

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**  
**МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА імені О. М. БЕКЕТОВА**

**К. М. Задорожний**

# **БІОЛОГІЯ**

## **КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ**

*(для студентів I курсу денної та заочної форм навчання  
освітньо–кваліфікаційного рівня бакалавр, спеціальності  
183 – Технології захисту навколишнього середовища)*

**Харків**  
**ХНУМГ ім. О. М. Бекетова**  
**2019**

**УДК 573**

**Задорожний К. М.** Біологія : конспект лекцій для студентів 1 курсу денної та заочної форм навчання освітньо-кваліфікаційного рівня бакалавр спеціальності 183 – Технології захисту навколишнього середовища / К. М. Задорожний; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2019. – 72 с.

Автор канд. біол. наук К. М. Задорожний

Рецензент

**А. П. Полів'янчук**, д-р техн. наук, проф., проф. кафедри інженерної екології міст, ХНУМГ ім. О. М. Бекетова

*Рекомендовано кафедрою міських і регіональних екосистем, протокол № 1 від 31.08. 2018.*

Конспект лекцій містить інформацію до курсу «Біологія». Матеріали відповідають діючій програмі навчальної дисципліни та містять список літератури, який дозволяє отримати додаткову інформацію з питань курсу. Для студентів 1 курсу очної та заочної форм навчання.

© К. М. Задорожний, 2019

© ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2019

## ЗМІСТ

	Стор
Вступ.....	4
Модуль 1 Будова і систематика біонтів .....	5
Тема 1 Основні поняття біології. Рівні організації біонтів .....	5
Тема 2 Органи і системи органів біонтів .....	10
Тема 3 Одноклітинні організми і неклітинні форми життя .....	20
Тема 4 Багатоклітинні організми .....	21
Модуль 2 Сталість та мінливість біонтів .....	34
Тема 5 Спадковість біонтів.....	34
Тема 6 Мінливість біонтів .....	48
Тема 7 Основи еволюційної теорії .....	55
Тема 8 Напрями і стратегії еволюції живих організмів.....	64
Список рекомендованих джерел.....	69

## Вступ

Дисципліна «Біологія» надає майбутнім спеціалістам базові знання в галузі діяльності фахівця – еколога, формує первинні знання з біології, знайомить з основними групами біонтів, дає уявлення про їх генетику та еволюцію.

Програма навчальної дисципліни «Біологія» розроблена на основі:

– ОКХ бакалавра напрямку підготовки 183 «Технології захисту навколишнього середовища»;

– ОПП підготовки бакалавра напрямку підготовки 183 «Технології захисту навколишнього середовища»;

– СВО ХНАМГ Навчальний план підготовки бакалавра заочної форми навчання напрямку 183 – Технології захисту навколишнього середовища.

Програма навчальної дисципліни «Біологія» ухвалена кафедрою Інженерної екології міст (протокол № 1 від 01 вересня 2016 р.) та Вченою радою факультету Інженерної мереж та екології міст (протокол № 1 від 09.09.2016.).

## **Модуль 1 «Будова і систематика біонтів»**

### **Тема 1 Основні поняття біології. Рівні організації біонтів**

#### *Основні властивості живого*

Певний хімічний склад. Для всіх живих систем є характерним певне співвідношення за вмістом різних хімічних елементів, яке відрізняється від співвідношення за вмістом хімічних елементів у неживих системах, і наявність певних груп речовин, які називають органічними речовинами.

Багаторівневність організації. Біологічні системи мають кілька рівнів організації, кожному з яких притаманні певні риси й особливості.

Наявність обміну речовин. Усі живі системи можуть функціонувати лише за умови існування обміну речовин та енергії з навколишнім середовищем. Припинення обміну призводить до припинення життєдіяльності живої системи.

Здатність до саморегуляції. Наявність обміну речовин вимагає від живих систем здійснення постійної регуляції своїх внутрішніх процесів та процесів взаємодії з навколишнім середовищем. Відсутність або порушення саморегуляції призводить до припинення процесів обміну

Подразливість. Це здатність адекватно реагувати на зовнішні або внутрішні впливи. Подразливість живої системи є основою її ефективної саморегуляції, бо без одержання адекватної інформації щодо впливів будь-яка регуляція неможлива.

Здатність до розмноження. Будь-яка жива система здатна до самовідтворення. Неможливість розмноження призводить до вимирання певної живої системи.

Здатність до розвитку. Усі живі системи протягом індивідуального існування поступово видозмінюються (процес онтогенезу). Крім того, вони змінюються і в процесі еволюції.

#### *Клітинний рівень організації живих організмів*

Клітину відкрив Роберт Гук – англійський фізик, який працював у Оксфордському університеті. Він удосконалив конструкцію мікроскопу й дослідив з його допомогою різні об'єкти, у тому числі корок коркового дубу.

Розглядаючи з допомогою мікроскопа корок, Гук побачив комірки (це були клітинні стінки), які нагадали йому монастирські келії, і він назвав їх англійським словом cell (камера, клітка, клітина). Свої дослідження він описав у статті в 1665 році. Пізніше Гук спостерігав і описав клітини таких рослин як бузина, кріп, морква тощо.

Наступний етап формування цитології як науки пов'язаний із голландцем Антоні ван Левенгуком, який працював у кінці XVII – на початку XVIII ст. Він відкрив одноклітинні організми (першим побачив найпростіших), еритроцити, сперматозоїди та інші клітини.

Протягом XVIII століття суттєвих зрушень у науці про клітини не відбувалося через недосконалу конструкцію мікроскопів. А от у XIX столітті мікроскопи значно вдосконалили і, до того ж, створили методики забарвлення клітин. Це призвело до цілої низки відкриттів. У 1827 році Карл Бер відкриває яйцеклітину ссавців. У 1831 році Роберт Броун описує ядра рослинних клітин. У той же період Маттіас Шлейден довів, що всі рослини складаються з клітин. І, нарешті, в 1839 році Теодор Шванн, порівнюючи клітини рослин і тварин і спираючись на висновки Шлейдена, сформулював клітинну теорію.

Основними положеннями цієї теорії були такі:

- Усі організми складаються з клітин або різними способами утворені з них.
- Клітини рослин і тварин подібні за головними рисами.
- Ріст і розвиток організмів пов'язані з утворенням клітин.

У 1859 році Рудольф Вірхов довів, що клітини виникають лише з клітин-попередників. Це все призвело до того, що наприкінці XIX століття цитологія (таку назва отримала наука, що вивчає клітини) стала самостійною наукою.

У XX столітті розвиток цитології інтенсивно продовжувався. Цьому сприяла поява нових методів досліджень – спочатку електронної мікроскопії, а потім центрифугування і методів молекулярної біології.

Основними методами дослідження клітин є такі:

- оптична мікроскопія;
- електронна мікроскопія;
- забарвлення клітин;
- мікротомування;
- центрифугування;
- метод мічених атомів;
- метод культури клітин.

Клітини рослин оточені клітинною стінкою, яка складається із целюлози, і, зазвичай, мають добре розвинені великі вакуолі. До їхнього складу входять ядро, рибосоми, мембрани, ендоплазматична сітка (шорстка і гладка), мітохондрії та пластиди. Сусідні клітини сполучаються між собою за допомогою плазмодесм.

На відміну від клітин грибів і рослин, у клітинах тварин відсутні жорстка клітинна стінка і пластиди. Клітина тварин вкрита гнучкою клітинною мембраною і в більшості випадків може змінювати свою форму (рослини не можуть цього робити, бо їхня клітинна стінка занадто жорстка). Так само, як і в клітинах рослин, у клітинах тварин є ядро, мітохондрії та цитоплазматичні мембрани.

Цитоплазма клітин складається з цитозолу, цитоскелета, органел і включень. Цитозоль забезпечує взаємозв'язок усіх компонентів клітини. Крім того, у ньому відбуваються важливі біохімічні реакції. Для успішного виконання цих функцій цитозоль має специфічну будову. Для того щоб органели клітини були розташовані в певних місцях клітини, цитозоль повинен бути досить щільним. Але для того щоб органели можна було переміщати залежно від потреб клітини, він же має бути достатньо рідким. Тому цитозоль є напіврідкою субстанцією, щільність якої може змінюватися в досить широких межах.

Рибосоми є органелами клітин, які мають складну форму і складаються з двох субодиниць (великої та малої). Ці субодиниці можуть розпадатися

й об'єднуватися знову. У цитоплазмі еукаріотичних клітин розташовані рибосоми еукаріотичного типу, а в мітохондріях, пластидах і цитоплазмі прокаріотичних клітин – рибосоми прокаріотичного типу. Ці типи рибосом відрізняються за деякими РНК і білками, які входять до їхнього складу. Функцією обох типів рибосом є синтез білків.

Мітохондрії – це двомембранні органели, які можуть мати форму гранул, паличок або ниток. У клітині може бути від кількох штук до кількох тисяч мітохондрій. Головне завдання мітохондрій – забезпечення клітин енергією. Нові мітохондрії в клітині утворюються шляхом поділу старих. Для забезпечення діяльності мітохондрій вони мають власну ДНК у формі кільцевих молекул і рибосоми прокаріотичного типу.

Пластиди, як і мітохондрії, є двомембранними органелами. Їх форма може бути дуже різноманітною. Виділяють три основні типи пластид – хлоропласти (зелені), хромопласти (червоні, оранжеві або жовті) і лейкопласти (безбарвні). Як і мітохондрії, пластиди мають власну ДНК у формі кільцевих молекул і рибосоми прокаріотичного типу. Розмножуються вони шляхом поділу. У деяких випадках пластиди одного типу можуть перетворюватися на інший. Наприклад, у разі пожовтіння листя восени хлоропласти перетворюються на хромопласти.

Ці органели виконують різні функції. У них можуть накопичуватися запасні поживні речовини. З допомогою різних пластид рослини забезпечують забарвлення окремих своїх частин у різний колір. Але найголовнішою функцією є здійснення фотосинтезу. Цю функцію виконують хлоропласти.

Клітинні мембрани складаються з двох шарів ліпідів, у яких розташовані білкові молекули. До зовнішнього боку мембран можуть прикріплюватися вуглеводні компоненти. Зовнішню частину кожного із шарів ліпідів утворюють їх гідрофільні головки, а внутрішню – гідрофобні хвости. Мембранні білки виконують різні функції та можуть розташовуватися на поверхні ліпідного шару, в одному із шарів або пронизувати обидва шари. Дві сторони мембрани можуть відрізнятися між собою за складом і властивостями.



Транспорт речовин через мембрану здійснюється різними способами. Дифузія – це самостійне переміщення речовин через мембрану в напрямку меншої їх концентрації, яке не потребує витрат енергії. Так транспортуються кисень і вуглекислий газ.

Полегшена дифузія – це переміщення речовин через мембрану в напрямку меншої їх концентрації, яке здійснюється білками–переносниками. Так транспортуються малі органічні молекули (глюкоза, деякі амінокислоти тощо).

Активний транспорт – це переміщення речовин через мембрану, яке здійснюється з допомогою спеціальних білкових комплексів і з витратами енергії. Частіше за все відбувається в напрямку більшої концентрації. Так транспортуються йони та великі молекули, для яких мембрана є непроникною.

Цитоз – це переміщення через мембрану об'єктів у мембранній упаковці. Мембранний транспорт у клітину називається ендоцитозом. Мембранний транспорт із клітини – екзоцитозом. Транспорт твердих часток – фагоцитоз, транспорт рідких речовин і крапель – піноцитоз. Так транспортуються великі молекули або їх комплекси (у тому числі віруси й бактерії).

Життєвий цикл будь-якої клітини триває від початку одного поділу до початку наступного. Складається з двох основних частин – процесу поділу й інтерфази. У тих клітин, які втратили здатність до поділу, клітинний цикл закінчується не початком нового циклу, а загибеллю клітини. Під час інтерфази в клітинах відбувається багато процесів. Вони ростуть і накопичують речовини, необхідні для наступного поділу.

Сам поділ клітин може проходити по-різному. Прокаріотичні клітини діляться переважно шляхом простого, так званого бінарного, поділу. У цьому варіанті їхній нуклеоїд подвоюється шляхом реплікації і нова копія прикріплюється до клітинної мембрани, після чого між двома нуклеїнами формується нова клітинна стінка. Інтерфази між поділами прокаріотичних клітин займають невеликі проміжки часу. Більшості бактерій для підготовки поділу вистачає близько двадцяти хвилин.

У еукаріотів процес поділу, як і інтерфаза, триває довше. Процеси, які відбуваються під час поділу, у них складніші через наявність ядра та спадкового матеріалу у вигляді хромосом. У більшості випадків поділ еукаріотичних клітин представлений у формі мітозу або мейозу.

Поділ клітин може відбуватися за різними сценаріями. Це може бути поділ навпіл, коли клітина ділиться на дві приблизно однакові частини, або множинний поділ, коли з однієї материнської клітини утворюється кілька дочірніх. Також зустрічається варіант брунькування, коли на тілі материнської клітини утворюється невелике випинання – брунька, у яке потрапляє і спадковий матеріал після поділу ядра.

## **Тема 2 Органи і системи органів біонтів**

### *Тканини і органи рослин*

Тканина – це сукупність клітин, не обов'язково ідентичних, але спільного походження, що разом виконують спільну функцію. Тканини рослин є об'єктом вивчення гістології рослин. Перша класифікація тканин була розроблена Н. Грю ще у XVIII столітті.

Типи тканин рослин:

- Твірні (меристеми).
- Основні (паренхіми).
- Покривні.
- Механічні.
- Провідні.
- Видільні (секреторні).

Орган – частина організму, яка виконує одну або кілька специфічних функцій і має певну будову.

Вегетативні органи – органи рослин, служать для підтримання індивідуального життя рослини (пагін, корінь, стебло, лист, брунька).

Генеративні органи – органи рослин, які пов'язані з функцією статевого розмноження (квітка, насіння, плід).

Корінь – вегетативний орган з необмеженим ростом, який забезпечує закріплення рослин у субстраті, поглинання і транспорт води та розчинених у ній мінеральних речовин та продуктів життєдіяльності ґрунтових мікроорганізмів і коренів інших рослин, первинний синтез органічних речовин, виділення в ґрунт продуктів обміну речовин і вегетативне розмноження.

Сукупність усіх цих коренів (головного, бічних та додаткових) утворює кореневу систему. За формою розрізняють два типи корневих систем: стрижневу і мичкувату. Стрижнева має добре виражений головний корінь, який займає в ґрунті вертикальне положення; від нього відходять бічні корені, що розміщуються в ґрунті радіально.

Видозміни коренів та функції, які вони виконують:

- Коренеплоди – накопичують поживні речовини у головному корені (буряк, морква).
- Кореневі бульби – відкладають поживні речовини в бічних коренях (жоржина).
- Повітряні корені – вбирають воду з повітря (орхідеї).
- Дихальні корені – забезпечують дихання у болотних рослин (мангрові).
- Ходульні корені – утримують рослину (кукурудза, баньян).
- Корені-присоски – добувають органічні речовини із рослини-хазяїна у паразитичних рослин (повитиця).
- Корені-причіпки – закріплюють рослину на якомусь субстраті(плющ).

Пагін – це осьовий орган вищих рослин, що складається зі стебла, листків та бруньок і здатний до верхівкового росту.

Пагін розчленований на циліндричні осьові органи – стебла з їх функціями утримання і проведення речовин та плоскі бічні органи з обмеженим ростом – листки, які забезпечують можливість найбільшого контакту рослин з повітряним середовищем і поглинання світлової енергії. Надзвичайно характерною структурною особливістю типового пагона вищих рослин є наявність бруньок – зачаткових пагонів, які здатні тривалий час зберігати життєздатність меристем і забезпечувати їх захист від несприятливих зовнішніх впливів.

На пагоні виділяють вузли і міжвузля.

Вузол – це місце прикріплення листків (бруньок) до стебла.

Міжвузля – відстань між сусідніми вузлами. Кут між листком і стеблом називається листковою пазухою. В пазусі листка розташовуються бруньки.

Для пагона властивий негативний геотропізм (росте від центра землі, проти сили земного тяжіння).

Брунька – зародковий пагін з дуже вкороченими міжвузлями, що перебуває в стані відносного спокою. Вона складається із короткої зачаткової осі (стебла) з конусом наростання на верхівці, листкових зачатків та/або зачаткових репродуктивних органів (квіток, суцвіть).

Сочевички – отвори у вторинній тканині (перидермі), яка вкриває стебло і корені; вони виповнені вільно розташованими клітинами; сполучають повітряні проміжки в рослинах, створюючи умови для газообміну.

Листок – обмежений у рості бічний виріст пагона. Функції листка – фотосинтез, випаровування води (транспірація) і газообмін.

Листки у більшості рослин зелені, найчастіше – пластинчасті, зазвичай мають двобічну симетрію. Розміри від кількох міліметрів (ряска) до 10–15 м (пальми). Листок формується з клітин твірної тканини конуса наростання стебла. Зачаток листка диференціюється на листкову пластинку, черешок, за допомогою якого листок прикріплюється до стебла, і прилистки. У деяких рослин черешків немає, такі листки на відміну від черешкових називають сидячими. Прилистки також бувають не в усіх рослин. Вони є придатками біля основи черешка листка. Форма їх різноманітна (плівки, лусочки, маленькі листочки, колочки), функція – захисна.

Прості і складні листки розрізняють за числом листкових пластинок. Простий листок має одну пластинку й обпадає цілком. У складного листка на черешку розміщено кілька пластинок. Вони прикріплюються до головного черешка своїми маленькими черешками, їх називають листочками. У разі відмирання складного листка спочатку обпадають листочки, а потім – головний черешок.

Листкові пластинки різноманітні за формою: лінійні (злаки), овальні (акація), ланцетні (верба), яйцеподібні (груша), стрілоподібні (стрілолист) тощо. Листкові пластинки у різних напрямках пронизані жилками, що є судинноволокнистими пучками і надають листкові міцності. У листків дводольних рослин найчастіше сітчасте або перисте жилкування, а в листків однодольних – паралельне або дугове.

### *Органи і системи органів тварин*

Травна система. Тварини не можуть самостійно створювати органічні речовини з неорганічних, як рослини. Їм потрібні готові органічні молекули, які вони можуть потім видозмінювати і перетворювати на такі, що підходять їм. Частину органічних речовин тварини використовують для отримання енергії, а частину – для побудови своєї клітин і органів. Такий тип живлення (тобто отримання організмом органічних речовин) називається гетеротрофним.

Отримані органічні речовини тварина повинна розкласти на складові. Ці складові вона потім і використовує у своєму обміні речовин. Процес розкладання в організмі складних органічних речовин на більш прості називається травленням.

Для здійснення процесу травлення у тварин є спеціальна травна система. Її основне завдання – добути потрібну кількість необхідних речовин із їжі і перевести їх у потрібну організму форму.

#### Загальні принципи будови травної системи

У більшості тварин травна система має вигляд трубки і складається з кількох частин.

- Ділянка прийому їжі (ротова порожнина).
- Ділянка проведення їжі (стравохід).
- Ділянка травлення з кислим середовищем (шлунок).
- Ділянка травлення з лужним середовищем (ділянка кишечника).
- Ділянка всисання продуктів травлення (ділянка кишечника).
- Ділянка накопичення неперетравлених залишків (ділянка кишечника).

Дихальна система. Основною функцією дихальної системи є забезпечення організму тварини киснем і виділення з нього газоподібних продуктів обміну

речовин. В першу чергу вуглекислого газу. Кисень потрібен для забезпечення енергією клітин організму. Ця енергія виробляється при взаємодії кисню з органічними речовинами у мітохондріях клітин.

Основою будь-якої дихальної системи тварин є дихальна поверхня, де власне і відбувається газообмін організму з навколишнім середовищем, і спеціальні структури (трахеї, бронхи тощо) які це зовнішнє середовище до дихальної поверхні транспортують.

Основні властивості дихальної поверхні:

– Добра проникність – кисень та інші гази повинні легко проходити крізь неї.

– Мала товщина – перехід газів відбувається шляхом дифузії, а вона добре діє лише на маленьких відстанях.

– Висока вологість – гази долають дихальну поверхню у розчиненому стані.

– Велика площа – через одиницю площі поверхні може пройти лише певна кількість газу, тому чим більше розмір тіла, тим більша потрібна площа поверхні для обміну газів.

Такі вимоги до дихальної поверхні спричиняють проблеми у наземних тварин. Бо велика волога площа – це великі втрати води і ризик загинути. Тому органи дихання наземних тварин сховані в різних порожнинах всередині тіла тварини (легені). Таким чином можна підтримувати високу вологість і не випускати воду з організму.

Тварини використовують чотири основні типи дихальних систем.

Дихання всією поверхнею тіла використовують водні тварини (дрібні ракоподібні, черви, кліщі) або наземні тварини, які живуть у вологих умовах (черви, кліщі). Але навіть у воді великим тваринам однієї поверхні тіла для нормального газообміну не вистачає.

Дихання за допомогою трахей використовують членистоногі (комахи, павукоподібні). Трахеї – це система трубочок, які пронизують все тіло тварини і підводять повітря до окремих груп клітин. Трахейне дихання неможливе для

тварин великого розміру, бо довжина трубочок по яких може транспортуватися повітря обмежена законами фізики.

Більшість великих тварин використовують для дихання зябра (ракоподібні, риби, молюски) або легені (павукоподібні, молюски, рептилії, птахи, ссавці). Різниця між цими типами дихання у тому, що зябра виникають як вирости тіла тварини, а легені – як впинання поверхні тіла. Звичайно, більшість тварин з легенями дихає повітрям, а ті що мають зябра – водні мешканці. Але є і винятки: морські огірки мають водяні легені і живуть на дні моря. А мокриці чудово почувають себе в умовах пустель незважаючи на те, що дихають зябрами.

Дуже цікавою є система подвійного дихання птахів, які використовують крім легенів ще й повітряні мішки.

Транспортна система. Транспортні системи зв'язують між собою різні частини тіла організму тварини. Чим більше розмір тіла – тим більше значення транспортної системи. Саме транспортна система дозволяє переміщати ресурси тварини у те місце, де в них є потреба.

Транспортна система зазвичай є системою каналів по яких рухається рідина з розчиненими в ній речовинами. В ній може бути спеціальний орган для забезпечення руху цієї рідини (наприклад, серце або скоротлива судина).

У різних груп тварин транспортна система може виглядати зовсім по різному. Так, у кишковопорожнинних (медуз і поліпів) та плоских червів (наприклад, у сисунів) функції транспортної системи виконує травна система. Саме по розгалуженням кишечнику потрібні речовини транспортуються в потрібне місце організму.

У більшості інших тварин транспортна система представлена кровоносною системою. В кровоносній системі є серце або скоротлива судина, які забезпечують рух крові та кровоносні судини – артерії, вени і капіляри. Існує два основні типи кровоносних систем – замкнені і незамкнені. В замкнених кровоносних системах рідина (це кров) циркулює тільки по судинах. А в незамкнених кровоносних системах рідина (часто для неї використовують

термін гемолімфа) на певних ділянках виходить із судин і потрапляє у порожнину тіла. А потім знову збирається в судини. Замкнену кровоносну систему мають кільчаки і хребетні тварини, а незамкнену – членистоногі і молюски.

Ступінь розвитку кровоносної системи і особливості будови серця залежать від способу життя тварини. Особливості будови сердець хребетних тварин демонструють етапи їхнього пристосування до життя на суходолі і переходу від зябрового до легеневого дихання. Це призвело до появи другого кола кровообігу і появи спочатку трьох, а потім і чотирьох камер у серці.

Функцією крові є переніс поживних речовин, розчинених газів і продуктів обміну. Крім того, кров відіграє важливу роль у захисті організму від інфекцій завдяки клітинам імунної системи, які в ній циркулюють.

Видільна система. В процесі обміну речовин в організмах тварин постійно утворюються речовини, які їм не потрібні. Більш того, вони можуть бути шкідливими для тварини. Тому потрібно постійно видаляти їх в навколишнє середовище. Цю функцію і виконує видільна система.

Видільна система тварин як правило містить систему трубочок або каналів об'єднаних у певні структури. Ці структури і виділяють продукти обміну. В них відбувається не тільки виділення продуктів але й зворотне вилучення потрібних організму речовин, які ще не треба виводити.

Значну роль у якості органа виділення зазвичай відіграє дихальна система. Через неї виводиться переважна більшість газоподібних продуктів обміну.

Опорно-рухова система. Опорно-рухова система тварин забезпечує їм можливість рухатися. Крім того, вона виконує захисну функцію і бере участь у просторовому розміщенні внутрішніх органів тварин.

Опорно-рухова система містить опорні і рухові елементи. В більшості випадків рухові елементи у тварин представлені м'язами. Скорочуючись м'язи змінюють положення у просторі тих елементів опорної системи, до яких вони прикріплені. Саме це і призводить до руху тварини. Та без опорних систем



скорочення м'язів не може призводити до рухів. Саме тому обов'язковою складовою будь-якої такої системи є наявність і м'язів і опорних елементів.

Крім того, м'язи можуть брати участь у роботі внутрішніх органів. Так, просування порції їжі травною системою забезпечують скорочення м'язів шлунку і кишечника.

Залежно від розташування і структури опорних елементів виділяють три основні типи скелету тварин.

Зовнішній скелет представлений твердим панциром (членистоногі) який вкриває все тіло тварини ззовні. Частіше за все основою цього панцира є речовина хітин. М'язи прикріплюються до цього скелету зсередини.

Внутрішній скелет представлений кістками (хребетні) і розташований всередині тіла тварини. В його основі лежить жива кісткова тканина багата на сполуки Фосфору, що дозволяє йому рости без проблем.

Гідростатичний скелет представлений порожнинами, які заповнені рідиною під тиском (кільчаки). Ці порожнини і використовують у якості місця опори м'язи червів під час руху.

Покрови тіла. Покрови тіла забезпечують сталість внутрішнього середовища організму. Вони захищають внутрішні органи тварин від зовнішніх факторів. Як факторів живої, так і неживої природи. Крім того, вони можуть відігравати важливу роль у процесах дихання і виділення.

Структура покривів тіла тварин значною мірою залежить від умов існування тварини. Якщо умови існування є важкими з дією якихось екстремальних факторів (надмірна сухість, холод, солоність тощо), то покриви тіла є щільними, часто багат шаровими і можуть мати значну товщину. Якщо в середовищі існування тварини не спостерігається різкої зміни параметрів середовища (водойми зі сталою температурою), то щільність і товщина покривів менша, а їх проникність для речовин вища.

Органи чуття. Виявити зміни зовнішнього середовища тварини можуть за допомогою органів чуттів. Органи чуттів сприймають зміни певних параметрів

зовнішнього середовища і відсилають сигнали про це у мозок або нервовий вузол.

Органи зору сприймають електромагнітне випромінення у світловому діапазоні. У різних тварин діапазон може відрізнятися (наприклад, у людини і бджоли). Крім того, далеко не всі тварини мають кольоровий зір. Так, у людини і людиноподібних мавп кольоровий зір трикомпонентний (очі містять три типи клітин, які сприймають окремі кольори), а в більшості інших ссавців (наприклад, у кішок) він двокомпонентний. Тому кольори кішка або собака сприймає зовсім не так, як людина.

Органи зору можуть бути представлені простими або фасетковими очами. В найпростішому варіанті (у деяких червів) це просто світлочутливі клітини, які розташовані по всьому тілу тварини.

Органи слуху сприймають звукові коливання повітря або води. Їх розташування на тілі різне у різних груп тварин. Так у ссавців органи слуху знаходяться на голові, а у коників на ногах.

Органи нюху і смаку сприймають хімічні сигнали від певних речовин. Тільки органи смаку роблять це в ротовій порожнині, а органи нюху збирають цю інформацію з навколишнього середовища.

Органи дотику представлені рецепторами, які у тварин розкидані по всьому тілу. Але існують і спеціальні органи, які мають дуже високу концентрацію таких рецепторів. Це різноманітні ніжки, вусики, щупальці та інші подібні структури. У ссавців величезну роль для цього органу чуттів відіграють вібриси – чутливі волоски на голові.

Органи рівноваги визначають положення тварини відносно поверхні землі. Дуже добре вони розвинені у тварин, які рухаються в тривимірному середовищі – птахів і комах, які літають, риб, молюсків і червів, які активно плавають, мавп, які стрибають між гілками дерев.

Також існують специфічні органи чуттів у окремих груп тварин. так, акули і деякі інші риби мають добре розвинені органи, які сприймають електричні поля. А ряд видів змій здатні до термолокації.

Нервова система. Нервова система забезпечує реакції організму на дії зовнішніх факторів, координує роботу різних органів і систем організму. Саме нервова система об'єднує організм тварини в єдину структуру і керує його діями.

Складається з нервів і нервових вузлів. У більшості тварин розрізняють центральну і периферичну нервові системи. У багатьох тварин нервові вузли об'єднуються і утворюють більш велику і складну структуру – це мозок. У хребетних тварин виділяють спинний і головний мозок.

Репродуктивна система. Репродуктивна система забезпечує процеси розмноження організму. Зазвичай вона представлена чоловічими і жіночими статевими залозами, які утворюють статеві клітини. Але у випадку нестатевого розмноження для створення нових особин можуть використовуватися й інші структури організму.

### Тема 3 Одноклітинні організми і неклітинні форми життя

#### *Неклітинні форми життя*

Віруси – це паразитичні неклітинні системи, здатні розмножуватися в живих клітинах. Вивчення вірусів було розпочато в 1892 році Д. Й. Івановським, який з'ясував, що збудник мозаїки тютюну не росте на поживних середовищах і проходить крізь бактеріальні фільтри.

Характерними особливостями вірусів є наявність у них лише одного типу нуклеїнової кислоти (залежно від виду віруса це може бути ДНК або РНК) і відсутність у них власних систем синтезу білків та перетворення енергії. Через це віруси не можуть розмножуватися самостійно і є облігатними внутрішньоклітинними паразитами. Наразі описано вже більше двох тисяч видів вірусів, які уражають представників усіх царств живої природи.

#### *Одноклітинні форми життя*

Найпростіші є одноклітинними організмами. Ті функції, що в багатоклітинних тварин виконують різні клітини, у найпростіших виконуються однією. Тому будова цієї клітини зазвичай більш складна й у ній є органели, які не завжди присутні в клітинах багатоклітинних. Клітини найпростіших можуть мати постійну або мінливу форму. Їхні розміри коливаються від 2–4 мкм до 25 см (у колоніальних форм).

У найпростіших спостерігаються всі типи розмноження (вегетативне, нестатеве і статеве).

За несприятливих умов деякі види здатні інцистуватися (вкриватися щільною оболонкою і переходити в стан спокою). У такий спосіб вони переносять несприятливі умови.

Бактеріальні клітини складаються з поверхневого апарата та цитоплазми. До складу поверхневого апарата зазвичай входять плазматична мембрана і клітинна стінка, але в деяких бактерій клітинна стінка може бути відсутньою. Як додаткові елементи до поверхневого апарата можуть входити бактеріальні джгутики, слизові капсули та різноманітні вирости плазматичної мембрани.

Цитоплазма бактерій представлена напіврідким цитозолем, у якому розташовані поодинокі рибосоми та нуклеоїдом (кільцевою молекулою ДНК). Мембранні органели в цитоплазмі відсутні, але плазматична мембрана клітини може утворювати впинання, які виконують різноманітні функції. Середній розмір клітин бактерій – від 0,1 до 10 мкм. Переважна більшість бактерій є одноклітинними організмами. Вони можуть утворювати агрегати з кількох клітин, що оточені спільною слизовою капсулою, але це просто колонії. Лише деяких з них, наприклад нитчастих ціанобактерій, можна назвати багатоклітинними. Розмножуються бактерії шляхом поділу. Як правило, темпи їх розмноження є дуже високими.

Сучасні вчені поділяють прокариотів на два царства – Еубактерії та Архебактерії. До еубактерій відносять бактерії, ціанобактерії та мікоплазми. Архебактерій суттєво відрізняються від еубактерій. У їхній клітинній стінці відсутні пептидоглікани, яких у стінках клітин еубактерій багато.

У генетичному матеріалі архебактерій є послідовності, які багато разів повторюються, а в генах наявні некодуючі ділянки – нітрони, що є характерними ознаками еукаріотичних клітин. Також дуже схожі на еукаріотичні такі процеси в клітинах архебактерій, як реплікація, транскрипція і трансляція. Ці організми часто трапляються в екстремальних умовах – у солоних і гарячих джерелах, вічній мерзлоті на великих глибинах океанів і в товщі земної кори.

## **Тема 4 Багатоклітинні організми**

### *Рослини*

Рослини – автотрофні організм, які самі здатні виробляти поживні речовини (органічні) з неорганічних (води та вуглекислого газу) в зелених частинах під час процесу, що називається фотосинтез.

Рослини ростуть необмежено довго, не мають органів руху й ведуть прикріплений спосіб життя.

Рослини мають органи: стебло, листок, корінь, квітку, плід.

Рослини здатні до розмноження – відтворення подібних до себе – і поширення з допомогою насіння.

Рослини традиційно поділяють на вищі й нижчі. Цей поділ заснований на особливостях будови тіла рослин. У вищих рослин тіло розчленоване на органи – корінь і пагін, що складаються з різних тканин. У нижчих рослин тіло представлене таломом, що не поділений на органи й не має тканинної будови.

Життєві форми вищих рослин:

- дерево;
- чагарник;
- напівчагарник;
- багаторічна трав'яниста рослина;
- однорічна трав'яниста рослина.

У групу водоростей поєднують нижчі рослини, тіло яких не розчленовано на органи і тканини і називається сланню (талломом). Водорості надзвичайно різноманітні й у систематичному відношенні являють собою сукупність декількох відособлених відділів рослин, – імовірно, самостійних по своєму походженню й еволюції. Про це говорять істотні розходження в наборі пігментів у різних групах водоростей, деталях тонкої структури хлоропластів (які у водоростей часто називають хроматофорами), продуктах фотосинтезу, що накопичується в клітці, у будівлі джгутикового апарата і т.д.

#### *Мохоподібні*

В життєвому циклі мохів, як і інших рослин, є чергування двох фаз – спорофіта й гаметофіта. Проте домінує гаметофіт, тоді як у всіх інших вищих рослин домінує спорофіт. Саме тому мохи розглядають як самостійну бічну гілку в еволюції рослин.

Гаметофіт являє собою листкоподібний талом або рослину у вигляді пагона, що розчленований на стебло й листки. Коренів немає, їх функцію виконують ризоїди – вирости поверхневих клітин тіла. Статеві органи (антеридії і архегонії) багатоклітинні. Спорофіт (спорогон) відіграє підпорядковану роль. Морфологічно він складається із стопи, циліндричної

ніжки, на верхівці якої розміщується куляста, еліптична або циліндрична коробочка. В ній утворюється спорангій зі спорами. Спорогон тісно пов'язаний з гаметофітом, оскільки отримує від нього воду і поживні речовини, тобто паразитує на гаметофіті. Мохоподібні не бувають великих розмірів, їхня величина коливається від 5 до 15 см. Максимальний розмір тіла (гаметофіта і спорофіта) – 60 см.

### *Хвощеподібні*

Це багаторічні рослини, характерною особливістю яких є розчленування тіла (підземної і надземної частини) на вузли і міжвузля. Мають добре розвинене підземне стебло – кореневище. Від кореневища відходять додаткові корені. Верхівки пагонів хвощів закінчуються спороносними колосками – стробілами. Стробіл складається з видозмінених листків – спорофілів, які мають форму шестикутного щитка з ніжкою в центрі, якою він прикріплюється до осі стробіла і несе 5–10 мішкоподібних спорангіїв, в яких містяться спори.

Гаметофіти хвощів – це самостійно існуючі розчленовані зелені пластинки, на яких розвиваються статеві органи (антеридії та архегонії) з статевими клітинами. Після злиття гамет за наявності води чоловічий гаметофіт гине, а на жіночому із зиготи утворюється зародок, який розвивається в дорослу рослину – спорофіт. Після дозрівання і розсіювання спор весняні спороносні пагони гинуть, а замість них розвиваються влітку на цьому ж кореневищі інші світло-зелені пагони – вегетативні, які виконують функцію фотосинтезу.

Відомо близько 20–30 сучасних видів хвощів. Ці рослини ростуть на нашій планеті повсюдно в областях з різними кліматичними умовами – від Антарктики до Африки. Але в Північній Америці та Євразії, в помірній та арктичній зонах відзначається найбільше видове різноманіття хвощеподібних.

### *Плауноподібні*

Це одна з найбільш давніх груп рослин. Перші плауновидні були трав'янистими рослинами. У кам'яновугільному періоді з'явилися деревовидні види, але вони вимирали, і залишки їх утворили поклади кам'яного вугілля.

Більшість плауновідних дотеперішнього часу вимерли. Збереглися лише деякі види плаунів і селягинелл.

Всі сучасні представники плауновідних – багаторічні трав'янисті, зазвичай вічнозелені рослини. Деякі з них за зовнішнім виглядом нагадують зелені мохи. Листя плауновідних порівняно дрібні, це типово для даної групи рослин. Для плауновідних характерно також дихотомічне (вильчатий) розгалуження. На верхівці стебел багатьох плауновідних утворюються колоски (стробіли), в яких дозрівають спори.

Заросток плаунів може мати хлорофіл і рости, як і спорофіт, а може бути безхлорофільним. Так, у плауна було видного гаметофіт багаторічний, має вигляд маленького бульби (2–5 мм в поперечнику) з ризоидами. Він безбарвний, позбавлений хлорофілу і самостійно харчуватися не може. Його розвиток починається тільки після проникнення в тіло гіф гриба (ендотрофную мікориза).

### *Папоротеподібні*

Це багаторічні рослини з коренями і великими перисторозсіченими листками, що мають назву вайї. У молодому віці листки звичайно равликоподібно закручені і ростуть верхівкою, як пагони; розміри від мм до 3 м в довжину, об'єднує дві функції: спороношення і фотосинтезу.

Поширені по всій земній кулі, починаючи з пустель і закінчуючи болотами, багато видів – мешканці прісних водойм. Сучасні папороті в основному представлені трав'янистими рослинами. Дерево видні папороті зустрічаються в тропічних лісах, утворюючи нерідко папоротеві джунглі. Це дерева до 25 м висоти з пучком величезних вічнозелених листків на верхівці, так, що зовні нагадують пальму. Трав'янисті тропічні папороті часто оселяються на деревах. Це так звані епіфіти. Розміри папоротей від декількох мм до 25 м висотою.

### *Голонасінні*

Відділ налічує понад 700 сучасних видів. Попри щодо малу чисельність видів, голонасінні завоювали майже всю земну кулю. У поміркованих широтах



Північної півкулі на величезних просторах вони утворюють хвойні ліси – тайгу. Сучасні голонасінні представлені переважно деревами, значно рідше – чагарниками і дуже рідко – ліанами; трав'янистих рослин у тому числі немає.

Голонасінні дістали таку назву тому, що їхнє насіння розвивається на споролистках відкрито, не обгорнуте стінкою зав'язі («голе»). Це переважно вічнозелені рослини. Їхні листки живуть тривалий час й опадають поодиноці, а не водночас. В одних видів листки великі, розсічені, у інших – дрібні, найчастіше мають вигляд голок чи лусок. В життєвому циклі голонасінних спорофіт має велике значення: він є носієм органів спороношення і домівкою для гаметофіту. Гаметофіти розвиваються і живуть на спорофіті, живлячись за рахунок його поживних речовин.

Важливим пристосуванням голонасінних до життя на суші є можливість внутрішнього запліднення (без води). Пилок голонасінних рослин переноситься повітряними течіями. Потрапляючи на розташований відкрито насіневий зачаток, він утворює пилову трубку, яка досягає яйцеклітини і забезпечує злиття гамет. Після запліднення з насінних зачатків формується насіння. Насіння має зародок з корінцем, бруньками і сім'ядолями, запас поживних речовин, та вкрите насінною шкіркою.

Сучасні голонасінні поділяються на кілька класів: Саговникові, Гінкгові, Гнетові і Хвойні.

### *Покритонасінні*

Це відділ вищих насінних рослин, деревовидні або трав'янисті з добре розвиненими і різноманітними коренями, стеблами і листками. У квіткових існує цілий ряд особливостей будови:

- Є притаманні лише для них органи: квітка і плід.
- Насіння формується з насінних зачатків, захищених стінками зав'язі, що перетворюються в оплодень, звідси й назва – покритонасінні.
- Маточка з зав'язью, стовпчиком і приймочкою, плід, який розвивається з зав'язі властиві тільки покритонасінним.
- Добре розвинена оцвітина і справжні квітки (звідси назва – квіткові).

- Гаметофіт редукований до кількох клітин що прискорює його розвиток.
- Жіночий гаметофіт – восьмиядерний зародковий мішок.
- Чоловічий гаметофіт – пилкове зерно, складається з 2 клітин – вегетативної і генеративної.

- Утворенню насіння передують запилення квіток і подвійне запліднення: один спермій запліднює яйцеклітину, другий – вторинне ядро зародкового мішка.

- Запліднення завершується утворенням зав'язі плоду з насінного зачатка насінини, з зиготи – зародка насінини, з заплідненого вторинного ядра – вторинного ендосперму, що утворений тканиною з триплоїдним набором хромосом.

Відділ Покритонасінні налічує близько 250 000 видів. Поділяються на два класи: Однодольні та Дводольні.

### *Гриби*

Гриби – це група гетеротрофних організмів, безхлорофільні, одно і багатоклітинні, від дрібних мікроскопічних до таких великих, як трутовики і гігантський дощовик. Гриби характеризуються рядом ознак: гетеротрофний тип живлення, наявність в обміні сечовини, в оболонці клітин є хітин, запас поживних речовин у вигляді глікогену, необмежений ріст, адсорбтивний тип живлення (шляхом всисання, а не захоплювання їжі).

Вегетативне тіло гриба представлено міцелієм (або грибницею) – системою тонких розгалужених ниток (гіф), що характеризуються верхівковим зростанням і вираженим боковим розгалуженням.

Травлення у грибів зовнішнє – вони виділяють гідролітичні ферменти, що розщеплюють складні органічні речовини, і всмоктують продукти гідролізу всією поверхнею тіла.

За способом харчування всі гриби поділяються на сапрофітів, паразитів і гриби-сімбіонти.

Гриби-сапрофіти живляться мертвими органічними речовинами. Вони відіграють важливу роль у кругообігу речовин у природі, мінералізують органічні речовини, звільняють ґрунт від мертвих решток і одночасно поповнюють в ній запаси мінеральних солей, які служать для живлення зелених рослин.

Гриби-паразити ведуть паразитичний спосіб життя. Вони оселяються на живих організмах і живляться за їх рахунок. Наприклад, ріжки, паразитує на злаках, зоофагус паразитує на коловертках, фітофтора не має вузької спеціальності і вражає багато видів рослин. Є гриби, які паразитують на рибах, наприклад, сапролегнія.

Гриби-симбіоти беруть участь у створенні двох дуже важливих типів симбіозу: лишайник і мікориза. Лишайник – це симбіотична асоціація гриба і водорості. Мікориза (або «грибокорінь») – асоціація гриба з корінням рослини. Такий союз дуже вигідний обом партнерам. Число рослин, здатних утворювати мікоризу дуже велике, наприклад, у квіткових рослин вона не виявлена тільки у представників родин Хрестоцвіті(Капустяні) і Осокові.

#### *Мікориза*

Деякі гриби відіграють ключову роль у мінеральному живленні судинних рослин. Сходи багатьох видів лісових дерев, вирощені в стерильному живильному розчині, а потім перенесені в лугову ґрунт, будуть погано рости і навіть гинути від нестачі їжі, хоча субстрат досить багатий нею. Проте, якщо додати до ґрунті навколо коренів сіянців зовсім небагато (0,1 % за обсягом) лісовий ґрунту, що містить відповідні гриби, зростання нормалізується. Це обумовлено мікоризою, тісним взаємовигідним симбіозом коренів і грибів.

Багато рослини можуть нормально розвиватися і без мікоризи при доброму забезпеченні незамінними елементами, особливо фосфором. Однак при обмеженою доступності цих мінеральних речовин вони ростуть без неї погано або гинуть. Участь мікоризи в прямому транспорті фосфору з ґрунту в коріння доведено експериментально. У свою чергу рослин постачає симбіотичні гриби вуглеводами.

## *Тварини*

### *Кишководорожнинні (Жалкі)*

Кишководорожнинні є багатоклітинними організмами з радіальною симетрією. Представлені одиночними або колоніальними формами, переважна більшість яких є хижакми. Існує дві основні життєві форми кишководорожнинних – поліпи (ведуть прикріпленій спосіб життя) і медузи (ведуть плаваючий спосіб життя). У життєвому циклі багатьох кишководорожнинних ці форми чергуються.

Тіло кишководорожнинних має форму мішка з одним отвором (ротовим), що оточене щупальцями.

Воно складається з двох шарів клітин зовнішнього (ектодерми) і внутрішнього (ентодерми). У кожному із шарів розташовується ряд спеціалізованих типів клітин. Між ектодермою й ентодермою розташований драглистий прошарок (мезоглея), що складається в основному з міжклітинної речовини з невеликою кількістю клітин. Товщина мезоглеї може бути незначною (у поліпів) або дуже великою (у медуз).

Розмножуються Кишководорожнинні вегетативно (брунькуванням) або статевим способом.

### *Кільчасті черви*

Вільноживучі тришарові безхребетні із сегментованим червоподібним тілом, у яких є вторинна порожнина тіла. Вони живуть у всіх основних водних і наземних середовищах.

Особливості зовнішньої будови кільчастих червів

Форма тіла й розміри

Тіло кільчастих червів розділене на окремі сегменти, має двобічну симетрію. Розміри варіюють у широких межах від часток міліметра до 3 метрів.

Покриви тіла

Зовні тіло кільчастих червів укрите кутикулою (шаром щільної речовини, що утворює епітелій). Під нею розташований одношаровий епітелій. У

більшості видів на поверхні тіла поодинокі або пучками розташовуються щетинки.

#### Розмноження

Серед кільчастих червів зустрічаються як роздільностатеві форми, так і гермафродити. У малощетинкових червів і п'явок розвиток прямий, а в багатощетинкових – непрямий, із плаваючою личинкою.

#### *Членистоногі*

Вільноживучі тришарові безхребетні із сегментованим тілом. Вони живуть у всіх основних водних і наземних середовищах, крім того, багато видів членистоногих літають. Це найбільша за кількістю видів група тварин.

#### Особливості зовнішньої будови членистоногих

##### Форма тіла й розміри

Тіло членистоногих розділене на окремі сегменти, має двобічну симетрію. Різні сегменти тіла неоднакові. Групи подібних між собою сегментів утворюють відділи тіла членистоногих. Найчастіше виокремлюють три основні відділи – голову, груди й черевце. Розміри членистоногих варіюють у широких межах від часток міліметра до 4 метрів у розмаху ніг в японського краба–павука.

##### Покриви тіла

Зовні тіло членистоногих укрите хітиною кутикулою. Її основу становить хітин (полісахарид, до складу якого входить Нітроген). Затвердіння кутикули зумовлює просочування її вуглекислим вапном (ракоподібні, багатоніжки) або спеціальними білками (паукоподібні, комахи).

#### Розмноження

Серед членистоногих в основному зустрічаються роздільностатеві форми, але є й гермафродити. Розвиток може бути прямим або непрямим. Зазвичай членистоногі розмножуються лише статевим шляхом, але в деяких видів виявлено партеногенез (розмноження без запліднення).

## *Молюски*

Вільноживучі тришарові безхребетні з несеgmentованим тілом. Вони живуть у всіх основних водних і наземних середовищах.

Особливості зовнішньої будови молюсків

Форма тіла й розміри

Тіло молюсків несеgmentоване, часто асиметричне. Воно зазвичай складається з трьох основних відділів – голови, тулуба й ноги. Нога – це мускулистий непарний виріст черевної стінки тіла, що служить для руху молюска. Розміри варіюють у широких межах від кількох міліметрів до 18 метрів.

Покриви тіла

Тулуб молюсків оточений шкірною складкою – мантиєю. Простір між тулубом і мантиєю називається мантийною порожниною. На спинному боці тіла, як правило, є захисна зовнішня черепашка (може редукуватися) з білка (конхіоліну), зміцненого вапном, або з вапняних пластин. Черепашка утворюється мантиєю. Вона може бути цільною, двостулковою або складатися з кількох пластинок.

Розмноження

Серед молюсків зустрічаються як роздільностатеві форми, так і гермафродити. У деяких видів розвиток прямий, а в більшості – непрямий, з метаморфозом.

## *Риби*

Риби – це водні хребетні, що мають парні грудні й черевні плавці. Їхня шкіра вкрита лускою або гола. Скелет риб хрящовий або кістковий. Залежно від складу скелета виділяють дві групи риб – хрящові риби й кісткові риби.

Хрящові риби

Морські хребетні тварини з хрящовим скелетом. Мають парні плавці, розташовані в горизонтальній площині. Зябрових кришок і плавального міхура немає. Характерною ознакою класу є внутрішнє запліднення. Хижаки або фільтратори.

Тіло хрящових риб рибоподібне, видовжене або сплюснене, має двобічну симетрію. Розміри тіла – від кількох сантиметрів до 20 м. Тіло розділене на голову, тулуб і хвіст. Є парні (грудні й черевні) й непарні (спинні) плавці. Зяброві щілини (п'ять – сім пар) розташовані відкрито.

Покриви тіла представлені гладенькою шкірою, вкритою примітивними лусочками (плакоїдна луска).

#### Кісткові риби

Морські та прісноводні хребетні тварини з кістковим скелетом. Мають парні грудні й черевні плавці, а також зяброві кришки й плавальний міхур. Запліднення в більшості представників зовнішнє. Хижаки або фільтратори, деякі рослиноїдні.

Тіло кісткових риб зазвичай рибоподібне, видовжене або сплюснене, має двобічну симетрію. Розміри тіла – від кількох сантиметрів до кількох метрів. Тіло розділене на голову, тулуб і хвіст. Є парні (грудні й черевні) й непарні (спинні й анальний) плавці. Зяброві щілини закриті зябровими кришками.

Покриви тіла представлені гладенькою або вкритою лусочками шкірою. Епідерміс утворює велику кількість одноклітинних залоз (слизових і білкових).

#### *Земноводні*

Земноводні – це холонокровні хребетні з чотирма кінцівками (у деяких видів кінцівки редукуються). Більшість представників пристосовані до життя на межі між водою й суходолом.

Тіло земноводних сплюснене в спинно-черевному напрямку, має двобічну симетрію. Є дві пари кінцівок, що закінчуються пальцями. Тіло розділене на голову, тулуб, кінцівки та хвіст (у деяких земноводних редукований). Покриви тіла представлені гладенькою шкірою, що багата на слизові залози. У деяких видів є отруйні залози.

#### Розмноження

Статевими залозами земноводних є сім'яники та яєчники. Усі земноводні роздільностатеві. Запліднення в більшості земноводних зовнішнє, у деяких

видів внутрішнє. Розміри яєць (ікринок) земноводних у різних видів різні, але в цілому вони більші, ніж у кісткових риб.

### Розвиток

Починається з моменту нересту (відкладання самками ікри з наступним її заплідненням насінною рідиною самців). Через певний час після нересту зовнішня оболонка ікринки багатьох видів амфібій розбухає і склеюється з іншими ікринками, утворюючи кладку.

Розвиток земноводних зазвичай непрямий, але в деяких видів, що відкладають ікру на суші, прямий.

Личинкова стадія у видів з непрямим розвитком представлена пуголовком. Дихання пуголовка здійснюється з допомогою спочатку зовнішніх, а потім внутрішніх зябер. У нього є двокамерне серце й лише одне коло кровообігу, а на шкірі помітна бічна лінія. У пуголовків є рогові зубчики, розташовані під м'ясистими губами. Харчуються вони водними найпростішими, водоростями та іншими організмами, переважно зіскрібаючи їжу з підводних предметів.

З ростом в пуголовка з'являються задні й передні кінцівки, розвиваються легені. Досягши потрібних розмірів, пуголовок перестає харчуватися і проходить метаморфоз, перетворюючись на дорослу жабу.

### *Рептилії*

Рептилії або плазуни – це наземні переважно холоднокровні яйцекладні хребетні тварини, у процесі розвитку зародка яких утворюються яйцеві оболонки. Їх тіло вкрито роговою лускою або панциром.

Тіло рептилій має двобічну симетрію. Є дві пари кінцівок, які можуть редукуватися. Тіло розділене на голову, тулуб, кінцівки й хвіст. Чітко виражена шия. У черепах розвивається зовнішній скелет – панцир.

Сучасні представники пристосовані до життя на поверхні землі або у водному середовищі. Зустрічаються також напівводні, підземні й деревні види. Деякі вимерлі рептилії були добре пристосовані до польоту. Віддають перевагу тепловому клімату. За несприятливих умов можуть упадати в сплячку.



Харчуються в основному тваринними організмами (від дрібних безхребетних до великих ссавців), але є й рослиноїдні види.

Шкіра вкрита роговими лусками або щитками. У багатьох представників розвинений зовнішній (шкірний) скелет, утворений кістковими лусками. Шкірних залоз немає або їх небагато.

Розмноження

Статеві залози плазунів – сім'яники та яєчники. Запліднення внутрішнє. Як правило, розвиток зародка відбувається в яйці.

Яйця рептилій великі, вкриті міцною волокнистою оболонкою (оберігає яйця від механічних пошкоджень і висихання). У черепах і крокодилів у яйці є також білкова оболонка. Ці оболонки утворює організм матері під час руху яйця яйцепроводами.

### *Птахи*

Птахи – це теплокровні яйцекладні наземні хребетні з передніми кінцівками, перетвореними на крила, тіло яких вкрите пір'ям.

В основному це тварини, що добре літають. Є представники, що пристосувалися до життя на поверхні землі й у водному середовищі. Поширені на всіх континентах, у всіх кліматичних зонах. Харчуються в основному тваринними організмами (від дрібних безхребетних до ссавців), але є й рослиноїдні види.

Тіло птахів має двобічну симетрію. Є дві пари кінцівок, перша з яких видозмінюється в крила. Тіло розділене на голову, тулуб, кінцівки та хвіст. Чітко виражена шия, що має високу рухливість.

Шкіра вкрита пір'ям. Пір'я розташовані на певних ділянках (птеридіях). Є ділянки, вільні від пір'я (аптерії).

### *Ссавці*

Ссавці або звірі – це наземні теплокровні хребетні тварини, у процесі розвитку зародка яких утворюються зародкові оболонки. Їх тіло зазвичай вкрите шерстю, але зустрічаються види, які втратили шерстяний покрив.

Загальна будова тіла в ссавців така сама, як і в рептилій. Залежно від способу життя зовнішній вигляд ссавців може істотно відрізнятися. У літаючих форм (кажани) є крила. Водні форми (кити) мають обтічну форму тіла, підземні мешканці (кроти) – кінцівки, що риють.

На відміну від рептилій і птахів для ссавців характерна наявність великої кількості різноманітних залоз.

## **Модуль 2 Сталість та мінливість біонтів**

### **Тема 5 Спадковість біонтів**

#### *Статеве розмноження організмів*

Статеве розмноження – тип розмноження, за якого утворюються спеціалізовані статеві клітини і відбувається статевий процес. Статеве розмноження спостерігається у представників більшості систематичних груп рослинного і тваринного світу. При статевому розмноженні утворення нового організму зазвичай відбувається за участю двох батьківських організмів (у випадку гермафродитизму статевим шляхом може розмножуватися і одна особина). Під час статевого розмноження відбувається злиття статевих клітин – гамет чоловічого і жіночого організму. Таким чином новий організм несе спадкову інформацію обох батьків.

Статеві клітини формуються в результаті особливого типу поділу (мейозу, або редукційного поділу), при якому число хромосом у клітинах, що утворюються внаслідок поділу, у два рази менше, ніж у вихідній материнській клітині. Таким чином, гамети мають удвічі меншу кількість хромосом. Крім того, статеві клітини відрізняються від соматичних і за співвідношенням об'ємів цитоплазми і ядра. В результаті злиття двох гамет кількість хромосом у клітині, що знову утворилася, – зиготі, збільшується у два рази, тобто відновлюється, причому одна половина усіх хромосом є батьківською, інша – материнською.

Живі організми утворюють статеві клітини двох типів: жіночі – яйцеклітини і чоловічі – сперматозоїди (згідно з Міжнародною гістологічною номенклатурою, термін «сперматозоїд» слід застосовувати лише для позначення рухливих чоловічих гамет, а в якості загальної назви чоловічих статевих клітин слід використовувати термін «серматозоон»).

Різниця у будові жіночих і чоловічих статевих клітин є основою для одного з варіантів класифікації типів статевого розмноження.

## *Статеві клітини*

Чоловічі статеві клітини хребетних – сперматозоїди – зазвичай дуже малі і рухливі. Типові сперматозоїди мають головку, шийку і хвіст. Головка майже цілком складається з ядра, вкритого тонким шаром цитоплазми. Спереду на головці є гострий, твердий горбик, який сприяє проникненню сперматозоїла в яйцеклітину (акросома). До складу шийки входить цитоплазма, в якій є центріоль (складова частина клітинного центру), мітохондрії та АТФ як джерело енергії для забезпечення руху сперматозоїда. Хвіст сперматозоїда складається з тонких волокон, вкритих цитоплазматичним циліндром – це орган руху. Загальна довжина сперматозоона у ссавців і людини становить 5 060 мкм. Кількість сперматозоїдів дуже велика (у ссавців їх упродовж життя дозріває сотні мільйонів).

Жіночі статеві клітини хребетних (яйцеклітини) нерухливі і, як правило, більші від сперматозоїдів. Зазвичай вони мають кулясту або овальну форму і різну будову оболонок. Характерною рисою яйцеклітини є наявність у ній запасних живильних речовин у виді жовтка, необхідних для розвитку нового організму, наявність особливого поверхневого, чи кортикального (cortex – кора), шару цитоплазми і спеціальних оболонок, що покривають яйцеклітину. Яйцеклітина може мати до трьох оболонок. Розрізняють первинну, вторинну і третинну оболонки. Функції оболонок яйцеклітин багатогранні. У яйцеклітин, що знаходяться на стадії росту, вони відіграють роль виборчої мембрани, через яку здійснюється обмін речовин. Оболонки яйцеклітин у багатьох тварин перешкоджають поліспермії при заплідненні, беруть участь у диханні і харчуванні зародка, у постачанні його солями кальцію, захищають зародок від несприятливих впливів зовнішнього середовища.

Яйцеклітина в основному має округлу форму, і величина її залежить від кількості жовтка в цитоплазмі. У тварин, зародок яких живиться за рахунок материнського організму, яйцеклітини мають невеликі розміри. У ссавців розміри яйцеклітин порівняно невеликі і становлять 100–200 мкм у діаметрі. В інших хребетних (риб, амфібій, плазунів, птахів) яйцеклітини великі. У їхній

цитоплазмі міститься велика кількість поживних речовин. У птахів, наприклад, яйцеклітиною є та частина яйця, яку зазвичай називають жовтком. Діаметр яйцеклітини курки становить 3–3,5 см, а страуса – 10–11 см. Ці яйцеклітини вкриті кількома оболонками складної будови, які забезпечують нормальний розвиток зародка. Яйцеклітин утворюється значно менше, ніж сперматозоїдів. Наприклад, у жінки упродовж життя дозріває лише близько 400 яйцеклітин.

Процес утворення статевих клітин називають гаметогенезом. Гамети утворюються у статевих залозах або спеціалізованих клітинах. У тварин це сім'яники та яєчники. Гаметогенез відбувається послідовно у трьох зонах і закінчується дозріванням гамет. Розрізняють сперматогенез (процес утворення чоловічих статевих клітин) та овогенез (процес утворення жіночих статевих клітин).

### *Генетика*

Генетика (від грец. генезіс – походження) – наука про спадковість і мінливість живих організмів. В її основу були покладені закономірності спадковості, виявлені Г. Менделем при вивченні різних сортів і гібридів гороху у 1860-х роках. Народження генетики відносять до 1900 року, коли Х. де Фріз, К. Коренс і Є. Чермак повторно відкрили закон Г. Менделя.

Залежно від об'єкта дослідження виділяють генетику рослин, тварин, мікроорганізмів, людини тощо. Сам термін «генетика» було запропоновано англійським генетиком В. Бетсоном у 1905 році.

Генетика як наука виникла внаслідок практичних потреб. При розведенні домашніх тварин і культурних рослин здавна використовувалась гібридизація порід або сортів, які відрізнялися між собою за певними ознаками. Порівнюючи гібриди з вихідними формами, практики давно помітили деякі особливості успадкування ознак. А поєднання багаторічних спостережень і потреби підвищення врожайності та ефективності сільського господарства і стало причиною бурхливого розвитку генетики у ХХ столітті.

На вивченні генетичних закономірностей ґрунтуються технології створення нових і покращення існуючих порід домашніх тварин, сортів

культурних рослин, а також мікроорганізмів які використовуються у фармацевтичній промисловості і медицині. Велике значення має генетика для медицини та ветеринарії оскільки багато хвороб людини і тварин є спадковими і для їх діагностики, лікування та профілактики потрібні генетичні дослідження.

### *Основні терміни і поняття генетики*

Ген – дискретна функціональна одиниця спадковості за допомогою якої відбувається запис, зберігання та передача генетичної інформації в ряді поколінь, певна ділянка молекули ДНК (або РНК у деяких вірусів) розташована на певній ділянці (у певному локусі) хромосоми еукаріот, у бактеріальній хромосомі чи плазміді у прокаріот або у молекулі нуклеїнової кислоти вірісів.

Алель – один з можливих станів (варіантів) гена.

Домінантний алель – алель, який пригнічує прояв іншого алеля даного гена. Залежно від ступеня пригнічення виділяють повне чи неповне домінування.

Рецесивний алель – алель, прояв якого пригнічується іншим алелем даного гена.

Алель дикого типу – алель, який поширений у природних популяціях даного виду і який обумовлює розвиток ознак, які є характерними для цього виду.

Локус – місце розташування алелей певного гена на хромосомі.

Гомозигота – диплоїдна або поліплоїдна клітина (особина), гомологічні хромосоми якої мають однакові алелі даного гена. У гомозиготному стані проявляються і домінантні і рецесивні алелі.

Гетерозигота – диплоїдна або поліплоїдна клітина (особина), гомологічні хромосоми якої мають різні алелі даного гена. У гетерозиготному стані при повному домінуванні проявляється дія домінантного алеля, а при неповному домінуванні ознака має проміжне вираження між домінантним і рецесивним алелями.

Гемізігота – диплоїдна клітина (особина), яка має лише одну алель певного гена. Цей стан виникає внаслідок того, що у деяких видів особини однієї із статей мають дві різні статеві хромосоми або лише одну статеву хромосому.

Генотип – сукупність усіх генів клітини, локалізованих в ядрі (у хромосомах) або у різних реплікуючих структурах цитоплазми (пластидах, мітохондріях, плазмідах). Генотип це спадкова основа організму єдина система взаємодіючих генів, тому прояв кожного гена залежить від його генотипного середовища. Генотип – носій генетичної інформації, який контролює формування всіх ознак організму, тобто його фенотипу.

Фенотип – сукупність властивостей і ознак організму, що склалися на основі взаємодії генотипу з умовами зовнішнього середовища. Фенотип ніколи не відображає генотип цілком, а лише ту його частину, яка реалізується в даних умовах онтогенезу. В процесі розвитку організму фенотип змінюється. Межі, в яких змінюються фенотипові прояви генотипу, називаються нормою реакції.

Спадковість – здатність живих організмів передавати особинам наступного покоління морфоанатомічні, фізіологічні, біохімічні особливості своєї організації, а також характерні риси становлення цих особливостей у процесі онтогенезу.

Мінливість – властивість організму змінювати свою морфофізіологічну організацію, що зумовлює різноманітність індивідів, популяцій, рас, а також набувати нових ознак у процесі індивідуального розвитку.

### Методи генетичних досліджень

Генетичні дослідження здійснюють у кількох основних напрямках:

- вивчення матеріальних носіїв спадкової інформації;
- вивчення закономірностей зберігання і передачі спадкової інформації нащадкам;

- дослідження залежності проявів спадкової інформації у фенотипі від певних умов довкілля;
- встановлення причин змін спадкової інформації та механізмів їх виникнення;
- вивчення генетичних процесів, які відбуваються в популяціях організмів.

### *Закони Г. Менделя*

#### Перший закон Менделя

У дослідах Менделя при схрещуванні сортів гороху, які мали жовте і зелене насіння, все потомство (тобто гібриди першого покоління) виявилися жовтим насінням. При цьому не мало значення з якого саме насіння (жовтого чи зеленого) вирости материнські (батьківські) рослини. Отже, обидва батьки однаковою мірою здатні передавати свої ознаки потомству.

Аналогічні результати були виявлені і в дослідах, в яких до уваги бралися інші ознаки. Так, при схрещуванні рослин з гладеньким і зморшкуватим насінням все потомство мало гладеньке насіння. При схрещуванні рослин з пурпуровими і білими квітками у всіх гібридів виявилися лише пурпурові пелюстки квітів і т.д.

Виявлена закономірність отримала назву першого закону Менделя, або закон однотипності гібридів першого покоління. Стан ознаки, який проявлявся в першому поколінні, отримав назву домінантного, а стан, який в першому поколінні гібридів не проявлявся – рецесивного.

«Задатки» ознак (гени) Г. Мендель запропонував позначити літерами латинського алфавіту. Алелі, які належать до однієї пари станів ознаки, позначають однією і тією ж літерою, але домінантний алель – великою, а рецесивний – маленькою. Алель пурпурного забарвлення квітів слід позначити, наприклад, *A*, алель білого кольору квіток – *a*, алель жовтого кольору насіння – *B*, алель зеленого кольору насіння – *b* і т.д.

Кожна клітина тіла тварин і вищих рослин має диплоїдний набір хромосом. Всі хромосоми парні, алелі ж гена містяться в гомологічних



хромосомах. Отже, в зиготі завжди є два алелі і генотипову формулу за будь-якою ознакою слід записувати двома літерами.

Особину, гомозиготну за домінантним алелем, слід записувати  $AA$ , рецесивним –  $aa$ , гетерозиготну –  $Aa$ .

Внаслідок мейозу гемологічні хромосоми (а з ними алелі гена) розходяться в різні гамети. Але оскільки у гомозиготи обидва алелі однакові, всі гамети несуть один і той самий алель, тобто гомозиготна особина утворює лише один тип гамет, а гетерозигота – два.

Досліди по схрещуванню генетики записують у вигляді схем. Домовились батьків позначати літерою  $P$ , особин першого покоління –  $F_1$ , особин другого покоління –  $F_2$  і т.д. Схрещування позначають знаком множення ( $\times$ ), генотипову формулу материнської особини ( $\text{♀}$ ) записують першою, а батьківської ( $\text{♂}$ ) – другою. В першому рядку записують генотипові формули батьків, у другому – типи їхніх гамет, у третьому генотипи першого покоління і т.д.

Наприклад:

$P$        $AA \times aa$

Гамети  $A$        $a$

$F_1$        $Aa$

### Другий закон Менделя

При схрещенні гетерозиготних гібридів першого покоління між собою (самозапилення або споріднене схрещування) у другому поколінні з'являються особини як з домінантними, так і з рецесивними станами ознак, тобто виникає розщеплення, яке відбувається в певних відношеннях.

Узагальнюючи фактичний матеріал, Мендель дійшов висновку, що у другому поколінні 75 % особин мають домінантний стан ознаки, а 25% – рецесивний (розщеплення 3 : 1). Ця закономірність отримала назву другого закону Менделя, або закону розщеплення.

Згідно з цим законом можна зробити такі висновки:

- алелі гена, перебуваючи у гетерозиготному стані, не змінюють структуру один одного;
- при дозріванні гамет у гібридів утворюється приблизно однакове число гамет з домінантними і рецесивними алелями;
- при заплідненні чоловічі і жіночі гамети, що несуть домінантні і рецесивні алелі, вільно комбінуються.

За генотипом особини нащадки двох гетерозигот розділяються у співвідношенні  $1AA:2Aa:1aa$ . А от за зовнішнім виглядом (фенотипом особини) вони демонструють розщеплення у співвідношенні 3:1. Ці відбувається тому, що за зовнішнім проявом генотипи  $AA$  і  $Aa$  не відрізняються. Але у випадку неповного домінування фенотипові співвідношення співпадає із генотиповим, бо у цьому варіанті генотипи  $AA$  і  $Aa$  мають різний прояв.

### Третій закон Менделя

Вивчаючи розщеплення при дигібридному схрещуванні Мендель звернув увагу на те, що при схрещуванні рослин з жовтим гладеньким ( $AABB$ ) і зеленим зморшкуватим ( $aabb$ ) насінням у другому поколінні з'явилися нові комбінації ознак: жовте зморшкувате ( $A-вв$ ) і зелене гладеньке ( $aaB-$ ), які не зустрічались у вихідних форм. Із цього спостереження Мендель зробив висновок, що розщеплення за кожною ознакою (за кожною парою алелів) відбувається незалежно від другої ознаки (других пар алелів). Ця закономірність отримала назву третього закону Менделя.

Цей закон діє тому, що під час мейозу розподіл (комбінування) хромосом з різних гомологічних пар у статевих клітинах при їхньому дозріванні йде незалежно і може привести до появи нащадків з комбінацією ознак, відмінних від батьківських і прабаб'яківських особин.

Якщо при схрещуванні аналізується більше двох ознак, то кількість очікуваних комбінацій збільшується. Так, при тригібридному схрещуванні гетерозиготи утворюються по вісім типів гамет, які дають 64 сполучення.

Розщеплення за фенотипом у загальній формі можна виразити формулою  $(3 + 1)^n$ , де  $n$  – кількість ознак, які взяті для аналізу при схрещуванні.

При аналізуючому схрещуванні (так називають схрещування особини із невідомим генотипом з особиною, яка є рецесивною гомозиготою за всіма ознаками, що вивчаються) число типів потомків вказує на число типів гамет, що утворює особина, генотип якої аналізується. Це дозволяє визначити її генотип.

### *Хромосомна теорія спадковості*

Вчені встановили, що кількість спадкових ознак організму значно перевищує число хромосом гаплоїдного набору. Так, у гаплоїдному наборі класичного об'єкта генетичних досліджень – мухи-дрозофіли – є лише чотири хромосоми, але число спадкових ознак і відповідно генів, які їх визначають, безсумнівно, значно більше. Це означає, що в кожній хромосомі розміщено багато генів. Тож разом із ознаками, які успадковуються незалежно, повинні існувати і такі, що успадковуються зчеплено одна з одною, бо вони визначаються генами, розташованими в одній хромосомі. Такі гени утворюють групу зчеплення. Кількість груп зчеплення в організмів певного виду дорівнює кількості хромосом у гаплоїдному наборі (наприклад, у дрозофіли  $1 n = 4$ , у людини  $1 n = 23$ ). Цей факт і було покладено в основу хромосомної теорії спадковості.

Хромосомна теорія спадковості в основному була сформована на початку ХХ століття Т. Х. Морганом та його учнями.

Основні положення хромосомної теорії спадковості:

- Матеріальною основою спадковості є хромосоми.
- Гени розташовані в хромосомах у лінійній послідовності.
- Гени, які локалізовані в одній хромосомі складають одну групу зчеплення і передаються нащадкам разом.
- Кількість груп зчеплення дорівнює гаплоїдному числу хромосом.
- Гаплоїдне число хромосом є постійним для кожного виду.

– Ознаки, які визначаються зчепленими генами також успадковуються зчеплено.

– Зчеплене успадкування генів може порушуватися внаслідок перехреста хромосом (кросинговера), який відбувається між гомологічними хромосомами у процесі мейоза.

Слід зазначити, що Т. Х. Морган вдало обрав об'єкт для своїх досліджень. Він вибрав муху-дрозофілу, яка згодом стала класичним об'єктом для генетичних експериментів. Дрозофіл легко утримувати в лабораторіях, вони мають значну плодючість, швидку зміну поколінь (за оптимальних умов утримання нове покоління виникає кожні півтора–два тижні) та невелику кількість хромосом, що спрощує спостереження.

Явище зчепленого успадкування Т. Х. Морган встановив у такому досліді. Самців дрозофіли, гомозиготних за домінантними алелями забарвлення тіла (сіре) та формою крил (нормальні), схрестили із самками, гомозиготними за відповідними рецесивними алелями (чорне тіло – недорозвинені крила). Генотипи цих особин позначили відповідно  $EEYY$  та  $eeуу$ . Усі гібриди першого покоління мали сіре тіло і нормальні крила, тобто були гетерозиготними за обома парами алелів (генотип –  $EeYy$ ). Потім гібридів схрестили з особинами, гомозиготними за відповідними рецесивними алелями (тобто, провели аналізуюче схрещування).

Теоретично можна було очікувати два варіанти розщеплення. Якби гени, які зумовлюють забарвлення тіла та форму крил, містилися в негомологічних хромосомах, тобто успадковувалися незалежно, розщеплення мало бути таким: 25 % особин із сірим тілом і нормальними крилами, 25 % – із сірим тілом і недорозвиненими крилами, ще 25 % – з чорним тілом і нормальними крилами та 25 % – з чорним тілом і недорозвиненими крилами (тобто у співвідношенні – 1:1:1:1). Якщо б ці гени розміщувалися в одній хромосомі і успадковувалися зчеплено, то було б отримано 50 % особин з сірим тілом і нормальними крилами та 50 % – з чорним тілом і недорозвиненими крилами (тобто 1:1).

Насправді 41,5 % особин мали сіре тіло і нормальні крила, 41,5 % – чорне тіло і недорозвинені крила, 8,5 % – сіре тіло і недорозвинені крила і 8,5 % – чорне тіло і нормальні крила, тобто розщеплення наближувалося до співвідношення фенотипів 1:1 (як у разі зчепленого успадкування), але разом з тим проявилися всі чотири варіанти фенотипу (як у випадку незалежного успадкування) На підставі цих даних Т. Х. Морган припустив, що гени, які визначають забарвлення тіла і форму крил, розташовані в одній хромосомі, але в процесі мейозу під час утворення гамет гомологічні хромосоми можуть обмінюватися ділянками, тобто має місце явище, яке дістало назву перехрест хромосом, або кросинговер.

Кросинговер – обмін ділянками гомологічних хромосом у процесі клітинного поділу, переважно в профазі першого мейотичного поділу, іноді в мітозі. Дослідами Т. Моргана, К. Бріджеса і А. Стертеванта було показано, що немає абсолютно повного зчеплення генів, за якого гени передавались би завжди разом. Імовірність того, що два гени, локалізовані в одній хромосомі, не розійдуться в процесі мейозу, коливається в межах 1–0,5. У природі переважає неповне зчеплення, зумовлене перехрестом гомологічних хромосом і рекомбінацією генів.

Цитологічна картина кросинговеру була вперше описана датським вченим Ф. Янсенсом. Кросинговер проявляється тільки тоді, коли гени знаходяться в гетерозиготному стані (AB/ab). Якщо гени в гомозиготному стані (AB/AB або ab/ab), обмін ідентичними ділянками не дає нових комбінацій генів у гаметах і в поколінні. Частота (відсоток) перехресту між генами залежить від відстані між ними: чим далі вони розташовані один від одного, тим частіше відбувається кросинговер. Т. Морган запропонував відстань між генами вимірювати кросинговером у відсотках, за формулою:

$$N_1/N_2 \times 100 = \% \text{ кросинговеру,}$$

де  $N_1$  – загальне число особин в  $F_1$ ;

$N_2$  – сумарне число кросоверних особин.

Заслуги Т. Х. Моргана було увіковічено у назві одиниці вимірювання кросинговеру. Відрізок хромосоми, на якому здійснюється 1 % кросинговеру, дорівнює одній морганіді (умовна міра відстані між генами). Частоту кросинговеру використовують для того, щоб визначити взаємне розміщення генів і відстань між ними.

Генетики розрізняють декілька типів кросинговеру: подвійний, множинний (складний), неправильний, нерівний. Кросинговер призводить до нового поєднання генів, що викликає зміну фенотипу. Крім того, він поряд з мутаціями є важливим фактором еволюції організмів.

#### *Зчеплене успадкування ознак і кросинговер*

Гени, що знаходяться в одній парі гомологічних хромосом, успадковуються разом і не розходяться у нащадків, бо в процесі гаметогенезу вони потрапляють в одну гамету. Слід відзначити, що при вивченні успадкування зчеплених генів, які знаходяться в статевих хромосомах, має значення напрямок схрещування.

Якщо гени знаходяться в одній хромосомі і завжди передаються разом говорять про повне зчепленні. Але частіше зустрічається неповне зчеплення. Порушення зчеплення пояснюється кросинговером, який є обміном ідентичних ділянок гомологічних хромосом під час першої профазі мейозу.

Гамети, у яких відбувся кросинговер називають кросоверними. Частота кросинговеру прямо пропорційна відстані між досліджуваними генами, тому і число гамет з новими комбінованими формами буде залежати від відстані між ними. Відстань обчислюється в морганідах (М) або відсотках кросинговеру. Одній морганіді відповідає утворення 1 % кросоверних гамет. Відповідно, максимальна відстань між генами, на якій можливий кросинговер становить 50 М. Якщо гени розташовані один від одного на відстані, більшій ніж 50 М, то гени успадковуються як незалежні, хоча і належать до однієї групи зчеплення. На підставі визначених частот кросинговеру вчені будують карти

груп зчеплення на яких показано розташування генів на хромосомі відносно один одного.

Перехрещення між хроматидами гомологічних хромосом може відбуватися одночасно в декількох точках. Кросинговер, що відбувається лише в одному місці, називають поодиноким, у двох точках одночасно – подвійним, у трьох – потрійним. Насправді, в живих клітинах кросинговер завжди є множинним, а всі інші визначення стосуються кількості генів, які досліджуються в даній групі зчеплення.

### *Успадкування, зчеплене зі статтю*

У живих організмів існує кілька способів визначення статі. Стать можуть визначати зовнішні умови (у черва бонелії), плідність організму (у бджіл і мурах гаплоїдні особини – самці, а диплоїдні – самки) чи спеціальні статеві хромосоми (інші хромосоми у цьому випадку називають аутосомами).

Статеві хромосоми можуть бути одного або двох типів. Якщо статеві хромосоми даного виду одного типу, то стать визначається наявністю у хромосомному наборі однієї або двох статевих хромосом. Якщо статеві хромосоми двох типів, то одна стать має дві однакові статеві хромосоми (гомогаметна стать), а друга – дві різні (гетерогаметна стать).

Наприклад, у людини і двокрилих комах гомогаметною є жіноча стать (її представники мають по дві X-хромосоми, генотип – XX), а гетерогаметною – чоловіча (її представники мають одну X- і одну Y-хромосоми, генотип – XY). У більшості птахів і метеликів навпаки – гомогаметною статтю є чоловіча (її представники мають по дві однакові хромосоми, але позначаються вони вже іншою латинською літерою – Z, генотип – ZZ), а гетерогаметною – жіноча (генотип – ZW).

У деяких тварин статеві хромосоми одного типу і одна стать має лише одну статеву хромосому, а друга – дві однакові. Так, серед клопів, ящірок і деяких птахів зустрічаються види з генотипами чоловічої і жіночої статей ZZ і

Z0 та X0 і XX відповідно (цифра 0 у запису означає відсутність другої хромосоми пари).

У людини генотип статі даного індивідуума визначають, вивчаючи клітини, які не діляться. Одна X-хромосома завжди виявляється в активному стані і має звичайний вигляд. Інша, якщо вона є, перебуває в інактивованому стані у вигляді щільної структури, яку називають тільцем Барра (факультативний гетерохроматин). Число тілець Барра завжди на одиницю менше числа X-хромосом у клітині. Тобто в нормі у клітинах чоловіків цих тілець немає, а у жінок є лише одне тільце Барра. Завдяки цьому, незважаючи на те, що жінки мають дві X-хромосоми, а чоловіки – тільки одну, експресія генів X-хромосоми відбувається на одному і тому ж рівні у обох статей.

Y-хромосома людини вважається генетично інертною, бо в ній дуже мало генів. Однак вплив Y-хромосоми на детермінацію статі у людини дуже значний.

Вірогідність інактивації обох X-хромосом у клітинах жінок однакова. Тому половина клітин жінки має інактивовану одну хромосому, а половина – другу. Таким чином, жіночі особини, гетерозиготні за генами статевих хромосом, є мозаїками. Так, черепахове забарвлення кішок обумовлене тим, що ген забарвлення шерсті представлений у одній з їх X-хромосом алелем рудого забарвлення, а в іншій – алелем чорного забарвлення.

Гени, які розташовані у статевих хромосомах називаються генами, зчепленими зі статтю. Прикладами таких генів є гени забарвлення очей в X-хромосомі дрозофіли, гени дальтонізму і гемофілії в X-хромосомі людини та гени облісіння та іхтіозу в Y-хромосомі людини.

### *Взаємодія неалельних генів*

Відомо багато випадків, коли ознака або властивості детермінуються двома або більше неалельними генами, які взаємодіють між собою. Хоча і тут взаємодія умовна, бо взаємодіють не гени, а контрольовані ними продукти. При цьому має місце відхилення від менделівських закономірностей розщеплення.



Розрізняють такі основні типи взаємодії генів: комплементарність, епістаз і полімерію. Крім того, окремо розглядають модифікуючу дію гену (плейотропія), яка проявляється у визначенні одним геном різних ознак.

Прикладом комплементарної взаємодії генів у людини може бути синтез захисного білка – інтерферону. Утворення цього білка в організмі пов'язано з комплементарною взаємодією двох неалельних генів, розташованих у різних хромосомах. Рецесивні алелі цих генів блокують один з етапів його синтезу. Таким чином, синтез можливий лише у випадку, коли кожен з генів представлений хоча б одним домінантним алелем.

Прикладом епістазу є взаємодія генів при утворенні забарвлення плодів гарбузів та масті коней.

Полімерні гени, як правило визначають кількісні ознаки. Діють вони доповнюючи один одного, тому їх зазвичай позначають однаковими літерами латинського алфавіту додаючи нижній числовий індекс для того, щоб розрізняти гени між собою. Наприклад,  $A_1A_1a_2a_2$  або  $A_1a_1A_2A_2$ . За цим механізмом відбувається успадкування кольору насіння у пшениці та кольору шкіри у людини.

## **Тема 6 Мінливість біонтів**

### *Комбінативна мінливість*

Комбінативна мінливість пов'язана з отриманням нових поєднань генів у генотипі. У багатоклітинних організмів, які розмножуються статевим шляхом це досягається у результаті трьох процесів:

- незалежного розходження хромосом при мейозі;
- випадкового поєднання при заплідненні;
- рекомбінації генів завдяки кросинговеру.

Самі спадкові фактори (гени) при цьому не змінюються, але виникають нові поєднання їх, що призводить до появи організмів з іншими генотипом і фенотипом. Проілюструвати це можна на прикладі хромосом людини. Людина має 22 пари аутомсомних генів. Половину з цих хромосом вона отримує від

батька, а половину – від матері. Навіть, якщо не враховувати явище кросинговеру, кількість можливих комбінацій аутосом у гаметах становить  $2^{22}$ . Це набагато перевищує кількість всіх особин нашого виду, що жили на планеті з моменту формування виду *Homo sapiens*. А випадкове поєднання гамет з гаметою іншої статі дає вже  $2^{44}$  комбінацій. Якщо ж додати до цього ще й статеві хромосоми і явище кросинговеру – намагання випадково отримати двох людей з абсолютно однаковим генотипом стає практично неможливим.

Комбінативна мінливість широко поширена у природі. У мікроорганізмів, які розмножуються безстатевим шляхом, виникли своєрідні механізми, які приводять до появи комбінативної мінливості. Це – кон'югація, трансдукція і трансформація. Слід звернути увагу на те, що всі ці процеси не пов'язані із процесом розмноження (під час них не відбувається збільшення числа особин виду), вони дозволяють лише комбінувати генетичний матеріал різних особин.

Кон'югація – це безпосередній контакт між двома бактеріальними клітинами за допомогою спеціальних структур (F-пілі – порожнисті трубочки, які розташовані на поверхні клітини бактерії і можуть взаємодіяти з іншою клітиною) під час якого генетичний матеріал з однієї клітини переноситься в іншу через F-пілі. Таким чином бактерії, наприклад, можуть обмінюватися плазмідами, що містять гени стійкості до антибіотиків.

Трансформація – це переніс ДНК, яка була ізольована із одних бактеріальних клітин, в інші бактеріальні клітини. Зазвичай, при цьому процесі, фрагменти ДНК із зруйнованої бактеріальної клітини потрапляють у навколишнє середовище і за певних умов поглинаються живою бактеріальною клітиною, яка ці фрагменти може вбудувати в свій геном.

Трансдукція – це переніс бактеріальних генів з однієї клітини в іншу за допомогою бактеріофага. Під час розмноження фага в бактеріальній клітині до його білкових кап сидів інколи можуть потрапляти не лише гени самого бактеріофага, але й гени бактерії. Заражаючи іншу бактерію такий бактеріофаг може привносити ці гени в геном нового хазяїна.

До комбінативної мінливості примикає явище гетерозису. Гетерозис (гр. *heteroisis*– видозміни, перетворення), або «гібридна сила», може спостерігатися у першому поколінні при гібридизації між представниками різних видів або сортів. Виділяють три основні форми гетерозису: репродуктивний (підвищується врожайність), соматичний (збільшуються лінійні розміри організму) і адаптивний (підвищується стійкість до дії факторів середовища).

Гетерозис широко використовують для одержання високопродуктивних ліній культурних рослин (в першу чергу – кукурудзи). Проте, в наступних поколіннях прояви гетерозису зменшуються. Існує кілька можливих пояснень цього явища. Скоріш за все, прояв гетерозису спостерігається внаслідок утворення унікальної комбінації домінантних і рецесивних алелей великої кількості генів.

#### *Мутаційна мінливість*

Мутацією (лат. *mutatio*– зміна) називають зміну, яка зумовлена реорганізацією структур відтворення, перебудовою генетичного апарату. Цим мутації різко відрізняються від модифікацій, які не торкаються генотипу особини. Мутації виникають раптово, що іноді різко відрізняє організм від вихідної форми.

Вченим такі зміни були відомі давно. Мутаційній мінливості присвятили свої роботи С. І. Коржинський (1899) і Х. де Фриз (1901). Останньому належить термін «мутація». Крім того він сформулював основні положення теорії мутацій (1901–1903):

- Мутації виникають раптово, як дискретні зміни ознак.
- Нові форми є стійкими.
- На відміну від неспадкової мінливості мутації не утворюють неперервних рядів і не зосереджуються навколо якогось середнього типу. Вони є якісними змінами.
- Мутації проявляються по різному. Вони можуть бути і шкідливими і корисними.

– Вірогідність виявлення мутацій залежить від числа досліджених особин.

– Одні і ті самі мутації можуть виникати повторно.

Тепер відомі мутації у всіх класів тварин, рослин і вірусів. Існує багато мутацій і у людини. Саме мутаціями зумовлений поліморфізм людських популяцій: різна пігментація шкіри, волосся, колір очей, форма носа, вух, підборіддя тощо. У результаті мутацій з'являються і успадковуються аномалії у будові тіла, спадкові хвороби людини. З мутаційною мінливістю пов'язана еволюція – процес утворення нових видів, сортів і порід.

### *Види мутацій. Мутагени*

Існує кілька варіантів класифікації мутацій. За типом прояву ознаки в гетерозиготі мутації поділяють на домінантні (спричиняють появу домінантної ознаки) і рецесивні (спричиняють появу рецесивної ознаки). За локалізацією в клітині розрізняють ядерні (змінюють гени, розташовані у ядрі клітини) і цитоплазматичні (змінюють гени, розташовані у цитоплазмі клітини) мутації. Залежно від причини виникнення виділяють спонтанні (виникають внаслідок помилки в процесі копіювання генетичного матеріалу) та індуковані (виникають внаслідок дії на генетичний матеріал зовнішніх факторів) мутації. Важливим є також те, у яких саме клітинах виникають мутації. Якщо вони виникають у соматичних клітинах (соматичні мутації), то можуть передаватися нащадкам лише за умови вегетативного розмноження. Якщо ж вони виникають в гаметах (генеративні мутації), то можуть передаватися нащадкам за звичайного статевого розмноження.

Проте, однією з найбільш поширених класифікацій мутацій є їх розподіл за рівнем організації спадкового матеріалу на якому відбувається мутація. Якщо мутація змінює лише один ген (заміна, втрата чи додання пари нуклеотидів) це є прикладом генної мутації. У випадку, коли зачіпається комплекс генів на хромосомі (заміна, втрата, додання чи зміна місця розміщення ділянки хромосоми) – це є прикладом хромосомної мутації. А коли зміни відбуваються на рівні геному (зміна кількості окремих хромосом чи

всього хромосомного набору) – це є прикладом геномної мутації. Розглянемо їх докладніше.

Геномні мутації. Гаплоїдний набір хромосом, а також сукупність генів, які знаходяться у гаплоїдному наборі хромосом, називають геномом. До геномних мутацій відносять поліплоїдію і гетероплоїдію (анеуплоїдія).

Поліплоїдія – це збільшення диплоїдної кількості хромосом шляхом додавання цілих хромосомних наборів у результаті порушення мейозу.

Статеві клітини мають гаплоїдний набір хромосом ( $n$ ), а для зигот і соматичних клітин більшості організмів характерний диплоїдний набір ( $2n$ ). У поліплоїдних форм спостерігається збільшення числа хромосом, кратне гаплоїдному набору:  $3n$  – триплоїд,  $4n$  – тетраплоїд,  $5n$  – пентаплоїд,  $6n$  – гексаплоїд тощо. Поліплоїдія досить часто зустрічається у рослин. Наприклад, культурні рослини у більшості – поліплоїди.

У селекційній практиці з метою отримання поліплоїдів на рослини діють критичними температурами, іонізуючим випромінюванням, хімічними речовинами (найбільш поширений алкалоїд колхіцин).

Форми, які виникають у результаті збільшення кількості хромосом одного генома, називаються автоплоїдними. Відома й інша форма поліплоїдії – алоплоїдія, при якій збільшується кількість хромосом двох різних геномів. Алоплоїди штучно отримані при гібридизації. Так, Г. Д. Карпеченко створив алополіплоїдний гібрид редьки і капусти. У даному випадку кожний вихідний вид має 18 хромосом, а гібридний – 36, бо є алополіплоїдним. До найвідоміших алополіплоїдів належать м'яка і тверда пшениці.

Поліплоїдні форми відомі і у тварин. Мабуть, еволюція деяких груп найпростіших, зокрема інфузорій і радіолярій, ішла шляхом поліплоїдизації. У деяких багатоклітинних тварин поліплоїдні форми вдалося створити штучно (тутовий шовкопряд).

Гетероплоїдія. У результаті порушення мейозу і мітозу кількість хромосом може змінюватися і ставати некрратною гаплоїдному набору. Явище, коли яка-небудь із хромосом у генотипі має не дві, а три гомологічних

хромосоми, називаються трисомією. Якщо відбувається трисомія за однією парою хромосом, то такий організм називають трисоміком і його хромосомний набір буде  $2n + 1$ . Трисомія може бути за будь-якою з хромосом і навіть за кількома. Подвійний трисомік має набір хромосом  $2n + 2$ , потрійний –  $2n + 3$  тощо.

Протилежне трисомії явище, тобто втрата однієї хромосоми з пари у диплоїдному наборі, називається моносомією, а організм – моносоміком; його каріотип –  $2n - 1$ . При відсутності двох різних хромосом організм буде подвійним моносоміком ( $2n - 2$ ). Якщо з диплоїдного набору випадають обидві гомологічні хромосоми, організм називається нулісоміком. Він, як правило, нежиттєздатний.

Хромосомні мутації виникають у результаті перебудови хромосом. Це наслідок розриву хромосоми з утворенням їхніх фрагментів, які потім об'єднуються, але при цьому нормальна структура хромосоми не відновлюється. Розрізняють чотири основні типи хромосомних мутацій: нестача, подвоєння (дуплікація), інверсії, транслокації.

Генні мутації можуть виникнути внаслідок заміни однієї пари нуклеотидів на іншу. Внаслідок цього може статися заміна в білку, який кодує цей ген, однієї амінокислоти на іншу. Саме така заміна є причиною, наприклад, серповидноклітинної анемії. Через заміну однієї амінокислоти молекули гемоглобіну утворюють специфічну структурну форму, яка набагато гірше переносить кисень. Випадання або додавання пари нуклеотидів призводить до зрушення рамки зчитування і ділянка гена, розташована за місцем такого порушення або взагалі не може синтезувати продукт гена, або синтезує інший продукт.

Фактори, які здатні індукувати мутаційний ефект, називають мутагенними. Встановлено, що будь-які фактори зовнішнього і внутрішнього середовища, які можуть порушувати гомеостаз, здатні викликати мутації. Традиційно їх ділять на фізичні (випромінювання, ультразвук, температура тощо), хімічні (хімічні сполуки різної природи) та біологічні (віруси, токсини).

### *Модифікаційна мінливість*

Модифікаціями називають фенотипові зміни, які виникають під впливом умов середовища. Розмір модифікаційної мінливості обмежений нормою реакції. Модифікаційні зміни ознаки не успадковуються, але її діапазон, норма реакції генетичне зумовлені і успадковуються. Модифікаційні зміни не викликають змін генотипу. Модифікаційна мінливість, як правило, носить доцільний характер. Вона відповідає умовам існування, є пристосувальною. За модифікаційної мінливості структура генів не змінюється, – змінюється експресія генів.

Внаслідок цього під дією факторів навколишнього середовища на організм змінюється інтенсивність ферментативних реакцій, що обумовлюється зміною інтенсивності їх біосинтезу.

Характерні риси модифікаційної мінливості:

- оборотність – зміни зникають при зникненні специфічних умов середовища, що призвели до появи модифікації;
- груповий характер;
- зміни у фенотипі не успадковуються – успадковується норма реакції генотипу;
- статистична закономірність варіаційних рядів;
- модифікації диференціюють фенотип, не змінюючи генотип.

## **Тема 7 Основи еволюційної теорії**

### *Розвиток еволюційної теорії*

#### *Основні положення еволюційної теорії Ж. Б. Ламарка*

За Ламарком, еволюція – це процес набуття корисних ознак, які успадковуються потомством. Нижчі організми (які позбавлені нервової системи) змінюються безпосередньо під впливом чинників довкілля: листки водяних рослин здебільшого стрічкоподібної (лінійної) форми, бо витягуються течією тощо. Вищі організми, зокрема тварини, що мають нервову систему, виробляють пристосування за схемою: зміна потреб приводить до зміни звичок, зміна звичок – до вправлення одних органів і невправлення інших. Ті органи, які вправляються, розвиваються, а ті, що не вправляються, редукуються (зменшуються), згодом ці зміни успадковуються. Одним з факторів еволюції є те, що будь-яка мінливість є спадковою й зумовлена впливом зовнішніх умов. Інший фактор еволюції зумовлений внутрішнім прагненням організмів до прогресу, тобто не залежить від умов довкілля.

#### *Основні положення еволюційної теорії Ч. Дарвіна*

Еволюція, за Дарвіном, полягає в безперервних пристосувальних (адаптивних, або адаптаційних) змінах видів. Еволюція відбувається на основі спадкової мінливості під дією боротьби за існування, результатом якої є природний добір.

Спадкова (за Ч. Дарвіном – невизначена) мінливість – це зміни, які виникають у кожного організму індивідуально, незалежно від змін довкілля, і передаються нащадкам. Від спадкової мінливості Дарвін відрізняв неспадкову (визначену), яка проявляється в усіх особин виду однаково під дією певного чинника і зникає у нащадків, коли дія цього чинника припиняється.

Оскільки невизначена (спадкова) мінливість сама по собі не має пристосувального характеру (неадаптивна), то мав існувати певний природний механізм, який забезпечує пристосування організмів до умов довкілля. Цей механізм Дарвін убачав у боротьбі за існування та природному доборі.



Боротьба за існування, за Ч. Дарвіном, – це вся сукупність узаємозв'язків між особинами й різними факторами довкілля. Наслідком боротьби за існування, згідно з Ч. Дарвіном, є природний добір, який проявляється у переважаючому виживанні й розмноженні найприспособованіших до умов існування організмів певного виду. Цей термін він увів аналогічно штучному добору, який людина застосовує в селекції для виведення нових порід тварин і сортів рослин, залишаючи нащадків найпродуктивніших особин.

Однією з форм природного добору Дарвін вважав статевий добір – явище суперництва особин однієї статі за парування з особинами іншої в багатьох тварин, переважно хребетних.

### *Синтетична теорія еволюції*

Синтетична теорія еволюції виникла на початку 40–х років ХХ ст. Вона являє собою вчення про еволюцію органічного світу, розроблене на основі даних сучасної генетики, екології та класичного дарвінізму. Термін «синтетична» йде від назви книги відомого англійського еволюціоніста Дж. Хакслі «Еволюція: сучасний синтез» (1942). У розробку синтетичної теорії еволюції зробили внесок багато вчених. Серед них можна назвати С. С. Четверикова, Дж. Холдейна, М. В. Тимофєєва-Ресовського, Ф. Г. Добжанського, Р. Фішера.

### *Основні положення синтетичної теорії еволюції*

- Матеріалом для еволюції є спадкові зміни – мутації (як правило, генні) та їх комбінації.
- Основним рушійним фактором еволюції є природний добір, що виникає на основі боротьби за існування.
- Найменшою одиницею еволюції є популяція.
- Еволюція носить у більшості випадків дивергентний характер, тобто один таксон може стати предком декількох дочірніх таксонів.
- Еволюція носить поступовий і тривалий характер. Видоутворення як етап еволюційного процесу являє собою послідовну зміну однієї тимчасової популяції низкою наступних тимчасових популяцій.

– Вид складається з безлічі супідрядних, морфологічно, фізіологічно, екологічно, біохімічно та генетично відмінних, але репродуктивно не ізольованих одиниць – підвидів і популяцій.

– Вид існує як цілісне й замкнуте утворення. Цілісність виду підтримується міграціями особин з однієї популяції в іншу, за яких спостерігається обмін алелями («потік генів»).

– Макроеволюція на більш високому рівні, ніж вид (рід, родина, клас тощо), йде шляхом мікроеволюції. Відповідно до синтетичної теорії еволюції, не існує закономірностей макроеволюції, відмінних від мікроеволюції. Іншими словами, для еволюції груп видів живих організмів характерні ті самі передумови й рушійні сили, що й для мікроеволюції.

– Будь-який реальний (а не збірний) таксон має монофілетичне походження.

– Еволюція має ненаправлений характер, тобто не йде в напрямку будь-якої кінцевої мети.

#### Природний добір

Усі організми в природі мають тенденцію розмножуватися в геометричній прогресії. При цьому кожний вид потенційно має можливість збільшувати чисельність особин у необмеженій кількості.

У природі геометрична прогресія розмноження ніколи не спостерігається, фактично організмів народжується завжди більше, ніж їх виживає. На шляху до потенційно безмежного розмноження стають перешкоди у формі «боротьби за існування».

Дарвін розрізняв три форми боротьби за існування: а) взаємовідносини організмів з неживою природою, або пристосування до абіотичних факторів зовнішнього середовища; б) міжвидову боротьбу, до якої належать узаємовідносини між особинами різних видів; в) внутрішньовидову боротьбу, взаємовідносини між особинами, які належать до одного виду.

Наслідком боротьби за існування є природний добір. Виділяють три його основні форми: дизруптивний (розривний), рушійний (спрямований) і стабілізуючий.

Цікавий приклад дизруптивного (розривного) природного добору наводить Дарвін відносно комах – мешканців невеликих океанічних островів. Вони або добре літають, або зовсім не мають крил. Мабуть, комах раптовими поривами вітру зносило в море; зберігалися лише ті, які або могли протидіяти вітру, або зовсім не літали. Добір у цьому напрямі привів до того, що на острові Мадейра із 550 видів жуків 200 видів – не літають.

Рушійний (спрямований) добір сприяє зміні ознаки в певному напрямку. Так, комахи, ящірки і ряд інших видів, які ховаються між листками рослин, мають зелений або бурий колір, мешканці пустель – колір піску. Таке забарвлення отримало назву захисного. Як же воно виникло? Численні мутації давали й дають велику різноманітність форм, що відрізняються за забарвленням. У ряді випадків воно виявилось близьким до фону навколишнього середовища, тобто «ховало», маскувало тварину, відіграло роль захисного пристосування. Ті тварини, у яких захисного забарвлення виявилось замало, або залишалися без їжі, або самі ставали жертвами. Іноді тварини не лише за забарвленням, а й за формою й поведінкою подібні до якого-небудь предмета або інших тварин. Таке явище називається мімікрією.

Стабілізуючий добір діє у відносно сталих умовах середовища, до яких живі організми вже пристосовані. У цьому випадку він не сприяє появі нових варіантів. Навпаки, найбільший шанс вижити мають старі форми.

Крім природного добору існує ще й штучний. Штучний добір – це вибір людиною найцінніших у господарському відношенні тварин, рослин, мікроорганізмів для одержання від них нащадків з бажаними ознаками.

Як одну з форм добору розглядають також статевий добір, який впливає на ознаки лише однієї статі.

Вид – це сукупність популяцій особин, подібних між собою за будовою, функціями, місцем у біогеоценозі (займають одну екологічну нішу), що

населяють певну частину біосфери (ареал), вільно схрещуються між собою у природі (для видів зі статевим розмноженням), дають плідне потомство й не гібридизуються з іншими видами.

У природі трапляються види–двійники, які дуже подібні між собою. Тому, щоб не помилитися, для визначення виду використовують не якусь одну ознаку, а цілий комплекс критеріїв виду.

Мікроеволюція – це еволюційний процес, що відбувається в межах виду й веде до його зміни й виникнення нового виду. Процес видоутворення починається в популяціях, тому популяція є елементарною еволюційною ланкою.

Існує кілька можливих способів утворення нового виду. Найважливішою умовою утворення виду є ізоляція його окремих популяцій. Класифікація способів видоутворення побудована саме на різниці у способах створення ізоляції між різними популяціями виду.

Адаптація – це пристосування живих систем до тих чи інших умов середовища існування. Усі види адаптації – це результат дії еволюційного процесу на основі природного добору.

Шляхи адаптацій можуть бути різними, а саме:

– Морфологічні (захисне забарвлення, колючки, товста кутикула, волосяний покрив, жировий шар і т. ін.).

– Фізіологічні адаптації (стійкість фізіологічних параметрів: постійна температура тіла, вміст кисню, вуглекислого газу, вміст цукру в крові і т. ін.).

– Біохімічні адаптації (постійність біохімічних процесів).

– Етологічні адаптації (поведінкові реакції як адаптації організму).

В особин різних таксономічних груп може спостерігатися конвергенція – поява різних ознак у результаті пристосування різних організмів до тих самих умов проживання (метелики і птахи, кити і риби). Так виникають аналогічні органи.

Аналогії (від грецьк. аналогія – подібність) – це подібність будови органів різного походження, які виконують однакові функції.

Аналогічними органами є, наприклад, крила птахів і комах. У птахів крила розвинулись як видозміна передніх кінцівок, а в комах – як бокові вирости поверхні тіла. Також аналогічними органами є зябра риб, молюсків і ракоподібних, а у рослин – колючки, які є видозмінами пагона (глід) чи листків (барбарис, кактуси).

Рудименти (від лат. рудиментум – зачаток) – це органи, недорозвинені чи спрощені в особин певного виду внаслідок утрати своїх функцій протягом філогенезу, наприклад, залишки тазового поясу в китів, недорозвинені очі кротів, лускоподібні листки верблюжої колючки. Тобто ці адаптації предків стали непотрібними для нащадків у зв'язку з адаптацією до інших умов життя. Їх редукція дозволила організму зберегти матеріальні та енергетичні ресурси для інших, більш потрібних адаптацій.

Атавізми (від лат. атавіс – предок) – прояв у окремих представників виду станів ознак, притаманних їхнім предкам. Наприклад, інколи народжуються люди з хвостом, густим волоссям на всьому тілі, з багатьма сосками. Це явище демонструє розвиток адаптацій предків завдяки збою у спадковій програмі чи процесі ембріогенезу. Будь-яка адаптація є складним комплексом морфологічних, фізіолого-біохімічних і генетичних взаємодій. Тому, навіть у випадку втрати потреби в ній і її редукції, потенційна можливість її відтворення ще довго зберігається в геномі виду.

### *Макроеволюція*

Макроеволюція – це процес формування великих систематичних одиниць: з видів – нових родів, з родів – нових родин і т.д.

О. М. Северцов та І. І. Шмальгаузен встановили два головні напрямки еволюційного процесу: біологічний прогрес і біологічний регрес. Біологічний прогрес характеризується розширенням ареалу, збільшенням чисельності виду, утворенням нових популяцій і систематичних одиниць, переважанням народжуваності над смертністю. Прикладами біологічного прогресу є поширення покритонасінних рослин, комах, молюсків, гризунів.

Біологічний регрес характеризується звуженням ареалу, зменшенням чисельності виду, скороченням кількості популяцій і зменшенням систематичних одиниць, переважанням смертності над народжуваністю. Це призводить до скорочення кількості видів у роді, кількості родів у родині (іноді до одного), родин у ряді (одна) і т. д. Частина видів, родів, родин вимирають повністю (наприклад, зниження чисельності хвощів і плаунів). Біологічний регрес спостерігається для хоботних (слонів залишилося два види, мастодонти вимерли взагалі) і великих кішок (леви, тигри, леопарди).

Шляхи досягнення біологічного прогресу встановлені О. М. Сєверцовим і пов'язані з різноманітними перетвореннями в будові організмів. До них належать ароморфоз, ідіоадаптація і загальна дегенерація.

Ароморфоз – орогенез, або морфофізіологічний прогрес, що супроводжується значними змінами в будові організмів, підвищенням рівня їхньої організації. Ароморфози мають загальний характер і не є пристосувальними до спеціальних умов. Вони дають можливість освоїти нові місця проживання, розширити ареал. У результаті ароморфозів виникли такі великі таксони, як типи і класи.

Прикладами ароморфозу є: виникнення щелеп, плавців у риб; утворення серця та його подальша еволюція; перетворення плавців риб на п'ятипалі кінцівки в амфібій і рептилій; багатоклітинність, утворення тканин і органів у рослин, що забезпечило вихід їх із води на суходіл; поява кори головного мозку тощо.

Ідіоадаптація – галогенез, що супроводжується виникненням в організмі окремих пристосовань до умов середовища, місця проживання без зміни рівня організації. При цьому відбувається освоєння нових середовищ життя. Зміни, що виникли, носять пристосувальний характер, іноді вузькоспеціалізовані до конкретних умов. У результаті відбувається дивергенція ознак усередині однієї систематичної групи й утворюються більш дрібні таксони: ряди, родини, роди.

Іноді відбувається незалежний розвиток подібних ознак у близькоспоріднених груп організмів – паралелізм. Наприклад, розвиток ластів

у ластоногих (моржів та тюленів). Типовими прикладами ідіоадаптацій можуть бути захисне забарвлення тіла у тварин; колючки й шипи – у рослин, різні пристосування для поширення насіння.

Загальна дегенерація – морфофізіологічний регрес, що супроводжується спрощенням рівня організації, зникненням деяких органів або систем органів. Дегенерація пов'язана з переходом до паразитичного або сидячого способу життя. Проте, загальна дегенерація багатьох паразитичних груп супроводжується їх значним біологічним прогресом.

Ще однією суттєвою відмінністю макроеволюційних процесів є можливість об'єднання в новій групі генетичного матеріалу і можливостей віддалених систематичних груп. Так, симбіогенез примітивних еукаріотичних клітин із певним видом бактерій призвів до появи мітохондрій і формування кількох нових великих таксонів. Слід також зауважити, що систематичні таксони великого рангу можуть мати поліфілетичне походження. Так, у мезозої існувало кілька споріднених груп рептилій, які у процесі еволюції перетворювалися на птахоподібних тварин. Кілька з них навіть опанували політ (конфуціосорніси, енанціорніси, віяло хвості птахи). До наших часів збереглася лише одна з цих груп, але й інші ми можемо розглядати у широкому розумінні як представників класу Птахи.

#### *Фактори еволюції*

Фактори еволюції – це чинники, які призводять до адаптивних змін організмів, популяцій і видів. Протягом тривалого часу серед учених було поширено дві системи поглядів на фактори еволюції: автогенез (еволюція є наслідком дії лише внутрішніх факторів) і ектогенез (еволюція є наслідком дії лише зовнішніх факторів).

Проте, обидві точки зору не враховували багаторівневості організації живої матерії. Так, вплив гормонів на клітину організму є зовнішнім впливом для клітинного рівня організації і внутрішнім – для організменого.

Сучасна наука вважає, що на різних рівнях організації живої матерії діють специфічні фактори еволюції, у результаті спільної дії яких і відбувається

адаптація організмів і популяцій до умов середовища. Так, на молекулярному рівні важливим фактором є хімічні та фізико-хімічні властивості органічних молекул. На клітинному рівні – організація взаємодії між компартментами клітини, а на організменому – дія екологічних факторів.

Усі екологічні фактори є водночас і факторами еволюції, за умови, якщо вони діють із постійною інтенсивністю або остання періодично змінюється. До таких факторів можна віднести клімат, солоність водойми, властивості ґрунту, наявність хижаків, наявність і властивості здобичі, конкурентних видів тощо.

Стосовно популяційного рівня організації живої матерії виділяють внутрішньовидові та міжвидові фактори еволюції. Внутрішньовидові фактори є результатом узаємодії осіб усередині популяції. Це міграції, хвили життя, статевий добір, соціальні зв'язки (у ряду видів), розподіл територій існування всередині ареалу. Результатом дії внутрішньовидових факторів еволюції є саморегуляція густоти популяцій. Це підвищує шанси виду на успіх у міжвидовій боротьбі, бо дозволяє виду ефективно використовувати ресурси середовища існування в межах свого ареалу.

Міжвидові фактори еволюції є результатом узаємодії між особинами й популяціями різних видів. До цих факторів відносять різні форми симбіозу – мутуалізм, коменсалізм, паразитизм, а також конкуренцію та трофічні зв'язки.

У різних умовах кожен із цих факторів має різну інтенсивність, яка зумовлена густотою популяцій видів, які взаємодіють. Ці взаємини відіграють важливу роль у підтриманні екологічної рівноваги в екосистемах. Так, збільшення популяцій жертв призводить до збільшення популяцій хижаків та паразитів. Це, у свою чергу, спричиняє зменшення чисельності популяції жертви, а потім, унаслідок цього, і хижаків з паразитами.

Дуже важливим міжвидовим фактором еволюції в наш час є антропогенний фактор. Хоча його зазвичай розглядають у негативному аспекті, але це справедливо не для всіх видів. Дійсно, види, занесені до Червоної книги, страждають від антропогенного впливу. А от домашні тварини й культурні рослини, навпаки, від дії цього фактора лише виграли. Виграли від



цього й види, які пристосувалися до існування поряд з людиною – таргани, бур'яни, паразити і збудники хвороб людини, домашніх тварин і культурних рослин. Їх ареал суттєво збільшився, а чисельність зросла.

## **Тема 8 Напрями і стратегії еволюції живих організмів**

### *Походження життя*

Існують чотири групи теорій, які пояснюють появу життя на Землі. Це креаціонізм, теорія стаціонарного стану, теорія панспермії та теорії хімічної еволюції.

Основним положенням будь-якої креаціоністської теорії є поява життя внаслідок надзвичайної божественної події. Теорія стаціонарного стану більш екзотична. Її основою є положення про те, що Земля є вічною. Вона існувала завжди й також завжди на ній існувало життя. Ця теорія допускає вимирання видів, але вважає, що нові види не утворюються. А відсутність решток існуючих видів в осадових породах давніх епох пояснює незначною чисельністю цих видів в ті епохи. Теорія панспермії стверджує, що життя у Всесвіті виникало один або кілька разів (як варіант – існувало вічно). Але на Землі воно не виникало, а було занесене з допомогою метеоритів або інших космічних об'єктів, або штучно інопланетянами.

Найбільш обґрунтованими в наш час є теорії, які пояснюють виникнення життя шляхом хімічної еволюції з неорганічних речовин. Існує кілька варіантів цих гіпотез.

1953 р. американський хімік С. Міллер провів експерименти, які довели можливість абіогенного (небіологічного) синтезу важливих для життя молекул.

Яка молекула була першою – білок чи нуклеїнова кислота? Суперечка біохіміків, еволюціоністів та інших учених навколо цієї проблеми нагадує знайому дискусію: «Що було раніше – курка чи яйце?».

1989 р. американські біохіміки Т. Чек і С. Альтман знайшли певний клас РНК, здатних до самокаталізу своєї реплікації (аутосплайсинг). Згідно з цими фактами виникли гіпотези, наприклад У. Гілберта (США), що перші земні

організми склались із простих молекул РНК, які самовідтворювались. Поступово такі організми набули здатності синтезувати білки (поява яких забезпечила швидкий та ефективний рух реплікації) і ліпіди (жири), що формують разом із білками мембрану, допомогли виникнути клітинним структурам.

Оригінальну точку зору висловив німецький дослідник Г. Вехтершойзер. На його думку, спочатку життя з'явилося як певна послідовність перетворювань органічних сполук, що адсорбовані на кристалах піриту  $FeS_2$ . Принципово новим у цій гіпотезі є те, що утворення та перетворення біомолекул здійснюється на межі твердої та рідкої фаз (гетерофазне середовище), а не в рідкофазному «первинному бульйоні».

#### *Напрями і стратегії еволюції різних груп*

Еволюція одноклітинних та багатоклітинних організмів відбувалася дещо різними шляхами. Проте, слід пам'ятати, що різниця між одноклітинними прокаріотичними й еукаріотичними організмами значно більша, ніж різниця між одноклітинними й багатоклітинними еукаріотами.

Основною рисою прокаріотичних організмів є спрямованість їх еволюції на шлях біохімічних адаптацій. Різноманіття морфологічних форм прокаріотичних організмів суттєво менше, ніж еукаріотичних. А от різноманіття їх внутрішньоклітинних біохімічних процесів надзвичайно велике.

Особливості організації прокаріотичних організмів (примітивний генетичний апарат, специфічна клітинна стінка) не дозволили їм успішно розв'язати проблему створення багатоклітинності. Багатоклітинні прокаріоти (наприклад, ціанобактерії) мають дуже просту будову й низький ступінь спеціалізації клітин.

Еукаріотичні організми мають значно менше різноманіття внутрішньоклітинних біохімічних процесів. Але наявність більш досконалого генетичного апарату та зовнішніх структур дозволяє їм збільшити розміри клітин і суттєво полегшує об'єднання у багатоклітинні організми. Основним

шляхом еволюції багатоклітинних еукаріотичних організмів стали морфофізіологічні зміни та поглиблена спеціалізація клітин і тканин.

Живі організми завжди існували не поодинокі. Вони були складовими екосистем, і виникнення нових форм часто призводило до значних змін у екосистемах. Перша екологічна катастрофа в історії нашої планети була пов'язана з діяльністю фотосинтетичних організмів. Спочатку вони утворювали невеликі угруповання, навколо яких середовище було насичене киснем. У цих умовах виживало небагато видів, бо кисень був сильною отрутою для організмів, пристосованих до життя в анаеробних умовах. Коли ж накопичення кисню в атмосфері досягло певної межі й атмосфера стала окисною, величезна кількість видів вимерла. Повністю змінилися біогеохімічні процеси і шляхи кругообігу елементів. Тепер уже анаеробні організми утворювали невеликі угруповання в недосяжних для кисню місцях.

Ще одним прикладом різкої зміни екосистем є пермсько-тріасове вимирання. Протягом пермського періоду голонасінні рослини зайняли всі водороздільні місцевості, на яких до того часу не могли рости вищі спорові рослини через дефіцит вологи. Це призвело до різкого зменшення стоку мінералів і поживних речовин у водні екосистеми внаслідок ерозії. До того ж, у цей час материки утворили єдиний материк Пангею, що значно скоротило довжину берегової лінії. Наслідком цих процесів і стало наймасовіше вимирання в історії фанерозою.

Аналогічна ситуація спостерігалася і в крейдяному періоді. Поширення покритонасінних рослин і утворення ними дернових покривів на поверхні ґрунту знову суттєво знизило потік мінералів і поживних речовин у водні екосистеми. Як наслідок – масове вимирання в першу чергу водних організмів. Наземні екосистеми постраждали значно менше, хоча й там формування екологічної форми дрібних рослиноїдних хребетних призвело до суттєвих наслідків. Завдяки постійній температурі тіла ссавці змогли еволюціонувати у дрібних травоїдних. Відповідно, з'явилися і дрібні хижаки, які ефективно на

них полювали. Але не менш ефективно вони могли полювати й на молодих динозаврів.

### *Еволюція людини*

Протягом кількох останніх десятиліть було знайдено досить багато викопних родичів людини і процес її еволюції став набагато більш зрозумілим. Наразі до родини *Hominidae* відносять сім родів і не менше 23 видів приматів. Але, крім людини, усі вони вимерли.

### *Ранні гомініди*

Еволюційні лінії, що ведуть до людини та її найближчого родича шимпанзе, розділилися приблизно 5,5–6,5 млн років тому (або, можливо, трохи раніше до 8 млн років). Такі дані були отримані з допомогою молекулярно-генетичних маркерів. За останні роки в Африці було знайдено цілий ряд давніх гомінід, які жили приблизно в той час. Вони описані як представники трьох нових родів – *Sahelanthropus*, *Orrorin* та *Ardipithecus*. Усі ці найдавніші гомініди вже ходили на двох ногах, проте скоріше за все жили не в савані, а в лісі. Це ставить під сумнів стару теорію про те, що перехід до двоногості був пов'язаний з виходом наших предків із лісу до савани.

### *Австралопітеки й парантропи*

Усі знайдені австралопітеки жили в Африці приблизно 4,5–2 млн років тому. Вони були прямоходячими і всеїдними мешканцями саван. Зараз багато вчених вважають, що австралопітеки не вміли полювати й живилися падлом. Саме австралопітеки вважаються безпосередніми предками роду *Homo*.

Наразі знайдено рештки не менш ніж п'яти видів австралопітеків. Найбільш відомими з них є *Australopithecus afarensis* і *Australopithecus africanus*. Крім того, у новий рід *Paranthropus* виділено три види так званих «масивних» австралопітеків, які відрізнялися від інших австралопітеків більшими розмірами та значно масивнішою статурою. Їх залишки були знайдені також на території Африки, де вони жили від 2,7 до 1,5 млн років тому.

## Рід *Homo*

На думку деяких антропологів, межею між австралопітеками (у широкому розумінні, включаючи парантропів) і «людьми» (*Homo*) слід вважати об'єм мозку, більший ніж 600 см<sup>3</sup>, і, головне, виготовлення кам'яних знарядь. Проте об'єм мозку, скоріше за все, не може бути надійним критерієм. Так, у 2004 році описано вид *H. floresiensis* з об'ємом мозку 380 см<sup>3</sup> (хоча за всіма іншими ознаками він, безумовно, є представником роду *Homo*).

Перехід від найдавніших людей (*H. habilis* / *H. rudolfensis*) до *H. ergaster* був дуже важливим якісним стрибком в еволюції гомінід. Під час переходу від *H. habilis* / *H. rudolfensis* відбулися дві дуже важливі зміни. По-перше, різко збільшилися розміри тіла. По-друге, збільшилася доля тваринної їжі в раціоні, що сприяло розвитку мозку.

Традиційно це пояснювали тим, що *H. ergaster* навчився більш ефективно полювати на велику й середню здобич. Проте, останнім часом наводяться аргументи на користь того, що *H. ergaster* був таки споживачем падла і просто навчився більш ефективно конкурувати з іншими видами.

## Список рекомендованих джерел

### Базовий

1. Біологія : підручник для студентів медичних спеціальностей ВНЗ III–IV рівнів акредитації / Колектив авторів; за ред. проф. В. П. Пішака та проф. Ю. І. Бажори. – Вінниця : Нова книга, 2004. – 656 с.
2. Гайченко В. А. Екологія тварин : навч. посібник / В. А. Гайченко, Й. В. Царик. – Херсон : Одці-плюс, Київ : Ліра-К, 2012. – 232 с.
3. Григора І. М. Основи фітоценології / І. М. Григора, В. А. Соломаха. – Київ : Фітосоціоцентр, 2000. – 240 с.
4. Гудзь С. П. Мікробіологія: Підручник / С. П. Гудзь, С. О. Гнатуш, І. С. Білінська. – Львів : Видавничий центр ЛНУ імені Івана Франка, 2009. – 360 с.
5. Мусієнко М. М. Фізіологія рослин / М. М. Мусієнко. – Київ : Фітосоціоцентр, 2001 – 392 с.
6. Пехов А. П. Биология с основами экологии / А. П. Пехов. – Санкт-Петербург : Лань, 2001. – 672 с.
7. Сиволоб А. В. Молекулярна біологія / А. В. Сиволоб. – Київ : Видавничо-поліграфічний центр «Київський університет», 2008. – 384 с.
8. Ситник І. О. Мікробіологія, вірусологія, імунологія / І. О. Ситник, С. І. Климнюк, М. С. Творко. – Тернопіль : Укрмедкнига, 1998. – 392 с.
9. Слюсарев А. О. Біологія: навч. посібник / [А. О. Слюсарев, О. В. Самсонов та ін.]. – Київ : Вища школа, 1997. – 607 с.
10. Біологія: Підручник для студентів ВНЗ / [З. М. Шелест та ін.]. – Київ : Кондор, 2011. – 760 с.

### Допоміжний

11. Аносов И. П. Основы эволюционной теории : учеб. пособие / И. П. Аносов, Л. Я. Кулинич. – Київ : Твім інтер, 1999. – 288 с.
12. Биологический энциклопедический словарь / под ред. М. С. Гилярова. – Москва : Советская энциклопедия, 1989. – 863 с.

13. Боечко Ф. Ф. Біологічна хімія / Ф. Ф. Боечко. – Київ : Вища школа, 1995. – 536 с.
14. Грин Н. Биология / Н. Грин, У. Стаут, Д. Тейлор; под ред. Р. Сопера. – Москва : Мир, 1990. – Т. 1, – 368 с.; Т. 2. – 325 с.; Т. 3. – 325 с.
15. Довідник з біології / За ред. К. М. Ситника. – Київ : Наукова думка, 2003. – 794 с.
16. Кемп П. Введение в биологию / П. Кемп, К. Армс. – Москва. Мир, 1988. – 671 с.
17. Коляденко Г. І. Анатомія людини / Г. І. Коляденко. – Київ : Либідь, 2001. – 384 с.
18. Людина. Навчальний атлас з анатомії і фізіології / За ред. Т. Смика. – Львів : БаК, 2000. – 240 с.
19. Медична біологія : підручник для студ. вищ. мед. навч. закл. / ред. В. Пішак, Ю. І. Бажора. – Вінниця : Нова Книга, 2009. – 608 с.
20. Основы общей биологии / Под общ. ред. Э. Лебберта. – Москва : Мир, 1982. – 437 с.
21. Реймерс Н. Ф. Основные биологические понятия и термины / Н. Ф. Реймерс. – Москва : Просвещение, 1988. – 319 с.
22. Трускавецький Є. С. Цитологія / Є. С. Трускавецький. – Київ : Вища школа, 2004. – 254 с.
23. Червона книга України. Рослинний світ / За ред. Я. П. Дідуха. – Київ : Глобалконсалтинг, 2009. – 900 с.
24. Червона Книга України. Тваринний світ. / За ред. І. А. Акімова. – Київ : Глобалконсалтинг, 2009. – 624 с.
25. Чуйкин А. Е. Общая биология : учебник / А. Е. Чуйкин. – Санкт-Петербург : Политехника, 2004. – 670 с.
26. Явоненко О. Ф. Біохімія / О. Ф. Явоненко, Б. Ф. Явоненко. – Суми : Університетська книга, 2002. – 380 с.

*Навчальне видання*

**ЗАДОРЖНИЙ** Костянтин Миколайович

# **БІОЛОГІЯ**

## **КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ**

*(для студентів 1 курсу денної та заочної форм навчання  
освітньо–кваліфікаційного рівня бакалавр, спеціальності  
183 – Технології захисту навколишнього середовища)*

Відповідальний за випуск *Т. В. Дмитренко*

*За авторською редакцією*

Комп'ютерне верстання *І. В. Волосожарова*

План 2017, поз. 64Л

---

Підп. до друку 27.09.2019.      Формат 60 × 84/16.

Друк на ризографі.      Ум. друк. арк. 4,1.

Тираж 50 пр.      Зам. №

Видавець і виготовлювач:

Харківський національний університет  
міського господарства імені О. М. Бекетова,  
вул. Маршала Бажанова, 17, Харків, 61002.

Електронна адреса: [rectorat@kname.edu.ua](mailto:rectorat@kname.edu.ua)

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:

ДК № 5328 від 11.04.2017.