

## Тема 6



# Еволюція органічного світу

## 37 Розвиток еволюційних поглядів. Докази еволюції



У попередніх класах ви ознайомилися з особливостями будови й життєдіяльності багатьох груп живих організмів. Пригадайте основні групи рослин і тварин, які ви вивчали в попередніх класах. Чи існує зв'язок між особливостями будови й життєдіяльності цих організмів? Які з них є найбільшими за кількістю видів?

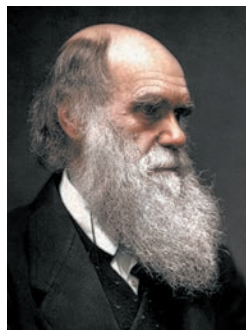
### Розвиток поглядів на походження видів живих істот

Питання походження видів живих організмів завжди цікавило людей. Спочатку його намагалися розв'язати в межах релігійних поглядів. Але з формуванням наукової системи знань було запропоновано кілька теорій, які пояснюють це явище.

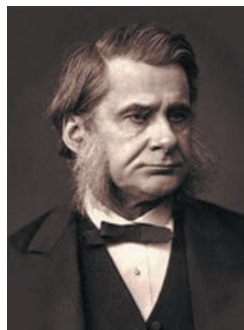
Автором першої наукової теорії, яка пояснювала походження різних видів живих організмів, став Ж.-Б. Ламарк. Але ця теорія мала досить багато недоліків. Теорія Ч. Дарвіна була створена пізніше, і вона була обґрунтована набагато краще.



**Мал. 37.1.** Жан-Батист Ламарк (1744–1829)



**Мал. 37.2.** Чарльз Дарвін (1809–1882)



**Мал. 37.3.** Томас Гекслі (1825–1895)



**Мал. 37.4.** Джей Стівен Гулд (1941–2002)

### Історичні етапи розвитку еволюційних уявлень

Період	Учені, які працювали в цей період	Події в науці
Давні часи — епоха середньовіччя	Демокріт, Геракліт, Лукрецій	Поява перших еволюційних поглядів, ідей про можливість еволюційних процесів
1500–1800	К. Лінней, К. Вольф, П. Паллас, Ж. Бюффон	Накопичення матеріалів про різноманітність живих організмів. Формування сучасної науки. Створення сучасної систематики
1800–1858	Ж.-Б. Ламарк (мал. 37.1), Ж. Кюв'є, Е. Дарвін, Ж. Сент-Ілер	Створення перших наукових еволюційних теорій. Активні дискусії креаціоністів та еволюціоністів
1859–1940	Ч. Дарвін (мал. 37.2), А. Воллес, Т. Гекслі (мал. 37.3), Г. Мендель, Г. де Фріз, М. Вавилов	Період становлення і розвитку класичного дарвінізму. Еволюція, за Дарвіном, полягає в безперервних пристосувальних (адаптаційних) змінах видів. Вона відбувається на основі спадкової мінливості під дією боротьби за існування, результатом якої є природний добір. Відкриття і перевідкриття законів менделівської генетики
1940 — наш час	С. Четверіков, Ф. Добжанський, Дж. Холдейн, М. Тимофеев-Ресовський, Р. Фішер, Дж. Гулд (мал. 37.4)	Створення й розвиток синтетичної теорії еволюції, розвиток молекулярної біології, дослідження життєдіяльності організмів на молекулярному й субклітинному рівнях, значна кількість нових палеонтологічних знахідок

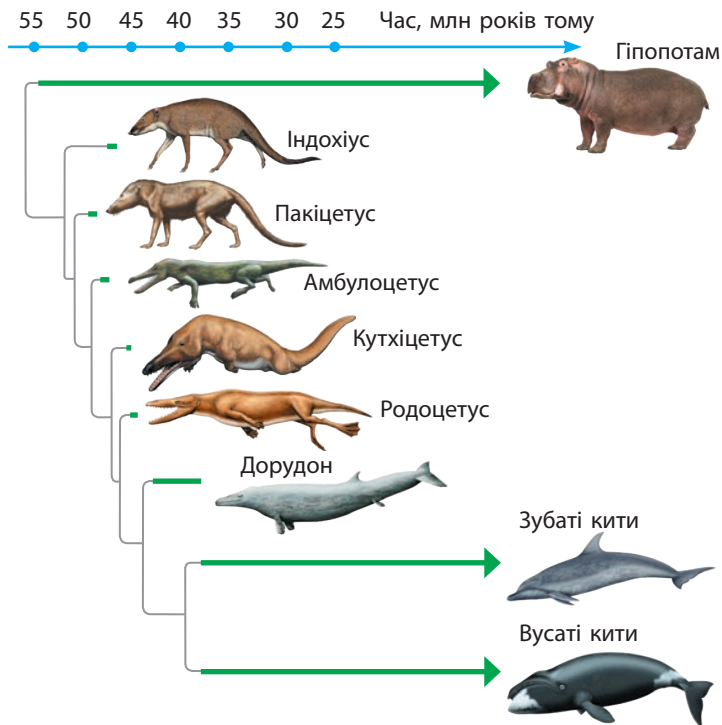
### Процес еволюції та еволюційні теорії

Говорячи про еволюційні теорії, слід пам'ятати один важливий момент. Еволюція й еволюційна теорія не є тотожними поняттями. **Еволюція** — це процес змін живих організмів, який стає причиною появи їх нових форм. І цей процес ми можемо спостерігати й відтворювати в експериментах.

**Еволюційна теорія** — це пояснення механізмів цього процесу. Так, теорія Ж.-Б. Ламарка пояснювала еволюційні зміни внутрішнім прагненням організмів до прогресу. А за теорією Ч. Дарвіна, причиною цих змін був природний добір. Обидві теорії пояснювали реальні факти змін живих організмів, але різними способами.

### Палеонтологічні докази еволюції

**Палеонтологія** — це наука, що вивчає вимерлі організми, які колись жили на нашій планеті. За триста років свого існування вона



**Мал. 37.5.** Еволюція китоподібних за даними палеонтології

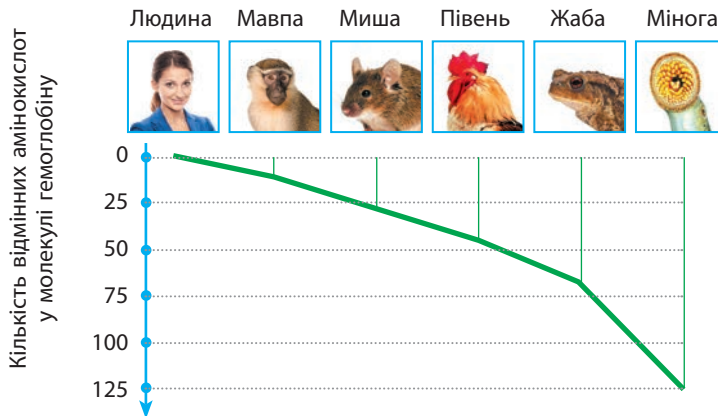
докладно вивчила історію життя попередніх епох. Спочатку вдалося встановити послідовність розвитку життя, а потім і час, коли відбувалися ці події.

Усі дані палеонтології свідчать, що чим давнішими були геологічні породи, тим більш примітивні організми залишали в них свої рештки. Тобто з плином часу живі організми на нашій планеті ускладнювалися. Палеонтологам удалося простежити еволюційний розвиток усіх основних груп живих організмів (мал. 37.5).

### Молекулярно-генетичні докази еволюції

Поява сучасних молекулярно-генетичних методів дозволила відстежувати еволюційні події, які не залишили слідів у палеонтологічному літописі. Органічні молекули не зберігаються у викопному вигляді тривалий час. Але вони відтворюються в живих організмах. Таким чином інформація про минулі події зберігається в живих клітинах.

Для виявлення цієї інформації беруть різні організми та порівнюють молекули, які вони виробляють (нуклеїнові кислоти й білки).



**Мал. 37.6.** Дендрограма родинних зв'язків людини, побудована на основі аналізу молекул гемоглобіну

Оцінивши ступінь відмінності та подібності, можна з'ясувати, який вигляд мали молекули спільного предка цих організмів. Також можна побудувати дендрограму — схему, що відображає родинні зв'язки організмів та час існування їх спільного предка (мал. 37.6).

Крім молекулярно-генетичних та палеонтологічних, існують й інші докази еволюції. Це анатомо-морфологічні та ембріологічні (схожість будови та індивідуального розвитку організмів в межах однієї систематичної групи). А єдність хімічного складу та основних процесів перетворення речовин у клітинах є гарним біохімічним доказом.



Еволюція — це об'єктивний процес, який ми спостерігаємо в природі й можемо відтворити в експерименті. Еволюційні теорії пропонують пояснення механізмів цього процесу. Існує багато палеонтологічних і молекулярно-генетичних доказів еволюції. Результатом еволюційних процесів стала різноманітність сучасних живих організмів.

# 38 Популяції живих організмів та їхні основні характеристики. Популяція як одиниця еволюції



*Пригадайте, з якими групами живих організмів ви ознайомилися в курсі біології. Чим вони між собою відрізняються? У яких середовищах живуть ці організми? Яким чином вони живляться?*

## Популяції та їхні характеристики

**Популяція** — це сукупність особин одного виду, які відтворюють себе протягом великої кількості поколінь і тривалий час займають певну територію, функціонуючи й розвиваючись в одному або кількох угрупованнях живих організмів.

Кожній популяції властиві певні характеристики, за допомогою яких можна визначати її стан. Це щільність, розподіл особин за віком і статтю, характер розміщення в межах проживання, тип росту та інші.

## Чисельність і щільність популяції

**Чисельність популяції** — це загальна кількість особин на певній території, які належать до однієї популяції. Для популяцій дрібних організмів (особливо водяних) чисельність розраховують на певний об'єм (води, ґрунту, повітря). Чисельність популяції із часом може змінюватися.

Якщо рахувати не загальну кількість особин, а середню кількість на одиницю площі чи об'єму, то можна визначити **щільність популяції**. Наприклад, якщо чисельність популяції ящірок на острові площею 12,8 гектара становить 256 особин, то щільність цієї популяції — 20 особин на гектар.

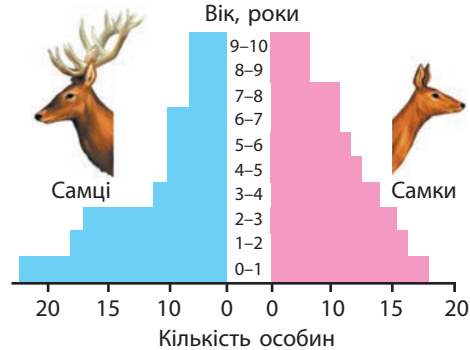
## Статева і вікова структура популяцій

Співвідношення чоловічої і жіночої статей у популяції має важливе екологічне значення. Воно безпосередньо пов'язане з потенціалом її розмноження. Визначається співвідношення статей як відношення кількості самців до кількості самок або кількості самців до загальної кількості самців і самок.

Дуже важливим показником для популяції є її вікова структура. Це співвідношення чисельності особин різних вікових класів і поко-

ліль. Не обов'язково популяція має складатися з особин різного віку. Наприклад, усі особини в популяціях однорічних рослин мають однаковий вік.

Статева і вікова структури популяції відображають її здатність до розмноження (мал. 38.1). Наприклад, якщо в популяції переважають старі особини або дуже мало самок, швидко чисельність популяції зростати не буде.



Мал. 38.1. Вікова і статеві структури однієї з популяцій оленів

### Популяція як одиниця еволюції

Популяції є тими компонентами, з яких складаються види живих організмів. Сукупність генів усіх особин популяції становить її **генофонд**. Коли якийсь фактор знищує частину особин популяції, він змінює співвідношення різних варіантів генів у генофонді популяції. А зміна генофонду із часом може спричинити й еволюційні зміни. Тому саме популяції, а не окремі організми є учасниками еволюційного процесу й елементарними одиницями еволюції.



Популяція — це сукупність особин одного виду, які відтворюють себе протягом великої кількості поколінь і тривалий час займають певну територію. Популяції мають певні характеристики, за якими можна оцінювати їхній стан: щільність, розподіл особин за віком і статтю, характер розміщення в межах проживання тощо.

# 39 Еволюційні фактори. Механізми первинних еволюційних змін. Природний добір



*У попередньому параграфі ви дізналися про популяції та їхню структуру. Чому популяцію вважають елементарною одиницею еволюції? Що таке генофонд популяції? Чи може він змінюватися?*

## Еволюційні фактори

**Еволюційні фактори** — це явища та процеси, які змінюють генофонд популяції. Зміни в генофонді популяцій із часом можуть накопичуватися, й особини в популяції починають дедалі більше відрізнятися від своїх предків. Так і відбувається еволюція.

Існує кілька факторів еволюції.

### Еволюційні фактори

Фактор	Опис фактора	Приклад дії
Мутації (мутаційний процес)	Природний процес постійних змін спадкової інформації внаслідок дії мутагенних факторів	У предків людини внаслідок мутації дві хромосоми об'єдналися в одну. Тому в людини 23 пари хромосом, а у шимпанзе, як і у нашого спільного предка, — 24 пари
Популяційні хвилі (хвилі життя)	Коливання чисельності природних популяцій, яке відбувається постійно внаслідок кліматичних, біологічних або інших факторів	Періодично виникають спалахи інтенсивного розмноження комах (наприклад, сарани). При цьому тварини можуть поширюватися за межі території свого звичного проживання
Дрейф генів	Зміна частоти алелів певних генів через випадкові процеси, наприклад, виверження вулкана, повінь або потрапляння невеликої групи особин на нову територію (ефект засновника) (мал. 39.1)	Коли люди потрапили на американський континент, серед першовідкривачів випадково не виявилось людей з алелем, який відповідає за формування III і IV груп крові. Тому до прибуття європейців жителі Америки мали тільки I або II групу крові
Ізоляція	Розділення популяцій одного виду через виникнення між ними якихось бар'єрів (фізичних або екологічних)	Популяції, які потрапляли на острови, часто не могли контактувати з популяціями материка й утворювали нові види, як в'юрки на Галапагоських островах



Закінчення таблиці

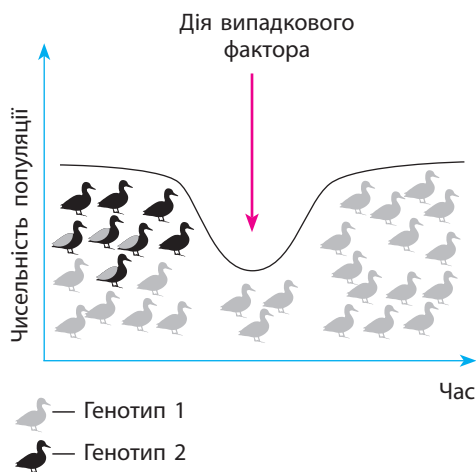
Фактор	Опис фактора	Приклад дії
Міграція	Переміщення особин з однієї популяції в іншу або на нові території	Риба-голка із Чорного моря мігрувала в р. Дніпро, а звідти по каналу Дніпро — Донбас потрапила в р. Сіверський Донець
Природний добір	Диференційоване виживання більш пристосованих до певних умов існування особин у популяції	Коли хворі використовують антибіотики, виживають тільки ті бактерії, які мають до них стійкість

### Види природного добору. Стабілізуючий добір

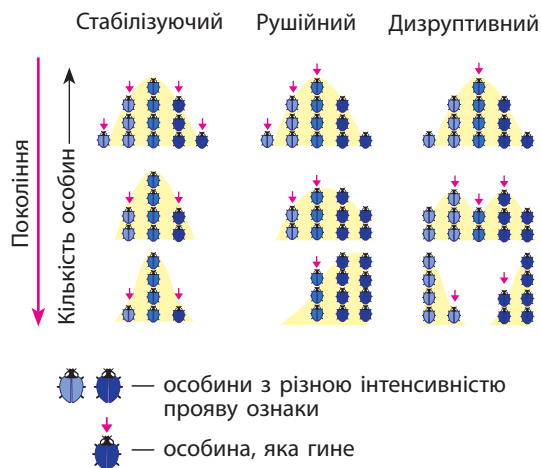
Виділяють три основні форми природного добору: дизруптивний (розривний), рушійний (спрямований) і стабілізуючий (мал. 39.2).

Стабілізуючий добір підтримує ознаки в незмінному стані. Він діє тоді, коли найбільш вигідним є середнє значення якоїсь ознаки. Він зазвичай відбувається в умовах, коли середовище існування мало змінюється й організми до нього добре пристосовані.

Так, представники ракоподібних щитні залишилися незмінними ще з часів мезозою. Їхні особини мають короткий термін життя і живуть у калюжах. Умови життя в калюжах і зараз, і за часів динозаврів однакові. А період пересихання калюж щитні переживають на стадії яйця, яке в них є дуже стійким до будь-яких зовнішніх впливів.



Мал. 39.1. Ілюстрація дії дрейфу генів (ефекту засновника) на генотип популяції



Мал. 39.2. Види природного добору



### Рушійний добір

**Рушійний** (спрямований) добір сприяє зміні ознаки в певному напрямку. Так, комахи, ящірки й низка інших видів, які ховаються між листками рослин, мають зелений або бурий колір, мешканці пустель — колір піску. А у метеликів, які жили в Англії в XIX столітті, рушійний відбір призвів до кращого виживання особин з темним забарвленням. Це трапилося тому, що розвиток промисловості призвів до забруднення стовбурів вугільним пилом і кіптявою. Внаслідок цього стовбури потемніли, і на їхньому фоні хижакі менше помічали темних метеликів.

У хижаків захисне забарвлення закріпилося завдяки тому, що його власник непомітно міг підкрастися до здобичі, а у жертви воно є наслідком того, що тварина залишалася менш помітною для хижаків. Ті з них, хто не мав захисного забарвлення під час пристосування до життя в таких умовах, гинув і не залишав нащадків.

### Дизруптивний добір

**Дизруптивний** (розривний) добір спостерігається тоді, коли переваги мають тварини з ознакою, що відрізняється від середньої в той або інший бік. Наприклад, серед комах, які живуть на невеличких острівцях в океані, більшість видів або дуже добре літають, або взагалі не мають крил. Така ситуація склалася через сильні вітри, які можуть виносити комах з острова в океан. Для того щоб цього не сталося, слід або дуже добре літати, або не літати взагалі.

Яскравим прикладом дизруптивного добору є ситуація з розходженням предків людини і шимпанзе. Спільний предок цих видів мешкав у Африці приблизно 8 млн років тому. Він чудово лазив по деревах, але міг пересуватися і на поверхні землі. Тому зміг заселити і невеликі лісові масиви, розташовані на межі савани. Жив він там на деревах, а між масивами пересувався пішки.

Після настання чергового циклу похолодання на нашій планеті площа лісів зменшилася, розміри лісових масивів на межі савани теж стали меншими, а відстані між ними більшими. Тому ходити пішки треба було вже набагато більше. У цих умовах перевагу отримували особини, які або ходили краще і жили більше в савані, або жили в глибині лісу й пересувалися по деревах.

Дизруптивний добір призвів до того, що ті особини, які залишилися в лісі, стали предками шимпанзе, а ті особини, які жили в савані, стали предками людини.



Мал. 39.3. Приклади статевого диморфізму

### Статевий добір

Як одну з форм добору розглядають також **статевий** добір, який впливає на ознаки лише однієї статі. До такого добору призводить суперництво між особинами однієї статі за право вступити в розмноження з особинами іншої статі.

Ця форма добору сприяє появі статевого диморфізму, коли особини одного виду, але різної статі суттєво відрізняються між собою за зовнішнім виглядом. Статевий диморфізм чудово видно на прикладі таких видів, як олені, кури та деякі комахи (мал. 39.3).



Елементарними факторами еволюції є мутації (мутаційний процес), популяційні хвилі (хвилі життя), дрейф генів, ізоляція, міграція та природний добір.

Виділяють такі види природного добору, як стабілізуючий, рушійний, дизруптивний, статевий. Тільки природний добір є направленим. Усі інші фактори еволюції є ненаправленими.

# 40 Вид. Критерії виду. Механізми видоутворення



*Пригадайте фактори еволюції, з якими ви ознайомилися. Назвіть їх. Чому ці фактори діють саме на популяції? Що таке природний добір і чим він відрізняється від інших еволюційних факторів?*

## Вид

Еволюційні процеси, які відбуваються на рівні популяцій і зумовлюють утворення нового виду, називають **мікроеволюцією**.

Кінцевим результатом процесів мікроеволюції є формування нового виду. **Вид** — це сукупність популяцій особин, подібних між собою за будовою, функціями, місцем в угрупованнях організмів, що населяють певний ареал і вільно схрещуються між собою у природі.

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

## Критерії виду

Критерій	Що характеризує
Морфологічний	Схожість зовнішньої і внутрішньої будови організмів одного виду
Генетичний	Кількість і структуру хромосом виду, тобто його каріотип. Кожен вид має чітко визначений набір хромосом
Фізіологічний	Схожість процесів життєдіяльності й можливість схрещування
Біохімічний	Можливість розрізнити види за біохімічними параметрами (будовою білків і нуклеїнових кислот)
Географічний	Зону поширення виду (ареал). Існують види з розірваним ареалом і види з дуже великим ареалом поширення
Екологічний	Умови існування виду, його місце в біоценозі, взаємовідносини з іншими видами

## Способи видоутворення

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

### Способи й механізми видоутворення

Спосіб видоутворення	Механізми видоутворення
Географічне (алопатричне)	Нові форми організмів виникають як результат розриву ареалу й ізоляції окремих популяцій. У кожній ізольованій популяції внаслідок дрейфу генів і добору змінюється генофонд. Далі настає репродуктивна ізоляція (неможливість схрещування особин), що веде до утворення нових видів. Причинами розриву ареалу можуть бути гірські процеси, льодовики, утворення річок та інші геологічні процеси
Екологічне (симпатричне)	Нові форми організмів займають різні екологічні ніші в межах одного ареалу. Ізоляція відбувається внаслідок невідповідності часу й місця схрещування, поведінки тварин, споживання різної їжі, пристосування до різних способів запилення в рослин тощо
Гібридизація	Нова форма організмів утворюється внаслідок схрещування двох видів. Прикладом такого видоутворення є слива (гібрид терну й аличі)
Шляхом поліплоїдії	Нова форма організмів утворюється зі старої шляхом поліплоїдизації (кратного збільшення числа хромосом). Цей спосіб видоутворення поширений у рослин



Різні види організмів розрізняють між собою за допомогою спеціальних критеріїв виду. Нові види організмів можуть утворюватися різними способами: географічним, екологічним, шляхом гібридизації, поліплоїдизації або рушійного добору.

# 41 Адаптації — результат еволюційного процесу. Основні положення сучасної теорії еволюції



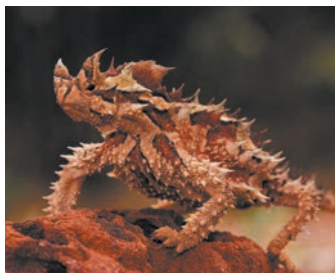
*У попередніх класах ви ознайомилися з особливостями будови й життєдіяльності багатьох груп живих організмів. Пригадайте, чи існує зв'язок між особливостями будови й життєдіяльності рослин і тварин.*

## Адаптація організмів до умов середовища

**Адаптація** — це пристосування живих організмів до певних умов середовища існування. Усі адаптації є результатом еволюційного процесу на основі природного добору. Адаптації можуть виникати до різних факторів як живої, так і неживої природи. Але всі вони спрямовані на підвищення стійкості живих організмів.

Способи адаптацій можуть бути різними:

- морфологічні адаптації (захисне забарвлення, колючки, товста кутикула, волосяний покрив, жировий шар тощо) (мал. 41.1);
- фізіологічні адаптації (стійкість фізіологічних параметрів: стала температура тіла, вміст кисню, вуглекислого газу, вміст цукру в крові тощо);
- біохімічні адаптації (сталість біохімічних процесів, вироблення певних ферментів);
- етологічні адаптації (поведінкові реакції для уникнення небезпечних ситуацій, наприклад страх змії та уникання контактів з ними через побоювання отруйних укусів).



Ящірка молох (будова шкіри дозволяє збирати і споживати росу)



Саксаул (листки перетворені на луски)



Верблюд (жир у горбах — запас поживних речовин і води)

**Мал. 41.1.** Морфологічні адаптації до життя в пустелі



Кашалот



Бегемот



Лось

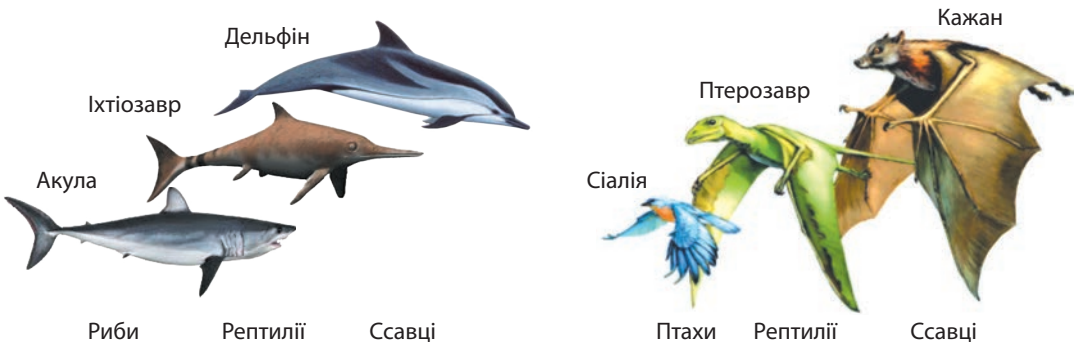
**Мал. 41.2.** Дивергенція. Тварини, які походять від спільного предка

### Конвергенція, дивергенція, паралелізм

Наслідком адаптацій організмів до умов середовища стали процеси конвергенції, дивергенції та паралелізму.

За умов, коли споріднені види потрапляють у різні умови існування, виникає явище **дивергенції**. Це процес, унаслідок якого однакові органи у різних організмів зовні починають відрізнятися, хоча й зберігають схожі риси внутрішньої будови (так звані гомологічні органи). У разі дивергенції споріднені види стають несхожими (як кити, бегемоти й лосі, які походять від спільного предка) (мал. 41.2).

В умовах, коли далекі одна від одної систематичні групи організмів починають пристосовуватися до однакових умов, виникає явище **конвергенції**. Це процес формування схожих ознак у далеких за рівнем спорідненості груп організмів. У такий спосіб виникають так звані аналогічні органи. У разі конвергенції види стають схожими (мал. 41.3).



**Мал. 41.3.** Конвергенція у плаваючих та літаючих організмів





Морж



Справжній тюлень



Вухатий тюлень

**Мал. 41.4.** Тварини, які незалежно пристосувалися до життя у воді

**Паралелізм** виникає тоді, коли до схожих умов пристосовуються досить близькі за походженням види. У разі зовнішньої і внутрішньої подібності органи таких організмів можуть відрізнятися відмінними способами адаптації до умов життя. Прикладом паралелізму є моржі, справжні й вухаті тюлені. Ці три групи пристосовувалися до життя у воді незалежно й дещо відмінними способами (мал. 41.4). Але всі вони є представниками одного ряду.

Відмінність у пристосуванні до життя у воді добре видно на прикладі справжніх та вухатих тюленів. Обидві ці групи під час переходу до життя у воді стали використовувати для плавання кінцівки, які перетворилися на ласті. Але у вухатих тюленів рух у воді здійснюється переважно за рахунок передніх кінцівок, тому вони в них дуже великі. А задні кінцівки переважно виконують функцію рулів. Крім того, задні кінцівки активно використовуються під час руху по землі. У справжніх тюленів, навпаки, рух у воді головним чином забезпечують задні кінцівки разом із задньою частиною тіла. Ці кінцівки не згинаються й участі в пересуванні по землі не беруть.

### *Сучасна еволюційна теорія*

Найбільш поширеною в наш час є синтетична теорія еволюції. Хоча існують і інші теорії, які пояснюють механізми процесів еволюції. Синтетична теорія еволюції сформувалася у 20–50-х роках ХХ століття під час об'єднання положень класичного дарвінізму та генетики. Найбільш важливими для формування теорії розділами генетики були теорія мутацій та популяційна генетика.

Значний внесок у розробку синтетичної теорії еволюції зробили вчені Дж. Холдейн, Р. Фішер, Ф. Добжанський, М. Вавілов, С. Четвериков (мал. 41.5), О. Северцов, І. Шмальгаузен, Дж. Сімпсон та інші.





Джон Бердон Сандерсон  
Холдейн (1892–1964)



Феодосій Григорович  
Добжанський (1900–1975)



Сергій Сергійович Четвері-  
ков (1880–1959)

**Мал. 41.5.** Деякі із засновників синтетичної теорії еволюції

**Основні положення синтетичної теорії еволюції:**

- Матеріалом для еволюції є спадкові зміни — мутації (як правило, генні) та їхні комбінації.
- Основним рушійним фактором еволюції є природний добір, що виникає на основі боротьби за існування.
- Найменшою одиницею еволюції є популяція.
- Еволюція має поступовий і тривалий характер. Видоутворення як етап еволюційного процесу є послідовною зміною однієї популяції низкою наступних популяцій.
- Еволюція має ненаправлений характер, тобто не йде в напрямку будь-якої кінцевої мети.
- Еволюція є необоротним процесом.



Адаптація — це пристосування живих організмів до певних умов середовища існування. Наслідком адаптацій організмів до умов середовища стали процеси конвергенції, дивергенції та паралелізму. У сучасній біології найбільш розробленою є синтетична теорія еволюції, що об'єднує основні ідеї класичної теорії еволюції, запропоновані Чарльзом Дарвіном, і досягнення сучасної генетики.

# 42 Еволюція людини.

## Етапи еволюції людини



Вивчаючи біологію тварин, ви дізналися, що людина належить до хребетних тварин і є представником ссавців. Які характерні ознаки притаманні цій групі? Хто із ссавців є найближчим родичем людини?

### Людина – представник приматів. Найближчі родичі

Людина належить до ряду Примати класу Ссавці. Примати з'явилися в Північній Америці ще за часів динозаврів і поширилися на інших континентах. А от у Північній Америці вони вимерли. Із сучасних приматів найближчими родичами людини є представники людиноподібних мавп шимпанзе й горили. Їхній останній спільний предок *накалінітек* жив у Африці 9,9–9,8 млн років тому. Із предками шимпанзе предки людини розійшлися ще пізніше — від 8 до 5 млн років тому. Інші людиноподібні мавпи орангутани живуть в Азії та є більш віддаленими родичами людини. До цієї еволюційної лінії належать такі вимерлі види, як *раманітек* і *гігантопітек*.

### Ранні представники родини Люди

Сучасна людина (*Homo sapiens L.*) є представником окремої родини Люди (*Hominidae*). Еволюція цієї родини наразі вивчена дуже добре. До неї відносять 7 родів і близько 30 видів. Крім сучасної людини, всі вони є вимерлими.



Мал. 42.1. Ардіпітек

Найдавнішим представником родини є *сахельантроп*, який жив приблизно 6–7 млн років тому. Не надто від нього відрізнялися *орорин* і *ардінітек* (мал. 42.1), які жили 4–6 млн років тому. Усі ранні представники родини жили тільки на території Африки — переважно на межі лісу й савани, хоча більшу частину часу проводили в лісі й добре лазили по деревах. Проте в них уже існували певні адаптації до прямоходіння. Їх можна вважати першим етапом еволюції людини.

### Австралопітеки та їхні нащадки

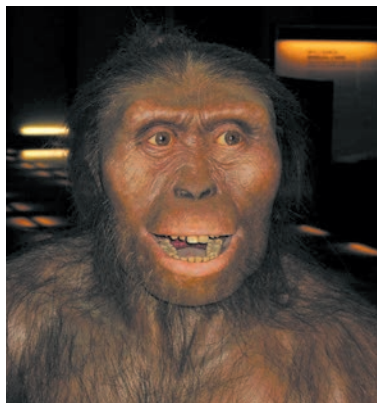
Австралопітеки є наступним етапом еволюції людини. Вони вже добре пристосовані до життя в савані й прямоходіння (мал. 42.2), але на деревах бувають іще досить часто. Жили вони 4–2,5 млн років тому в Африці.

Від австралопітеків відділяються дві еволюційні лінії. Представники першої спеціалізувалися на споживанні рослинної їжі та збільшенні розмірів тіла. У результаті виникли *парантропи* (жили 2,5–0,9 млн років тому) (мал. 42.3). Однак перехід на вегетаріанське харчування призвів до конкуренції парантропів із представниками копитних. Витримати цю конкуренцію вони не змогли, через що й вимерли.

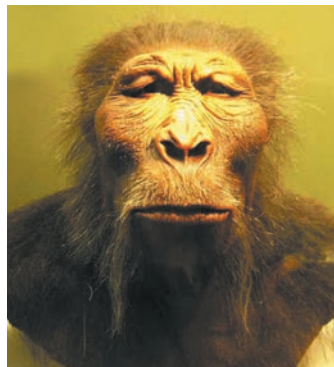
Представники другої еволюційної лінії залишилися всеїдними і збільшили споживання м'яса. Ця лінія зумовила появу перших представників роду Людина (*Номо*).

### Рід Людина

Рід Людина сформувався приблизно 2,4 млн років тому в Африці. До його ранніх представників належать, наприклад, *Людина вміла* (*Номо habilis*) (мал. 42.4) і *Людина працююча* (*Номо ergaster*) (мал. 42.5). Людина вміла першою почала виготовляти кам'яні знаряддя. Нащадок перших людей — *Людина прямоходяча* (*Номо erectus*)



Мал. 42.2. Австралопітек



Мал. 42.3. Парантроп



Мал. 42.4. Людина вміла (*Homo habilis*)



Мал. 42.5. Людина працююча (*Homo ergaster*)



Мал. 42.6. Людина прямоходяча (*Homo erectus*)



Мал. 42.7. Неандерталка

(мал. 42.6) — уже жив не тільки в Африці, але й в Азії та на півдні Європи.

Гейдельберзька людина (*Homo heidelbergensis*), яка змінила Людину прямоходячу, теж мешкала в Африці, Європі та Азії. А от далі шляхи її різних популяцій розійшлися. Європейські популяції стали предками неандертальців (мал. 42.7), азіатські — денісівців, а африканські еволюціонували до Людини розумної (*Homo sapiens*).

Приблизно 70–80 тис. років тому наші предки вийшли з Африки й поступово заселили всі континенти. Інші види цього роду вимерли. Але наші предки як мінімум кілька разів з ними схрещувалися, і невелика кількість їхніх генів залишилася у нас.

### Вплив природних факторів на еволюцію людини

Природні фактори надзвичайно впливали на еволюцію людини. Ще під час життя в лісі в наших предків удосконалився колірний зір, оскільки завдяки йому легше було знаходити стиглі фрукти. Тому в структурі наших очей зараз є три типи колбочок (сприймають синій, червоний і зелений кольори), а в більшості мавп їх два (сприймають синій і червоний).

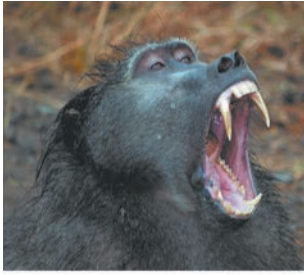
Сам вихід наших предків у савану був вимушеним: через настання зледеніння площі лісів у світі значно зменшилися, бо волога з атмосфери витрачалася на формування льодовиків.

Існування в умовах савани зумовило вдосконалення прямоходіння, втрати волосся на тілі для запобігання перегріванню і закріплення всеїдності.

### Вплив соціальних факторів на еволюцію людини

Але дуже важливими для еволюції людини стали соціальні фактори. Одинокий примат у савані — це жертва. А от група приматів має непогані шанси на виживання. Тому всі примати, які перейшли до життя в савані, живуть тільки у відносно великих групах. Їхня соціальність посилилася.

Але форми соціальності в різних приматів відрізняються. У павіанів згряя — дуже жорстка структура із чіткою ієрархією. А от наші предки такої строгої системи не мали. Відносини в них були більш



Павіан



Шимпанзе



Людина

**Мал. 42.8.** Добре розвинені ікла — ознака більшої агресивності у приматів

мирними, а ієрархія не такою жорсткою. Це добре видно з розвитку їхніх ікол. У всіх приматів з високою агресивністю ікла розвинені дуже добре (мал. 42.8). У людини вони найменші. Основою еволюційного успіху нашого виду явно була не агресія.

Після виходу з території Африки значення соціальних факторів зросло ще більше. Успіх виду визначали вміння передавати досвід, навчати й навчатися, взаємодіяти в складних ситуаціях, розвиток мовлення. Саме вони й дозволили нашому виду вижити.



До виду Людина прямоходяча (*Homo erectus*) відносять залишки, які першовідкривачі назвали *пітекантропом* і *синантропом*. Ці давні люди жили на території Азії.

Традиційно представників *Homo erectus* називають *архантропами*, неандертальців — *палеоантропами*, а ранніх представників нашого виду — *неоантропами*.



Людина є представником ряду Примати. Родина Люди виникла на території Африки приблизно 7 млн років тому. Близько 2,5 млн років тому сформувався рід Людина, представники якого почали виготовляти складні знаряддя праці. На еволюцію людини суттєво впливали як природні, так і соціальні фактори.



# 43 Світоглядні та наукові погляди на походження життя



*Ви розглядали особливості будови й функції органічних речовин живих організмів. Які з них є біополімерами? Які мономери утворюють ці біополімери? Чи можуть клітини обходитися без якихось із цих біополімерів?*

## Теорії виникнення життя на Землі

Існують чотири групи теорій, які пояснюють появу життя на Землі. Це креаціонізм, теорія стаціонарного стану, теорія панспермії та теорія біогенезу (хімічної еволюції). Основним положенням будь-якої **креаціоністичної теорії** є поява життя внаслідок надзвичайної божественної події.

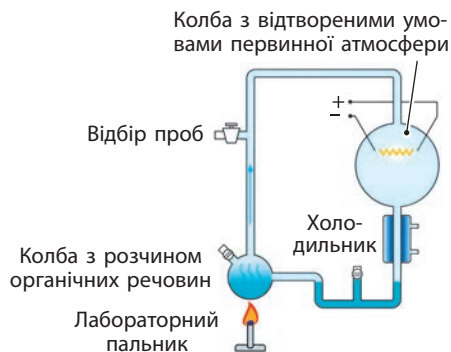
Прихильники **теорії стаціонарного стану** вважають, що Земля є вічною. Вона існувала завжди, і так само завжди на ній існувало життя. Ця теорія допускає вимирання видів, але вважає, що нові види не утворюються. А відсутність решток видів, що існують зараз, в осадових породах давніх епох пояснюється незначною чисельністю цих видів у 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 за допомогою метеоритів чи інших космічних об'єктів або ж штучно.

## Біогенні теорії виникнення життя

Найбільш обґрунтованими в наш час є теорії, які пояснюють виникнення життя шляхом хімічної еволюції з неорганічних речовин, — **теорії абіогенезу**. Однією з найдавніших серед них є теорія Опаріна — Холдейна, висунута ще на початку ХХ століття. У цій гіпотезі основна увага приділялася утворенню білків із простих органічних сполук. І дуже важливу роль відігравали коацервати (коацерватні краплі) — пухирці з ліпідів, які утворюються у воді. А про роль нуклеїнових кислот тоді ще не знали.

Значну роль у розвитку теорій біогенезу відіграв експеримент, який провели американські вчені С. Міллер та Г. Юрі (мал. 43.1). У герметичному скляному приладі вони відтворили умови, які були



Мал. 43.1. Схема експерименту С. Міллера та Г. Юрі

характерні для початкових часів існування планети (атмосфера з метаном, амоніаком і воднем, електричні розряди тощо). І через кілька днів отримали амінокислоти, які виникли шляхом абіогенного синтезу.

### Теорія РНК-світу

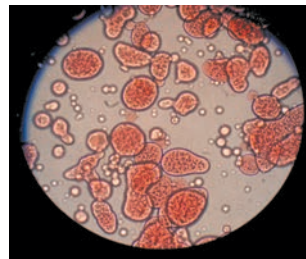
Тривалий час серед прибічників теорій абіогенезу тривала суперечка відносно того, що з'явилося раніше — ДНК чи білок. ДНК зберігає спадкову інформацію, а білки є каталізаторами, без яких обмін речовин неможливий. Лише після відкриття рибозимів (молекул РНК, що працюють як каталізатори реакцій) була сформована теорія РНК-світу.

Згідно з цією теорією, спочатку сформувалася система самовідтворення молекул РНК, які могли бути й носіями спадкової інформації, і каталізаторами. А вже потім ця система утворила симбіоз із біохімічними циклами синтезу білкових молекул, які виникли незалежно і в інших умовах. Це відбулося тому, що білки є кращими каталізаторами, а нуклеїнові кислоти краще зберігають спадкову інформацію. А вже потім до цієї системи долучилася ДНК, яка зберігає спадкову інформацію більш надійно, ніж РНК.

Не обходиться сучасна теорія абіогенезу і без коацерватів (мал. 43.2). Згідно з теорією, саме вони стали основою для формування клітинних мембран.

### Час і місце зародження життя

Більшість теорій абіогенезу вважають найвірогіднішим періодом зародження життя час від 4,1 до 3,7 млрд років тому. Щодо можливого місця,



Мал. 43.2. Коацервати — основа для формування клітинних мембран





**Мал. 43.3.** Гарячі прісні водойми



**Мал. 43.4.** Гідротермальні джерела на дні океану

де зародилося життя, гіпотез існує чимало. Зрозуміло тільки, що життя зароджувалося в розчині. Але в якому? Відкритий океан чи море майже не мають шансів на це: достатньої концентрації необхідних речовин досягти в таких водоймах неможливо. Із запропонованих сучасними теоріями найбільш популярні варіанти такі:

- гарячі прісні водойми (мал. 43.3);
- гідротермальні джерела на дні океану (мал. 43.4);
- поверхня і порожнини кристалів піриту;
- глини.

У цих місцях органічні речовини абіогенного походження могли накопичуватися й утворювати розчини високих концентрацій.

### *Етапи виникнення життя*

Основні етапи виникнення життя в теорії Опаріна — Холдейна й сучасних теоріях відрізняються. У теорії Опаріна — Холдейна вони такі:

- виникнення вуглеводних сполук та їхніх похідних;
- виникнення білків;
- формування білкових тіл усередині коацерватів.

Сучасні теорії, розглядаючи етапи виникнення життя, уже враховують потребу формування нуклеїнових кислот. Тому виділяється більша кількість етапів, хоча деякі з них могли проходити паралельно:

- виникнення вуглеводних сполук та їхніх похідних;
- утворення поліароматичних вуглеводів;
- формування циклів реакцій, які здатні існувати тривалий час

і які ґрунтуються на перетвореннях сполук, утворених нуклеотидами або амінокислотами;

- формування «РНК-світу»;

— використання білків як кращих каталізаторів реакцій у процесах відтворення РНК;

— поява ДНК як форми більш надійного збереження інформації з РНК;

- об'єднання на базі коацерватів біохімічних циклів за участі РНК і білків;
- формування клітинних форм життя.

### Останній універсальний спільний предок

У кінці XX століття вчені дійшли висновку про можливість існування одного спільного предка всіх нині існуючих клітинних організмів. Його запропонували називати останнім універсальним спільним предком (англійською мовою last universal common ancestor, або, скорочено, LUCA).

Така гіпотеза виникла через те, що всі нині існуючі домени організмів (бактерії, архебактерії та еукаріоти) мають цілу низку спільних властивостей. Це зберігання спадкової інформації в молекулах ДНК, наявність клітинної мембрани, синтез білка на рибосомах, існування процесів транскрипції, трансляції та реплікації, схожість основних біохімічних процесів тощо.

Вважають, що такий організм міг жити 3,6–4,1 млрд років тому. Але він точно не був єдиним організмом у ті часи. І до свого виникнення пройшов тривалий шлях еволюції з більш простих структур. До того ж, може бути, що такого організму як окремого виду не існувало. А сучасні живі організми отримали свій генетичний спадок від усієї спільноти давніх організмів, які обмінювалися між собою спадковою інформацією шляхом горизонтального переносу генів.



Найдавніші рештки живих організмів (строматолітів) мають вік 3,7 млрд років.



Існує кілька теорій походження життя на Землі. Найбільш обґрунтованою наразі є теорія абіогенезу, яка вважає, що первісні умови на нашій планеті забезпечили виникнення життя з неорганічних речовин шляхом хімічної еволюції.

## Узагальнюючі завдання до теми «Еволюція органічного світу»

У завданнях 1–12 оберіть одну правильну відповідь.

- 1 Загальна кількість особин на певній території, які належать до однієї популяції, — це:  
а) структура    б) ареал    в) щільність    г) чисельність
- 2 Середня кількість особин на одиницю площі чи об'єму на певній території, які належать до однієї популяції, — це:  
а) структура    б) ареал    в) щільність    г) чисельність
- 3 Коливання чисельності природних популяцій, яке відбувається постійно внаслідок кліматичних, біологічних або інших факторів, — це:  
а) мутації    в) дрейф генів  
б) популяційні хвилі    г) природний добір
- 4 Переміщення особин з однієї популяції в іншу або на нові території — це:  
а) природний добір    в) міграція  
б) ізоляція    г) дрейф генів
- 5 Утворення великого червоного гребінця у самців курей є прикладом добору:  
а) стабілізуючого    в) дизруптивного  
б) статевого    г) рушійного
- 6 Утворення двох видів птахів, які мали спільного предка, на сусідніх островах є прикладом видоутворення:  
а) алопатричного    в) шляхом схрещування  
б) симпатричного    г) шляхом поліплоїдії
- 7 Критерій виду, який характеризує схожість зовнішньої і внутрішньої будови організмів одного виду:  
а) екологічний    в) морфологічний  
б) біохімічний    г) генетичний
- 8 Критерій виду, який характеризує кількість і структуру хромосом виду, його каріотип:  
а) екологічний    в) морфологічний  
б) біохімічний    г) генетичний

**9 Пристосування живих організмів до певних умов середовища існування — це:**

- а) адаптація**                      **в) дивергенція**  
**б) конвергенція**                **г) паралелізм**

**10 7 млн років тому в Африці жили:**

- а) ардіпітеки**                      **в) сахельантропи**  
**б) парантропи**                    **г) неандертальці**

**11 100 тисяч років тому в Європі жили:**

- а) ардіпітеки                      в) сахельантропи  
б) парантропи                      г) неандертальці

**12** Теорія, прихильники якої вважають, що життя було занесене на Землю з космосу:

- а) креаціонізму  
б) панспермії  
в) абіогенезу  
г) стаціонарного стану

**13** Напишіть назви представників родини Люди, які зображені на малюнках:



**a)**

6)

**B)**

Г)

**14** Установіть відповідність між ознаками та умовами життя живих організмів, до яких вони адаптувалися за допомогою цих ознак.

## Ознаки

## УМОВИ ЖИТТЯ

- |   |                          |
|---|--------------------------|
| 1 листки, перетворені на колючки                    | а) піщана пустеля        |
| 2 щільний шкіряний покрив, укритий роговими щитками | з жарким кліматом        |
| 3 широкі листки з отворами на листовій пластинці    | б) тропічний дощовий ліс |
| 4 волога шкіра багата на залози                     |                          |

**15** Порівняйте екологічне й географічне видоутворення.

**16** Поясніть, яку роль відігравали соціальні фактори в еволюції людини.

