

Ніжинський державний університет
імені Миколи Гоголя

Г. М. Лисенко, С. В. Пасічник

ЕКОЛОГІЯ ТВАРИН

*Навчально-методичний посібник для студентів
біологічних спеціальностей*

Ніжин
2017

УДК 591.52:502.74
Л27

Рекомендовано Вченою радою
Ніжинського державного університету імені Миколи Гоголя
(НДУ ім. М. Гоголя)
Протокол № 3 від 26.10.2017 р.

Рецензенти:

Марисова І. В. – професор кафедри біології Ніжинського державного університету імені Миколи Гоголя, заслужений діяч науки і техніки України;

Лобань Л. О. – доцент кафедри біології Ніжинського державного університету імені Миколи Гоголя кандидат біологічних наук

Лисенко Г. М.

Л27 Екологія тварин : навч.-метод. посібн. для студентів біологічних спеціальностей / Г. М. Лисенко, С. В. Пасічник. – Ніжин : НДУ ім. М. Гоголя, 2017. – 35 с.

Даний посібник призначений для студентів природничо-географічного факультету НДУ імені Миколи Гоголя.

Мета посібника – допомогти студентам у вивченні екології тварин.

УДК 591.52:502.74

© Г.М.Лисенко, С.В.Пасічник, 2017
© НДУ ім. М. Гоголя, 2017

ЗМІСТ

Вступ	4
1. Вихідні положення	5
2. Світло як екологічний фактор	7
2.1. Адаптації тварин до світла.....	8
3. Вологість як екологічний фактор	10
3.1. Адаптації тварин до вологості.....	11
3.2. Способи орієнтації тварин у водному середовищі.....	13
4. Температура як екологічний фактор	15
4.1. Адаптації тварин до температури	17
5. Завдання для самостійної роботи	25
6. Екологічні задачі	26
7. Тести	29
8. Словник-мінімум екологічних термінів	31
Література	34

ВСТУП

Логічним продовженням дисципліни "Загальна екологія" є курс "Екологія рослин і тварин", основною метою якого є розширення та поглиблення знань про особливості адаптаціогенезу представників Царств Рослини (*Plantae*) та Тварини (*Zoo*). Даний посібник акцентує увагу студентів на представниках Царства Тварини та конкретизує інформацію про особливості морфогенезу та специфіку перебігу процесів функціонування живих систем, що відбуваються на організменному, популяційному та біоценотичному рівнях організації.

З понад більш ніж 3000 лише прямо діючих екологічних чинників авторами запропоновано до розгляду лише три екологічні фактори – світло, температуру та вологість. Однак саме по відношенню до них йшла еволюція біоти на планеті, а їх адитивна дія визначає формування природно-кліматичної зональності та розподіл видів та надвидових угруповань на континентах. Фізичний зміст екологічних режимів охарактеризовано побіжно. Особлива увага приділяється специфіці адаптацій тварин до даних чинників середовища. Наводяться численні класифікації організмів, що дозволяє студентам впорядковувати отриману інформацію. Безсумнівною перевагою навчально-методичного посібника є наведення багатьох конкретних прикладів, що, у певній мірі, персоніфікує значні масиви даних і сприяє формування у студентів континуальної картини еволюційного адаптаціогенезу біоти Землі.

Текст навчально-методичного посібника цілком узгоджується з навчальним планом та програмами з даної дисципліни, що відповідно до кредитно-модульної системи передбачають використання принципу максимальної самостійності у роботі студентів не лише з літературою, а й під час роботи в аудиторіях при проведенні лабораторних занять. Зазначене вище дозволить читачам краще засвоїти основні екологічні поняття та закони, ознайомитись з основними шляхами адаптаціогенезу тварин до лімітуючих екологічних чинників.

1. Вихідні положення

Виходячи із визначення класика екології Ю. Одума екології як синтетичної біологічної дисципліни про взаємозв'язки живих організмів із середовищем їх існування, основним змістом даної галузі знань є дослідження взаємовідносин організмів із навколишнім середовищем на організменному, популяційно-видовому, біоценотичному та екосистемному рівнях організації. Натомість, об'єктами досліджень в екології тварин є представники Царства Zoo як окремі індивіди, їх популяції, зооценози та тваринне населення у широкому сенсі.

Основні дефініції:

Тварини – царство переважно багатоклітинних еукаріотичних (ядерних) організмів, однією з найголовніших ознак якого є гетеротрофність (тобто, споживання готових органічних речовин) та здатність активно рухатись. Однак тварини не завжди ведуть активний спосіб життя і є гетеротрофами. У клітинах тварин (як і інших еукаріотів) міститься сформоване ядро. До тварин належать ссавці, птахи, риби, комахи, павукоподібні, молюски, морські зірки, черви тощо.

Характерні ознаки тварин:

- гетеротрофне живлення;
- рухливість, активність;
- мінлива форма тіла;
- зростання, що обмежене певним періодом життя (до формування дорослого організму);
- подразливість у вигляді таксисів (у одноклітинних) і рефлексів (у багатоклітинних);
- у клітинах відсутні клітинні стінки, пластиди, великі вакуолі;
- основною запасуючою речовиною є глікоген.

Середовище існування – це та частина природи, яка оточує живий організм і з якою він безпосередньо взаємодіє. Будь-яка жива істота живе в складному і мінливому світі, постійно пристосовуючись до нього і регулюючи свою життєдіяльність відповідно до його змін.

Адаптація – сукупність реакцій живих організмів, які визначають їх здатність пристосовуватись до квазістабільних умов навколишнього середовища, від короткочасних відповідей до генетичних змін, закріплених природнім добром, що забезпечують стійкість біотичних систем як до екзогенних та ендогенних збурень протягом онтогенезу, що забезпечує існування виду у часі. Здатність до адаптацій – одна з основних властивостей живої матерії, адже забезпечує саму можливість її існування, можливість організмів виживати і розмножуватися.

Екологічним фактором (ЕФ) називають будь-який елемент середовища, який спроможний справляти прямий вплив на живі організми, протягом хоча б однієї з фаз їх індивідуального розвитку.

За характером впливу на організм розрізняють екологічні фактори, які діють прямо (безпосередньо впливають на обмін речовин, розвиток) та опосередковано (впливають на організм через зміну інших факторів). Але один і

той же фактор може діяти як прямо (дія тепло на ріст), так і опосередковано (дія тепла на вологість ґрунту і через неї – опосередковано – на водний режим рослини).

Діапазон дії екологічного фактора обмежений точками мінімуму і максимуму, які відповідають крайнім значенням даного фактору, при яких можливе існування організму. Точка на осі абсцис, що відповідає найкращим показникам життєдіяльності організмів, означає оптимальну величину фактора – це **точка оптимуму**. Частіше говорять про **зону оптимуму**, або – у більш широкому значенні – про зону комфорту. Крайні ділянки кривої, що показують стан пригнічення при різкій нестачі або надлишку фактора, називають **зонами песимуму**. Поблизу критичних точок лежать абсолютні величини фактора, а за межами зони дії фактора – летальні.

Межі витривалості між критичними точками називають **екологічною валентністю**. Види з низькою екологічною валентністю можуть переносити лише обмежені варіації ЕФ. Їх називають **стенотопними (стенотермними, стенобарними** тощо). Види, що здатні заселяти різноманітні екотопи, які характеризуються широкою амплітудою величин ЕФ називають **евритопними (евритермними, евригалінними** тощо).

Екологічний спектр виду. Ступінь витривалості до будь-якого фактору не означає відповідної екологічної валентності по відношенню до інших факторів. Екологічні валентності виду по відношенню до різних факторів можуть бути дуже різноманітними, що створює величезну кількість адаптивних реакцій в природі. Сума окремих валентностей відносно різних факторів середовища складає екологічний спектр виду. Екологічні спектри різних видів не співпадають, тому що навіть у близьких видів (за способами пристосування) існують відмінності відносно окремих факторів.

Взаємодія факторів. Оптимальна зона та межі витривалості організмів відносно будь-якого фактору середовища можуть змішуватись в залежності від адаптивної (одночасної) дії інших факторів. Таким чином, один і той же ЕФ в поєднанні з іншими виявляє дещо відмінний екологічний вплив. Разом з тим, взаємна компенсація факторів середовища має певні межі і замінити один екологічний чинник не може.

Правило обмежуючих факторів. Фактори середовища, які найбільш віддалені від оптимуму утруднюють можливості існування виду в даних умовах. Якщо хоча би один з екологічних чинників наближується або виходить за межі критичних величин, то особинам загрожує загибель. Такі фактори середовища набувають головного значення в життєдіяльності виду або окремих його представників. Обмежуючі фактори середовища визначають географічний ареал виду. Природа цих факторів може бути різноманітною.

У випадку, коли який-небудь з факторів, що складають умови існування, має мінімальне значення, то він обмежує дію решти факторів і визначає кінцевий результат дії середовища на організм; змінити цей результат можна лише дією на обмежуючий (лімітуючий) фактор. Цей "**Закон обмежуючого фактора**" спочатку був сформульований у агрономії (Ю. Лібіх, 1840). Було помічено, що при нестачі у ґрунті або поживному розчині одного з необхідних хімічних елементів, ніякі добрива, що містять інші елементи, не покращують стан рослини, і

лише добавка "іону в мінімумі" дає позитивні результати (підвищення врожаю, поліпшення росту).

У всьому різноманітті пристосувань живих організмів до несприятливих умов середовища можна виділити три основних шляхи.

Активний шлях – це підсилення опору, розвиток регуляторних процесів, що дозволяють здійснити всі життєві функції організмів, незважаючи на відхилення екологічних факторів від оптимуму.

Пасивний шлях – підпорядкування життєвих функцій організму ходу зовнішніх факторів. Це призводить до пригнічення життєдіяльності, що сприяє економному використанню фактору, який є обмеженим. Компенсаторно підвищується стійкість клітин і тканин організму.

Уникнення несприятливих екологічних факторів – третій можливий шлях пристосування до середовища. Загальний спосіб для всіх груп організмів – вироблення таких життєвих циклів, при яких найбільш уразливі стадії розвитку завершуються у найсприятливіші за екологічними факторами періоди року.

Останній шлях властивий організмам тою чи іншою мірою і при активному, і при пасивному шляху адаптації до середовища.

2. Світло як екологічний фактор

Всім живим організмам на Землі необхідна енергія для процесів життєдіяльності. Основним її джерелом є сонячна радіація, на долю якої приходить 99,9 % в загальному балансі енергії Землі. Якщо прийняти сонячну енергію, що досягає Землі за 100 %, то приблизно 19 % її поглинається при проходженні через атмосферу, 34 % відбивається в зворотному напрямку в космічний простір і 47 % досягає земної поверхні у вигляді прямої і розсіяної радіації. Пряма сонячна радіація – це континуум електромагнітного випромінювання з довжиною хвиль від 0,1 до 30 000 нм. На ультрафіолетову частину спектра приходить від 1 до 5 %, на видиму – від 16 до 45 % і на інфрачервону – від 49 до 84 % потоку радіації, що падає на Землю.

Видиме світло, інфрачервоне і ультрафіолетове випромінювання розрізняються за біологічною дією. З ультрафіолетових променів до Землі доходять тільки довгохвильові (290–380 нм), а короткохвильові, що є згубними для всього живого, поглинаються на висоті 20 – 25 км озоновим екраном – тонким шаром атмосфери, що містить молекули O_3 . Великі дози довгохвильових ультрафіолетових променів шкідливі для організмів, а невеликі – корисні для багатьох видів. В діапазоні 250–300 нм УФП мають сильну бактерицидну дію і у тварин викликають утворення із стеролів вітаміну Д; при довжині хвилі 200–400 нм викликають у людини засмагу, яка є захисною реакцією шкіри. Інфрачервоні промені з довжиною хвилі більше 750 нм справляють теплову дію.

Видима радіація несе приблизно 50% сумарної енергії. Вона майже повністю співпадає з ФАР (фотосинтетично активна радіація) – 380–710 нм. Область ФАР можна умовно поділити на ряд зон: ультрафіолетову (менш 400 нм), синьо-фіолетову (400– 500 нм), жовто-зелену (500–600 нм), оранжево-червону (600–700 нм) і дальню червону (більше 700 нм).

2.1. Адаптації тварин до світла

Різні види тварин потребують світло певного спектрального складу, інтенсивності і тривалості освітлення. Відхилення від норми пригнічують їх життєдіяльність і призводять до загибелі. Серед тварин розрізняють види світлолюбні (фотофіли) і тіньюлюбні (фотофоби); еврифотні, що витримують широкий діапазон освітленості, і стенофотні, що витримують вузько обмежені умови освітленості. Тварини з денною активністю звичайно є еврифотними; до стенофотних належать глибоководні, печерні, нічні і ґрунтові тварини. Безперервне штучне освітлення пригнічує розвиток фотофобів, знижує їх активність. Для тварин світло є необхідною умовою бачення, зорової орієнтації в просторі. Більшість тварин органами зору сприймають значну частину інформації про оточуючий світ. Повнота зорового сприйняття середовища залежить від ступеня еволюційного розвитку.

Крім еволюційного розвитку певної систематичної групи, розвиток зору і його особливості залежать від екологічної обстановки і способу життя конкретних видів. У постійних мешканців печер, ґрунту, і глибин океану очі можуть бути повністю або частково редуковані. Тварини з сутінковою або нічною активністю не розрізняють кольорів і бачать все в чорно-білому кольорі. Крім того, такі тварини часто мають гіпертрофовані очі, що здатні вловлювати мізерні долі світла (лемури, лорі тощо). Тварини орієнтуються за допомогою світла під час далеких перельотів і міграцій.

В темних глибинах океану в якості джерела зорової інформації організми використовують світло, яке випромінюють живі істоти. Свічення живого організму називають біолоюмінесценцією. Види, що світяться, є майже в усіх класах водних тварин від найпростіших до риб, а також серед бактерій, рослин і грибів.

Для тварин сонячне світло не є таким необхідним фактором, як для зелених рослин, оскільки всі гетеротрофи в кінцевому рахунку існують за рахунок енергії, накопиченої рослинами. Проте і в житті тварин світлова частина спектра сонячного випромінювання відіграє важливу роль. Різні види тварин потребують світло певного спектрального складу, інтенсивності та тривалості освітлення. Відхилення від норми пригнічують їх життєдіяльність і призводять до загибелі. Розрізняють види світлолюбні (фотофіли) і тіньюлюбні (фотофоби); еврифотні, що виносять широкий діапазон освітленості, і стенофотні, які переносять вузько обмежені умови освітленості.

Світло для тварин – необхідна умова бачення, зорової орієнтації в просторі. Розсіяні, відбиті від навколишніх предметів промені, які сприймаються органами зору тварин, дають їм значну частину інформації про зовнішній світ. Розвиток зору у тварин йшов паралельно з розвитком нервової системи.

Повнота зорового сприйняття навколишнього середовища залежить у тварин в першу чергу від ступеня еволюційного розвитку. Примітивні очі багатьох безхребетних – це просто світлочутливі клітини, оточені пігментом, а в одноклітинних – світлочутливий ділянку цитоплазми. Процес сприйняття світла починається з фотохімічних змін молекул зорових пігментів, після чого виникає електричний імпульс. Органи зору з окремих вічок не дають зображення предметів, а сприймають лише коливання освітленості, чергування світла і тіні, що

свідчать про зміни в навколишньому середовищі. Образне бачення можливо тільки при досить складній будові ока. Павуки, наприклад, можуть розрізняти контури рухомих предметів на відстані 1-2 см. Найбільш досконалі органи зору – очі хребетних, головоногих молюсків і комах. Вони дозволяють сприймати форму і розміри предметів, їх колір, визначати відстань.

Здатність до об'ємного бачення залежить від кута розташування очей і від ступеня перекривання їх полів зору. Об'ємний зір, наприклад, характерний для людини, приматів, ряду птахів – сов, соколів, орлів, грифів. Тварини, у яких очі розташовані з боків голови, мають монокулярний, площинний зір. Гранична чутливість високорозвиненого очка величезна. Звикла до темряви людина може розрізнити світло, інтенсивність якого визначається енергією всього п'яти квантів, що близько до фізично можливої межі.

Деякі тварини, наприклад гримучі змії, бачать інфрачервону частину спектру і ловлять здобич в темряві, орієнтуючись за допомогою терморепторів. Для бджіл видима частина спектра зміщена в більш короткохвильову область. Вони сприймають як колір значну частину ультрафіолетових променів, але не розрізняють червоні промені.

Крім еволюційного рівня групи, розвиток зору і його особливості залежать від екологічної обстановки і способу життя конкретних видів. У постійних мешканців печер, куди не проникає сонячне світло, очі можуть бути повністю або частково редуковані, як, наприклад, у сліпих жуків турунів, протеїв та ін.

Здатність до розрізнення кольору в значній мірі залежить і від того, при якому спектральному складі випромінювання існує або є активним вид. Більшість ссавців, які походять від предків з сутінковою і нічною активністю, погано розрізняють кольори і бачать все в чорно-білому зображенні (собачі, котяті, хом'яки та ін.). Такий же зір характерний для нічних птахів (сови, дрімлюги). Денні птахи мають добре розвинений кольоровий зір.

Життя при сутінковому освітленні призводить часто до гіпертрофії очей. Величезні очі, здатні вловлювати незначні частки світла, властиві нічним лемурам, лорі, довгоп'ятам, совам і ін.

Тварини орієнтуються за допомогою зору під час далеких перельотів і міграцій. Птахи з вражаючою точністю обирають напрямок польоту, долаючи іноді тисячі кілометрів від гніздівель до місць зимівлі. Доведено, що при таких далеких перельотах птахи хоча б частково орієнтуються по сонцю і зіркам. При вимушеному відхиленні від курсу вони здатні до навігації, тобто до зміни орієнтації, щоб потрапити в потрібну точку Землі. При неповній хмарності орієнтація зберігається, якщо видно хоча б частину неба. У суцільному тумані птахи не летять або, якщо він застає їх в дорозі, продовжують летіти наосліп і часто збиваються з курсу.

Здатність птахів до навігації доведена багатьма дослідженнями. Птахи, які сидять в клітках, в стані передміграційного занепокоєння завжди орієнтуються в сторону зимівель, якщо вони можуть спостерігати за положенням сонця або зірок. Наприклад, коли чечевиць перевезли із узбережжя Балтійського моря до Хабаровська, вони змінили свою орієнтацію в клітках з південно-східної на південно-західну. Зимують ці птахи в Індії. Таким чином, вони здатні правильно вибрати напрямок польоту на зимівлю з будь-якої точки Землі. Днем птахи

враховують не тільки положення сонця, але і зміщення його в зв'язку з широтою місцевості і часу доби. Досліди в планетарії показали, що орієнтація птахів в клітках змінюється, якщо міняти перед ними картину зоряного неба відповідно до напряму передбачуваного перельоту.

Навігаційна здатність птахів вроджена. Вона не купується за рахунок життєвого досвіду, а створюється природним відбором як система інстинктів. Точні механізми такої орієнтації ще погано вивчені. Гіпотеза орієнтації птахів в перельотах за астрономічними джерелами світла в даний час підкріплена матеріалами дослідів і спостережень.

Здатність до подібного роду орієнтації властива й іншим групам тварин. Серед комах вона особливо розвинена у бджіл. Бджоли, що знайшли нектар, передають іншим інформацію про те, куди летіти за взятком, використовуючи в якості орієнтира положення сонця. Бджола-розвідниця, що відкрила джерело корму, повертається у вулик і починає на стільниках танець, здійснюючи швидкі повороти. При цьому вона описує фігуру у вигляді вісімки, поперечна вісь якої нахилена по відношенню до вертикалі. Кут нахилу відповідає розі між напрямками на сонці і на джерело корму. Коли медозбір дуже рясний, розвідниці сильно збуджені і можуть танцювати довго, протягом багатьох годин, вказуючи збиральницям шлях до нектару. За час їх танцю кут нахилу вісімки поступово зміщується відповідно до руху сонця по небу, хоча бджоли в темному вулику і не бачать його. Якщо сонце ховається за хмарами, бджоли орієнтуються на поляризоване світло вільної ділянки неба. Площина поляризації світла залежить від положення сонця.

3. Вологість як екологічний фактор

Протікання всіх біохімічних процесів в клітинах і нормальне функціонування організму в цілому можливі тільки при достатньому забезпеченні його водою – необхідною умовою життя. Підтримування водного балансу має величезне значення для всіх живих організмів. Проблеми водопостачання особливо важливі для мешканців суші. Особливості підтримування водного балансу залежать від того, в якій екологічній обстановці вони живуть, який спосіб життя ведуть, наскільки можуть використовувати різні джерела вологи і затримувати воду в тілі.

Вода є найбільш рухомою хімічною сполукою на земній кулі. Вона існує практично повсюдно і відіграє важливу роль клімато-утворюючого фактору, будучи основною складовою частиною середовища і живих організмів. Чимала частина води зосереджена у рідкому стані в океанах і морях. Материки одержують воду у вигляді атмосферних опадів. Частина з яких випаровується, частина вбирається ґрунтами, а частина у вигляді поверхневого стоку потрапляє спочатку у водні потоки, а після цього у моря і океани.

Воду можна назвати тим фактором середовища, що відіграє особливо значущу роль у житті будь-якого організму. Історія виникнення і розвитку життя на Землі тісно пов'язана з водою. Достатньо тривалий етап еволюції життя існувало тільки лише у водному середовищі. Перехід з води на сушу явище вторинне і для багатьох груп організмів не цілком закінчене. Так, наприклад

павукоподібні та земноводні несуть явні риси слабкої пристосованості до наземного способу життя.

У аспекті відношення організмів до води еволюція проходила у двох напрямках.

Перший з них **пойкілогідризм**. Ці організми здатні витримувати значні коливання вологості середовища. Періоди посухи такі організми зазвичай переживають у стані спокою за значного зневоднення власних тканин. Але особливо різучі пристосування до пойкілогідричного способу життя є у деяких тварин. Так, наприклад, протоптер, риба, що мешкає у Західній Африці у районах, де дощовий сезон розпочинається у травні-липні і триває 2–3 місяця, а іншу частину року стоїть засушливий період. Він мешкає у тимчасових водоймах, де у дощовий час веде активний спосіб життя. З початком посушливого сезону по мірі висихання водного плеса протоптери починають готуватися до "сплячки". Великі риби (довжиною до 90 см) розпочинають це робити, коли рівень води знижується до 10 см, а більш дрібні – коли шар води не перевищує 3–5 см. Зазвичай у таких водоймах дно вкрите м'яким мулом шаром 2,5–5,0 см, а під ним лежить щільна глина з домішками піску. За допомогою роту риба занурюється у ґрунт, формуючи капсулу. По мірі висихання ґрунту рівень води, що залишився у камері поступово падає і вона стає в'язкою від великої кількості слизу. Риба виявляється ув'язненою у кокон, що являє собою надто тонку плівку 0,05–0,06 мм, що утворюється при твердінні слизу. Риби можуть проводити у сплячці до 6–9 місяців, втрачаючи при цьому до 20 % маси тіла і на 10% зменшуючись у розмірах. З початком періоду дощів, водойми швидко наповнюються водою, і протоптери повертаються до активного життя.

Другий напрямок – **гомойогідризм**. Гомойогідричні організми пристосовані до постійного вмісту води у клітинах. Дані організми зберігають свій водний баланс за допомогою екологічних і етологічних, а не фізіологічних адаптацій.

3.1. Адаптації тварин до вологу

Водний баланс наземних тварин. Тварини отримують воду трьома основними шляхами: через пиття, разом із соковитою їжею і в результаті метаболізму, тобто за рахунок окислення і розщеплення жирів, білків і вуглеводів. Втрата води у тварин відбувається через випаровування покривами або зі слизових оболонок дихальних шляхів, виведенням з тіла сечі і неперетравлених залишків їжі. Втрата води призводить до загибелі швидше, ніж голодування.

Види, що одержують воду через пиття, залежать від водопоїв. Особливо це характерно для крупних ссавців, передусім стадним ратичним, у яких втрати води не компенсуються постачанням її з їжею. Вологість повітря також дуже важлива для тварин, тому що від неї залежить випаровування з поверхні тіла.

В аридних областях такі тварини здійснюють міграції до водопоїв на значні відстані і не можуть існувати далеко від них. До таких тварин належать, наприклад слони, антилопи, леви, гієни. Для куланів Бадхизського заповідника водопої визначають літні розміщення табунів, добовий ритм і поведінку тварин.

Способи регуляції водного балансу у тварин дуже різноманітні. Їх поділяють на поведінкові, морфологічні і фізіологічні.

До поведінкових належать пошуки водопоїв, вибір місць проживання, створення нір тощо. До морфологічних – різні утворення, що сприяють затриманню води в тілі: раковини наземних молюсків, ороговілі покриви рептилій, розвиток епікутикули у комах тощо. Фізіологічні пристосування – це здатність до утворення метаболічної вологи, економії води при виділенні сечі та калових мас, розвиток витривалості до зневодненості організму, величина потовиділення і випаровування зі слизистих оболонок.

Тварини отримують воду трьома основними шляхами: через пиття, разом з соковитою їжею та у результаті метаболізму, тобто за рахунок окислення і розщеплення органічних речовин – жирів, білків і вуглеводів. Деякі тварини можуть вбирати воду через покриви з вологого субстрату або повітря, наприклад личинки деяких комах – мучного хрущака, жуків-коваликів та ін. Втрати води у тварин відбуваються через випаровування покривами або зі слизових оболонок дихальних шляхів, шляхом виведення з тіла сечі і неперетравлених залишків їжі. Хоча тварини можуть витримувати короточасні втрати води, але в цілому витрата її повинна відшкодовуватися приходом. Втрати води призводять до загибелі швидше, ніж голодування.

Питної воді потребують і багато птахів. Ластівки і серпокрильці п'ють на льоту, пролітаючи над поверхнею водойми. Рябки у пустелях щодня здійснюють багатокілометрові перельоти до водопоїв і приносять воду пташеняттям. Самці рябків використовують винятковий у своєму роді спосіб перенесення води – вони просочують нею оперення на грудях, а пташенята віджимають дзьобами набрякле пір'я. У той же час багато тварин можуть обходитися зовсім без питної води, отримуючи вологу іншими способами.

Вологість повітря також дуже важлива для тварин, так як від неї залежить величина випаровування з поверхні тіла. Втрати води через випаровування обумовлені також будовою покривів. Деякі види не можуть жити в сухому повітрі і потребують повного насичення його водяними парами. Інші без шкоди для себе населяють посушливі райони.

Серед ряду груп тварин можна виділити гігрофілів і ксерофілів, тобто вологолюбні та посухостійкі види. Проміжну групу складають мезофіли. Серед комах, наприклад, гігрофільними є кровосмокчучі комарі, які активні переважно у вечірні та ранкові години, а вдень лише у похмуру погоду, або тільки у тіні, під пологом лісу, тобто при підвищеній вологості повітря. Ксерофільні є жуки-скакуни, пустельні жуки-чорнотілки, пустельна сарана та ін.

Способи регуляції водного балансу у тварин різноманітніші, ніж у рослин. Їх можна розділити на поведінкові, морфологічні та фізіологічні. До числа поведінкових пристосувань відносяться пошуки водопоїв, вибір місця проживання, риття нір тощо. У норах вологість повітря наближається до 100%, навіть коли на поверхні ґрунту дуже сухо. Це знижує необхідність випаровування через покриви та заощаджує вологу в організмі.

В ефективності поведінкових пристосувань для забезпечення водного балансу можна переконатися на прикладі пустельних мокриць. Мокриці – типові ракоподібні, що не відрізняються особливими анатоомо-морфологічними пристосуваннями до наземного способу життя. Проте представники роду *Hemilepistus* освоїли найсухіші та водночас найбільш жаркі місця на Землі –

глинисті пустелі. Там вони риють глибокі вертикальні нірки, де завжди волого, і залишають їх, виходячи на поверхню лише в ті періоди доби, коли зберігається висока вологість приземного шару повітря. Коли ґрунт висушується особливо сильно і виникає загроза зниження вологості повітря у нірці, самки закривають отвір склеротизованими передніми сегментами тіла, створюючи замкнутий, насичений парами простір, оберігаючи молодь від висихання.

До морфологічних способів підтримки нормального водного балансу відносяться утвори, що сприяють затриманню води у тілі: мушлі наземних равликів, ороговілі покриви рептилій, розвиток епікутикули комах та ін. У пустельних жуків-чорнотілок зростаються і приростають до тіла надкрила, тоді як друга пара крил редукується і між тілом і надкрилами утворюється камера, куди виходять дихальця комах. Ця камера відкривається назовні лише невеликою вузькою щілиною, повітря у ній насичене водяними парами. Частини тіла, що стикаються із зовнішнім середовищем, захищені непроникною для води епікутикулою.

Фізіологічні пристосування до регуляції водного обміну – це здатність до утворення метаболічної вологи, економії води при виділенні сечі і калу, розвиток витривалості до зневоднення організму, величина потовиділення і віддачі води зі слизових.

Витривалість до зневоднення, як правило, вище у тварин, що піддаються тепловим навантаженням. Для людини втрата води, що перевищує 10 % маси тіла, смертельна. Верблюди переносять втрати води до 27 %, вівці – до 23, собаки – до 17 %. Економія води в травному тракті досягається всмоктуванням води кишечником і продукуванням сухого калу. Вміст води в екскрементах тварин варіює залежно від складу корму, але у цілому відображає пристосованість до перебування у різних умовах вологості. Наприклад, на 100 г сухого посліду корів на пасовищі доводиться 566 г води, тоді як у верблюдів – 109 г, а при безводній дієті – всього 76 г.

У комах, що мешкають у посушливих районах, видільні органи – мальпігієві судини – вільними кінцями входять у тісний контакт із стінкою задньої кишки і всмоктують воду з її вмісту. Таким чином вода знову повертається в організм (пустельні жуки-чорнотілки, мурашині леви, личинки сонечок та ін.).

Для заощадження води, що виводиться через нирки, потрібна перебудова азотного обміну. При розпаді білків у більшості водних організмів утворюється аміак, який токсичний для цитоплазми навіть в малих концентраціях. На процес його утворення і виведення витрачається багато води. У наземних тварин аміак присутній серед продуктів обміну тільки у тих форм, які мешкають в умовах достатнього забезпечення водою, наприклад у попелиць, що безперервно харчуються соком рослин.

Основний компонент сечі у наземних ссавців – сечовина. Це менш токсичний продукт обміну, який може накопичуватися у плазмі і порожнинних рідинах та виводиться у більш концентрованих розчинах, що економить воду. Із сечею виводяться також різні солі. Загальна концентрація сечі у порівнянні із плазмою може служити показником здатності до економії води при екскреції. У людини сеча більш концентрована по відношенню плазми у 4,2 рази, у овець – в 7,6, у верблюда – в 8, у тушканчиків – у 14 разів.

Лускаті плазуни і сухопутні черепахи, групи тварин, які населяють найбільш аридні райони, – виділяють малорозчинну сечову кислоту. Це ж характерно для птахів і вищих комах. Павукоподібні виділяють гуанін. При утворенні гуаніну та сечової кислоти витрачається мінімальна кількість води.

Життя за рахунок метаболічної вологи доступна не всім тваринам. Окислення жирів вимагає великої кількості кисню, а додаткова вентиляція легенів у сухому повітрі супроводжується втратою водяної пари. Жир у горбах верблюдів не є для них основним джерелом водопостачання, так як витрата води на посилене дихання при терморегуляції дорівнює або навіть перевищує кількість одержуваної метаболічної води. Тому верблюди потребують періодичного пиття.

Дрібні ссавці, котрі ховаються від спеки в прохолодних норах, можуть покривати значну частину своїх витрат води в результаті окислювальних процесів, так як їм не потрібно додаткова вода на терморегуляцію. Майже виключно на сухому кормі живуть такі пустельні види, як тушканчики, американський кенгуровий щур, африканська піщанка та ін.

Кенгурових щурів утримували у лабораторії на сухій перловій крупі. При цьому з 100 г корму, споживаного звіром за місяць, утворюється близько 54 г води. Крім неї, тварини використовували лише абсорбовану крупною вологу, вміст якої, у залежності від вологості повітря, становить від 10 до 18%.

Метаболічну воду в більшій мірі, ніж хребетні тварини можуть використовувати комахи, так як трахейна система комах здійснює ефективний повітряний дренаж з малими втратами на випаровування. У багатьох видів жирове тіло служить переважно джерелом води, а не енергетичних запасів. Гусениці платтяної молі, млинової вогнівки, амбарний та рисовий довгоносики і багато інших живуть виключно за рахунок сухої їжі.

Випаровування, пов'язане з необхідністю терморегуляції, може служити причиною виснаження водних ресурсів організму. У пустелях протистояти перегріву шляхом випаровування води можуть тільки великі тварини. Загальне теплове навантаження пропорційне відноській поверхні і тому особливо велика для дрібних форм. Для тварин масою 100 г витрати води складають на годину близько 15% від маси тіла, а масою 10 г – близько 30%, тобто за кілька годин була б витрачена вся вода організму. Тому дрібні гомойотермні (теплокровні) тварини у сухому і жаркому кліматі уникають впливу спеки і економлять вологу, ховаючись під землею.

У пойкилотермних (холоднокровних) тварин підвищення температури тіла слідом за нагріванням повітря дозволяє уникати зайвих втрат води, яка витрачається у гомойотермних для підтримки постійної температури. Переваги коливання температури тіла використовують і тварини з відповідною температурною регуляцією, спеціалізовані до життя у пустелі. Наприклад, верблюди здатні відключати на деякий час терморегуляційне випаровування. При цьому тварина масою 500 кг акумулює близько 10 500 кДж, для розсіювання яких треба було б витратити 5 л води. Накопичене тепло виводиться з організму вночі шляхом прямого випромінювання, коли повітря стає прохолодніше тіла.

Пойкілотермні тварини, проте, не можуть повністю уникнути втрат води шляхом випаровування. Навіть у рептилій з їх ороговілим епідермісом втрати води через шкіру значні. У дрібних ящірок вони можуть досягати 20% і більше від маси тіла за добу. Тому і для пойкилотермних основний шлях збереження водного балансу за життя в пустелі – це уникнення зайвих теплових навантажень.

3.2. Способи орієнтації тварин у водному середовищі

У зв'язку зі швидким затуханням світлових променів у воді, навіть ті тварини, які мають добре розвинені органи зору, орієнтуються за їх допомогою лише на близьких відстанях. Орієнтація на звук, що розповсюджується у воді швидше, ніж у повітрі, розвинена у гідробіонтів краще, особливо у тих, які живуть у мутних водах або на великих глибинах.

Деякі водні тварини знаходять їжу і орієнтуються в просторі за допомогою **ехолокації** – сприйняття відбитих звукових хвиль (китоподібні); деякі сприймають відбиті електричні імпульси, виробляючи при плаванні розряди різної частоти. Відомо біля 300 видів риб, здатних генерувати електрику і використовувати її для орієнтації і сигналізації. Деякі риби використовують електричні поля також для захисту і нападу (електричний скат, електричний вугор).

Для орієнтації на глибині служить сприйняття гідростатичного тиску за допомогою статоцистів, газових камер та інших органів.

Найбільш давній спосіб орієнтації, властивий всім водним тваринам, – **сприйняття хімізму** середовища. Хеморецептори багатьох гідробіонтів дуже чутливі. У тисячкілометрових міграціях, характерних для значної кількості видів риб, вони орієнтуються в основному за запахом, з вражаючою точністю знаходячи місця нерестилищ або нагулу. Нюх надзвичайно розвинений у риб, які здійснюють особливо далекі міграції. Так, вугри, які живляться в європейських річках, а нерестяться у берегів Центральної Америки, реагували у дослідах на етиловий спирт при концентрації його у воді 1 г на 6000 м³.

Фільтрація як тип живлення характерна для деяких гідробіонтів. Такий спосіб, який не потребує великих затрат на пошуки здобичі, характерний для деяких моллюсків, сидячих голкошкірих, моховинок, планктонних рачків тощо. Тварини-фільтратори відіграють велику роль в біологічному очищенні водойм.

4. Температура як екологічний фактор

Під температурою розуміють середню кінетичну швидкість атомів і молекул у будь-якій системі. Від температури навколишнього середовища залежить температура організмів і, відповідно, швидкість всіх хімічних реакцій, що складають обмін речовин. Більшість біохімічних реакцій в організмах здійснюються за участю ферментів – спеціалізованих білкових каталізаторів, які знижують енергію активації молекул на 8 – 12 порядків. Тому межі існування життя – це температури, при яких можливе нормальна будова і функціонування

білків, в середньому від 0° до +50°С. Однак ряд організмів має спеціалізовані ферментні системи і пристосовані до активного існування при температурі тіла, що виходить за вказані межі.

Види, що надають перевагу холоду, належать до екологічної групи **криофілів**. Вони можуть зберігати активність при температурі клітин до -8°С - 10°С, коли рідини їх тіла знаходяться у переохолодженому стані. Кріофілія характерна для представників різних груп: бактерій, грибів, членистоногих, молюсків, риб тощо, що мешкають в природі в умовах низьких температур в тундрах, арктичних і антарктичних пустелях, високогір'ях, холодних морях. Види, оптимум життєдіяльності яких знаходиться в області високих температур, належать до групи **термофілів**. Термофілією відрізняються багато груп мікроорганізмів, що мешкають у гарячих джерелах, на поверхні ґрунту в аридних районах, в органічних рештках, що розкладаються при їх саморозігріванні і т.ін. Деякі термофільні організми в активному стані можуть витримувати до +80°С і навіть більше, наприклад синьо-зелені водорості з роду осциляторія, формідіум у гарячих джерелах Ісландії.

Температурні межі існування життя набагато розширюються, якщо враховувати витривалість багатьох видів в латентному періоді. Спори деяких бактерій витримують протягом декількох хвилин нагрівання до +180°С. В лабораторних умовах насіння, спори і пилок рослин, цисти найпростіших, нематоди та ін. переносять температури, що близькі до абсолютного нуля (до -270°С), повертаючись після цього до активного життя. При таких низьких температурах цитоплазма стає твердішою за граніт, всі молекули знаходяться у стані майже повного спокою, ніякі реакції неможливі. Призупинення всіх життєвих процесів організму носить назву **анабіозу**. Із стану анабіозу живі організми можуть повернутися до нормальної активності тільки у випадку, коли не була зруйнована структура макромолекул в їх клітинах.

У ході еволюції у живих організмів виробились різноманітні пристосування, що дозволяють регулювати обмін речовин при змінах температури довкілля. Це досягається двома шляхами: 1) різними біохімічними перебудовами; 2) підтриманням температури тіла на більш стабільному рівні, ніж температура довкілля.

Велику роль в терморегуляції мають масштаби вироблення організмами власного тепла. Однак у представників більшості видів відсутній достатньо високий рівень обміну речовин і пристосування, що дозволяють утримувати тепло, яке утворюється. Їх життєдіяльність і активність залежать, передусім, від тепла, що поступає ззовні, а температура тіла – від зовнішньої температури. Такі організми називають **пойкілотермними**, або **ектотермними**. Пойкілотермія властива всім мікроорганізмам, рослинам, безхребетним тваринам і значній частині хребетних.

У ряду груп високоорганізованих тварин на основі вироблення власного тепла розвинулась здатність підтримувати постійну оптимальну температуру тіла, незалежно від температури зовнішнього середовища. Таких тварин називають **гомойотермними**, або **ендотермними**. Гомойотермія характерна

тільки для представників двох вищих класів хребетних – птахів і ссавців. Частковий випадок гомойотермії – **гетеротермія** – властива тваринам, що впадають у несприятливий період року в сплячку або оціпеніння. В активному стані вони підтримують високу температуру тіла, а в неактивному – знижену, що супроводжується уповільненням обміну речовин. Такими є сусліки, байбаки, їжаки, летючі миші, соні, стрижі.

4.1. Адаптації тварин до температури

На відміну від рослин, тварини виробляють набагато більше власного, внутрішнього тепла і мають більш різноманітні можливості регулювати, постійно або тимчасово, температуру власного тіла. Основні шляхи температурних адаптацій у тварин наступні:

1) **Хімічна терморегуляція** – активна зміна величини теплопродукції у відповідь на зміну температури середовища. Ця регуляція потребує великих витрат енергії, тому тварини при підвищенні хімічної регуляції або потребують велику кількість їжі, або витрачають багато жирових запасів, що накопичені раніше. Наприклад, бурозубка за день з'їдає корму в 4 рази більше власної маси.

2) **Фізична терморегуляція** – зміна рівня тепловіддачі, здатність утримувати тепло або, навпаки, розсіювати його надлишок. Фізична терморегуляція здійснюється завдяки особливим анатомічним і морфологічним рисам будови тварин: волосяному або пір'ївому покриву, деталям будови кровоносної системи, розподілу жирових запасів, можливостям транспіраційної тепловіддачі тощо. Фізична терморегуляція екологічно більш вигідна, тому що адаптації до холоду здійснюються не за рахунок додаткового вироблення тепла, а за рахунок його збереження в тілі тварини. Крім того, можливий захист від перегрівання шляхом підсилення тепловіддачі у зовнішнє середовище.

Важливе значення для підтримки температурного балансу має співвідношення поверхні тіла до його об'єму, тому що продукування тепла залежить від маси тварини, а теплообмін йде через його покриви.

Зв'язок розмірів і пропорцій тіла тварин з кліматичними умовами, в яких вони мешкають, пояснює **правило К. Бергмана**: якщо два близьких види теплокровних тварин відрізняються розмірами, то більш великий мешкає у більш холодному, а дрібний – в теплом кліматі. Бергман підкреслював, що ця закономірність проявляється тільки в тому випадку, коли види не розрізняються іншими пристосуваннями до терморегуляції.

Д. Аллен у 1877 році підмітив, що у багатьох птахів і ссавців північної півкулі відносні розміри кінцівок і різноманітних частин тіла, що виступають (хвости, вуха, дзьоби), збільшуються до півдня. Ці частини мають більшу відносну поверхню, що вигідно в умовах жаркого клімату. **Правило Аллена** формулюється так: виступаючі частини тіла теплокровних тварин в холодному кліматі менші, ніж у теплом.

3) **Поведінка організмів.** Переміщуючись у просторі або змінюючи поведінку більш складним чином, тварини можуть активно уникати крайніх температур. Для багатьох тварин поведінка є майже єдиним і дуже ефективним засобом підтримання теплового балансу. Приклади поведінкової регуляції дуже різноманітні – від зміни пози і пошуків укриттів до будування складних нір, гнізд, ближніх і дальніх міграцій. Особливий інтерес представляє собою групова поведінка тварин. Наприклад, деякі пінгвіни в сильні морози і бурани збиваються в щільні кучі, так звану "черепашу". Особини, які знаходяться на краю, через деякий час пробиваються всередину, і "черепаша" повільно кружить і переміщується. Всередині такого скупчення температура підтримується біля 37 °С, навіть у сильні морози. Верблюди у пустелі у сильну жару також збиваються разом, притискаючись один до одного боками, але при цьому досягається протилежний ефект – запобігання сильного нагрівання поверхні тіла сонячними променями.

Як правило, тварини використовують всі ці ефективні способи у різних сполученнях, що дозволяє підтримувати власний тепловий баланс на фоні широких коливань зовнішньої температури.

Температура пойкилотермних змінюється слідом за температурою навколишнього середовища. Вони переважно ектотермні, вироблення і збереження власного тепла у них недостатньо для протистояння тепловому режиму середовища існування. У зв'язку з цим реалізується два основні шляхи адаптації: спеціалізація і толерантність.

Спеціалізовані види стенотермні, вони пристосовані до життя в таких ділянках біосфери, де коливання температур відбуваються лише у вузьких межах. Вихід за ці межі для них згубний. Коралові поліпи живуть тільки в діапазоні температур води від +20,5° до +30°С, тобто у тропічному поясі океану. Голотурія (*Elpidia glacialis*) мешкає при температурі води від 0 до +1 °С і не витримує відхилення від цього режиму ні на один градус.

Інший шлях адаптації пойкилотермних видів – розвиток стійкості клітин і тканин до широкого коливання температур, характерному для більшої частини біосфери. Цей шлях пов'язаний з періодичним гальмуванням обміну речовин і переходу організмів в латентний стан, коли температура середовища сильно відхиляється від оптимуму.

Залежність темпів росту і розвитку від зовнішніх температур дає можливість розрахувати проходження життєвого циклу видів в конкретних умовах. Після холодого гноблення нормальний обмін речовин відновлюється для кожного виду при певній температурі, яка називається температурним порогом розвитку, або біологічним нулем розвитку. Чим більше температура середовища перевищує порогову, тим інтенсивніше протікає розвиток і, отже, тим швидше завершується проходження окремих стадій і всього життєвого циклу організму.

Для здійснення генетичної програми розвитку пойкилотермним організмам необхідно отримати ззовні певну кількість тепла. Це тепло вимірюється сумою ефективних температур. Під ефективною температурою розуміють різницю між

температурою середовища і температурним порогом розвитку організмів. Для кожного виду вона має верхні межі, тому що занадто високі температури вже не стимулюють, а гальмують розвиток.

І поріг розвитку, і сума ефективних температур для кожного виду свої. Суму ефективних температур розраховують за формулою:

$$X = (T - C) \cdot t,$$

де X – сума ефективних температур; T – температура навколишнього середовища, C – температура порога розвитку і t – число годин або днів з температурою, що перевищує поріг розвитку.

Знаючи середній хід температур в будь-якому районі, можна розрахувати початок певної фази або число можливих генерацій виду, що нас цікавить. Так, в кліматичних умовах Північної України може бути лише одна генерація метелика яблуневої плодожерки, а на півдні України – до трьох, що необхідно враховувати при розробці заходів захисту садів від шкідників. Розрахунки ефективних температур необхідні в практиці сільського та лісового господарства, при боротьбі з шкідниками, інтродукції нових видів і ін. Вони дають першу, наближену основу для складання прогнозів. Однак на поширення і розвиток організмів впливає безліч інших факторів, тому в дійсності температурні залежності виявляються більш складними.

Температурна компенсація. Ряд пойкилотермних видів, що мешкають в умовах змінних температур, розвиває можливість підтримувати більш-менш постійний рівень обміну речовин в досить широких межах зміни температури тіла. Це явище називається температурною компенсацією і відбувається в основному за рахунок біохімічних адаптацій. Наприклад, у молюсків на узбережжі Баренцевого моря, таких, як черевоні літторіни (*Littorina littorea*) і двостулкові мідії (*Mytilus edulis*), інтенсивність обміну, оцінювана по споживанню кисню, майже не залежить від температури в тих межах, з якими молюски зустрічаються щодня під час припливів і відливів. У весняно-літній період цей діапазон досягає більш 20°C (від $+6^{\circ}$ до $+30^{\circ}\text{C}$), і у холодній воді їх метаболізм настільки ж інтенсивний, як і у теплом повітрі. Це забезпечується дією ферментів, які при зниженні температури змінюють свою конфігурацію таким чином, що зростає їх спорідненість до субстрату і реакції протікають більш активно.

Інші способи температурної компенсації пов'язані із заміною діючих ферментів подібними за функцією, але працюють при іншій температурі (ізоферментами). Такі адаптації вимагають часу, оскільки відбувається інактивація одних генів і включення інших з подальшими процесами збірки білків. Подібна аклімація (зрушення температурного оптимуму) лежить в основі сезонних перебудов, а також виявляється у представників широко поширених видів в різних по клімату частинах ареалу. Наприклад, у одного з видів бичків з Атлантичного океану в низьких широтах активність має невисоке значення, а у холодних північних водах зростає при низьких температурах і знижується при середніх. Результатом цих компенсацій є те, що тварини можуть підтримувати відносну сталість активності, так як навіть незначне підвищення температури у критичних точках підсилює обмінні процеси. Температурні компенсації для

кожного виду можливі лише в певному діапазоні температур, але не вище і не нижче цієї області.

Біохімічні адаптації, при всій їх ефективності, не є головним механізмом протистояння несприятливим умовам. Насправді вони є часто "крайнім засобом" і формуються у видів лише тоді, коли неможливі інші способи – фізіологічні, морфо-анатомічні та поведінкові, для уникнення екстремальних впливів без перебудови основного хімізму клітин. Ряд пойкилотермних організмів має можливості часткової регуляції теплообміну, тобто деякими способами збільшити надходження тепла в організм або відвести його надлишок. В основному ці адаптації виникають у багатоклітинних рослин або тварин і в кожній групі мають свою специфіку.

Найважливіша особливість тварин – їх рухливість, адже здатність переміщатися у просторі створює принципово нові адаптивні можливості, у тому числі і в терморегуляції. Тварини активно вибирають місцеперебування з більш сприятливими умовами.

На відміну від рослин, тварини, що володіють мускулатурою, виробляють набагато більше власного, внутрішнього тепла. При скороченні м'язів звільняється значно більше теплової енергії, ніж при функціонуванні будь-яких інших органів і тканин, так як ККД використання хімічної енергії для здійснення м'язової роботи відносно низький. Чим могутніше і активніше мускулатура, тим більше тепла може генерувати тварина. У порівнянні з рослинами тварини мають більш різноманітні можливості регуляції, постійно або тимчасово, температури власного тіла.

Пойкілотермні тварини залишаються, однак, як і рослини, ектотермними, оскільки загальний рівень їх метаболізму не такий високий, щоб внутрішнього тепла стало досить для обігрівання тіла. Наприклад, при температурі +37 °С пустельна ігуана споживає кисню в 7 разів менше, ніж гризуни такого ж розміру. Проте деякі з пойкилотермних тварин в стані активності здатні підтримувати температуру тіла вищу, ніж у навколишньому середовищі. Наприклад, метелики-бражники, що ведуть нічний спосіб життя, літають і годуються на квітках навіть при +10 °С. Під час польоту температура грудного відділу підтримується на рівні 40–41 °С. Інші комахи можуть літати в холодному повітрі, попередньо розігріваючи свої літальні м'язи для зльоту, наприклад: сарана, джмелі, оси, бджоли, великі нічні совки та ін. Джмелі збирають нектар навіть при +5 °С, маючи температуру тіла 36–38 °С. При припиненні активності комахи швидко втрачають високу температуру. Генерувати тепло для обігрівання можуть у деяких випадках і рептилії. Самка пітона, що обвиває своїм тілом кладку, скорочуючи мускулатуру, здатна підвищувати температуру на 5–6 °С у діапазоні зовнішніх температур від +25° до +33 °С. При цьому споживання нею кисню зростає майже в 10 разів до граничного для рептилій рівня. У більш прохолодному повітрі змія стає млявою і неактивною.

Основні способи регуляції температури тіла у пойкилотермних тварин – поведінкові: зміна пози, активний пошук сприятливих місць проживання, цілий ряд спеціалізованих форм поведінки, спрямованих на створення мікроклімату (риття нір, спорудження гнізд та ін.).

Зміною пози тварина може посилити або послабити нагрівання за рахунок сонячної радіації. Наприклад, пустельна сарана в прохолодні ранкові години підставляє сонячним променям широку бічну поверхню тіла, а в полудень – вузьку спинну. Ящірки навіть високо в горах в період нормальної активності можуть підтримувати температуру тіла, використовуючи нагрівання прямими сонячними променями і тепло нагрітих скель. За дослідженнями на Кавказі, на висоті 4100 м температура тіла *Lacerta agilis* часом на 29 °С перевищувала температуру повітря, тримаючись на рівні 32–36 °С. У сильну спеку тварини ховаються у тінь, ховаються у норах, щілинах і т.п. У пустелях вдень, наприклад, деякі види ящірок і змії підіймаються на куці або зариваються у менш нагріті шари піску, уникаючи зіткнення з розпеченою поверхнею ґрунту. Ящірки при необхідності стрімко перебігають гарячі поверхні тільки на задніх лапах, зменшуючи тим самим контакт з ґрунтом. До зими багато тварин шукають притулку, де хід температур більш згладжений у порівнянні з відкритими місцями проживання. Ще більш складні форми поведінки у суспільних комах: бджіл, мурах, термітів, які будують гнізда з добре регульованою всередині температурою, майже постійною у період їх активності.

У ряду пойкилотермних тварин ефективно діє і механізм випаровувальної терморегуляції. Жаба за годину при +20 °С втрачає на суші 7770 Дж, що в 300 разів більше її власної теплопродукції. Багато рептилій при наближенні температури до верхньої критичної починають важко дихати, або тримати рот відкритим, посилюючи віддачу води зі слизових оболонок. Бджоли, що літають у жарку погоду, уникають перегріву, виділяючи з рота краплю рідини, випаровування якої видаляє надлишок тепла.

Однак, незважаючи на ряд можливостей фізичної і поведінкової терморегуляції, пойкилотермні тварини можуть здійснювати її лише у вузькому діапазоні температур. Через загальний низький рівень метаболізму вони не можуть забезпечити сталість теплового балансу і досить активні тільки поблизу від верхніх температурних меж існування. Оволодіння місцями з постійно низькими температурами для холоднокровних тварин є складним. Воно можливе лише при розвитку спеціалізованої кріофілії і в наземних умовах властиве лише дрібним формам, здатним використовувати найменші переваги мікроклімату.

Теплокровність – принципово інший шлях температурних адаптацій, що виник на основі різкого підвищення рівня окислювальних процесів у птахів і ссавців у результаті еволюційного вдосконалення кровоносної, дихальної та інших систем органів. Споживання кисню на 1 г маси тіла у теплокровних тварин в десятки і сотні разів більше, ніж у пойкилотермних.

Основні відмінності гоміотермних тварин від пойкилотермних організмів:

- 1) потужний потік внутрішнього, ендогенного тепла;
- 2) розвиток цілісної системи ефективних терморегуляторних механізмів;
- 3) постійне протікання всіх фізіологічних процесів у оптимальному температурному режимі.

Гоміотермні зберігають постійний тепловий баланс між теплопродукцією і тепловіддачею і відповідно підтримують постійну високу температуру тіла. Організм теплокровної тварини не може бути тимчасово "призупинений" так, як

це відбувається при гіпобіозі або криптобіозі у пойкилотермних. Гомойотермні тварини завжди виробляють певний мінімум теплопродукції, що забезпечує роботу кровоносної системи, органів дихання, виділення і інших систем, навіть перебуваючи в спокої. Цей мінімум отримав назву базального метаболізму. Перехід до активності підсилює вироблення тепла і відповідно вимагає посилення тепловіддачі.

Теплокровним властива хімічна терморегуляція – рефлекторне збільшення теплопродукції у відповідь на зниження температури середовища. Хімічна терморегуляція повністю відсутня у пойкилотермних, у яких, в разі виділення додаткового тепла, воно генерується за рахунок безпосередньої рухової активності тварин.

На протигагу пойкилотермним при дії холоду в організмі теплокровних тварин окислювальні процеси не слабшають, а посилюються, особливо, у скелетних м'язах. У багатьох тварин спочатку спостерігається м'язове тремтіння – неузгоджене скорочення м'язів, що приводить до виділення теплової енергії. Крім того, клітини м'язової та багатьох інших тканин виділяють тепло і без здійснення робочих функцій, приходячи в стан особливого терморегуляційного тону. При подальшому зниженні температури середовища тепловий ефект терморегуляційного тону зростає.

При продукуванні додаткового тепла особливо посилюється обмін ліпідів, так як нейтральні жири містять основний запас хімічної енергії. Тому жирові запаси тварин забезпечують кращу терморегуляцію. Ссавці володіють навіть спеціалізованою бурою жировою тканиною, в якій вся звільнена хімічна енергія, замість того щоб переходити у зв'язки АТФ, розсіюється у вигляді тепла, тобто йде на обігрівання організму. Буря жирова тканина найбільш розвинена у тварин – мешканців холодного клімату.

Підтримка температури за рахунок зростання теплопродукції вимагає великої витрати енергії, тому тварини при посиленні хімічної терморегуляції або мають потребу у великій кількості їжі, або витрачають багато жирових запасів, накопичених раніше. Наприклад, землерийка бурозубка крихітна має виключно високий рівень обміну. Чергуючи дуже короткі періоди сну і активності, вона діяльна в будь-які години доби та в день з'їдає корму в 4 рази більше власної маси. Частота серцебиття у бурозубок до 1000 за хвилину. Також, і птахам, що залишаються на зиму, потрібно багато корму: їм страшні не стільки морози, скільки нестача кормів. Так, при гарному врожаї насіння ялини і сосни шишкарі взимку навіть виводять пташенят.

Посилення хімічної терморегуляції, таким чином, має свої межі, обумовлені можливістю добування їжі. При нестачі корму взимку такий шлях терморегуляції екологічно невигідний. Він, наприклад, слабо розвинений у всіх тварин, що мешкають за полярним колом: песців, моржів, тюленів, білих ведмедів, північних оленів та ін. Для мешканців тропіків хімічна терморегуляція також мало характерна, оскільки у них практично не виникає необхідності в додатковому продукуванні тепла.

У межах деякого діапазону зовнішніх температур гомойотермні тварини підтримують температуру тіла, не витрачаючи на це додаткової енергії, а використовуючи ефективні механізми фізичної терморегуляції, що дозволяють

краще зберігати або відводити тепло базального метаболізму. Цей діапазон температур, у межах якого тварини відчують себе найбільш комфортно, називається термонеутральною зоною. За нижнім порогом цієї зони починається хімічна терморегуляція, за верхнім – витрати енергії на випаровування.

Фізична терморегуляція екологічно вигідна, так як адаптація до холоду здійснюється не за рахунок додаткового вироблення тепла, а за рахунок збереження його у тілі тварини. Крім того, можливий захист від перегріву шляхом посилення тепловіддачі в навколишнє середовище. Способи фізичної терморегуляції дуже варіативні. У філогенетичному ряду ссавців – від комахоїдних до рукокрилих, гризунів і хижаків механізми фізичної терморегуляції стають все більш досконаліми і різноманітними. До них слід віднести рефлекторне звуження і розширення кровоносних судин шкіри, що міняє її теплопровідність, зміна теплоізолюючих властивостей хутра і пір'яного покриву, протиточний теплообмін шляхом контакту судин при кровопостачанні окремих органів, регуляцію тепловіддачі при випаровуванні.

Густе хутро ссавців, пір'яний і, особливо, пуховий покрив птахів дозволяють зберігати навколо тіла прошарок повітря з температурою, близькою до температури тіла тварини, і тим самим зменшити тепловипромінювання у зовнішнє середовище. Тепловіддача регулюється нахилом волосся і пір'я, сезонною зміною хутра і оперення. Виключно тепле зимове хутро ссавців Заполяр'я дозволяє їм в холод обходитися без істотного підвищення обміну речовин і знижує потребу в їжі. Наприклад, песці на узбережжі Північного Льодовитого океану взимку споживають їжі навіть менше, ніж влітку.

У морських ссавців – ластоногих і китів – шар підшкірної жирової клітковини розподілений по всьому тілу. Товщина підшкірного жиру у окремих видів тюленів досягає 7–9 см, а загальна його маса становить до 40–50 % від маси тіла. Теплоізоляційний ефект такої "жирової панчохи" настільки високий, що під тюленими, що годинами лежать на снігу, сніг не тоне, хоча температура тіла тварини підтримується на рівні 38 °С. У тварин жаркого клімату подібний розподіл жирових запасів призводив б до загибелі від перегріву через неможливість виведення надлишку тепла, тому жир у них запасується локально, в окремих частинах тіла, що не заважає тепловипромінюванню із загальної поверхні (верблюди, курдючні вівці, зебу та ін.).

Системи протиточного теплообміну, що допомагають підтримувати постійну температуру внутрішніх органів, виявлені у лапах і хвостах сумчастих, лінивців, напівмавп, ластоногих, китів, пінгвінів, журавлів та ін. При цьому судини, по яких нагріта кров рухається від центру тіла, тісно контактують зі стінками судин, що направляють охолоджену кров від периферії до центру, і віддають їм своє тепло.

Важливе значення для підтримки температурного балансу має відношення поверхні тіла до його об'єму, так як в кінцевому рахунку масштаби продукування тепла залежать від маси тварини, а теплообмін йде через його покриви. Зв'язок розмірів і пропорцій тіла тварин з кліматичними умовами їх проживання був помічений ще в ХІХ в. Згідно з правилом Бергмана (1848), якщо два близьких види теплокровних тварин відрізняються розмірами, то більший мешкає у більш холодному, а дрібніший – у теплом кліматі. Вчений

підкреслював, що ця закономірність проявляється лише у тому випадку, якщо види не відрізняються іншими пристосуваннями до терморегуляції. З проаналізованих ним 75 груп птахів у фауні Німеччини близько третини задовольняло знайденому правилом.

Терморегуляційне значення окремих ділянок тіла далеко не рівноцінне. Виступаючі частини мають велику відносну поверхню, яка вигідна в умовах жаркого клімату. У ряду ссавців, наприклад, особливе значення для підтримки теплового балансу мають вуха, забезпечені, як правило, великою кількістю кровонесних судин. Величезні вуха африканського слона, маленької пустельної лисички-фенека, американського зайця перетворилися у спеціалізовані органи терморегуляції. При адаптації до холоду проявляється закон економії поверхні, так як компактна форма тіла з мінімальним відношенням площі до обсягу найбільш вигідна для збереження тепла. Якщо температура середовища перевищує верхню межу термонеутральної зони, тваринам доводиться витратити додаткову енергію на терморегуляцію шляхом випаровування.

Ефективним механізмом віддачі тепла служить випаровування води шляхом потовиділення або через вологі слизові оболонки порожнини рота і верхніх дихальних шляхів. Здатність до утворення поту у різних видів дуже різна. Людина при сильній спеці може виділити до 12 л поту за день, розсіявши при цьому тепла в десять разів більше при порівнянні з нормою. Вода, що виділяється, природно, повинна відшкодовуватися через пиття. У деяких тварин випаровування йде тільки через слизові оболонки. У собаки, для якої дихання – єдиний спосіб терморегуляції шляхом випаровування, частота дихання при цьому доходить до 300-400 вдихів за хвилину. Регуляція температури через випаровування вимагає витрати організмом води і тому можлива не у всіх умовах існування.

Поведінкові способи регуляції теплообміну для теплокровних тварин не менш важливі, ніж для пойкилотермних, і також надзвичайно різноманітні – від зміни пози і пошуків укриттів до споруди складних нір, гнізд, здійснення ближніх і дальніх міграцій.

У норах риючих тварин хід температур згладжений тим сильніше, чим більше глибина нори. У середніх широтах на відстані 150 см від поверхні ґрунту перестають відчуватися навіть сезонні коливання температури. В особливо майстерно побудованих гніздах також підтримується рівний, сприятливий мікроклімат. У гнізді-рукавичці синиці-ремеза, що має лише один вузький боковий вхід, тепло і сухо у будь-яку погоду.

Поєднання ефективних способів хімічної, фізичної та поведінкової терморегуляції при загальному високому рівні окислювальних процесів в організмі дозволяє гоміотермним тваринам підтримувати свій тепловий баланс на тлі широких коливань зовнішньої температури.

5. Завдання для самостійної роботи

1. Предмет екології тварин. Методи екологічних досліджень.
2. Структура і завдання сучасної екології рослин. Основні напрямки розвитку. Практичне значення.
3. Екологічні фактори та закономірності їх впливу на живі організми.
4. Закон мінімуму Лібіха та закон толерантності Шелфорда. Екологічна валентність виду. Евритопні та стенотопні види. Лімітуючі екофактори.
5. Основні шляхи адаптації до дії екофакторів. Приклади екологічних класифікацій організмів
6. Світло. Корпускулярно-хвильовий дуалізм. Спектр сонячного випромінювання. Зорова орієнтація. Розвиток органів зору.
7. Температура та її фізичний зміст. Екологічна валентність видів по відношенню до температури. Основні шляхи терморегуляції тварин. Пойкілотермія, гомойотермія і гетеротермія.
8. Вологість. Роль води в житті гідробіонтів та наземних організмів. Джерела і форми води на суші. Основні адаптації пойкило- та гомойогідричних організмів. Способи регуляції водного балансу у тварин.
9. Адетивна дія температури та вологості на живі організми. Кліматичні зони Землі.
10. Ґрунт як середовище існування. Ґрунт як трьохфазна система. Особливості екологічних режимів. Екологічні групи організмів – мешканців ґрунту. Мікро-, мезо- та макрофауни ґрунтів.
11. Час як екологічний фактор. Циклічність фізіологічних функцій організмів. “Біологічний годинник”. Циркадні, місячні та сезонні ритми. Адаптації тварин до несприятливих умов. Фотоперіодизм. Анабіоз. Сплячка.
12. Формоутворюючий вплив факторів середовища на живі організми. Поняття про життєві форми. Життєві форми тварин.
13. Популяція та її основні характеристики. Популяційна структура виду.
14. Популяційні структури: особливості розміщення тварин у просторі.
15. Популяційні структури: особливості вікової структури (моно- та поліциклічні популяції).
16. Популяційні структури: особливості статеві структури різних видів тварин.
17. Популяційні структури: етологічна структура – суспільні комахи.
18. Популяційні структури: етологічна структура – клас птахи та ссавці.
19. Особливості динаміки популяцій тварин.
20. Гомеостаз популяцій тварин.

6. Екологічні задачі

Задача № 1.

За правилом екологічної піраміди визначте, скільки рослинної речовини необхідно для того, щоб у наведеному біоценозі могли існувати три рослиноїдні птахи масою 1 кг.

Розв'язання:

Складаємо ланцюг живлення: рослини → птахи.

Маса одного птаха – 1 кг, отже йому необхідно 10 кг рослин.

Кількість птахів – 3, тому помножуємо кількість птахів на масу рослин і визначаємо масу рослинної речовини, яка необхідна для того, щоб у цьому біоценозі змогли існувати три рослиноїдні птахи масою 1 кг:

$$3 \cdot 10 = 30 \text{ кг рослинної речовини.}$$

Відповідь: необхідно 30 кг рослин.

Задача № 2.

Трофічний ланцюг складається з трьох рівнів. Вовк набрав 1 кг маси. Скільки для цього знадобилось рослинної речовини?

Розв'язання:

Складаємо ланцюг живлення: рослини → заєць → вовк.

Маса вовка збільшилась на 1 кг, отже йому необхідно було з'їсти на 10 кг більше зайців, а їм, у свою чергу, необхідно з'їсти на 100 кг рослин більше.

Відповідь: знадобилось 100 кг рослинної речовини.

Задача № 3.

За правилом екологічної піраміди, визначте, скільки рослинності необхідно, щоб прогодувати лисицю масою 32 кг.

Розв'язання:

Складаємо ланцюг живлення: рослини → заєць → лисиця.

Згідно з правилом екологічної піраміди на кожен трофічний рівень переходить не більше ніж 10 % енергії, отже, знаючи масу лисиці, можна обчислити потрібну масу рослинності.

$$\begin{array}{ccccccc} 3200 \text{ кг} & \text{—} & 320 \text{ кг} & \text{—} & 32 \text{ кг} \\ \text{рослини} & \text{—} & \text{заєць} & \text{—} & \text{лисиця} \end{array}$$

Відповідь: щоб прогодувати лисицю масою 32 кг, необхідно 3200 кг рослинності.

Задача № 4.

Визначте площу (га) поля, що необхідна для прогодування яструба масою 6 кг (суха речовина становить 40 %). Суха маси трави з 1 м² становить 300 г.

Розв'язання:

Складаємо ланцюг живлення: рослини → гризуни → яструб.

Спочатку визначаємо масу сухої речовини яструба (складаємо пропорцію):

$$6 \text{ кг — } 100 \%$$

х кг — 40 %

х кг (маса сухої речовини яструба).

6 кг х 40% : 100 % = 2,4 кг (маса сухої речовини яструба)

Визначаємо суху масу рослин у ланцюзі живлення за правилом екологічної піраміди:

240 кг — 24 кг — 2,4 кг
рослини — гризуни — яструб

Тепер визначаємо площу поля, на якій зростає 240 кг рослин (складаємо пропорцію):

1 м² — 300 г (0,3 кг)

Х — 240 кг

1 м² × 240 кг : 0,3 кг = 800 м² 800 м² = 0,08 га.

Відповідь: щоб прогодувати яструба вагою 6 кг, необхідно 0,08 га поля.

Задача № 5.

Біомаса сухого сіна з 1 м² луки становить 200 г. Використовуючи ланцюг живлення: рослини — корова — людина, розрахуйте скільки гектарів луки необхідно для того, щоб прогодувати людину масою 65 кг (70 % води).

Дано:

m (людини) = 65 кг;

W (H₂O) = 70 %;

Трава — корова — людина.

S(га) -?.

Розв'язання.

1. Розраховуємо суху біомасу кінцевого консумента:

100 % – 70 % = 30 %.

65 кг – 100 %;

х кг – 30%.

65 · 30 / 100 = 19,5 кг

2. Підставляємо дані в ланцюг живлення і знаходимо біомасу всіх його компонентів:

трава — корова — людина

1950 кг – 195 кг – 19,5 кг

3. Знаходимо площу луки:

1 м² — 1950 кг; — 0,2кг
х м² — 1950 кг;

х = 9750 м² = 0,975 га.

Відповідь. Щоб прогодувати людину масою 65 кг, потрібен 0,975 га луки.

Задача № 6.

Користуючись правилом екологічної піраміди визначити, яка площа (в га) біоценозу може прогодувати одну особину останньої ланки в ланцюгу живлення:

– планктон – риба – тюлень (300 кг);

- планктон-нехижі риби-щука (10 кг).

Суха біомаса планктону з 1 м^2 становить 600 г за рік. Із вказаної у дужках маси 60% становить вода.

Розв'язання.

1. Визначаємо суху масу тюленя: 300 кг – 100%;
 $x \text{ кг} - 40\%$; $x = 120 \text{ кг}$.

2. На підставі правила екологічної піраміди визначаємо, скільки потрібно планктону:

120 кг – тюлень; 1200 кг – риба; 12000 кг – планктон.

3. Визначаємо площу даного біоценозу, якщо відомо, що суха біомаса планктону з 1 м^2 становить 600 г. Отже, $1 \text{ м}^2 - 0,6 \text{ кг}$;

$x \text{ м}^2 - 12000 \text{ кг}$;

$x = 20000 \text{ м}^2 = 2 \text{ га}$.

4. Визначаємо суху масу щуки: 10 кг – 100%

$x \text{ кг} - 40\%$ $x = 4 \text{ кг}$.

5. На підставі правила екологічної піраміди визначаємо, скільки потрібно планктону:

4 кг – щука; 40 кг – нехижа риба; 400 кг – планктон.

6. Визначаємо площу даного біоценозу, якщо відомо, що суха біомаса планктону з 1 м^2 становить 600 г. Отже, $1 \text{ м}^2 - 0,6 \text{ кг}$;

$x \text{ м}^2 - 400 \text{ кг}$;

$x = 666,6 \text{ м}^2 = 0,06666 \text{ га}$.

Відповідь: необхідно 2 га планктону для того, щоб прогодувати тюленя масою 300 кг та 0,06666 га планктону щоб прогодувати щуку масою 10 кг.

7. Тести

1. Часткова або повна редукція зору спостерігається у тварин, що мешкають:

- А. У цілковитій темряві
- Б. На яскравому світлі
- В. У сутінках

2. Дрібні розміри та спрощена будова, як адаптація до середовища життя властива паразитам:

- А. Ектопаразитам
- Б. Тканинним паразитам
- В. Внутрішньоклітинним паразитам

3. До якої екологічної групи мешканців ґрунту відноситься кріт:

- А. Мезофауна
- Б. Макрофауна
- В. Мегафауна

4. Процес проникнення особин, що розселяються на незайняті видом території, заселення їх з утворенням нових популяцій називають:

- А. Ін'єкція
- Б. Інокуляція
- В. Інвазія

5. Яким видом внутрішньо популяційних угруповань є термітник:

- А. Колонія
- Б. Стадо
- В. Згряя

6. Як називається ділянка абіотичного середовища, яку займає угруповання тварин:

- А. Ареал
- Б. Біоценоз
- В. Біотоп

7. Екологічної нішею називається:

- А. Територія переважного проживання якогось виду;
- Б. Територія, в межах якої здійснюється конкурентна боротьба між видами;
- В. Позиція виду в співтоваристві і в співвідношенні з іншими видами і місцем існування;
- Г. Місцеперебування будь-якого виду організмів, що характеризуються сприятливими для нього умовами

8. Як називаються рослиноїдні тварини, які харчуються лише певними рослинами?

- А. Олігофаги;
- Б. Поліфаги;
- В. Монофаги;
- Г. Фітофаги;
- Д. Зоофаги

9. УФ-промені сприймають:

- А. Собаки;
- Б. Кажани;
- В. Птахи

10. Інфрачервону частину спектру сприймають:

- А. Дельфіни;
- Б. Гримучі змії;
- В. Ящірки

11. Поляризоване світло розрізняють:

- А. Бджоли;
- Б. Змії;
- В. Хижі птахи

12. Сечовина є продуктом метаболізму у:

- А. Птахів;
- Б. Земноводних;
- В. Плазунів

13. Які тварини з вказаних нижче є пойкилотермними:

- А. Ссавці;
- Б. Плазуни;
- В. Птахи

14. Який з наведених нижче способів регуляції температури тіла не характерний для пойкилотермних тварин:

- А. Зміна пози відносно джерела тепла;
- Б. Активний пошук сприятливих місць проживання
- В. Терморегуляція;
- Г. Спеціалізовані форми поведінки, спрямовані на створення мікроклімату (риття нір, спорудження гнізд і ін.).

8. Словник-мінімум екологічних термінів

Адаптація – пристосування окремих організмів і видів, їх будови і функцій до умов зовнішнього середовища, а також до співіснування в екосистемах певного типу.

Акліматизація – пристосування організмів до нових умов існування.

Альbedo Землі – відношення сонячної радіації, яка відбивається Землею (з її атмосферою) у світовий простір, до сонячної радіації, яка надійшла на межу атмосфери.

Антропогенне навантаження – міра прямого і непрямого впливу діяльності людини на природу в цілому або на її окремі компоненти.

Антропогенний ландшафт – ландшафт, змінений і перетворений діяльністю людини, з агроценозами, житловими, технічними і транспортними спорудами.

Ареал – територія або акваторія, у межах якої поширений вид або інша таксономічна група рослин чи тварин.

Баланс водний – співвідношення між кількістю води, що надходить, і тією, що витрачається, на будь-якому етапі кругообігу води на планеті.

Баланс тепловий – співвідношення надходження і витрачання тепла будь-якої системи, об'єкта, поверхні тощо. Розрізняють баланс тепловий атмосфери, земної поверхні, ґрунту тощо.

Біоіндикатори – високочутливі живі організми, які мають гарну адаптацію і різноманіття фізіологічних властивостей, відображають будь-які зміни природного фону і діють як "рання попереджуюча система".

Біологічна продуктивність – кількість відтвореної організмами біоценозу біомаси за одиницю часу.

Біологічні ритми – циклічні коливання біологічних процесів і явищ.

Біом – сукупність видів рослин і тварин, які складають живе населення певного району. До нього близький термін біота (див.), який застосовується до більших ділянок поверхні Землі.

Біорізноманіття – 1) варіативність живих організмів на всіх рівнях організації: генетичному, видовому і більш високих таксономічних, включаючи різноманіття місць існування екосистем (ландшафтів); 2) велика кількість видів живих організмів.

Біота – історично складена сукупність рослин і тварин, об'єднаних загальною областю поширення.

Вид вимираючий – вид, морфофізіологічні особливості поведінки якого не відповідають сучасним умовам середовища існування, а генетичні можливості подальшого пристосування вичерпані.

Вид **ендемичний** – види тварин чи рослин, поширення яких обмежене певною місцевістю, географічно чи екологічно ізольованих.

Вид зникаючий – вид, що перебуває під загрозою повного вимирання, чисельність уцілілих особин якого недостатня для самостійного підтримання популяцій у природних умовах, потребує спеціальних заходів охорони. Вид реліктовий – вид, що зберігся у певній місцевості як залишок флори чи фауни минулої геологічної епохи.

Вид рідкісний – вид, що зустрічається в малій кількості особин або популяцій на обмеженій території, має специфічне місцезнаходження, і може швидко зникнути.

Види-космополіти – види рослин і тварин, поширені на всіх континентах земної кулі завдяки високій екологічній пластичності.

Вид-індикатор – вид, що є показником особливостей середовища певного біоценозу чи екосистеми.

Гідробіонти – організми, що живуть у воді.

Глобальна екологія – розділ екології, що вивчає біосферу в цілому, тобто екологічну систему, яка охоплює всю земну кулю. Розробляє про-гнози можливих змін біосфери під впливом діяльності людини у різних варіантах господарського розвитку.

Деградація середовища – погіршення стану або руйнування навколишнього природного або антропогенного середовища, яке тягне за собою деградацію його живих (біотичних) компонентів.

Екогенез – історичний процес зміни екологічних особливостей організмів, пов'язаний з пристосуванням їх до умов середовища.

Екологічна катастрофа – повне порушення екологічної рівноваги в природних живих системах, яке виникає в результаті прямої чи опосередкованої людської діяльності.

Екологічна криза – ситуація, яка виникає в екологічних системах (біогеоценозах) у результаті порушення рівноваги під впливом природних стихійних явищ або впливу антропогенних факторів.

Екологічна рівновага – баланс природних або змінених людиною екологічних компонентів і природних процесів, що забезпечує тривале існування даної екосистеми.

Життя – вища форма існування матерії на нашій планеті, характерними рисами якої є обмін речовин, самооновлення, самовідтворення, еволюція, накопичення і передача інформації.

Метаболіти – продукти обміну речовин у живому організмі.

Моделювання екологічне – імітація екологічних явищ за допомогою лабораторних, логічних й експериментальних моделей для оцінювання їх параметрів.

Мутагенез – процес виникнення мутацій; розрізняють індукований, тобто спричинений дією зовнішнього чинника, та спонтанний (самодо-вільний).

Мутація – пошкодження гена (генів), що передаються нащадкам клітин, в яких вони виникли.

Навколишнє середовище (довкілля) – 1) сукупність на даний момент фізичних, хімічних, біологічних характеристик, а також соціальних факторів, здатних викликати прямий чи віддалений вплив на живі істоти і діяльність людини; 2) сукупність усіх умов, у яких існують живі організми.

Оптимум – значення фактора, яке відповідає найкращим показникам життєдіяльності організму.

Охорона природи – система державних, громадських, адміністративно-господарських, техніко-виробничих, економічних і юридичних заходів, спрямованих на підтримання сприятливих для життя умов, раціональне

використання, збереження і відтворення природних ресурсів Землі і навколоземного космічного простору в інтересах задоволення матеріальних і духовних потреб існуючих і майбутніх поколінь людей.

Педобіонти – живі організми, які мешкають у ґрунті.

Педосфера – ґрунтовий шар Землі, частина біосфери.

Песимум – життєві умови, несприятливі для існування виду, за яких межі мінливості зовнішніх факторів ширші компенсаторних можливостей популяції.

Плетобіосфера – один із термінів визначення найбільш діяльного горизонту біосфери, "плівки життя".

Природа – матеріально-енергетичний та інформаційний світ Всесвіту.

Природне середовище – уся сукупність елементів живої (біотичні фактори) і неживої (абіотичні фактори) природи.

Урбоекосистема – нестійка природно-антропогенна система, яка склалася на урбанізованій території з архітектурно-будівельних об'єктів і різко змінених екосистем.

Фенологія – наука про сезонні явища у природі, строки їх настання та причини, які визначають ці строки.

ЛІТЕРАТУРА

Основна

1. Білявський Г.О., Бутченко Л.І., Навроцький В.М. Основи екології: теорія та практикум. – К.: Лібра, 2000. – 352 с.
2. Білявський Г.О., Падун М.М., Фурдуй Р.С. Основи загальної екології. – К.: Либідь, 1995. – 378 с.
3. Білявський Г.О., Фурдуй Р.С., Костіков І.Ю. Основи екології. – К.: Либідь, 2004. – 408 с.
4. Бигон М., Харпер Дж., Таунсенд К. Экология : особи, популяції, сообщества: В 2 т. – М.: Мир, 1989. – Т. 1. – 667 с.; Т. 2. – 477 с.
5. Даждо Р. Основы экологии. – М.: Прогресс, 1975. – 415 с.
6. Дерій С.І., Ілюха В.О. Основи екології. – К. : Видавництво Українського фітосоціологічного центру, 2000. – 200 с.
7. Злобін Ю.А. Основи екології. – К. : Лібра, 1998. – 248 с.
8. Одум Ю. Экология: в 2 т. – Т.1. Пер. с англ. – М. : Мир, 1986. – 328 с.
9. Одум Ю. Экология: в 2 т. – Т.2. Пер. с англ. – М. : Мир, 1986. – 376 с.

Додаткова

1. Акимова Т.А., Хаскин В.В. Экология, -М.: ЮНИТИ, 1998. – 455 с.
2. Биология: Справочные материалы. – М.: Просвещение, 1983. – 386 с.
3. Вилли К. Биология. Пер. с англ. – М.: Мир, 1968. – 689 с.
4. Гейнрих Д., Гергт М. Экология. – М.: Рыбари, 2003. – 287 с.
5. Гиляров А.М. Популяционная экология. – М.: Изд-во МГУ, 1990. – 184 с.
6. Горелов А.А. Экология, – М.: Центр, 1998 – 240 с.
7. Дедю И.И. Экологический энциклопедический словарь. Кишинёв: Гл. редакция Молдавской Советской энциклопедии, 1990. – 406 с.
8. Джиллер П. Структура сообществ и экологическая ниша. М.: Мир, 1988. – 184 с.
9. Жизнь животных. Рыбы : в 6 т. / [Абакумов В.А., Андрияшев А.Я., Барсуков В.В., Беккер В.Э., Белянина Т.Н.] ; Под ред. Т.С. Расса. – Москва: Издательство "Просвещение", 1968 – (Биологическая энциклопедия). – Т.4. – Ч.1.– 1971. – 563 с.
10. Жизнь животных. Птицы. : в 6 т. / [Н.А. Гладков, Г.П. Дементьев, А.В. Михеев, А.А. Иноземцев.; Под ред. Н.А. Гладкова, А.В. Михеева.]– Москва: Издательство "Просвещение", 1968 – (Биологическая энциклопедия). – Т.5. – 1970. – 574 с.
11. Жизнь животных. Млекопитающие, или Звери. : в 6 т. / [Банников, А.Г. Второв П.П., Гладкова Т.Д., Дроздов Н.Н.; Под ред. С.П. Наумова, А.П. Кузьякина.] – Москва : Просвещение, 1968 – (Биологическая энциклопедия). – Т.6. – 1971. – 585 с.
12. Запольський А.К., Салюк А.І. Основи екології. / За ред. К.М. Ситника. – К.: Вища школа, – 2004. – 382 с.
13. Кашкаров Д.Н. Экология животных. Л.: Наука, 1944. – 316 с.
14. Кемп П., Армс К. Введение в биологию / пер. с англ. М. Александрова. – М.: Мир, 1988. – 205 с.

15. Майр Э. Популяция, виды, эволюция. – М.: Мир, 1974. – 312 с.
16. Макфедьен Э. Экология животных. Цели и методы. М.: Мир, 1965. – 375 с.
17. Микитюк О.М., Грицайчук В.В., Злобін О.З., Маркіна Т.Ю. Основи екології. – Харків: ОВС, 2003. – 144 с.
18. Мусієнко М.М., Серебряков В.В., Брайон В.В. Екологія. Охорона природи. Словник-довідник. – К.: Т-во Знання, КОО, 2002. – 550 с.
19. Наумов Н.П. Экология животных. – М. : Высшая школа, 1963. – 618 с.
20. Нейл У. География жизни. Пер. с англ. – М.: Прогресс, 1973. – 328 с.
21. Основы экологии и природопользования / Дикань В.Я., Дейнека А.Г., Позднякова Л.А. и др. – Харьков: ООО, Олант, 2002. – 384 с.
22. Руковский Н.Н. Убежища четвероногих. М.: Агропромиздат, 1991. – 143 с.

Інтернет-ресурси з екології тварин

1. ovset.com/user/eciga/shtml – вплив людини на природу, глобальні проблеми людства
2. proeco.visti.net – новини екології
3. www.geonews.com.ua – екологічні новини України та СНД
4. nauka.relis.ru – журнал "Наука и жизнь"
5. max.ru/cgi-bin/links/jumpr.cgi?ID=730 – Екологічний журнал
6. proeco.visti.net/naturalist- журнал "Натураліст"
7. priroda.ru – Національний портал природи (Природні ресурси та охорона навколишнього середовища)
8. ecolife.org.ua – український ресурс з екології
9. ecoline.ru – екологічний ресурс країн СНД
10. anriintern.com/ecology/spisok.htm – посилання на екологічні сайти
11. <http://ecoinf.uran.ru/>- інформаційно-аналітична система "Екоінформ"
12. list.priroda.ru – каталог інтернет ресурсів з екології.
13. <http://www.zoolog.com.ua/index.html> – У світі тварин.
14. <http://www.iucnredlist.org/> – Red list Threatened space

Навчальне видання

Лисенко Геннадій Миколайович,
Пасічник Сергій Валентинович

ЕКОЛОГІЯ ТВАРИН

*Навчально-методичний посібник
для студентів біологічних спеціальностей*

Технічний редактор – І. П. Борис
Верстка, макетування – О. В. Борщ
Книга друкується в авторській редакції.

Підписано до друку 13.12.2017 р.	Формат 60x84/16	Папір офсетний
Гарнітура Arial	Ум. друк. арк. 2,09	Тираж 70 пр.
Замовлення №	Обл.-вид. арк. 2,06	



Ніжинський державний університет
імені Миколи Гоголя.

м. Ніжин, вул. Воздвиженська, 3/4

(04631) 7-19-72

E-mail: vidavn_ndu@ukr.net

www.ndu.edu.ua

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи
ДК № 2137 від 29.03.05 р.