, вівця, коза, свині, качка, гусак нільський, антилопа, газель, кролики, кішка та ін.
Андіський	Північні Анди, Південна Америка, Еквадор, Перу, південний захід Болівії	Лама, альпака, мускатна качка, морська свинка, індичка
Африканський	Північно-Східна Африка	Страус, цесарки, кішка, собака, осел, свиня



Мал. 54.3. Основні осередки одомашнювання свійських тварин



Мал. 54.4. Різноманітність південно-американських сортів картоплі (за-вдання: порівняйте з поширеними місцевими сортами з наших магазинів або ринків)

рослин і свійських тварин у минулому, селекціонери в наш час розробляють конкретні прийоми створення та вдосконалення порід і сортів.

Ключові терміни та поняття

центри походження культурних рослин, центри одомашнювання тварин.

Перевірте здобуті знання



1. Чому місцеві сорти культурних рослин мають низьку міжсортową генетичну гетерогенність?
2. Які ви знаєте центри походження культурних рослин?
3. За якими критеріями можна визначити, що певна територія є центром походження якогось виду?
4. Використовуючи таблицю 54.1, назвіть культурні рослини, завезені з Нового Світу, які вирощують в Україні.
5. У чому полягають проблеми встановлення центрів одомашнення тварин?
6. Яке практичне значення виявлення центрів походження свійських тварин і культурних рослин?

Поміркуйте



Як за допомогою молекулярних маркерів можна встановити, які генетичні лінії були використані для селекції певного сорту чи породи?

§55. ЗБІЛЬШЕННЯ ГЕНЕТИЧНОГО РІЗНОМАНІТТЯ ПІД ЧАС СЕЛЕКЦІЙНОЇ РОБОТИ

Пригадайте, що таке комбінативна та мутаційна мінливість. Які є типи схрещувань організмів? Які схрещування належать до споріднених і неспоріднених? Що таке спонтанні мутації?

Внесення додаткової генетичної різноманітності у вихідний селекційний матеріал – необхідний етап будь-якої селекційної роботи (**поміркуйте** чому). Розв'язати цю задачу можна кількома способами.

Збільшення комбінативної мінливості за рахунок неспорідненого схрещування. За наявності різноманітного вихідного селекційного матеріалу генетичну різноманітність порід і сортів можна збільшити, проводячи неспоріднені схрещування (аутбридинг). Їх застосовують для внесення нових варіантів поєднань алельних генів і добору за новими комбінаціями ознак. Для селекційної роботи величезне значення має залучення не тільки місцевих, але й завезених сортів (мал. 55.1).



Мал. 55.1. Комерційні американські сорти кукурудзи, які вирощують в Україні: оахаканська червона (1), томпсон проліфік (2)



Мал. 55.2. Гібрид свійської свині та дикої (кабана)

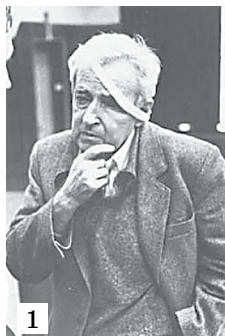
Залучення як вихідного матеріалу диких родичів сортів рослин і порід тварин. Дикі види зазвичай краще пристосовані до умов проживання, стійкіші до несприятливих впливів і хвороб. Наприклад, гібриди культурних сортів картоплі з дикими видами стійкіші до колорадського жука, нематод, грибкових хвороб, є скоростиглими, краще витримують низьку температуру, можуть давати врожай двічі на рік. Популярними є породи свиней, отримані в результаті схрещування домашньої свині і дикої (мал. 55.2). Отримані гібриди швидше пристосовуються до різних умов життя.

Пошук мутацій, які цікавлять селекціонерів, та експериментальний мутагенез. У результаті мутацій утворюються нові варіанти генів та ознак, які можуть бути корисними для людини. На основі штучного добору спонтанних мутацій вдалося отримати багато нових сортів рослин і порід тварин (мал. 55.3). Більшість мутацій, які контролюють корисні для людини ознаки, у природі мають негативний ефект. Наприклад, мутація, що зумовлює платинове забарвлення хутра у лисиць (дуже цінна для людини), у гомозиготному стані є летальною.

Частота виникнення спонтанних мутацій дуже низька, тому виявити їх складно (*поміркуйте чому*). На початку XX сторіччя було відкрито мутагенні фактори, які збільшують частоту мутацій. У 20–30-х роках XX сторіччя вітчизняні генетики А.О. Сапегін і Л.М. Делоне вперше використали іонізуюче випромінювання для отримання цінних мутантних форм пше-



Мал. 55.3. Мутантні форми, на основі яких вивели нові породи та сорти: 1 – такса, 2 – платинова лисиця, 3 – короткостеблова пшениця сорту Міронівська 61 (завдання: з допомогою вчительки або вчителя знайдіть і проаналізуйте матеріали про створення згаданих порід і сортів)



Мал. 55.4. Відкривачі хімічного мутагенезу: 1 – видатний учений-генетик Йосип Абрамович Рапопорт (1912–1990; народився в м. Чернігів); 2 – відома британська учена-генетик Шарлотта Ауербах (1899–1994)



Мал. 55.5. Володимир Васильович Моргун (народ. 1938 р.), академік НАН України, директор Інституту фізіології рослин і генетики НАН України, герой України

ниці. Їхні праці започаткували застосування радіаційного експериментального мутагенезу в селекції рослин. Після відкриття Й.А. Рапопортом та Ш. Ауербах (мал. 55.4, 1, 2) хімічного мутагенезу почалося активне використання в селекції хімічних речовин, які збільшують частоти мутацій у десятки і сотні разів. На основі хімічного мутагенезу створено багато сортів картоплі, тютюну, помідорів, перцю та інших культур.

В Україні напрям мутаційної селекції активно розвиває академік В.В. Моргун (мал. 55.5). Йому належить пріоритет у встановленні мутаційної дії низки хімічних речовин і фізичних чинників, зокрема, чинників навколишнього середовища. Використовуючи експериментальний мутагенез, В.В. Моргун отримав велику кількість високопродуктивних сортів і ліній пшениці та кукурудзи.

Цікаво знати



Причиною збільшення генетичної різноманітності може бути навіть сам процес одомашнення чи гібридизації. Так, відомий генетик і селекціонер Д.К. Беляев звернув увагу на те, що під час одомашнення лисиць з'являється велика кількість нових варіантів ознак, не притаманних особинам у природі. У деяких гібридних форм пшениці спостерігають збільшення рівня генних мутацій та аберацій хромосом. Подібні явища, які Б. Мак-Клінток (мал. 55.6) назвала «геномним стресом», можна пояснити або активацією мобільних елементів генома (*пригадайте*, що це таке), або епігенетичними змінами генома (*пригадайте*, що таке епігенетична спадковість).

Мутаційний процес некерований, тому дуже важко передбачити, які з мутацій будуть корисними для селекційної роботи, які з них можна знайти у вихідному селекційному матеріалі, а які – отримати експериментально, і чи можна взагалі отримати таким чином бажані нові ознаки.

● У цьому сенсі велике значення для селекції має закон гомологічних рядів спадкової мінливості, який відкрив М.І. Вавилов. Згідно з ним *гене-*



Мал. 55.6. Барбара Мак-Клінток (1902–1992) – американська вчена в галузі цитогенетики, лауреатка Нобелівської премії з фізіології й медицини за відкриття мобільних елементів генома

Мал. 55.7. Ряди спадкової мінливості у представників різних видів рослин: 1 – капусти (родина Капустяні); 2 – ріпи (родина Капустяні); 3 – салату-латуку (родина Айстрові). Головкові сорти ріпи відомі нам як пекінська капуста

тично близькі види і роди характеризуються подібними рядами спадкової мінливості з такою правильністю, що, вивчивши ряд форм у межах одного виду або роду, можна передбачити наявність форм з подібним поєднанням ознак у межах близьких видів або родів. Тобто у представників близьких видів і родів у споріднених генах виникають однакові мутації, і якщо ми бачимо бажану ознаку серед представників одного виду, то з великою ймовірністю можна очікувати появу або отримати мутантну форму із цією ознакою у представників іншого виду або роду (мал. 55.7) (поміркуйте чому).

Закон гомологічних рядів спадкової мінливості є універсальним для всіх організмів. Вивчивши спадкову мінливість близьких видів, селекціонери планують роботу зі створення нових сортів рослин і порід тварин із заздалегідь запланованими спадковими ознаками.



Ключові терміни та поняття

спадкова мінливість, експериментальний мутагенез, закон гомологічних рядів спадкової мінливості.

Перевірте здобуті знання



1. Чому для селекційної роботи корисно залучати завезені сорти? 2. Поясніть значення експериментального мутагенезу для селекції. 3. Сформулюйте закон гомологічних рядів спадкової мінливості. Яке його практичне застосування в селекції?

Поміркуйте



1. Чому експериментальний мутагенез не використовують для селекції тварин? 2. Як можна застосувати закон гомологічних рядів спадкової мінливості у систематичі організмів?

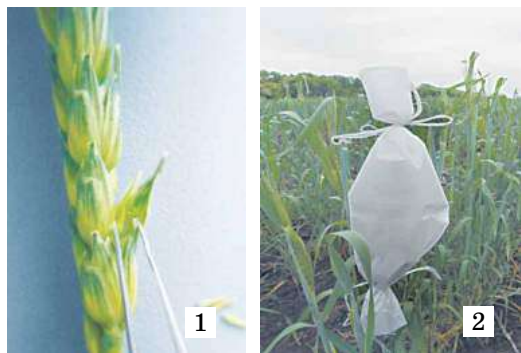
§56. ОСОБЛИВОСТІ СЕЛЕКЦІЇ РОСЛИН І ТВАРИН

Пригадайте типи схрещувань у селекції. Що таке гаплоїдія, поліплоїдія, модифікаційна мінливість? Що таке партеногенез і клонування організмів?

Культурні рослини часто мають короткий життєвий цикл і високу плодючість, що робить їх зручними об'єктами для селекції.

Особливості селекції рослин базуються на тому, що багато видів здатні до самозапилення та вегетативного розмноження. Різниця в селекційній роботі із самозапильними та перехреснозапильними видами рослин проявляється вже на первинних етапах їхньої селекції.

Після індивідуального добору для самозапильних рослин потрібно проводити схрещування між представниками різних ліній, щоб отримати міжлінійні гібриди. Для цього використовують штучне перехресне запи-



Мал. 56.1. Схрещування різних ліній пшениці (ця рослина самозапилюна): 1 – видалення тичинок, 2 – об'єднання рослин, які схрещують, під ізолятором

Порівняно з диплоїдними формами поліплоїдні рослини мають велику кількість корисних для людини ознак: більшу вегетативну масу, підвищений уміст поживних речовин, стійкість до несприятливих факторів навколишнього середовища, кращі смакові якості.

Отримання поліплоїдів є надійним способом подолання стерильності віддалених гібридів. Як ви знаєте, через порушення кон'югації хромосом під час мейозу більшість віддалених гібридів стерильні. Штучне подвоєння хромосомних наборів приводить до появи поліплоїдних форм, здатних до статевого розмноження. Класичним прикладом є подолання стерильності у рафанобрасики (гібриду капусти і редьки), яку створив видатний генетик Г.Д. Карпеченко (мал. 56.2).

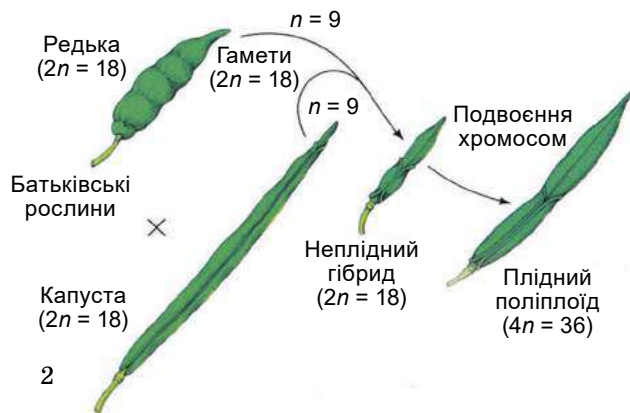
Четверта особливість – можливість отримання гаплоїдних форм (часто внаслідок партеногенезу). За подальшого штучного подвоєння хромосом у таких форм отримують диплоїдні гомозиготні лінії.

Одним з методів отримання гаплоїдів є використання культури пиляків. Пиляки висаджують на штучне поживне середовище, що містить стимулятори росту. З них утворюються подібні до зародків структури (*ембрі-*

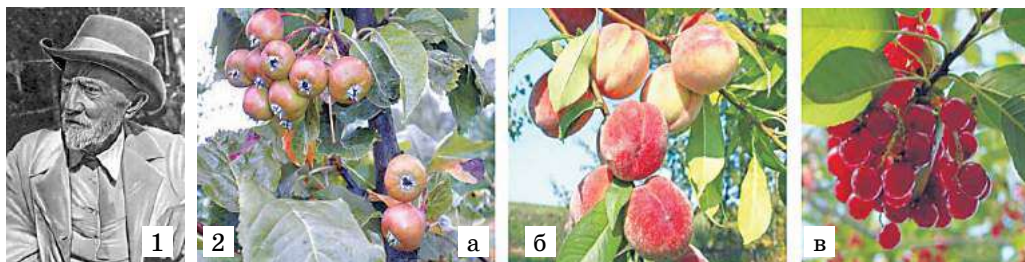
лення між рослинами, техніка якого залежить від конкретного виду рослини (мал. 56.1).

Для перехреснозапилюваних рослин спочатку потрібно отримати чисті лінії. Для однодомних рослин застосовують штучне самозапилення (наприклад, у кукурудзи) або низку близькоспоріднених схрещувань й отримують інбредні лінії (коноплі). У подальшому ці лінії використовують для отримання гетерозисних гібридів.

Друга особливість – активне застосування експериментального мутагенезу. *Третя особливість* – широке використання поліплоїдії.



Мал. 56.2. 1. Георгій Дмитрович Карпеченко (1899–1941), відомий генетик і селекціонер, перший у світі отримав плідні міжродові гібриди рослин завдяки штучній поліплоїдизації. 2. Схема отримання рафанобрасики



Мал. 56.3. 1. Іван Володимирович Мічурін (1855–1935) – видатний біолог і селекціонер, який створив понад 300 сортів плодово-ягідних культур. 2. Деякі віддалені гібриди рослин, які отримав І.В. Мічурін: а – гібрид горобини та груші; б – сорт Південний персик; в – цирападус – гібрид вишні та черемхи

оїди) з гаплоїдним числом хромосом, з яких у подальшому розвиваються гаплоїдні рослини.

П'ята особливість – здатність рослин до вегетативного розмноження. За цього виду розмноження усі дочірні особини фактично є *клонами* – мають ідентичні генотипи. У селекції вегетативне розмноження використовують для швидкого отримання великої кількості рослин з бажаними характеристиками.

Важливим методом у селекції рослин є застосування *щеплень* – штучного об'єднання частин різних рослин. Щеплення сприяє модифікаційним змінам фенотипу прищепленої особини: поєднанню ознак прищепи й підщепи та поширенню їх на весь новостворений організм (наприклад, прищеплення до зимостійкої дички живців від південних високопродуктивних сортів плодових культур забезпечує поєднання високих смакових якостей прищепи з холодостійкістю підщепи). Оскільки ці корисні властивості не закріплені у генотипі, вони можуть швидко втрачатися. Тому процес щеплення доводиться періодично повторювати.

Ознаки, які отримують унаслідок взаємодії прищепи та підщепи, можна використовувати у подальшій селекційній роботі, що довів на практиці видатний селекціонер І.В. Мічурін (мал. 56.3).

Особливості підходів до селекції тварин полягають у неможливості самозапліднення, доволі великій тривалості життєвого циклу, складності отримання поліплоїдних форм тощо.

Оскільки самці утворюють більше гамет, ніж самки, то селекцію насамперед проводять у напрямі виявлення перспективних плідників породи. При цьому важливе значення має підбір плідників за *екстер'єром* – сукупністю зовнішніх фенотипових ознак, притаманних даній породі (мал. 56.4).

Деякі цінні ознаки можуть бути присутніми лише в одній статі та відсутніми в іншій (наприклад, молочність у корів). Тому часто цінність самців-плідників виявляють за продуктивністю нащадків протилежної статі. Плідників випробовують за потомством: перспективних плідників схрещують



Мал. 56.4. Бугай-плідник герефордської породи

з їхніми дочками. Так оцінюють наявність у плідника негативних рецесивних мутацій.

Також у селекції тварин використовують сучасні репродуктивні технології: штучне запліднення та запліднення «у пробірці» (*пригадайте* ці методики). У разі штучного запліднення гаметами найпродуктивніших самців запліднюють велику кількість самок і отримують значну кількість нащадків від одного плідника. У разі запліднення «в пробірці» яйцеклітини перспективних для селекційної роботи самок (їх можна отримувати до декількох десятків на рік) запліднюють спермою найпродуктивніших самців, а отримані зиготи чи ембріони на ранніх стадіях розвитку підсаджують у матку інших самок.

Поліплоїдія серед тварин трапляється зрідка, тому її використовують у селекції невеликої кількості видів (наприклад, шовковичного шовкопряда та деяких видів риб).

Ключові терміни та поняття

поліплоїди, щеплення рослин, екстер'єр.

Перевірте здобуті знання



1. Як можна отримати гібриди самозапильних рослин? 2. Як у селекції рослин використовують явище поліплоїдії? 3. Для чого проводять щеплення рослин? 4. Які методи застосовують у селекції тварин?

Поміркуйте



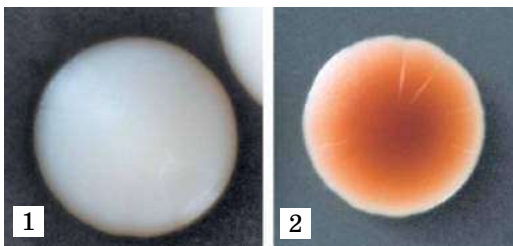
1. Як з молекулярно-генетичної точки зору можна пояснити фенотипові зміни, які виникають у результаті щеплення рослин? 2. Чому поліплоїдію лише зрідка використовують у селекції тварин?

§57. БІОТЕХНОЛОГІЯ, СЕЛЕКЦІЯ ТА ГЕННА ІНЖЕНЕРІЯ МІКРООРГАНІЗМІВ

Пригадайте, що таке штам мікроорганізмів, плазміди, бактеріофаги та їхній життєвий цикл.



Біотехнологія – це використання організмів чи біологічних процесів для отримання продуктів, потрібних людині, та наукове маніпулювання організмами, зокрема, на молекулярно-генетичному рівні. Людина здавна використовувала мікроорганізми для своїх потреб: дріжджі для виготовлення хлібу, пива та вина, бактерії та деякі цвілеві гриби – для сироваріння. Так, найдавніший рецепт пива археологи знайшли на шумерських клинописних табличках, вік яких – приблизно 8000 років.



Мал. 57.1. Мутації у дріжджів: 1 – нормальна колонія; 2 – колонія мутантних дріжджів, у яких заблоковано синтез аденіну

Нині близько сотні різноманітних видів мікроорганізмів (бактерій, актиноміцетів, одноклітинних еукаріотів) активно застосовують у біотехнологічних процесах у промисловому виробництві, сільському господарстві, медицині: для виготовлення лікарських засобів (наприклад, антибіотиків), синтезу ферментів, вітамінів, амінокислот, для виробництва харчових продуктів (хліба, пива, молочнокислих продуктів), а в сільському господарстві

– для отримання силосу, утилізації органічних відходів тощо.

Особливості селекційної роботи з мікроорганізмами. Мікроорганізми – дуже зручний об’єкт для селекції: є велика кількість вихідного матеріалу (за короткий проміжок часу на поживному середовищі виростають мільйони клітин); структура генома мікроорганізмів простіша, ніж у рослинних і тваринних клітин, мутаційні зміни можна побачити одразу в першому поколінні, бо прокаріоти мають набір спадкової інформації, яка відповідає гаплоїдному набору хромосом. Це робить селекцію ефективнішою (мал. 57.1).

Нині виділяють три основних підходи до селекційної роботи з мікроорганізмами: 1) застосовують форму штучного добору, коли відбирають і розмножують окремі клітини з корисними мутаціями, отримуючи велику кількість нащадків однієї клітини з ідентичними генотипами (*клони*); 2) *експериментальний мутагенез*, за допомогою якого урізноманітнюють спадковий матеріал; 3) методи *генної інженерії*.

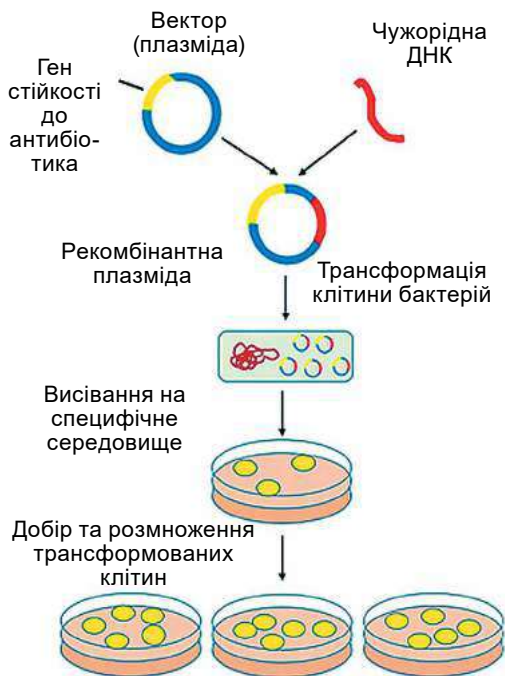


Пригадаємо: генна інженерія – це сукупність прийомів, методів і технологій виділення генів з організму чи клітини або їхній синтез поза організмами, здійснення маніпуляцій з такими генами та введення їх в інші організми. Введення чужорідного генетичного матеріалу в організм або клітину називають *трансформацією*, а самі організми або клітини – *трансформованими*, або *генетично модифікованими, організмами (ГМО)*.

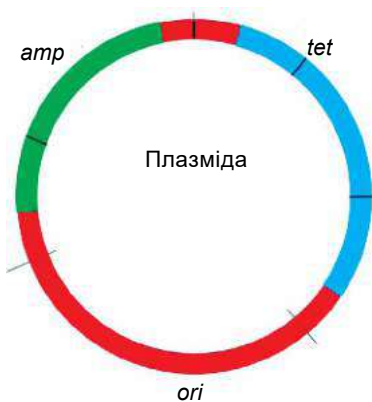
Процес отримання генетично трансформованих мікроорганізмів має низку послідовних стадій (мал. 57.2). 1. Насамперед здійснюють *пошук потрібного гена* і вирізання його з генома за допомогою специфічних ферментів. 2. Далі *створюють вектор* – спеціальну конструкцію ДНК, потрібну для трансформації клітини. Ця конструкція, крім потрібного гена, повинна містити ще й ген, за роботою якого можна відрізнити трансформовані клітини від нетрансформованих (наприклад, ген стійкості до якогось антибіотику), а також послідовності, потрібні для того, щоб вектор міг вбудуватися в геном клітини або був здатний до автономної реплікації (копіювання).

Як вектор для трансформації мікроорганізмів використовують або плазмідну ДНК (мал. 57.3), або ДНК вірусу. Потреба у використанні вектору зумовлена тим, що за звичайного введення ДНК у клітини ферменти розщеплюють її до нуклеотидів.

3. *Трансформація клітин* відбувається або після спеціального оброблення, що підвищує проникність клітинної стінки, або за допомогою модифікованого бактеріофага, яким заражають культуру клітин. 4. *Перенесення клітин на специфічне середовище* з обраним агентом (наприклад, антибіо-



Мал. 57.2. Етапи отримання генетично модифікованих мікроорганізмів



Мал. 57.3. Вектор для трансформації бактерій – плазміда (*tet* та *amp* – гени стійкості до антибіотиків, *ori* – ділянка початку реплікації)

тиком). 5. *Добір трансформованих клітин (поміркуйте, як можна відрізнити трансформовані клітини від нетрансформованих).* 6. *Подальше розмноження отриманих мікроорганізмів.*

Генетично модифіковані мікроорганізми використовують як продуценти білкових сполук для потреб медицини, наприклад гормону росту людини (соматотропіну; його дефіцит в організмі призводить до гіпофізарної карликовості). Важливе місце в селекції мікроорганізмів посідає виробництво так званих *рекомбінантних вакцин* (отриманих методами генної інженерії), які мають низку переваг перед традиційними: у них знижений (або взагалі відсутній) уміст домішок (синтезується чистий білок, який стимулює необхідну імунну відповідь), вони майже повністю безпечні та мають низьку вартість.

ГМО застосовують також для промислового виробництва органічних сполук (наприклад, промислового синтезу вітаміну С, харчових барвників, антибіотиків, цінних біополімерів тощо); для боротьби із забрудненням навколишнього середовища (комплексного біологічного очищення стічних вод); для руйнування небезпечних синтетичних хімічних речовин (пестицидів, хімічних відходів виробництва); для наукових досліджень, де є потреба в розмноженні (клонуванні) фрагментів ДНК, створення геномних бібліотек (наборів ДНК усього генома одного організму), вивчення механізмів експресії генів тощо.

Ключові терміни та поняття

біотехнологія, генна інженерія, клон, генетично модифіковані організми.

Перевірте здобуті знання



1. Чому мікроорганізми є зручним об'єктом селекції? 2. У чому полягають особливості селекційної роботи з мікроорганізмами? 3. Що таке трансформація мікроорганізмів? 4. Для чого використовують генетично модифіковані мікроорганізми?

Поміркуйте



Які відмінності можуть бути між білками, які синтезуються природним шляхом в еукаріотичних клітинах, та їхніми аналогами, отриманими за допомогою генетично модифікованих бактерій?

§58. БІОТЕХНОЛОГІЯ ТА ГЕННА ІНЖЕНЕРІЯ РОСЛИН

Пригадайте особливості селекції рослин. Що таке клон, віддалена гібридизація, «генетичні банки»? Що таке фітогормони? Завдяки чому зигота дає початок клітинам різних типів?

Основні напрями сучасної біотехнології рослин: біотехнологія і мікроклональне розмноження рослин; створення культур клітин і тканин рослин; генна інженерія; клітинна інженерія; банки клітинних культур та їхня кріоконсервація для збереження генофонду рослин. Усі вони базуються на загальній властивості клітинної біології – соматичні (нестатеві) клітини є тотипотентними, завдяки чому з однієї соматичної клітини можна регенерувати цілісну рослину.

Тотипотентність (від лат. *totus* – весь, цілий, *potentia* – сила, можливість) – здатність однієї клітини багатоклітинного організму внаслідок поділу давати початок цілому новому організму. У тварин тотипотентними є зигота, у деяких видів – її прямі нащадки (наприклад, клітини морули). У рослин соматичні клітини можуть ставати тотипотентними внаслідок впливу великих доз певних фітогормонів (як-от, ауксинів).

Мікроклональне розмноження – метод вегетативного розмноження рослин «у пробірці». Шматочки тканин вихідної рослини розміром 0,1 мм переносять на поживне середовище, у яке додано фітогормони, що стимулюють поділ клітин та утворення пагонів або подібних до них структур, які формуються у зародків. Далі новоутворені рослини розвиваються і ростуть на штучному середовищі в пробірці, потім їх переносять у ґрунт (мал. 58.1).

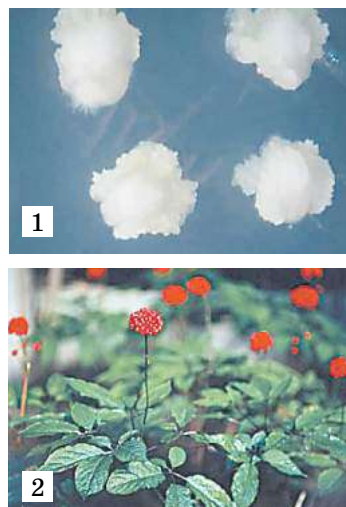


Мал. 58.1. Етапи мікроклонального розмноження рослин

Культури клітин і тканин рослин. Рослинні регулятори росту, які містять поживне середовище, стимулюють необмежене розмноження клітин і утворення недиференційованої клітинної маси – *калюсу*. Якщо потім калюс розділити на окремі клітини і продовжити культивувати ізольовані клітини на поживних середовищах, то з окремих клітин можна отримати повноцінні рослини (мал. 58.2).

Культури клітин і тканин рослин використовують для отримання цінних речовин. Так, у культурі клітин раувольфії зміїної активно синтезуються алкалоїди, які використовують як ліки проти гіпертонії. З культур клітин женьшеню виділяють біологічно активні речовини. Це дає змогу отримувати рослинні лікарські препарати, не винищуючи рідкісні рослини.

До отримання повноцінної рослини в культурі можна здійснювати попередню клітинну селекцію. Відбирають клітини, стійкі до гербіцидів, засолення, дії екстремальних температур, патогенів, а також ті, для яких характерний підвищений синтез корисних для людини речовин.



Мал. 52.2. Калюс женьшеню (1) та отримані з нього рослини (2)

Мал. 58.3. Юрій Юрійович Глеба (народ. 1949 р.) – видатний український біолог, фізіолог рослин, генетик, академік НАН України; засновник Інституту клітинної біології та генетичної інженерії НАН України (1990)



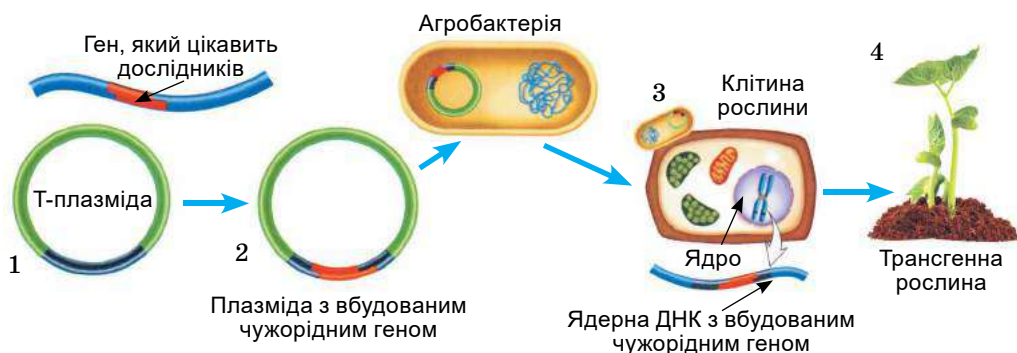
Клітинна інженерія – це сукупність методів і підходів, які використовують для конструювання клітин нового типу. За допомогою методів клітинної інженерії отримують гібриди соматичних клітин неспоріднених і еволюційно віддалених видів або вносять у соматичну клітину окремі клітинні органели, ядро, цитоплазму.

Цікаво знати

В Україні фундаментальні дослідження в галузі клітинної та генетичної інженерії рослин започаткував академік Ю.Ю. Глеба (мал. 58.3).

Для проведення гібридизації або реконструкції спочатку за допомогою спеціальних ферментів рослинні клітини позбавляють клітинної стінки – отримують *протопласти*. Їх переносять у поживне середовище для подальшого використання. Під час гібридизації здійснюють повне злиття протопластів клітин, отриманих від різних рослин. Так утворюється двоядерна клітина, у якій ядра згодом зливаються і виникає одноядерна гібридна клітина.

Методи генної інженерії використовують для отримання трансгенних рослин, у яких усі клітини несуть чужорідний ген. Часто для цього використовують ґрунтових бактерій з родини агробактерій. Крім ДНК ядерної зони (нуклеоїду), вони містять великі плазмідні із так звану Т-ДНК – ділянкою, що може вбудовуватись у ядерний геном рослинної клітини. Для отримання трансгенних рослин використовують плазмідні зі зміненою Т-ДНК, у якій її власні гени замінені на будь-який ген, який бажано ввести в рослину. Таку плазмідну конструюють генно-інженерними методами, а потім вводять в агробактерію, якою потім інфікують рослини (мал. 58.4).



Мал. 58.4. Схема трансформації клітин рослин за допомогою бактерій: 1 – виділення та генно-інженерне конструювання (2) спеціальної плазмід; 3 – інфікування агробактеріями рослинних клітин; 4 – отримання трансгенних рослин

Трансгенні рослини отримують також методами мікроін'єкції та «бомбардування» клітин (мал. 58.5). Мікроін'єкцію проводять під мікроскопом



Мал. 58.5. Внесення чужорідної ДНК у рослинні клітини за допомогою мікроін'єкції (1) чи «генної гармати» (2)

за допомогою скляної голки, уводячи через неї ДНК у ядро клітини. Під час «бомбардування» клітин золоті кульки діаметром 0,4–1,2 мкм укривають шаром ДНК і «вистрілюють» у суспензію клітин зі спеціальної «генної гармати». Цей метод дає змогу вбудовувати потрібні гени не тільки в хромосоми рослин, але і в геном їхніх пластид, наприклад хлоропластів.

Генетичну трансформацію рослин використовують для: поліпшення харчових якостей рослин, їхньої стійкості до факторів довкілля, синтезування білків, які використовують у фармакології тощо.

Завдання: з допомогою вчителя або вчительки, використовуючи хмарні технології, зберіть інформацію про переваги та проблеми створення генетично модифікованих рослин. Проведіть дискусію на цю тему.

Ключові терміни та поняття

тотипотентність, мікроклональне розмноження, клітинна інженерія.

Перевірте здобуті знання



1. Які ви знаєте напрями в біотехнології рослин?
2. Які істотні переваги мікроклонального розмноження перед традиційними способами вегетативного розмноження рослин?
3. Завдяки чому біотехнологія рослин прискорює селекційний процес у рослинництві?
4. Як отримують трансгенні рослини?
5. Для чого використовують генетичну трансформацію рослин?

Поміркуйте



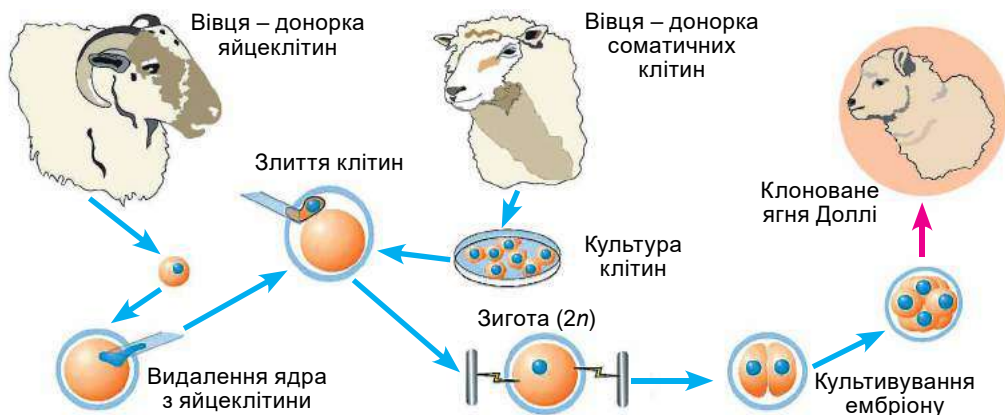
Яким чином можна використовувати трансформовані рослини як біофабрики комерційних продуктів?

§59. БІОТЕХНОЛОГІЯ ТА ГЕННА ІНЖЕНЕРІЯ ТВАРИН

Пригадайте особливості селекції тварин. Які репродуктивні технології застосовують у селекції тварин? Що таке бластоциста, транс-ген, колаген, фібриноген, інтерферони?

Основні напрями біотехнології сільськогосподарських тварин пов'язані з підвищенням їхньої плідності (репродуктивні технології); клонуванням і генною інженерією. Пригадаємо: до **репродуктивних технологій** належать, зокрема, штучне запліднення, запліднення та отримання ембріонів «у пробірці».

Клонування тварин. На малюнку 59.1 зображено схему клонування ягняти Доллі (розгляньте її та пригадайте етапи цього процесу). Так, за допомогою пересаджування ядер соматичних клітин у яйцеклітини, які перед тим позбавляють ядер, отримують особину, генетично повністю ідентичну самці, від якої взято і яйцеклітину, і соматичну клітину (тобто її клон). Ця методика має неабиякий науковий інтерес, але вона ще недосконала і потребує великих витрат.



Мал. 59.1. Схема клонування ягняти Доллі

Цікаво знати

У 1958 р. британський біолог Дж. Гьордон (мал. 59.2) провів експеримент з пересадження в без'ядерні ікринки шпорцевої жаби ядер соматичної клітини пуголовків. З деяких розвинулися нормальні жаби.

Генетично модифікованих тварин отримують: за допомогою мікроін'єкції ДНК у запліднену яйцеклітину (мал. 59.3); введенням генетично модифікованих ембріональних стовбурових клітин в ембріон на ранніх стадіях його розвитку; пересаджуванням генетично модифікованих ядер соматичних клітин в яйцеклітину; застосуванням векторів, створених на основі ретровірусів.

Після введення ДНК яйцеклітини чи бластоцити імплантують у «сурогатну матір». Після народження тварин ідентифікують на наявність трансгену (у середньому на 100 вагітностей отримують одну трансгенну тварину). Для цього трансгенну тварину схрещують із звичайними. Далі можна схрещувати нащадків такої тварини між собою для отримання чистих трансгенних ліній.

Чималим успіхом є отримання, розведення та офіційний продаж у Канаді та США генномодифікованої сьомги. У її геном додали ген гормону росту іншого, більшого за розмірами представника лососевих – чавичі. У результаті трансгенна риба росте і набирає масу значно швидше, на її розведення потрібно півтора року, а не три, як для звичайної сьомги.



Трансгенних тварин (кіз, овець, свиней, кролів) використовують для синтезу білків, які застосовують у фармакології. Вони виділяються прямо в молоко. Це, наприклад, фактори зсідання крові, фібриноген, колаген, інтерферони та багато інших. Отримано модифікованих птахів, які відкладають яйця, що містять деякі білки людини, наприклад інтерферони.

Мал. 59.2. Джон Гьордон (народ. 1933) – британський біолог. За праці в галузі біології розвитку та отримання індукованих стовбурових клітин у 2012 р. отримав Нобелівську премію з медицини (спільно з японським ученим Син'я Яманака).



Мал. 59.3. Отримання трансгенних тварин за допомогою мікроін'єкції ДНК у овоцити

Важливим напрямом є використання трансгенних тварин як генетичних моделей спадкових захворювань людини. Так, створюють два типи модельних тварин: трансгенні миші, у геном яких уведено ген людини, відповідальний за конкретне захворювання, і миші, у яких утрачено функцію цього гена. Якщо схильність до захворювання залежить від наявності в геномі одного з багатьох алелів, то створюються лінії трансгенних мишей, що несуть різні алелі цього гена. На цих моделях можна досліджувати вплив кількості копій гена та рівня його експресії на прояв захворювання, а також розробляти нові методи лікування. На моделі, у якої ген, що спричиняє захворювання у людини, неактивний, досліджують конкретні функції генів. Це важливо для аналізу причин генних захворювань людини.

Ключові терміни та поняття

клонування тварин, генна інженерія тварин.

Перевірте здобуті знання



1. Які репродуктивні технології використовують у біотехнології тварин? 2. Як здійснюють клонування тварин? 3. Як отримують генетично модифікованих тварин? 4. Які напрями застосування трансгенних тварин найбільш успішні?

Поміркуйте



1. Для яких ще цілей можна використовувати трансгенних тварин? 2. З якими проблемами можуть стикатися дослідники і дослідниці, створюючи трансгенних тварин?

§ 60. ДОСЯГНЕННЯ МОЛЕКУЛЯРНОЇ БІОЛОГІЇ ТА ГЕНЕТИКИ У МЕДИЦИНІ: ГЕННА ІНЖЕНЕРІЯ ЛЮДИНИ

Пригадайте методи лікування та профілактики спадкових хвороб людини. Що таке біоетика, генна терапія? Які «вектори» використовують у генній інженерії?

Застосування методів генної інженерії щодо людини є однією з найбільш дискусійних тем. Чи потрібне втручання у геном людини? Якщо так, то у який спосіб? Чи це безпечно? Які при цьому можливі біоетичні проблеми?

Генна терапія. Найбільш радикальним способом боротьби з різними захворюваннями, спричиненими змінами генетичної інформації клітин, є

виправлення або знищення самої генетичної причини захворювання, а не її наслідків. Найбільше досліджень пов'язано з генною терапією онкологічних захворювань (мал. 60.1).

 **Пригадаємо: генна терапія** – лікування спадкових хвороб внесенням змін у геном людини.

Стратегії генної терапії такі:

- клітини, які потрібно вилікувати, втратили функцію певного гена. Тоді в клітину потрібно доставити ген, здатний цю функцію відновити;

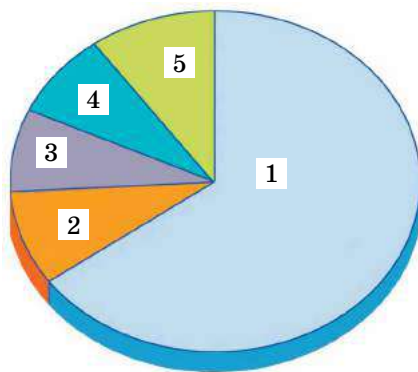
- хворобу спричинено надлишковою функцією, не властивою нормальній клітині. Це відбувається, зокрема, у разі інфекцій або пухлинних захворювань. Тоді варто пригнітити таку зайву функцію;

- підходи, спрямовані на підсилення імунної відповіді організму.

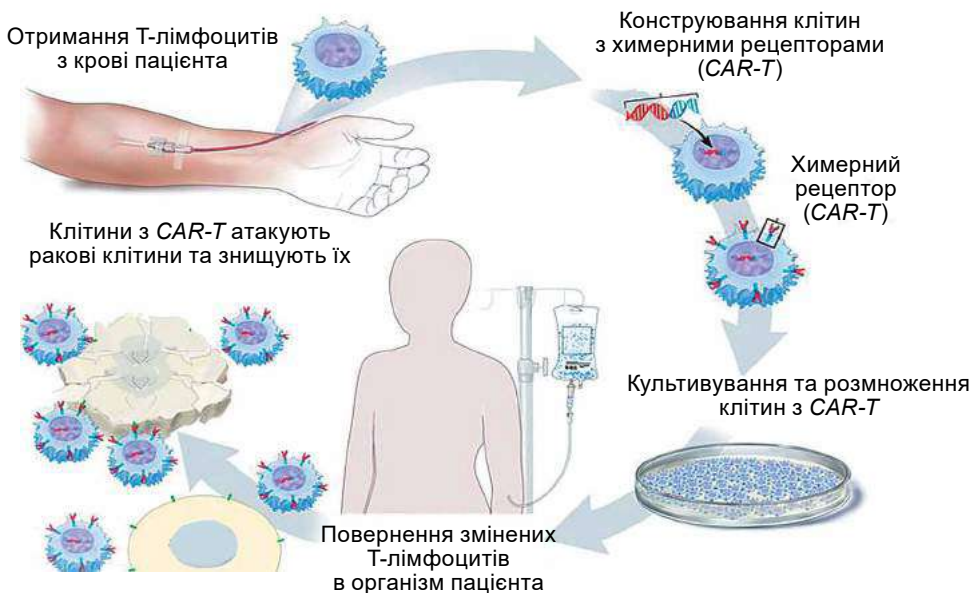
Досягнення сучасної генної терапії людини. Перше повідомлення про успішне застосування соматичної генної терапії з'явилося у 1990 р. щодо чотирирічної дівчинки Ашанти Де Сильва із уродженням імунodefіцитом. Нині вона має функціональну імунну систему і веде нормальне життя. У 2012 р. у США та Європейському Союзі ліцензію на комерційне використання отримав перший засіб генної терапії для лікування недостатності ферменту ліпопротеїналіпази, що призводить до важкого ураження підшлункової залози. Однак через непомірну вартість цього лікування (близько 1 000 000 \$) цією можливістю скористалась тільки одна людина у 2016 р. Улітку 2018 р. у США правління із санітарного нагляду за якістю харчових продуктів і медикаментів (*Food and Drug Administration, FDA*) схвалило використання генної терапії для пацієнтів у віці від 3 до 25 років із гострим лімфобластним лейкозом. Ця терапія ґрунтується на створенні химерних антигенних рецепторів *CAR-T*. Трансгенні Т-лімфоцити, «оснащені» цими рецепторами, здатні розпізнавати злоякісні клітини, а потім знищувати їх (мал. 60.2).

Пройшов перший етап випробування генно-інженерний препарат *SPK-FIX*. Це вірусний вектор, який несе нормальну копію гена фактору зсідання крові *IX* і призначений для лікування однієї з форм гемофілії. Наприкінці лютого 2018 р. учений із Шеньчженського університету оголосив, що йому вдалося успішно відредагувати геном людської яйцеклітини. Він використав технологію редагування ДНК *CRISPR/Cas9* (мал. 60.3). Метою редагування було вимкнути ген, який кодує білок, що дає змогу ВІЛ потрапити в клітину. Потенційно редагування ДНК може допомогти в боротьбі проти майже будь-яких захворювань – від спадкових до тих, які поки що є невиліковними (рак, ВІЛ, хвороба Альцгеймера тощо).

Безпечність втручань у геном людини та біоетичні проблеми генної інженерії людини. Як будь-який метод лікування, генна терапія також має недоліки й побічні ефекти. Це пов'язано насамперед з методами доставляння генів у відповідні клітини. Найчастіше як вектори використовують

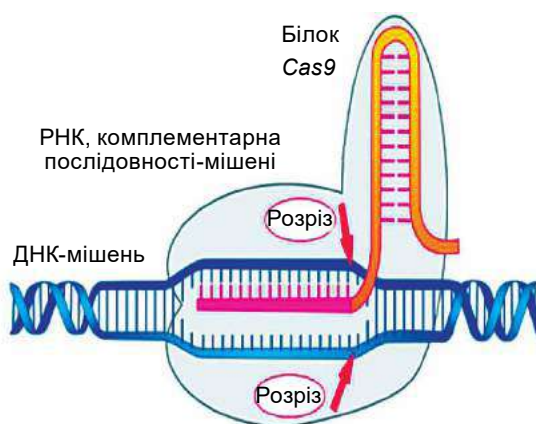


Мал. 60.1. Діаграма, що ілюструє сучасний стан застосування досліджень у галузі генної терапії щодо різних захворювань людини (у %): 1 – онкологічні; 2 – моногенні; 3 – серцево-судинні; 4 – інфекційні; 5 – інші



Мал. 60.2. Процес антиракової терапії за допомогою створення особливих антигенних рецепторів CAR-T (*chimeric antigen receptor*)

віруси, які можуть спричинити бурхливу імунну відповідь у пацієнта або ризик розвитку інфекції, якщо модифікований вірус буде взаємодіяти з незміненими вірусами, наявними у клітинах пацієнта. Ще один ризик: вбудовування в геном привнесеного гена є випадковим, а це може призвести до появи додаткових мутацій і розвитку різних патологій. Останні дослідження показали що, поруч із місцями, де «попрацювала» *CRISPR/Cas9*, спостерігають видалені або замінені ділянки ДНК у кілька тисяч пар основ. Так постало питання щодо безпеки *CRISPR/Cas9*.



Мал. 60.3. Система *CRISPR/Cas9* – комплекс РНК і білків, що впізнає задану послідовність генома, де робить дволанцюговий розріз ДНК. Залежно від того, як відбуватиметься репарація, цільовий ген може втратити свою функцію чи буде замінений на нормальну копію

Біоетичні питання застосування генної інженерії людини стосуються насамперед використання статевих клітин та ембріонів. Зрозуміло, що ці питання мають бути врегульовані законодавчо.

Ключові терміни та поняття

генна терапія.

Перевірте здобуті знання



1. Які хвороби можна лікувати за допомогою генної терапії? 2. Які відомі стратегії генної терапії? 3. Які досягнення сучасної генної терапії? 4. Із чим можуть бути пов'язані побічні ефекти генної терапії?

Поміркуйте



У яких випадках можливе або необхідне генно-інженерне втручання у геном ембріонів людини?

§61. ДОСЯГНЕННЯ МОЛЕКУЛЯРНОЇ БІОЛОГІЇ ТА ГЕНЕТИКИ У МЕДИЦИНІ: ГЕНЕТИЧНІ ОСНОВИ ПЕРСОНАЛІЗОВАНОЇ МЕДИЦИНИ

Пригадайте, що таке мутації, фармакологія. Що таке генетичний поліморфізм?

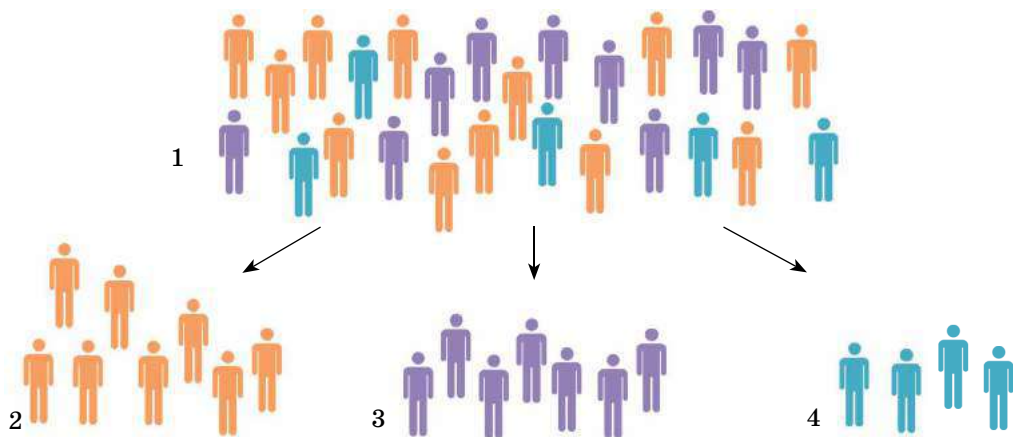
Персоналізована медицина – це відповідна модель організації медичної допомоги, яка базується на виборі діагностичних, лікувальних і профілактичних засобів, оптимальних для пацієнта, що враховує його індивідуальні особливості.

Відомо, що реакція на лікарські препарати значною мірою індивідуальна. При призначенні та дозуванні ліків потрібно враховувати вік пацієнта, його фізіологічний стан (наявність хронічних захворювань, вагітності, грудне вигодовування немовлят тощо) та взаємодію з іншими лікарськими препаратами. Так, у разі вживання одних і тих самих ліків у кожній групі пацієнтів можуть спостерігати різний ефект (мал. 61.1).

Фармакогенетика – розділ медичної генетики, що вивчає генетичні особливості пацієнтів, які впливають на ефективність терапії за допомогою лікарських препаратів. Основна мета фармакогенетики – розроблення індивідуальних підходів до лікування пацієнтів, ураховуючи їхні генетичні особливості. Небажані реакції на ліки, причиною яких є особливості генотипу людини з хворобою, називають *фармакогенетичними дефектами*. Вони зумовлені порушеннями функцій генів, які кодують ферменти, що забезпечують метаболізм лікарських препаратів, транспортні білки або білки-мішені (наприклад рецептори), з якими зв'язується лікарський засіб (мал. 61.2).

Фармакогенетичні дефекти є спадковими синдромами, але проявляються лише як відповідь на дію відповідного лікарського препарату. Частоти відповідних алелів і генотипів у людській популяції можуть бути дуже високими. Це зумовлює надзвичайну важливість фармакогенетичного тестування для прогнозування фармакологічної відповіді пацієнта на лікарський препарат і персоналізованого підходу до вибору препарату та режиму його дозування.

Фармакогенетичне тестування базується на визначенні фенотипових маркерів порушення дії препаратів (фенотипування пацієнтів) або на прямому генотипуванні пацієнтів за допомогою молекулярно-біологічних методів для визначення поліморфних варіантів генів, що визначають фармакологічну відповідь. *Пригадаємо*: поліморфні гени представлені в попу-



Мал. 61.1 Відповідь групи пацієнтів на один і той самий протокол медикаментозного лікування: 1 – пацієнти з однаковим діагнозом; 2 – позитивний терапевтичний ефект; 3 – недостатній ефект або його відсутність; 4 – небажані лікарські реакції

ляції кількома алелями, що зумовлює різноманітність станів ознак у середині виду.

Фармакогенетичний тест має відповідати таким умовам:

- наявність чіткої асоціації між поліморфним варіантом того чи іншого гена та несприятливою фармакологічною відповіддю (розвиток побічних ефектів або недостатня ефективність);
- алель, який визначають, спостерігають у популяції з високою частотою (не менше 1 %);
- добре розроблений алгоритм застосування лікарського препарату залежно від результатів фармакогенетичного тестування;
- доведені переваги використання лікарського засобу при застосуванні результатів фармакогенетичного тестування порівняно з традиційним підходом (підвищення ефективності та безпеки фармакотерапії, економічна рентабельність);
- має бути регламентованим у відповідних стандартах.



Мал. 61.2. Генетичні причини, що впливають на фармакологічну відповідь

Ключові терміни та поняття

персоналізована медицина, фармакогенетика, фармакогенетичне тестування.

Перевірте здобуті знання



1. У чому полягає основна проблема сучасної лікарської терапії? 2. Сформулюйте основну мету фармакогенетики. 3. Дайте визначення терміну «фармакогенетичний дефект». 4. На чому базується фармакологічне тестування? Яким умовам воно має відповідати?

Поміркуйте



Які біоетичні проблеми можуть виникнути в разі введення в широку практику засобів персоналізованої медицини?

§ 62. ПРОБЛЕМИ БІОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ТА БІОЛОГІЧНОГО ЗАХИСТУ

Пригадайте мікроорганізми та віруси – основні збудники інфекційних хвороб у людини. Що таке генна інженерія? Які організми належать до генетично модифікованих?

Біологічна безпека – це стан середовища життєдіяльності людини, за якого відсутній негативний вплив його чинників (біологічних, хімічних, фізичних) на біологічну структуру і функцію людської особи в теперішньому і майбутніх поколіннях, а також відсутній необоротний негативний вплив на біологічні об'єкти природного середовища (біосферу) та сільськогосподарські рослини і тварин.

У сучасному світі проблема біологічної безпеки стає надзвичайно важливою. Так, поширюються інфекційні та інвазійні захворювання, що не притаманні для певної території (наприклад, атипова пневмонія або лихоманка Ебола) або їх вважали вже неактуальними в результаті застосування масового вакцинування (кір, кашлюк, туберкульоз). Відсутність чіткої законодавчої бази та правил поведінки з небезпечними біологічними об'єктами створює передумови для незаконного обігу біологічних агентів, які можуть бути використані для виготовлення та розроблення нових видів біологічної зброї й можливості її застосування.

Основні джерела біологічних загроз в Україні. Згідно зі «Стратегією забезпечення біологічної безпеки та біологічного захисту на період до 2020 року» основними біологічними загрозами (мал. 62.1) є: інфекційні захворювання, що мають тенденцію до епідемічного та епізоотичного (у випадку тварин) розповсюдження; природні осередки та природні резервуари збудників небезпечних та особливо небезпечних захворювань; біологічно небезпечні та потенційно небезпечні об'єкти як для людини, так і для біосфери у цілому (лабораторні штами та колекції патогенних мікроорганізмів і вірусів, організми, створені методами генної інженерії); застосування біологічної зброї; біологічний тероризм.



Мал. 62.1. Міжнародний знак біологічної безпеки

Цікаво знати



Ідея використання біологічних агентів як зброю не нова. Так, у середньовіччі під час облоги міст і фортець на їхню територію закидали трупи тварин чи людей, що померли від інфекційних хвороб. Першим офіційним використанням біологічної зброї є використання британськими військами під командуванням сера Джефрі Амхерста заражених чорною вісною ковдр, які передавали племенам корінних американців, щоб їх тотально знищити.

Біологічна зброя – зброя масового знищення, вражаюча дія якої базується на хвороботворних властивостях вірусів і мікроорганізмів – збудни-

ків хвороб людини, тварин і рослин. З військовою метою використовують як самих збудників хвороб, так і токсичні продукти їхньої життєдіяльності, що розповсюджуються за допомогою інфікованих переносників хвороб (гризунів, птахів, комах тощо) або у вигляді суспензій чи порошків.

Біологічна зброя за своєю вражаючою дією наближається до ядерної. Так, розсіювання 100 кг спор збудника сибірки (антраксу) може призвести до людських жертв, які є зіставними з кількістю загиблих під час бомбардування Хіросіми та Нагасакі. Ще небезпечнішими є інфекційні агенти, здатні передаватися від людини до людини, наприклад збудники легеневої чуми або чорної віспи. У 1972 р. було ухвалено Конвенцію ООН про заборону біологічної зброї.

Загроза біотероризму. У сучасному світі загрози тероризму набули майже планетарного масштабу. Останнім часом цілком терористів стає мирне цивільне населення. Терористи обирають місця великого скупчення людей і використовують засоби, які можуть спричинити найбільшу кількість жертв. Небезпека біотероризму визначається низкою передумов.

1. Застосування терористами різних видів біологічної зброї здатне в короткі терміни спричинити епідемію, що може призвести до загибелі величезної кількості людей, а також тварин і сільськогосподарських культур.

2. Розвиток медицини у цілому, а також профілактика й лікування інфекційних захворювань потребують зберігання штамів бактерій і вірусів, які потрібні для створення різних вакцин. Але потенційно ці штами залишаються джерелами збудників усіх тих захворювань, для лікування яких призначені.

3. У природі вже існує велика кількість потенційно небезпечних для людини мікроорганізмів, а вихідні матеріали для культивування їх часто є продуктами господарської діяльності людини.

4. Біологічна зброя легко транспортується, її складно виявити під час перевірок.

5. Кожна інфекція потребує своїх методів лікування і профілактики, що ускладнює можливість підготовки до відвернення потенційного нападу.

Отже, загроза застосування терористами біологічної зброї є реальною. Незважаючи на наявність достатньо потужних антибактеріальних препаратів, а також вакцин до більшості збудників хвороб, через невизначеність того, коли і де може бути здійснена спроба терористичної атаки і які біологічні агенти можуть бути використані як інструмент терору, їхнє застосування може бути недостатньо ефективним через невчасну діагностику перших випадків захворювання. Розв'язання цієї проблеми потребує розроблення та застосування комплексу заходів з біологічної безпеки та біологічного контролю на державному та міждержавних рівнях, підготовки спеціалізованого медичного персоналу та широкої інформованості населення.

Генно-інженерні технології та біологічна безпека. На сьогодні немає доведених фактів безпеки для здоров'я людини продуктів харчування, косметичних або лікарських засобів, у виробництві яких використано генномодифіковані організми. Однак, з погляду біологічної безпеки, страх щодо організмів, створених за допомогою сучасних біотехнологій, залишається



Мал. 62.2. Обов'язкове маркування на продуктах харчування, що позначає відсутність застосування генетично модифікованих організмів

ся. Так, є побоювання, що генетично змінені організми як абсолютно нові для біосфери можуть впливати на неї несподіваним чином. Крім того, генно-інженерні експерименти з хвороботворними бактеріями і вірусами створюють додаткову потужну біологічну загрозу.

Ураховуючи потенційну загрозу ГМО, у багатьох країнах світу, серед яких і Україна, ухвалено закони щодо суворого контролю за створенням, випробуванням, транспортуванням і використанням генетично модифікованих організмів. Наприклад, в Україні заборонено висаджувати генномодифіковані рослини у відкритий ґрунт і використовувати у сільському господарстві, а всі продукти харчування повинні мати відповідне маркування (мал. 62.2).

Ключові терміни та поняття

біологічна безпека, біологічна зброя, біотероризм.

Перевірте здобуті знання



1. Що означає поняття «біологічна безпека»? 2. Які основні джерела біологічних загроз в Україні? 3. Що таке біологічна зброя? 4. Чим зумовлена небезпека біотероризму? 5. У чому полягає потенційна небезпека ГМО?

Поміркуйте



Використовуючи електронні ресурси, знайдіть аргументи щодо безпеки ГМО. З наукової позиції доведіть їхню справедливість або неправоту.

НАВЧАЛЬНІ ПРОЕКТИ Клонування організмів. Нанотехнології в біології. Трансгенні організми: за і проти (один на вибір; створення бук-трейлера, презентації, буклета, скрайбу, постеру тощо).

РОЛЬ БІОЛОГІЇ ТА ЕКОЛОГІЇ У РОЗВ'ЯЗАННІ СУЧАСНИХ ГЛОБАЛЬНИХ ПРОБЛЕМ ЛЮДСТВА

**Перед сучасним людським суспільством
стоять три глобальні завдання:**

- **забезпечення потрібними якісними продуктами харчування;**
- **охорона здоров'я людини за допомогою якісного та доступного медичного обслуговування, забезпечення профілактики та лікування захворювань, створення умов для здорового способу життя;**
- **забезпечення якісних умов життя за допомогою захисту довкілля від забруднень, охорони біорізноманіття нашої планети та реалізації концепції сталого (збалансованого) суспільства.**

Біологічні та екологічні дослідження потрібні для створення наукових основ прогнозування та планування розвитку сталого (збалансованого) людського суспільства майбутнього. Для цього важливо відвернути наявну загрозу сучасної біосферної кризи. Специфічність загрози сучасної біоценотичної кризи, як і всіх майбутніх, – у змінах біосфери, спричинених господарською діяльністю людини.

Для створення екологічно стабільного суспільства, тобто ноосфери, людство повинне в найближчому майбутньому взяти під контроль стрімке зростання народонаселення; замість використання невідновних ресурсів експлуатувати відновні; упроваджувати екологічно обґрунтовані технології збільшення виробництва продуктів харчування; припинити знищувати

первинні ліси і перейти до промислового використання вторинних і штучних лісонасаджень з наступним їхнім відновленням; зменшувати об'єми стічних вод, запроваджувати надійні способи очищення та постійний контроль за якістю питної води, створювати замкнені системи водопостачання промислових та енергетичних об'єктів; здійснювати ефективний захист і відновлення природних екосистем.

Одне з важливих завдань біології та екології – це вивчення біорізноманіття нашої планети. Воно далеке до завершення: науці невідомі не менше мільйона видів організмів, які нині мешкають на нашій планеті. Вивчення біорізноманіття створює наукові основи його охорони, адже без цього неможливе стабільне функціонування біосфери як глобальної екосистеми нашої планети.

У галузі забезпечення суспільства продовольством важлива роль належить селекції, біотехнології, генній і клітинній інженерії. За допомогою сучасних методів учені створюють високопродуктивні породи тварин, сорти сільськогосподарських рослин і промислові штами мікроорганізмів.

Генетична інженерія має значні перспективи і в галузі охорони здоров'я. Крім практичних напрямів (підвищення продуктивності штамів мікроорганізмів, перенесення в клітини прокаріотів генів еукаріотів, які відповідають за синтез важливих сполук – вітамінів, гормонів, ферментів тощо), у майбутньому вона зможе розв'язувати глобальні проблеми. Так, у галузі боротьби зі спадковими захворюваннями будуть ефективними методи генної терапії: вилучення з хромосом генів – носіїв інформації про ці захворювання, із заміною на безпечні алелі, та інші способи відповідних змін генотипу. Для подальшого розвитку генетичної інженерії створюють банки генів – колекції генів різноманітних організмів, вбудованих у плазміді.

Широко застосовуватимуть генетично змінені, так звані трансгенні, або генетично модифіковані, організми. Методами генетичної інженерії в геном рослин вводять певні гени, які забезпечують стійкість до дії пестицидів, шкідників, інших несприятливих факторів довкілля тощо. Так, створені сорти картоплі, до каріотипу яких приєднані бактеріальні гени, що робить цю рослину неїстівною для колорадського жука. Генетично змінені організми часто мають високу продуктивність і плодючість, що може допомогти розв'язати проблему забезпечення людства харчовими продуктами. Але насамперед такі організми мають пройти ретельні дослідження.

Багато очікувань від клітинної інженерії. Гібридизація соматичних клітин дає можливість створювати препарати, які підвищують стійкість організму до різноманітних інфекцій, високопродуктивні популяції породи, сорти та штами промислових і сільськогосподарських організмів тощо. Завдяки виділенню соматичних клітин з організму та перенесенню на поживні середовища створюють культури клітин (тканин) для отримання цінних речовин, що значно зменшує їхню собівартість і запобігає вилученню цілющих рослин та інших організмів з природи. Крім того, оскільки соматичні клітини містять всю спадкову інформацію, притаманну особині, існує можливість вирощування із них значної кількості нащадків з ідентичними спадковими властивостями, тобто клонування. Застосування стовбурових клітин у медицині дасть можливість лікувати різноманітні захворювання, зокрема онкологічні, відновлювати ушкоджені органи, омолоджувати організм тощо.

ЗМІСТ

<i>Шановні одинадцятикласниці та одинадцятикласники!</i>	3
--	---

ТЕМА 5. АДАПТАЦІЇ

§1. Адаптації як універсальна властивість біологічних систем	5
§2. Принцип єдності організмів і середовища їхнього мешкання	8
§3. Закономірності формування адаптацій та їхні властивості.....	10
§4. Властивості адаптацій. Адаптивні стратегії організмів.....	14
§5. Формування адаптацій на молекулярному рівні організації.....	17
§6. Формування адаптацій на клітинному рівні організації	20
§7. Формування адаптацій на організмовому рівні організації.....	22
§8. Особливості формування адаптацій у людини	25
§9. Формування адаптацій на популяційно-видовому рівні організації.....	30
§10. Екологічна ніша. Екологічно пластичні та екологічно непластичні види.....	33
§11. Формування адаптацій на екосистемному рівні. Поняття про спряжену еволюцію (кoeволюцію) та коадаптацію.....	37
§12. Симбіоз та його форми.....	40
§13. Організм як середовище мешкання. Адаптації організмів до паразитичного способу життя	43
§14. Адаптації організмів до умов водного середовища мешкання.....	47
§15. Наземно-повітряне середовище та адаптації до нього організмів	52
§16. Адаптації організмів до ґрунтового середовища. Формування життєвих форм організмів як результат адаптацій до певного середовища мешкання.....	57
§17. Адаптивні ритми біологічних систем різного рівня організації.....	61
Практична робота 1. Визначення ознак адаптованості різних організмів до середовища мешкання.....	66

ТЕМА 6. БІОЛОГІЧНІ ОСНОВИ ЗДОРОВОГО СПОСОБУ ЖИТТЯ

§18. Принципи і складові здорового способу життя	67
§19. Безпека і статевая культура. Профілактика захворювань, що передаються статевим шляхом	70
§20. Негативний вплив на здоров'я людини алкоголю, тютюнокуріння та наркотиків.....	72
§21. Імунна система людини, особливості її функціонування	77
§22. Імунокорекція та імунотерапія.....	80
§23. Вплив навколишнього середовища та стресових факторів на здоров'я людини	83
§24. Профілактика неінфекційних, інфекційних, інвазійних захворювань людини.....	87
Практична робота 2. Розроблення рекомендацій щодо профілактики захворювань.....	90

Тема 7. ЕКОЛОГІЯ

§25. Екологія: предмет досліджень, завдання та методи. Зв'язки екології з іншими науками.....	91
§26. Основні методи екологічних досліджень	94
§27. Екологічні фактори та їхня класифікація.....	96
§28. Закономірності впливу екологічних факторів на організми та їхні угруповання	98
§29. Популяції та їхні характеристики	102

§30. Особливості структури популяцій: просторова, вікова, статева	105
§31. Особливості структури популяцій: етологічна, генетична	108
§32. Чисельність популяцій та механізми її регуляції	111
§33. Біогеоценоз та його структура	115
§34. Взаємозв'язки організмів у біогеоценозах	118
§35. Перетворення енергії в біогеоценозах	121
§36. Продуктивність екосистем різного типу. Агроценози	125
§37. Властивості біогеоценозів. Сукцесії	128
§38. Учення В.І. Вернадського про біосферу та ноосферу.....	131

Тема 8. СТАЛИЙ РОЗВИТОК І РАЦІОНАЛЬНЕ ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ

§39. Сучасні екологічні проблеми у світі та в Україні.....	134
§40. Види забруднення, їхні наслідки для природних і штучних екосистем та для здоров'я людини. Забруднення механічне та фізичне	137
§41. Хімічне та біологічне забруднення довкілля.....	140
§42. Поняття про якість довкілля. Критерії забруднення довкілля	143
§43. Антропоційний вплив на атмосферу. Наслідки забруднення атмосферного повітря та його охорона.....	146
§44. Антропоційний вплив на гідросферу. Охорона водойм	148
§45. Основні джерела антропоційного забруднення ґрунтів, їхні наслідки	151
§46. Антропоційний вплив на біорізноманіття.....	154
§47. Шляхи збереження сучасного біорізноманіття.....	157
§48. Екологічна політика в Україні	161
§49. Червона та Зелена книги України. Природно-заповідний фонд України	164
§50. Концепція сталого розвитку та її значення	168
<i>Практична робота 3. Оцінка екологічного стану свого регіону.....</i>	<i>171</i>

Тема. 9. ЗАСТОСУВАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ БІОЛОГІЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ У МЕДИЦИНІ, СЕЛЕКЦІЇ ТА БІОТЕХНОЛОГІЇ

§51. Поступ біології у сільському господарстві: позитивні та негативні наслідки «Зеленої революції»	172
§52. Селекція організмів: основні положення та завдання.....	174
§53. Основні методи селекції організмів: штучний добір і гібридизація	177
§54. Селекція організмів: у пошуках генетичного різноманіття	181
§55. Збільшення генетичного різноманіття під час селекційної роботи	184
§56. Особливості селекції рослин і тварин.....	187
§57. Біотехнологія, селекція та генна інженерія мікроорганізмів.....	190
§58. Біотехнологія та інженерія рослин	192
§59. Біотехнологія та інженерія тварин.....	196
§60. Досягнення молекулярної біології та генетики у медицині: генна інженерія людини.....	198
§61. Досягнення молекулярної біології та генетики у медицині: генетичні основи персоналізованої медицини.....	200
§62. Проблеми біологічної безпеки та біологічного захисту.....	202
Роль біології та екології у розв'язанні сучасних глобальних проблем людства	204

Навчальне видання

ОСТАПЧЕНКО Людмила Іванівна
БАЛАН Павло Георгійович
КОМПАНЕЦЬ Тарас Анатолійович
РУШКОВСЬКИЙ Станіслав Ричардович

БІОЛОГІЯ І ЕКОЛОГІЯ

(РІВЕНЬ СТАНДАРТУ)

Підручник для 11 класу
закладів загальної середньої освіти

Рекомендовано Міністерством освіти і науки України

Видано за рахунок державних коштів. Продаж заборонено

Головний редактор *Н. Заблоцька*

Редактор *Л. Мялківська*
Обкладинка, макет, художнє оформлення,
комп'ютерна обробка ілюстрацій *Л. Кузнецової*
Технічний редактор *Ц. Федосіхіна*
Комп'ютерна верстка *Л. Ємець*
Коректор *О. Симонова*

Формат 70×100/16. Ум. друк. арк. 16,90. Обл.-вид. арк. 13,52.
Тираж 82879 пр. Вид. № 2014. Зам. №

Видавництво «Генеза», вул. Тимошенка, 2-л, м. Київ, 04212.
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи серія ДК № 5088 від 27.04.2016.

Віддруковано у ТОВ «ПЕТ», вул. Ольмінського, 17, м. Харків, 61024.
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи серія ДК № 4526 від 18.04.2013.