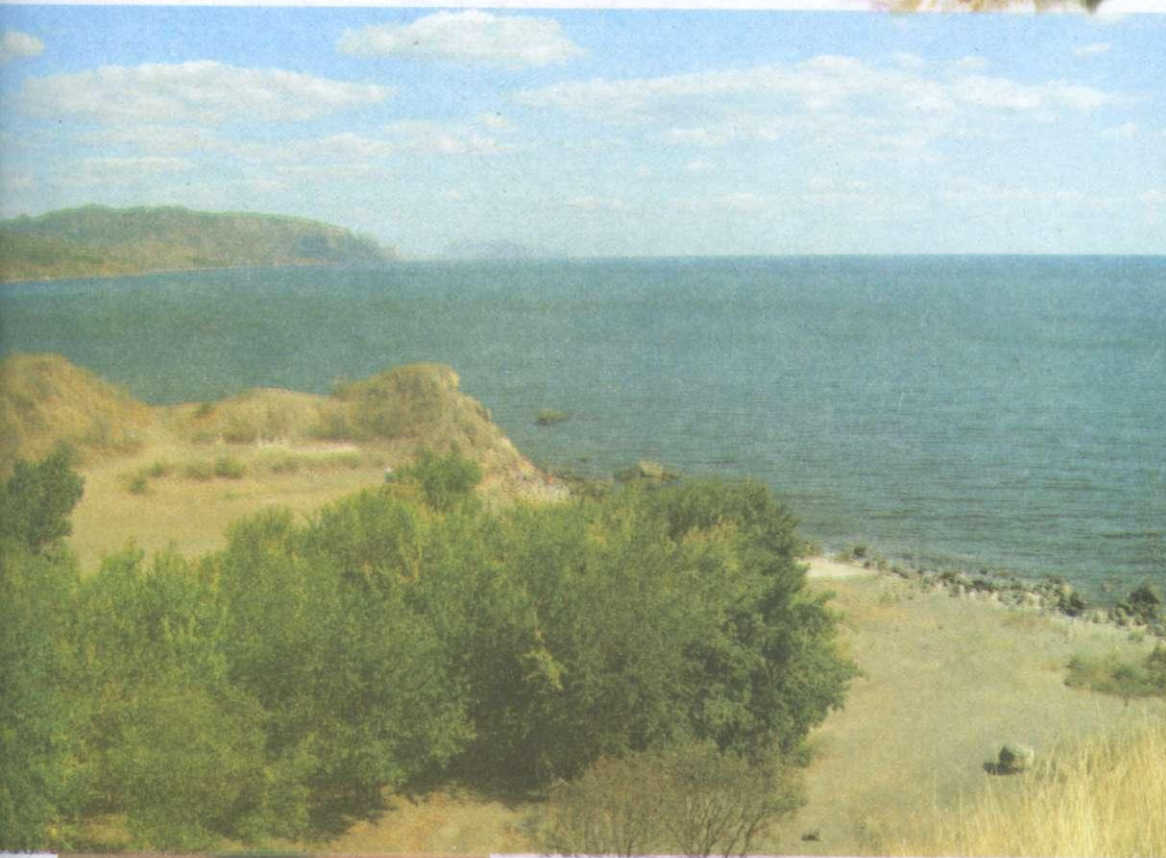


Розділ IV

**НАДОРГАНІЗМОВІ РІВНІ
ОРГАНІЗАЦІЇ ЖИТТЯ**

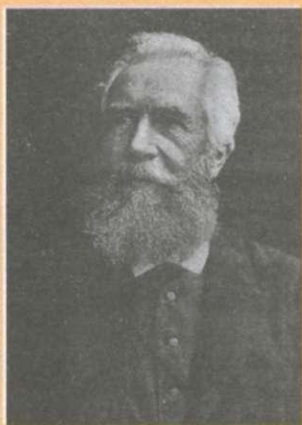


ТЕМА 1. ПОПУЛЯЦІЯ. ЕКОСИСТЕМА. БІОСФЕРА



§ 28. ЕКОЛОГІЯ ЯК НАУКА, ЇЇ ПРЕДМЕТ ТА ЗАВДАННЯ. СЕРЕДОВИЩЕ ІСНУВАННЯ

Терміни і поняття: екологія; принцип двоїстого стану організму в природі; аутоекологія; демоекологія; сінекологія; бентос; планктон; нейстон.



Мал. 104. Е. Геккель.

Що таке екологія. Нині слово *екологія* звучить так само часто, як ще кілька десятиліть тому слова *технічний прогрес*, *кібернетика*, *космонавтика*. І це не випадково. Якцо раніше людство своє майбутнє пов'язувало з технічним прогресом, розумними машинами та завоюванням космосу, то тепер у нього зовсім інші пріоритети. Необхідно зберегти природне середовище, перейти на поновлювані джерела енергії, забезпечити населення планети харчовими ресурсами, запобігти пандеміям нових, насамперед вірусних, хвороб. Усі ці глобальні проблеми називають екологічними. Це також не випадково, адже екологія — наука про життя.

Термін *екологія* (від грец. *οίκος* — дім, житло і *λογος* — розум, знання) запропонував у 1866 р. німецький біолог-еволюціоніст *Ернст Геккель* (1834—1899), сформулювавши його у такий спосіб: «під екологією ми розуміємо загальну науку про взаємовідносини організмів з навколишнім середовищем, куди ми відносимо у широкому сенсі всі умови існування». За задумом автора терміна, екологія мала досліджувати нові для тогочасної науки питання: конкуренція організмів у природі і, як наслідок, — їх боротьба за існування. Як ви пам'ятаєте, вони є дуже важливими постулатами еволюційної теорії Ч. Дарвіна (*пригадайте або спробуйте сформулювати поняття природного добору — ключове поняття цієї теорії*). Звідси випливає, що екологія замислювалася як доповнення до еволюційної теорії.

У жодному разі не слід вважати, що історія екологічних досліджень бере початок з другої половини XIX століття. Насправді усі описи життєдіяльності окремих організмів чи видів у природі, зроблені задовго до цього, сміливо можна

вважати екологічними дослідженнями. Більше того, на той час уже був зроблений ряд важливих екологічних узагальнень, зокрема такі: окремі живі організми та їх види живуть не поодинці, а обов'язково разом з особинами свого виду й іншими видами організмів; живі істоти заселяють усі можливі місця на Землі, але при цьому вони мають бути пристосованими до середовища життя. Особливе місце у цьому сенсі посідають роботи відомого російського біолога *Карла Францевича Рулье* (1814—1858). Йому належить формулювання **принципу двоїстого стану організму в природі**, згідно з яким будь-яка істота живе як сама по собі, так і є компонентом угруповання організмів.

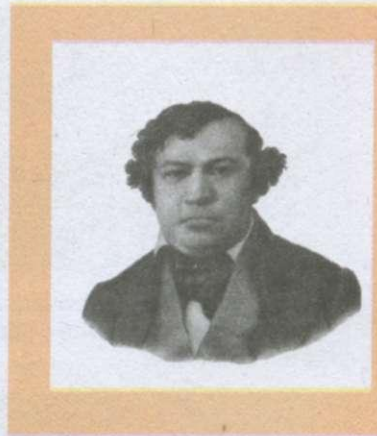
Саме слово *екологія* походить від давньогрецького *ойкос*, що означає *житло* й, по суті, дуже влучно відбиває зміст екології — науки про організми «у себе вдома», або точніше, про організми у природі, їх взаємини один з одним і неживими компонентами середовища життя. Об'єктом вивчення екології є і людина з усією її діяльністю.

Сучасна екологія стала настільки різноманітною й багатогранною наукою, що серед професійних екологів часто можна почути такий жарг: «Екологія — це те, чим займаюся я, і чим не займаєшся ти».

Предмет і завдання екології. Предметом екології є сукупність певним чином організованих і структурованих зв'язків між організмом і середовищем. Крім того, важливою складовою екологічних досліджень є практичне застосування здобутих знань про життя природи. Цілком очевидно, що не можна охороняти природу, користуватися її ресурсами, не знаючи, за якими законами вона живе і розвивається, як реагує на вплив людини і який об'єм ресурсів може взяти собі людство, щоб це не призвело до необоротних втрат. Усе це у кінцевому підсумку і є предметом екології.

Головним об'єктом екологічних досліджень є природні комплекси живих організмів і середовища їх життя. Виходячи з того, що жива матерія має кілька рівнів організації, предметом екологічних досліджень є: на організменому рівні — питання взаємодії середовища з окремими особинами; на популяційно-видовому — взаємодія сукупності особин одного виду, що живуть на певній території, між собою і з довкіллям; на біосферно-біоценотичному — угруповання різних видів, у яких ці види взаємодіють один з одним і з середовищем життя. Тому в екології зазвичай виділяють такі основні напрями: **аутекологія** (від грец. *аутос* — сам, *ойкос* і *логос*), що досліджує зв'язки окремого організму або виду організмів з навколишнім середовищем; **демекологія** (від грец. *демос* — народ, *ойкос* і *логос*); її ще називають популяційною екологією), у завдання якої входить вивчення структури та динаміки популяцій окремих видів; **синекологія** (від грец. *син* — разом, *ойкос* і *логос*), що вивчає життєдіяльність багатовидових угруповань тварин, рослин і мікроорганізмів у середовищі їх життя — лісах, річках, морях.

За завданнями, які постанали перед сучасною екологією, її можна поділити на загальну й прикладну.



Мал. 105. К. Ф. Рулье.



Мал. 106. Видра річкова — наземна тварина, яка почуває себе у воді, як риба.



Мал. 107. Метелик очняк квітковий, гусінь якого розвивається на злакових рослинах, є типовою наземною твариною.

або непрямий вплив. У середовище життя входять не тільки різні фізичні і хімічні (так звані абіотичні) компоненти, а й живі організми свого або іншого виду — біотична складова. Із середовища живі істоти дістають усе необхідне для життя (речовину та енергію) і в нього ж виділяють продукти свого метаболізму. Нині середовище життя кожного організму тією чи іншою мірою формує людина, її виробнича діяльність. При цьому одні компоненти навколишнього середовища життєво необхідні організму, інші справляють на нього негативний вплив, ще інші — байдужі.

За особливостями умов існування розрізняють три основних типи середовища життя, кожний з яких має свої ключові компоненти.

Наземне середовище життя — це поверхня суходолу. Тут живуть організми, які розмножуються і розвиваються або безпосередньо на поверхні землі або на рослинах, у тому числі й деревах. Але при цьому вони можуть пересуватися або полювати у воді (мал. 106) або повітрі (мал. 107).

Водне середовище життя включає не тільки океани, моря, річки, озера тощо, а й калюжі, порожнечі та капіляри ґрунту, заповнені водою. Для паразитичних найпростіших і багатьох бактерій середовищем життя є цитоплазма клітин багатоклітинних організмів. Особливістю водного середовища є те, що різні види організмів можуть розміщатися в ньому не в одній площині, як на поверхні суходолу, а в товщі, для чого в них виробилося пристосування. Ті, хто живуть на дні водойм, утворюють угруповання

Загальна екологія — розділ біологічної науки, який досліджує загальні закономірності взаємин живих організмів та їх середовища життя. У її завдання входить вивчення механізмів пристосування організмів до середовища існування, оцінка біологічної продуктивності і динаміки чисельності популяцій, розробка теорії стійкості і зміни екологічних систем.

Прикладна екологія займається розв'язанням важливих практичних завдань, що регулюють відносини людини і природи, зокрема: складання прогнозів і оцінка негативного впливу діяльності людини на природу, збереження і раціональне використання природних ресурсів; розробка інженерних, економічних, правових і соціальних заходів, покликаних зменшити тиск людини на природу, відрегулювати їх взаємини. Прикладну екологію у вітчизняній науковій літературі зазвичай називають *охороною навколишнього середовища* (охороною природи), а в англійській літературі — *енвайронменталізмом* (від англ. *environment* — навколишнє середовище).

Що таке середовище життя. Середовище життя — це частина природи, яка оточує живі організми і справляє на них прямий

організмів, яке називають **бентосом** (від грец. *бентос* — глибина), в товщі води — **планктоном** (від грец. *планктос* — блукаючий) (мал. 108), на поверхні — **нейстоном** (від грец. *неустос* — плаваючий) (мал. 109) (*пригадайте, які пристосування виробили водні тварини, яких відносять до цих трьох угруповань*). Вода є первинним середовищем життя, тут воно зародилося, звідси вийшло на суходіл.

Найбільш специфічним є *підземне середовище життя*. Для нього характерна висока щільність, дефіцит кисню й відсутність світла. У таких умовах можуть жити лише деякі організми. Це головним чином бактерії, а також гриби й окремі види та групи тварин: личинки комах, дощові черви, безногі земноводні (мал. 110) та деякі ссавці (мал. 111).

Сучасна екологія — наука про відносини організмів з іншими організмами та середовищем їх життя — є не тільки найважливішим напрямом сучасної біології, а й міждисциплінарною наукою, яка досліджує найскладніші проблеми взаємодії людини з навколишнім середовищем. Екологічні проблеми планетарного масштабу привели до «екологізації» природничих, технічних і гуманітарних наук, серед яких виникли: інженерна екологія, соціальна екологія, сільськогосподарська екологія, космічна екологія тощо. Очевидно, що нині термін «екологія» трактують набагато ширше, ніж кілька десятиліть тому.

Перевірте себе

1. Як найбільш правильно визначити, що таке екологія і що є предметом її вивчення?
2. У чому полягає суть принципу двоїстого стану організму в природі?
3. Які завдання постали перед загальною, а які — перед прикладною екологією?
4. У чому головна відмінність водного та наземного середовищ життя?

Як ви вважаєте?

1. Деякі вчені називають екологію економікою природи. Наскільки виправдане таке трактування?
2. У сучасних джерелах можна зустріти словосполучення екологія душі. Наскільки воно виправдане?



Мал. 108. Мікроскопічні водорості — головна складова фітопланктону.



Мал. 109. Клоп-водомирка — класичний представник організмів, що входять до складу нейстону.



Мал. 110. Черв'яга — безнога тропічна амфібія, яка веде підземний спосіб життя.



Мал. 111. Гризун сліпак піщаний, який веде ріючий спосіб життя, занесений до Червоної книги України.

§ 29. ЕКОЛОГІЧНІ ФАКТОРИ ТА ЇХ ВПЛИВ НА ЖИВІ ОРГАНІЗМИ

Терміни і поняття: біотичні, абіотичні й антропогенні екологічні фактори; груповий ефект; закон лімітуючого фактора; закон толерантності; коменсалізм; мутуалізм; алелопатія.

Що називають екологічними факторами. Все, що оточує живі організми, є *середовищем існування*, а окремі його компоненти й елементи, які безпосередньо або не прямо впливають на живі організми, є **екологічними факторами**. Умови середовища, що впливають на життя організмів, зазвичай поділяють на три великі групи: біотичні, абіотичні й антропогенні фактори.

Як живі організми впливають один на одного. Біотичні фактори — це найрізноманітніші форми впливу живих організмів один на одного та на середовище. Взаємини між організмами можуть бути прямими, але частіше мають замаскований, опосередкований характер.

Біотичні взаємодії можна поділити на внутрішньовидові й міжвидові.

Найбільш очевидними внутрішньовидовими відносинами є прямі конкурентні взаємини особин одного виду, що стосуються харчових ресурсів, притулку, місця для розмноження, боротьби самців за самку. До непрямих внутрішньовидових біотичних стосунків відносять, наприклад, так званий **груповий ефект**, згідно з яким живі організми можуть успішно жити й розмножуватися, лише перебуваючи у групі. При спільному житті тварин полегшується пошук ними їжі, вони ефективніше протистоять ворогам, у них простіше відбувається розмноження тощо. У вищих рослин легше відбувається запилення. У тварин і рослин, що живуть групами, зазвичай більша плідність, вища швидкість росту і розвитку. Вони навіть зовні можуть відрізнятися від своїх родичів, які ведуть усамітнений спосіб життя.

Міжвидові біотичні взаємодії набагато складніші й багатогранніші. Головними тут виступають **трофічні** (від грец. *трофе* — живлення) зв'язки, суть яких можна сформулювати дуже просто: «хто, чим або ким і в який спосіб живиться». Трофічні зв'язки можуть бути прямими і непрямыми.

Розрізняють й інші типи, як правило, безпосередніх міжвидових контактів особин або популяцій.

Конкуренція — це той випадок, коли, наприклад, особини одного (мал. 112) або різних видів змагаються за один ресурс. Конкурентами цілком можна вважати *рись, вовка й лисицю*: у них спільний об'єкт полювання — *засць білий*.

Хижацтво — взаємини між двома однаковими за рівнем організації істотами, одна з яких активно полює (хижак), а друга є об'єктом цього полювання (жертвою). Найбільше хижих істот у царстві тварин (мал. 113). Вони трапляються навіть

серед найпростіших (*подумайте, хто це*) і грибів. Останні живляться мікроскопічними личинками круглих червів. Є хижакі і серед рослин. Вони успішно приманюють комах (*пригадайте росичку*). Хижих створінь немає тільки в надцарстві прокаріотів. Адаже годуватися, активно захоплюючи здобич, через щільну клітинну оболонку бактерії просто не можуть фізично. Тому поглинають поживні речовини шляхом дифузії — поверхнею тіла.

Паразитизм (від грец. *паразитос* — нахлібник) є формою ворожих стосунків організмів різних видів, один з яких (паразит), поселяючись на тілі або в тілі іншого (хазяїна), живиться за його рахунок і заподіює йому відчутну шкоду. Паразитичні форми життя мають місце серед бактерій, грибів, квіткових рослин (мал. 114) (*пригадайте хоча б вічнозелену рослину омелу, що уражує верхівки дерев у наших містах*), найпростіших, різних червів і членистоногих. На відміну від хижака, який відразу вбиває свою жертву, паразит використовує свого хазяїна дуже довго й найчастіше це не призводить до смерті хазяїна, оскільки в разі подібного результату може загинути і сам паразит. Крім того, будувати свої відносини з навколишнім світом паразити доручають своїм хазяям.

Коменсалізм (від лат. *кін менса* — «за одним столом») є взаєминами між особинами різних видів, які їм не шкодять, проте й не дають користі. Розрізняють кілька форм таких взаємин.

Квартирантство — співжиття організмів різних видів, за якого один організм використовує іншого як житло й джерело живлення без шкоди для партнера. Звичайна у водоймах України рибка *гірчак* відкладає ікринки в мантийну порожнину двостулкових молюсків перлівниць і беззубок. Внаслідок цього ікринки, що розвиваються, захищені мушлею молюска, але їх присутність байдужа для хазяїна.

Нахлібництво є випадком, коли один вид тварини (коменсал) підбирає залишки з «панського стола» іншого — хазяїна, що дуже корисно для одного виду й абсолютно байдуже для іншого. Коменсалами є багато видів, що живляться падлом (гієни, грифи, ворони). А *риба-прилипала*



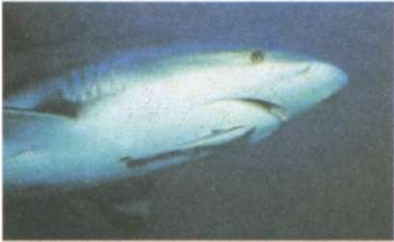
Мал. 112. Антагоністичні відносини між дорослими самцями бегемотів — чудова ілюстрація внутрішньовидової конкуренції.



Мал. 113. Вовки, мабуть, є найвідомішими хижаками.



Мал. 114. Рослина-паразит раффлезія не має справжніх коренів, стебла і листків, проте має найбільші квіти, маса яких сягає 9 кілограмів.



Мал. 115. Риба-прилипала, що «присмокталася» до тіла акули.



Мал. 116. Накипні лишайники здатні жити на голому камінні.

(мал. 115) взагалі вступила в настільки тісні відносини з акулами, що виробила для цього спеціальне пристосування. Прикріплюючись своїм плавцем-присоском до шкіри акули, вона не лише пересувається з її допомогою, а й живиться залишками трапези хазяїна.

Мутуалізм (від англ. *mutual* — обопільний) — рідкісний випадок взаємно корисного співжиття організмів різних видів. Яскравим прикладом цього є лишайники (мал. 116). Гіфи гриба постачають водорість водою і мінеральними речовинами, а водорість, здійснюючи фотосинтез, постачає грибу органічні речовини. Вважають, що саме завдяки цьому лишайники являють собою приклад ідеальних симбіотичних відносин організмів. Проте це не зовсім так. Гриб, що утворює тіло лишайника, не може обійтися без водорості і, по суті, бере її у «полон», тоді як водорість, що бере участь у симбіозі, віддає перевагу вільному життю. Наочнішим прикладом мутуалізму є взаємини жуйних ссавців і деяких видів інфузорій, що живуть у їх кишечниках. У такому випадку наявна однозначна двостороння вигода, оскільки ані інфузорії не живуть поза шлунком ссавця, ані ссавець без них не може обійтися.

Особливим випадком антагоністичних біотичних взаємин є **алелопатія** (від грец. *аллелон* — взаємно і *патос*) — властивість рослин, бактерій і мікроскопічних грибів виділяти біологічно активні речовини, які негативно впливають на життєдіяльність інших рослин або мікроорганізмів. До цієї групи речовин відносять антибіотики і фітонциди, що пригнічують ріст бактерій. Крім того, одні види рослин продукують особливі речовини, які можуть пригнічувати ріст інших. Не випадково у землеробстві прийняті сівозміни з чітко прописаними правилами, яку культуру за якою саджати.

Дія на організми факторів неживої природи. Абіотичні фактори — це впливи на організми неживої природи. Насамперед це різні кліматичні, а також геологічні (рельєф), географічні (ґрунт, течії, вітри) фактори, фізичні (радіація) і хімічні агенти (макро- і мікроелементи в ґрунті або у воді; газовий склад атмосфери) і навіть екологічні катастрофи (повені, пожежі). Кліматичні, фізичні та хімічні фактори впливають на організми безпосередньо, а геологічні або географічні опосередковано. Скажімо, близькість океану визначає вологий і м'який температурний режим прилягаючих до узбережжя територій.

Розглянемо основні кліматичні фактори й особливості їх впливу на живі організми.

Температуру, мабуть, слід вважати найважливішим кліматичним фактором, на який реагують усі без винятку організми. Як ви знаєте, від температури тіла залежить швидкість метаболізму. Чим вища температура, тим вища швидкість обміну речовин, росту, розвитку і дозрівання організму. Особливе значення має температура у зонах з холодним кліматом. Однак,

Тема 1. Популяція. Екосистема. Біосфера

як не парадоксально, більш критичною для життя організмів є верхня межа температур, ніж нижня.

Ще одним важливим фактором є енергія Сонця й освітленість. Сонячна енергія визначає не тільки температуру на поверхні Землі, а й є первинним джерелом енергії. Завдяки світловій енергії Сонця у рослин відбувається фотосинтез. Визначальним для життя організмів, особливо рослин, як правило, є нижній поріг освітленості.

Вода — ключова речовина живих систем. Кожна клітина у середньому на 80—85 % складається з води. Не випадково вологість середовища життя й, особливо, дефіцит прісної води, джерелом якої насамперед є опади, — визначальний фактор для життя багатьох організмів на суходолі.

Як правило, у природі на організм діє не один якийсь, а кілька факторів. Дуже часто важлива їх комплексна дія. Наприклад, вплив високої температури на організми буде набагато відчутнішим у дуже вологому або, навпаки, дуже сухому середовищі, тобто за критичних показників вологості.

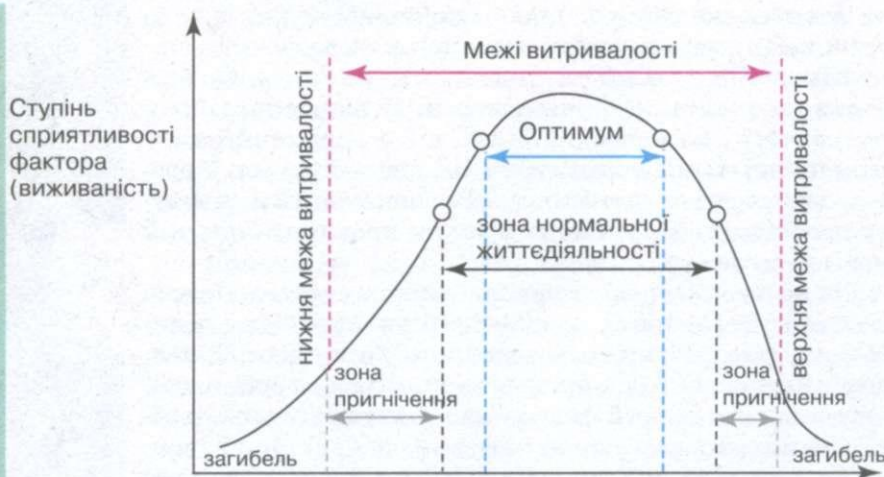
Лімітуючі екологічні фактори. Закон лімітуючого фактора. На будь-який живий організм у природі діє низка різних абіотичних факторів. Якщо взяти, наприклад, сосну, то її життєдіяльність визначають низька температура взимку і максимальна влітку, вологості, структура і хімічний склад ґрунту, кількість опадів, освітленість дерева, наявність і масовість паразитів та шкідників. Який саме з названих факторів найбільш визначальний для життя рослини?

Виявляється, відповідь на це запитання дає **закон лімітуючого фактора** (його також називають **законом мінімуму Лібіха** (мал. 117). Його у 1840 р., ще до появи терміна *екологія*, сформулював німецький хімік Юстус Лібіх (1803—1873). Проводячи експерименти з мінеральним живленням рослин, він встановив, що врожай сільськогосподарських культур насамперед залежить від необхідного рослині хімічного елемента, присутність якого в ґрунті є найменшою. Наприклад, якщо в ґрунті лише 20 % Фосфору від необхідної норми, Кальцію — 50 %, а Калію — 95 %, то низька продуктивність рослин на таких ґрунтах буде викликана нестачею найбільш дефіцитного елемента. Отже, якщо в ґрунт додати фосфор, то рослини почнуть швидко рости й інтенсивно розвиватися. А якщо додати скільки завгодно кальцію і калію, а фосфор залишити у колишній кількості, нічого не зміниться.

Відносно сосни ситуація з лімітуючим фактором виглядає таким чином. Дерево, що росте в тінистому лісі, насамперед потребує світла, тому скільки його не поливай, нічого не зміниться; на сухому піщаному ґрунті фактором, що обмежує процвітання, стане дефіцит води, а у болотистій місцевості — висока температура влітку.



Мал. 117. Унаочнення закону мінімуму — «бочка Лібіха». У процесі наповнення бочки вода починає переливатися через найкоротшу дошку, тому довжина інших дошок уже не має значення.



Мал. 118. Наочна ілюстрація закону толерантності Шелфорда.

Закон лімітуючого фактора звичайно формулюють таким чином: *для організму або популяції, які перебувають у стабільному стані, найбільш значущим є екологічний фактор, що перебуває на своїй мінімальній межі. Збільшення дози цього фактора веде до швидкої зміни стану біологічних систем.*

Закон толерантності (від лат. *толерантіа* — терпіння) **Шелфорда** — принцип екології, згідно з яким *лімітуючим фактором, що визначає процвітання організму, може бути як мінімум, так і максимум екологічного впливу; діапазон між крайніми значеннями і визначає ступінь толерантності організму до даного фактора.* Цей закон сформулював у 1913 р. американський еколог Віктор Ернест Шелфорд (1877—1968). Логіка закону очевидна: будь-який організм, у тому числі й людина, однаково некомфортно почуває себе, наприклад, при вкрай низьких або вкрай високих для нього температурних межах. Або такий приклад. Якщо кімнатну рослину поливати недостатньо, то вона так само погано ростиме, як і в умовах надмірного поливу. В останньому випадку рослина все одно залишатиметься кволою, але не через дефіцит води, а через те, що у постійно вологому ґрунті розмножаться анаеробні бактерії, ґрунт стане кислим, і коріння почне гнити. Іншими словами, і те, й інше може стати лімітуючим фактором, який визначає стан організму чи популяції.

Із закону толерантності випливає, що фактори середовища сприятливі за оптимального для даного організму рівня впливу, який зазвичай близький до середньої дії фактора (мал. 118). У цьому випадку організм ніби не помічає дії фактора. Причому чим ширші межі дії будь-якого фактора, за наявності якого даний організм може зберігати життєздатність, тим вища його толерантність до цього фактора. Тому організми, що мають

широкий діапазон толерантності до багатьох екологічних факторів, зазвичай поширені найбільше.


Вплив людини на живі організми як група особливих екологічних факторів. Діяльність людини вже давно стала глобальним екологічним фактором, що набув для всього живого на планеті такого самого значення, як температура, освітленість або вода. З одного боку, за своєю природою людина — біологічний вид, а тому її діяльність логічно розглядати як біотичний фактор. З іншого боку, вплив людини зовсім не такий, як інших живих істот. Людина не створює середовища існування, а руйнує його. Саме тому діяльність людини виділена в особливу групу **антропогенних (від грец. антропос — людина і генезіс) екологічних факторів.** Це всі ті види діяльності людини, насамперед господарської, які впливають на природне середовище, змінюючи умови існування живих організмів.

Востанні десятиліття у зв'язку з бурхливим розвитком техніки, ростом чисельності населення, збільшенням виробництва матеріальних благ уся планета зазнала негативного впливу людської діяльності. Це означає, що вона стала антропогенним середовищем існування. Підтвердити це положення дуже легко. Спеціальні аналізи показали, що токсичні речовини — **інсектициди** (від лат. *інсектум* — комаха й *цедо* — убиваю), які використовуються для боротьби із шкідниками, тепер можна виявити у найбільш віддалених куточках земної кулі — в Антарктиді або на Північному полюсі (мал. 119). Викиди вуглекислого газу в атмосферу стали причиною парникового ефекту й призвели до початку глобальної зміни клімату на всій планеті. А масове використання фторорганічних і хлорорганічних сполук з метаном і етаном — фреонів — у холодильних апаратах спричинило різке збільшення озонових дірок, крізь які проникає дуже небезпечно для живих істот жорстке ультрафіолетове випромінювання.

Різноманітні умови середовища існування, що справляють вплив на живий організм, прийнято називати екологічними факторами. Їх традиційно поділяють на три групи: біотичні, серед яких головними є трофічні відносини, а також абіотичні та антропогенні. Незважаючи на те що біологічні системи зазнають дії групи факторів, ключовими є ті, що перебувають на максимальній або мінімальній межі толерантності організмів. Такі фактори визначають стан біологічних систем і мають назву **лімітуючих факторів.**



Мал. 119. Найбільш сумновідомий інсектицид — ДДТ, сліди якого можна знайти навіть в Антарктиді.

 **Перевірте себе**

1. На які три групи поділяють екологічні фактори?
2. Які типи міжвидових взаємодій спостерігаються у природі?
3. Яким чином закон толерантності доповнює закон мінімуму?
4. Чому антропогенні фактори виділяють в особливу групу?



Як ви вважаєте ?

1. Чи є спалахи на Сонці екологічним фактором відносно таких видів, як лисиця, борсук або ведмідь?
2. Чи можна логіку законів мінімуму і толерантності перенести на людське суспільство?

§ 30. ПОПУЛЯЦІЯ ТА ЇЇ ВЛАСТИВОСТІ. БІОЛОГІЧНІ АДАПТИВНІ РИТМИ

Терміни і поняття: популяція; популяційний гомеостаз; сезонність життєвих явищ; структура популяції; чисельність популяції; сезонна і багаторічна динаміка чисельності; спалахи чисельності популяцій; хвилі життя; біологічні ритми; біологічний годинник.

Поняття популяції. Жодний вид організмів не здатний жити самотньо. І справа не лише у взаємодопомозі живих істот, яку в екології прийнято називати ефектом групи, а й у тому, що організми певного виду завжди прагнуть зайняти найбільш придатні для них місця проживання. Саме на таких ділянках ареалу концентруються особини, які утворюють популяцію. Термін походить від англійського слова *population* — населення. Справді, на практиці найчастіше популяцію визначають як ізольоване поселення організмів одного виду, прив'язане до конкретної території або акваторії (мал. 120).

Чітких рекомендацій щодо розміру території, яка має підходити для популяції, не існує. Багато в чому це залежить від біологічних особливостей виду. Приміром, популяцією можна вважати: колонію *сріблястої чайки*, що розміщується на одному острові, або кілька її колоній на прилеглих островах, або поселення цього виду в одній великій затоці, або навіть на узбережжі усього моря. Тому дуже часто межі між популяціями умовні й визначаються відповідно до мети і завдання наукового дослідження.

Чим простіший організм і чим сильніша його залежність від умов існування, тим більшою мірою межі його розселення визначаються умовами середовища. І навпаки, чим розвиненіша, рухливіша й розумніша істота, тим більше значення під час формування популяції набуває ефект групи (поведінкові та соціальні фактори). Зазвичай межі популяцій чітко окреслені у нерухомих організмів — рослин або грибів. Вони самі не здатні активно вибирати місця проживання, а тому концентруються на ділянках з відповідними умовами існування.

Уявімо популяцію вікових дубів де-небудь в Українському Поліссі. Вони є середовищем життя для величезної кількості комах, у тому числі й жуків-короїдів, для яких дерева є не тільки джерелом їжі, а й притулком. У цих дубах жуки розмножуються, під корою або у деревині розвиваються їх личинки і ховаються лялечки. У такий спосіб тут формується популяція короїдів. Ясна річ, що й інші популяції цього виду будуть також прив'язані до дібров і залишатимуться у певних межах протягом багатьох років.

У травні—червні у дупластих деревах таких лісів, що дуже підходять для обладнання гнізд, формуються популяції птахів-дуплогнізників, наприклад *синиці великої* — одного з найчисленніших видів наших лісів. Однак із середини літа молоді синиці разом із батьками, утворивши невели-

кі зграйки, починають кочувати усім лісом. Ближче до зими зграйки зливаються і навіть утворюють змішані зграї з іншими видами синиць (до великих синиць часто прибиваються *синиці блакитні, гайчки, довгохвості синиці*). У пошуках їжі такі зграї залітають у населені пункти й міста. Очевидно, що ключовими для підтримки співтовариства таких рухливих й досить розумних істот, як синиці, багато в чому є соціальні відносини.

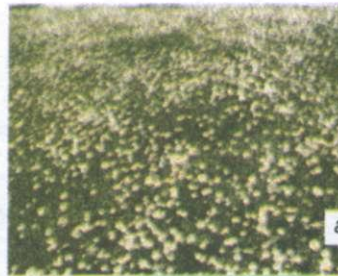
Такі самі рухливі, мобільні популяції, чітко не прив'язані до одного місця проживання, утворюють не тільки птахи, а й багато видів риб і ссавців. Для їх позначення у біології використовують терміни: згряя, стадо, табун, косяк (у риб), клин (у журавлів).

Таким чином, у різних видів організмів, залежно від сезону, стадії, життєвого циклу, можуть бути дуже різні за структурою і своїм положенням популяції.

Виявляється, не тільки багатоклітинні організми: гриби, рослини або тварини, а й навіть бактерії, воліють жити групами. Останнім часом уявлення про бактерії як про одноклітинні поодинокі організми істотно змінилося. Встановлено, що найбільш природною формою існування мікроорганізмів є біоплівка — щось на зразок колоніального утворення. Всередині біоплівки мікроорганізми проявляють різні форми соціальної поведінки: здатність до спілкування, до формування багатоклітинного колективу, структура якого нагадує співтовариство вищих тварин. Нині встановлено, що у стані біоплівки перебуває 90 % усіх мікроорганізмів.

Репродуктивні відносини у популяціях. Багато вчених, особливо генетики та еволюціоністи, ключовою властивістю популяції вважають можливість особин, які її складають, вільно схрещуватися одна з одною і навіть розглядають це як головний критерій популяції. Такі поселення особин одного виду, в яких самці і самки мають рівні шанси зустрітися у шлюбний період і залишити потомство, прийнято називати *панміктичними* (від грец. *пан* — усі і *міксіс* — змішання) популяціями (мал. 121). Важливою характеристикою такої популяції є те, що кожна особина, яка до неї входить, має свій особливий генотип. Зрозуміло, що ймовірність схрещувань самок і самців однієї популяції набагато вища, ніж особин з різних популяцій. Тому вважається, що кожна популяція може сформувати свій особливий генофонд.

Природні популяції не бувають на 100 % панміктичними. Так само, як у людському суспільстві не кожний чоловік може утворити подружню пару з жінкою, яка йому сподобалася, так і в популяціях тварин і рослин існує певна вибірковість схрещувань.



Мал. 120. Різноманітні сукупності організмів одного виду (а — ромашки на полі; б — колонія пінгвінів; в — клин журавлів у небі; г — стадо тихоокеанського лосося — нерки, що йде на нерест) можна називати популяціями.



Мал. 121. Населення мегаполісу — один з прикладів панміктичної популяції.

Причини можуть бути різні: і нерівне співвідношення особин різної статі в популяціях тварин, коли самцям, а іноді навіть і самкам, для розмноження не вистачає партнера; і генетична несумісність, наприклад пилку й маточки в рослин, викликана наявністю специфічних білків у клітинних мембранах; і різні етологічні й соціальні перепони (*пригадайте, у більшості видів мавп самець-ватажок має свій гарем, до якого ні в якому разі не підпускає інших самців*). Проте, незважаючи на те, що в популяціях більшості амфіміктичних видів тварин і багатьох рослин існують обмежен-

ня на вільні схрещування, панміксія реалізується більш ніж на 90 %. Це приводить до того, що кожна особина популяції має свій особливий генотип.

Крім того, слід урахувати, що репродуктивні критерії популяції не підходять для організмів, розмноження яких відбувається без статевого процесу. Це насамперед стосується багатьох одноклітинних організмів або партеногенетичних видів, у яких потомство — клони. Також ці критерії не підходять і до самоплідних організмів: самозапильних рослин або, наприклад, цип'яків. Як ви пам'ятаєте, потомство таких організмів рано чи пізно перетворюється на чисту лінію, в якій всі особини генетично однакові.

Структура популяції. Кожна популяція складається з особин хоч і одного виду, але чимось унікальних, які відрізняються одна від одної: генотипами, розмірами, плідністю, віком, статтю. Причому в цій різноманітності особин існує певний порядок, який і називають **структурою популяції**.

Очевидно, що генетичну структуру популяції визначає спосіб розмноження її членів. Якщо репродукція здійснюється нестатевим шляхом або партеногенезом, то популяція являє собою клон або суміш кількох клонів. Якщо у популяції яйцеклітини одних особин запліднюють сперматозоїди інших, то кожна особина матиме унікальний генотип, навіть якщо в популяції не всі, а тільки частина схрещувань є випадковими.

Важливим компонентом структурної організації популяції є співвідношення особин різного віку. Зазвичай у популяціях незрілих особин і особин молодшого віку завжди більше, ніж дорослих, а тим більше старих. У цій закономірності можна переконатися самому: досить легко наловити кілька десятків цього-річних щучок розміром ледь більше пальця, набагато рідше попадаються дорослі щуки масою 2—3 кг, а гігантські особини по 10 і більше кілограмів — взагалі рідкість. Ту саму закономірність можна простежити й у світі рослин. У наших лісах, як правило, на один столітній дуб припадають сотні молодих рослин, багато з яких ще навіть не вступили в плодоносіння.

Але буває й так, що популяції старіють. У таких популяціях пригнічене розмноження, що є ознакою їх неблагополуччя. Може бути й протилежна ситуація, коли у популяції майже не трапляються дорослі й старі особини. У промислових тварин така ситуація пояснюється масовим винищенням дорослих особин.

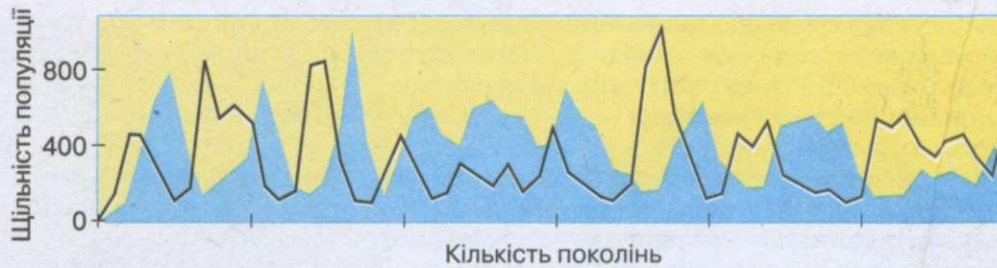
Ще одним показником популяційної структури є співвідношення статей. В ідеальних умовах співвідношення самок і самців має бути не рівним, а ледь зрушеним у бік збільшення частки самок. За такого співвідношення статеве розмноження буде найефективнішим. Не випадково приблизно таке саме співвідношення чоловіків і жінок спостерігається у репродуктивно зрілих частинах більшості популяцій людини.

Проте близьке до рівного співвідношення статей спостерігається далеко не в усіх видів тварин. Більше того, у різних популяціях одного виду співвідношення статей може варіюватися у досить широких межах. Така закономірність відзначена у випадках дуже численних і щільних популяцій. Коли тваринам не вистачає ресурсів, у їх популяціях зростає частка самців, якщо ж навпаки — самок. Адже кількість самок у популяції й визначає успіх розмноження. Якщо самки в дефіциті, то чимало самців виявляються поза процесом розмноження, зменшуючи його ефективність, отже, подальше зростання чисельності популяції обмежується. І навпаки, якщо самок багато — всі особини популяції беруть участь у розмноженні. У таких випадках кількість особин у популяції швидко зростає. Ця залежність співвідношення статей і щільності й чисельності особин у популяції є важливою складовою популяційного гомеостазу, що забезпечує стабільність популяції.

Популяційна динаміка та її причини. Головною характеристикою будь-якої популяції є її чисельність, тобто кількість особин, які її складають. **Чисельність популяції** — дуже динамічний показник, що постійно змінюється за сезонами і роками.

Сезонні зміни чисельності мають місце у популяціях тварин, які живуть у тих частинах земної кулі, де відбувається зміна пір року і є **періодизація життєвих явищ** (пригадайте, що позначають цим терміном), зумовлена тим, що одні сезони сприятливі для розмноження, а інші — ні. Саме тут, насамперед в організмів, життєвий цикл яких становить кілька місяців (дрібних ракоподібних, багатьох видів комах, мишоподібних гризунів), відбувається **сезонна динаміка чисельності**. У результаті протягом сприятливого сезону відбувається один або кілька циклів розмноження, після кожного з яких популяція різко збільшує чисельність. Причому найчастіше, коли в межах однієї популяції не вистачає місця молодим, вони починають мігрувати у сусідні або навіть утворюють нові популяції. У несприятливий для життя і розмноження зимовий період відбувається падіння чисельності й до весни популяція повертається в ті самі межі чисельності, які мала навесні попереднього року. Цей циклічний процес зміни структури популяцій повторюється щороку.

Не тільки пори року, а й різні роки відрізняються за своїми умовами. Рік з ранньою холодною весною й дощовим літом сприятливий для життя вологолюбних організмів, а з пізньою дружною весною і спекою влітку підходить для посухостійких теплолюбних організмів. У результаті в різні роки активно розмножуються ті або інші види організмів, а за дуже сприятливих умов



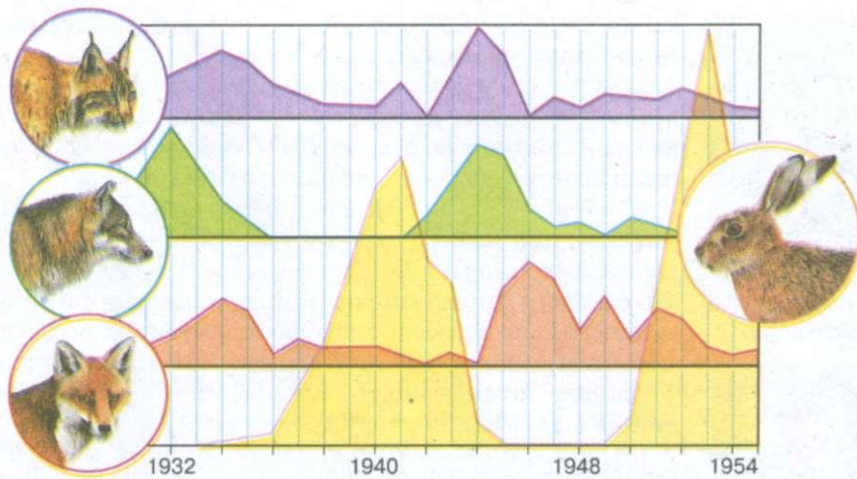
Мал. 122. Коливання чисельності хазяїв жука-довгоносика (синій фон) і паразита — наїзника (чорна лінія) протягом 60 років.

відбуваються **спалахи чисельності** популяцій. У таких випадках кількість особин може зростати в сотні й тисячі разів. Очевидно, що роки зі сприятливими умовами змінюються несприятливими й за підйомом відбувається падіння чисельності популяцій. Ця особливість популяцій періодично рік у рік змінювати свою чисельність дістала назву **багаторічної динаміки чисельності**. Її можна зобразити графічно у вигляді синусоїди, періоди якої відповідають підйому й падінню чисельності популяцій (мал. 122).

Уявімо собі: рік активного Сонця, підвищена сонячна радіація стимулює фотосинтез і високу продуктивність трави на луках. Трава — найкраща їжа для полівок. Очевидно, що в разі її надлишку полівки швидше ростуть і дозрівають, частіше розмножуються, причому в кожній генерації самки дають більше потомків, ніж звичайно. Якщо до цього ще додається й м'яка сніжна зима, в умовах якої вони не припиняють розмножуватися, то на початку літа відбудеться спалах їх чисельності. Оскільки полівки — це головний об'єкт живлення хижих птахів (сов, лунів, канюків) і звірів (ласок, горностаїв, лисиць), то слідом за збільшенням чисельності полівок обов'язково відбудеться зростання чисельності хижаків, які ними живляться. Зазвичай підйоми чисельності популяцій у багаторічній динаміці відбуваються з певною періодичністю. У полівок, наприклад, підйоми чисельності чергуються кожні 3—5 років, відповідно піднімається й падає чисельність хижаків (мал. 123).

Ще на початку минулого сторіччя відомий біофізик А. Л. Чижевський встановив, що спалахи інфекційних хвороб мають чітку 33-річну й 11-річну періодичність. За його спостереженнями, зменшення сонячної активності збігається зі спадами захворюваності. Він пояснив цей феномен впливом сонячної активності на популяції мікроорганізмів за рахунок потоку іонізуючого випромінювання.

Найбільш очевидною причиною змін чисельності популяцій є періодичні зміни факторів середовища існування. Проте, як показало моделювання на лабораторних популяціях, навіть у стабільних умовах середовища обов'язково спостерігаються періодичні зміни чисельності популяцій. Якщо у величезну за розмірами клітку помістити кілька десятків мишей і щодня давати їм чітко визначену кількість води та їжі, якої більш ніж достатньо для спокійного життя популяції, то вони почнуть розмножуватися. Через кілька поколінь, коли чисельність мишей перейде за сотню, їм вже не буде вистачати ані води, ані їжі. Крім того, за високої щільності популяції почнуть розвиватися інфекції. Народжуваність стане значно меншою за смертність, і популяція почне різко знижувати свою чисельність. У таких умовах виживуть найсильніші й найвитриваліші особини,



Мал. 123. Динаміка чисельності зайця білого і хижаків (рисі, вовка і лисиці), здобиччю яких він є, протягом 30 років.

яким згодом вже буде цілком вистачати життєвих ресурсів. У популяції знову народжуваність перевищить смертність, розпочнеться інтенсивне розмноження, і популяція почне збільшуватися доти, поки вистачатиме ресурсів.

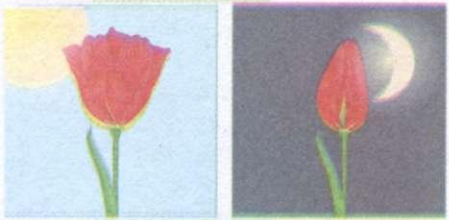
Відповідно до того, як змінюється чисельність популяції, перетворюється і її структура. У популяції, яка перебуває на підйомі чисельності, більшу частину становлять молоді особини, в ній зазвичай більше самців. У популяції, що перебуває у стані депресії, навпаки, переважають дорослі й старі особини і зазвичай більше самок.

Періодичні зміни чисельності популяцій та їх структури дістали назву **хвиль життя**. Особливо помітні хвилі життя у плодючих тварин, які швидко дозрівають, а саме у комах і гризунів. Сумну популярність завдяки своїй особливості давати спалахи чисельності популяції здобула *перелітна сарана* (мал. 124). Описи її спустошливих нальотів можна знайти навіть у Біблії. Велику небезпеку людям несуть і різкі підйоми чисельності мишоподібних гризунів, за якими звичайно йдуть спалахи небезпечних інфекційних захворювань, насамперед *туляремії* й *лептоспірозу*.

Адаптивні ритми популяцій і організмів. Життя будь-якого організму складається з **біологічних ритмів** — повторюваних змін характеру його життєдіяльності. Розрізняють два типи біологічних ритмів. **Внутрішні ритми** засновані на періодичних фізіологічних процесах, що протікають усередині організму (дихання, серцеві скорочення тощо). В організмі людини, приміром, розрізняють не менш ніж 300 ритмічних процесів, які й утворюють **біологічний годинник** — здатність відчувати час. Причому організм за своїм біологічним годинником відлічує власний, а не астрономічний час, хоч у ряді випадків



Мал. 124. Сарана перелітна під час масового розмноження.



Мал. 125. Типовий приклад циркадних ритмів. Квітка тюльпана, як і багато інших, сонячним днем відкривається, а вночі чи у похмуру погоду закривається.



Мал. 126. Весна (а) і осінь (б), мабуть, є найкращими прикладами фотоперіодизму у рослин.

показники біологічного й астрономічного годинників можуть збігатися.

Другу групу біологічних ритмів формують *адаптивні біологічні ритми*, виникнення яких пов'язане з необхідністю пристосовуватися до періодично змінюваних умов навколишнього середовища.

Добові, або, як їх ще називають, *циркадні ритми*, пов'язані з пристосуванням організму до зміни дня і ночі, а тому в більшості видів мають 24-годинну циклічність. До циркадних ритмів відносять не тільки фази фотосинтезу в рослин або зміну сну й рухової активності у тварин, а й навіть інтенсивність клітинних поділів, яка також залежить від часу доби (мал. 125).

Місячні біоритми пов'язані з фазами місяця. Їх період відповідає місячному циклу (29,5 доби) або місячній добі (24,8 годин). Оскільки місячні ритми впливають на припливи й відпливи, то вони добре помітні у морських рослин і тварин, які живуть у припливній зоні (наприклад, відкривання й закривання мушлів двостулкових молюсків). Добре помітні місячні ритми й при культивуванні мікроорганізмів. Позначаються вони і на поведінці людей. Вже давно відзначено, що у період молодика зростає, наприклад, кількість серцевих нападів тощо.

Особливу роль у житті організмів помірної зони відіграють *сезонні ритми* (мал. 126). Причиною їх є не тільки різкі контрасти літніх і зимових температур, а й зміни довжини світлового дня. Саме цей фактор, а не висока чи низька температура навесні зумовлюють строки пробудження дерев після зими, а потім визначають період цвітіння й навіть плодоносіння. Подовження світлового дня взимку служить для багатьох звірів сигналом до початку гону, а його скорочення влітку для більшості перелітних птахів сповіщає: пора на південь. Реакція організму на тривалість світлового дня дістала назву *фотоперіодизму*.

Те, що світловий день важливіший за температуру, свідчать такі приклади. Перші трелі синиці часто можна почути вже у перших числах січня, коли світловий день тільки починає збільшуватися, хоч тривають різдвяні морози. Молоді солов'ї починають відкочовувати на південь ще в середині липня, коли літо в розпалі, але довжина світлового дня пішла на спад.

Популяція — населення особин одного виду, що живуть на конкретній території — являє собою дуже динамічну систему. Ключовим показ-

ником будь-якої популяції є її чисельність, яка багато в чому залежить від факторів середовища й обов'язково змінюється залежно від сезону й за роками. В останньому випадку прийнято говорити про хвилі життя.

Перевірте себе

1. Як правильно визначити, що таке популяція?
2. Що таке репродуктивні критерії виділення популяції, для яких організмів вони не підходять?
3. Чи можна називати сезонні зміни чисельності особин у популяціях хвилями життя?
4. Що таке циркадні ритми?

Як ви вважаєте ?

1. Чи змінюватиметься генетична структура популяції в разі різкого підвищення чи зниження її чисельності, а якщо буде змінюватися, то яким чином?
2. Згідно з теорією відносності Ейнштейна час на Землі й у космічному кораблі, що рухається з близькою до світлової швидкістю, тече не однаково. Тому в багатьох фантастичних романах можна прочитати, що космонавти, які повернулися на Землю після мандрівок, залишилися молодими, тоді як їхні однолітки на Землі зістарилися. Отож чи є біологічний сенс у цих міркуваннях?

§ 31. ПОНЯТТЯ ПРО ЕКОЛОГІЧНУ СИСТЕМУ

Терміни і поняття: екосистема; продуценти; консументи; редуценти; біоценоз; біотоп; біогеоценоз; консорція; біом; біота; біосфера; екологічна ніша; принцип конкурентного витиснення.

Екологічна система, її складові. Кожний, хто хоч трохи цікавиться життям природи, чітко уявляє, що життєдіяльність організмів зумовлена не лише різними абіотичними (температурою, солоністю, киснем, магнітним полем Землі, світлом, ґрунтом, вологістю), а й біотичними факторами, тобто взаєминами різних видів живих організмів. У результаті між популяціями різних видів організмів, які живуть у певних кліматичних, фізичних і хімічних умовах, виникають чітко структуровані закономірні зв'язки. Ці зв'язки організмів один з одним та з абіотичними компонентами середовища життя формують **екологічну систему (екосистему)** (мал. 127).

Будь-яка екосистема складається з таких компонентів:

- кліматичний режим, хімічні й фізичні характеристики середовища;
- неорганічні речовини (макроелементи і мікроелементи) та деякі органічні речовини, що формують гумус (від лат. *гумус* — земля) ґрунту;
- **продуценти** (від лат. *продуценс* — той, що створює) — виробники органічної речовини: автотрофні організми, головним чином зелені фотосинтезуючі рослини;
- **консументи** (від лат. *консуменс* — той, що споживає) — споживачі органічної речовини: тварини, паразитичні гриби і бактерії, які споживають створену рослинами органічну речовину;
- **редуценти** (від лат. *редуцетис* — той, що відновлює) — бактерії і гриби, котрі руйнують мертві тіла або відпрацьовану органічну речовину до стану простих неорганічних сполук (води, вуглекислого газу, оксидів сірки та ін.), які здатні засвоювати рослини.