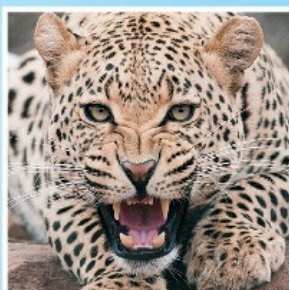
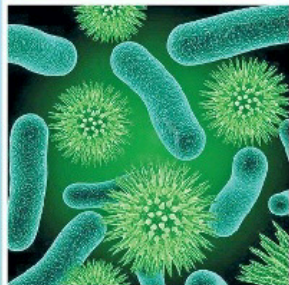
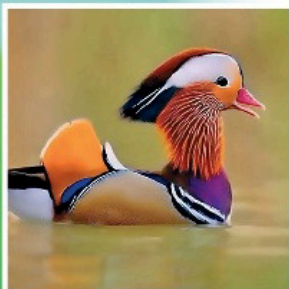
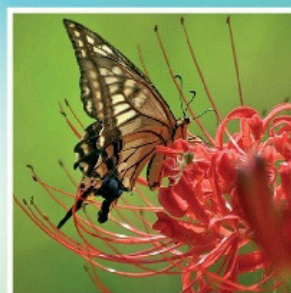
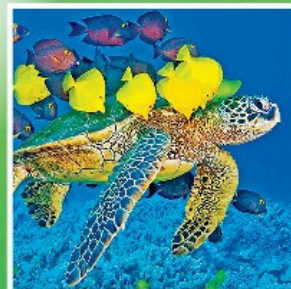


С. В. СТРАШКО,
О. Б. КУЧМЕНКО, І. Ю. СЛІПЧУК

БІОЛОГІЯ

9



ОСНОВНІ ЕТАПИ РОЗВИТКУ ЖИТТЯ НА ЗЕМЛІ ЗА ГЕОЛОГІЧНИМИ ЕРАМИ Й ПЕРІОДАМИ

ЕРИ, МЛН РОКІВ ТОМУ		ПЕРІОДИ, МЛН РОКІВ ТОМУ	ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ЖИВИХ ОРГАНІЗМІВ
КАТАРХЕЙСЬКА 4600			Почалася з утворення Землі, передувала архейській ері. Ознак життя в цей період не виявлено. Через те, що 4 млрд років тому (на початку архею) відбулося розігрівання та розплавлення верхньої мантії Землі, ніяких геологічних літописів цієї ери немає.
		АРХЕЙСЬКА 4000	З охолодженням поверхні Землі й утворенням атмосфери та первинного Світового океану створюються умови для виникнення протобіонтів (протоклітин), від яких походять анаеробні прокаріоти, пізніше фото- й хемосинтезувальні прокаріоти, потім — аеробні прокаріоти. Наприкінці ери формуються еукаріоти — найпростіші, одноклітинні водорості й гриби. Імовірно, що паралельно з розвитком клітинної форми життя відбувалося формування неклітинної — вірусів.
ПРОТЕРОЗОЙСЬКА 2500			Поява багатоклітинних організмів: губок, грибів, водоростей; пізніше з'являються всі типи безхребетних і перші хордові — безчерепні. Завдяки життєдіяльності прокаріотів (бактерій і архей), що мешкали в прибережних зонах затоплення, розпочалися процеси ґрунтоутворення.
		Кембрійський 540	Панування бактерій, архей та одноклітинних. Розвиток рифоутворювальних вимерлих губок, поява й поширення коралових поліпів, трилобітів і морських молюсків. Виникнення перших ґрунтових черв'я і багатоніжок. Багатоклітинні водорості.
ПАЛЕОЗОЙСЬКА 540		Ордовіцький 486	Переважаання бактерій, архей та одноклітинних, а також морських безхребетних. Дуже поширені трилобіти. Розвиток зелених і червоних водоростей. Освоєння прибережних зон мохоподібними. Поява перших судинних рослин на суші.
		Силурійський 445	Бурхливий розвиток коралів, трилобітів. Поява перших безщелепних хребетних — щиткових риб. Починається заселення суші рослинами (псилофіти).
		Девонський 420	Розвиток щиткових, хрящових і кісткових риб, поява кистеперих риб і стегоцефалів. У морях мешкають головоногі молюски (амоніти, белемніти, наутиліди). На суші з'являються павуки, кліщі, комахи, перші наземні хребетні; поширюються вищі спорові рослини.
		Кам'яновугільний 359	Розвиток головоногих молюсків (наутилід та амонітів), хрящових риб, земноводних. Членистоногі та молюски опановують сушу, з'являються крилаті групи комах. Розвиток папоротеподібних, поява насінних папоротей.
		Пермський 299	Поширення плазунів, повністю вимирають трилобіти; зменшується різноманітність земноводних. Зникають ліси кам'яновугільного періоду, поширюються голонасінні. Наприкінці періоду відбувається найбільша катастрофа біосфери в історії Землі, яка призвела до вимирання понад 90 % усіх морських і 70 % наземних видів.
		Тріасовий 251	Розвиток плазунів, поява перших ссавців — яйцекладних. Переважання насінних папоротей. Зникають деревоподібні плауни й папороті, поширюються голонасінні.
МЕЗОЗОЙСЬКА 251		Юрський 201	Плазуни опановують усі екологічні ніші — сушу, воду, повітря, ґрунт. Ссавці ще не займають панівного становища. Розвиток комах, головоногих із зовнішньою раковиною (наутилід, амонітів). Панування насінних папоротей і голонасінних. Поява перших покритонасінних.
		Крейдяний 145	Продовжується розвиток плазунів, наявне велике різноманіття морських безхребетних. З'являються вищі ссавці й птахи. Поширення квіткових рослин і пов'язане з ним збільшення різноманітності комах. Наприкінці періоду починається вимирання великих плазунів.
КАЙНОЗОЙСЬКА 66		Палеогеновий 66	Масове вимирання плазунів і головоногих із зовнішньою раковиною. Бурхливий розвиток ссавців (яйцекладних, сумчастих, плацентарних), птахів і комах. Поява приматів. У морях розвиваються костисті риби і головоногі з редукованою раковиною (восьминоги, каракатиці, кальмари). Збільшення різноманіття квіткових рослин.
		Неогеновий 23	Переважаання ссавців, птахів, комах, кісткових риб, головоногих молюсків з редукованою раковиною. Фауна та флора набувають сучасного вигляду.
		Антропогеновий 2,588	Продовження формування сучасного вигляду флори та фауни. Поява й розвиток виду Homo sapiens.

С. В. Страшко, О. Б. Кучменко, І. Ю. Сліпчук

БІОЛОГІЯ

Підручник для 9 класу
загальноосвітніх навчальних закладів

Рекомендовано Міністерством освіти і науки України

Київ
«Грамота»
2017

*Рекомендовано Міністерством освіти і науки України
(наказ МОН України від 20.03.2017 р. № 417)*

Експерти, які здійснили експертизу цього підручника під час проведення конкурсного відбору проектів підручників для 9 класу загальноосвітніх навчальних закладів і зробили висновок про доцільність надання підручнику грифа «*Рекомендовано Міністерством освіти і науки України*»:

Оноприч М. М., учитель Рівненської загальноосвітньої школи І–ІІІ ступенів № 22, учитель-методист;

Бокоч О. С., завідувач кабінету методики викладання природничо-математичних дисциплін Закарпатського інституту післядипломної педагогічної освіти;

Ямборко Г. В., доцент кафедри мікробіології, вірусології та біотехнології Одеського національного університету імені І. І. Мечникова, кандидат технічних наук, доцент.

Страшко С. В.

С83 Біологія : підруч. для 9 кл. загальноосвіт. навч. закл. / С. В. Страшко, О. Б. Кучменко, І. Ю. Сліпчук, М. Ф. Войцехівський. — К. : Грамота, 2017. — 240 с. : іл.

ISBN 978-966-349-648-1

Підручник відповідає Державному стандарту освіти та новій програмі з біології для загальноосвітніх навчальних закладів, може бути використаний для класів з поглибленим вивченням біології. У підручнику подано інформацію про загальні властивості й діяльність живих організмів на різних рівнях організації живої матерії — від молекулярного до біосферного. Розглянуто сучасні уявлення про виникнення життя на Землі та розкрито причини й закономірності еволюції, що базуються на класичній теорії еволюції та досягненнях сучасної молекулярної біології та генетики. У цікавій і доступній формі подано значення сучасних біологічних досліджень для розвитку біотехнологій як важливої умови сталого розвитку суспільства.

Підручник добре ілюстрований, містить методичний апарат, який забезпечує ґрунтовне засвоєння навчального матеріалу, короткі узагальнення після кожної теми.

Для учнів, учителів, методистів, батьків.

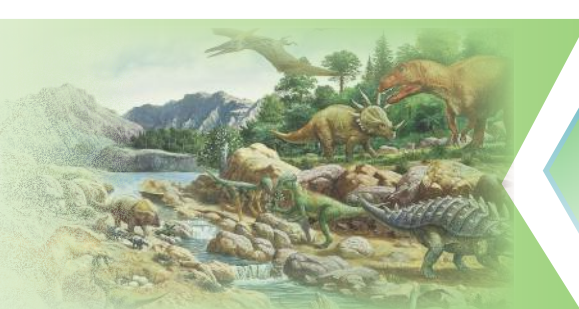
УДК 57(075.3)

© Страшко С. В., Кучменко О. Б., Сліпчук І. Ю.,
Войцехівський М. Ф., 2017

© Видавництво «Грамота», 2017

ISBN 978-966-349-648-1

ТЕМА 6. ЕВОЛЮЦІЯ ОРГАНІЧНОГО СВІТУ



СВІТОГЛЯДНІ ТА НАУКОВІ ПОГЛЯДИ НА ПОХОДЖЕННЯ ТА ІСТОРИЧНИЙ РОЗВИТОК ЖИТТЯ НА ЗЕМЛІ



ОСНОВНІ ПОНЯТТЯ І ТЕРМІНИ: поняття «життя», креаціонізм, спонтанне зародження, панспермія, біохімічна еволюція, коацервати.

Визначення поняття «життя». Погляди на природу життя, його походження і сутність, різноманітність живих істот та їхню структурну й функціональну близькість займають центральне місце в біологічній проблематиці.

Визначення поняття «життя» намагалися дати багато вчених (Арістотель, І. Кант, Ж. Б. Ламарк, Ж. Кюв'є та ін.), але вони були або незрозумілими, або недостатньо узагальненими. Сформульоване ще в XIX ст. німецьким філософом Ф. Енгельсом визначення: *Життя — це спосіб існування білкових тіл, суттєвою особливістю якого є постійний обмін речовин із зовнішньою природою, що їх оточує, причому з припиненням обміну зупиняється й життя, що призводить до розкладання білка — нині є застарілим.* До того ж, той своєрідний обмін речовин, який має пояснити життя, потребує роз'яснення за його ж допомогою.

Нині немає однозначного визначення поняття «життя». Їх існує не менше сотні. Розрізняють два основні підходи до його формулювання:

- через субстрат, що є носієм властивостей живого;
- через сукупність або найзагальніші властивості живого.

Уже своїм особливим хімічним складом (нуклеїнові кислоти й білки) живі організми досить чітко відрізняються від неживого. Проте якщо ми зробимо штучну суміш цих речовин, навіть у співвідношеннях, що відповідатимуть складу живих організмів, то вона не матиме ознак життя. У природі проміжний стан між живим і неживим мають віруси, які так само містять нуклеїнові кислоти й білки. Але ознаки живого віруси проявляють тільки після того, як проникнуть в організм господаря, де здатні розмножуватися, використовуючи цей організм.

Отже, дати всеосяжне визначення життя, беручи до уваги тільки хімічні сполуки, що утворюють живі організми, неможливо.

Часто живі організми порівнюють з машинами. Безумовно, таке порівняння небезпідставне, адже машини виконують різну роботу, витрачаючи при цьому енергію (поживні речовини), виділяючи CO_2 і тепло. Однак жодна, навіть найскладніша та «найрозумніша» машина не може відтворити подібну до себе, тоді як здатність до самовідтворення є невід'ємною властивістю живого.

Зважаючи на цю властивість живого, сформулюємо таке визначення поняття «життя»: *живими називають такі системи, які містять нуклеїнові кислоти й*

білки та здатні самі синтезувати ці речовини. Це визначення непогано характеризує сучасні живі організми Землі, але воно неприйнятне для організмів періоду виникнення життя й, імовірно, для позаземних живих систем, які можуть мати іншу хімічну основу.

Ще одне визначення ґрунтується на *енергетичних законах природи*. Це закон збереження енергії та закон, що описує основну тенденцію в природі — потенціальна енергія системи (наприклад, рівень її впорядкованості) з часом завжди зменшується, а рівень вільної енергії (зокрема, теплової) — збільшується. Інакше кажучи, у неживій природі відбуваються постійні процеси руйнування. Так, скеля з перебігом геологічного часу (тисячі років) стає купою каміння, яке поступово перетворюється на пісок.

Живі організми проявляють зворотну тенденцію — поглинаючи енергію з довкілля, вони синтезують високомолекулярні сполуки, тобто збільшують рівень своєї впорядкованості, і здатні цю впорядкованість підтримувати. Втрата цієї здатності означає смерть. На підставі вищезазначеного *живими* називають такі системи, які здатні самостійно підтримувати й збільшувати свій дуже високий ступінь упорядкованості в середовищі з меншим ступенем упорядкованості.

Мабуть, найкраще відповідає сучасному розвитку біології визначення поняття «життя», яке запропонував біофізик М. Волькенштейн: *живі тіла, що існують на Землі, є відкритими системами, побудованими з біополімерів — білків і нуклеїнових кислот, здатними до саморегуляції та самовідтворення*.

Найімовірніше, і це визначення живого не є остаточним, але на сьогодні воно найбільш узагальнене й може бути застосоване до всіх відомих живих організмів.

Біохімічна гіпотеза (теорія) виникнення життя на Землі. Сучасні уявлення про походження життя на Землі є значною мірою гіпотетичними, проте більшість учених підтримує теорію *біохімічної еволюції*. Серед теорій виникнення життя на Землі основними є чотири:

- *гіпотеза креаціонізму* — життя виникло внаслідок діяння надприродної сили (Бога) у певний історичний час;
- *гіпотеза спонтанного зародження* — життя виникає постійно за наявності певних умов;



Рис. 120. Створення світу Богом

- *гіпотеза панспермії* — життя занесене на нашу планету ззовні;

- *гіпотеза біохімічної еволюції* — життя виникло внаслідок процесів, що підпорядковуються хімічним і фізичним законам.

Креаціонізм (з латин. *творіння*), або *гіпотеза божественного походження життя*, ґрунтується на створенні життя і живих істот Творцем (рис. 120). Згідно з цією гіпотезою організми, які нині населяють Землю, походять від створених окремо основних типів живих істот. Вони із самого початку були чудово організовані й наділені здатністю до деякої мінливості в певних межах. Ця гіпотеза приймає життя таким, як воно є, і не робить спроб пояснити його виникнення законами природи.

Традиційні уявлення про божественне створення світу викладені в Книзі Буття. У 1650 р. ірландський архієпископ Ашер вирахував, що Бог створив світ у жовтні 4004 р. до н. е. і закінчив цей акт творення о 9-й ранку 23 жовтня створенням першої людини. Цю дату архієпископ отримав, додавши вік усіх людей, які записані в біблійній генеалогії від Адама до Христа. З погляду арифметики це начебто правильно, а з погляду археології — ні, адже в зазначений історичний період на Близькому Сході вже існувала добре розвинена цивілізація.

Гіпотеза панспермії (з грецьк. *уєсь, усякий і сім'я*) — гіпотеза про появу життя на Землі внаслідок перенесення з інших планет якихось зародків життя. Одним із перших ідею про космічне (неземне) походження життя висловив німецький учений Г. Ріхтер у 1865 р. На його думку, життя на Землі не виникло з неорганічних речовин, а було занесене з інших планет.

Згідно з уявленнями вчених-фізиків Дж. Томсона та Г. Гельмгольца, спори бактерій та інших організмів могли бути занесені на Землю з метеоритами (рис. 121). Лабораторні дослідження підтверджують їх високу стійкість проти дії несприятливих факторів, зокрема до низьких температур. Наприклад, спори й насіння рослин не гинули навіть за тривалого витримування в рідкому кисні або азоті.

Періодично публікуються дані вивчення метеоритів і комет, у яких начебто виявлені примітивні форми життя (рис. 122). Однак наукова достовірність таких повідомлень є низькою, адже через сучасний стан науки неможливо підтвердити або спростувати факт існування позаземного життя.

Водночас теорія панспермії не дає відповіді, як виникло життя на інших космічних об'єктах.

Гіпотеза спонтанного зародження (самозародження) життя була поширена в стародавніх Китаї, Вавилоні, Єгипті як альтернатива креаціонізму. Її прихильниками були видатні філософи того часу — Фалес, Арістотель та інші, які вважали, що живі організми виникають із бруду, води, мулу, ґрунту, гною тощо.

Навіть у XVII ст. вірили в самозародження черв'я, риб, жаб і мишей із роси, мулу, бруду. Однак італійський учений **Ф. Реді** (1626–1697) у 1668 р. дослідив, що личинки мух у гнильному м'ясі з'являються тільки з яєць, відкладених мухами (рис. 123, с. 134).

Вирішальними для спростування гіпотези спонтанного самозародження життя виявилися експерименти французького біо-

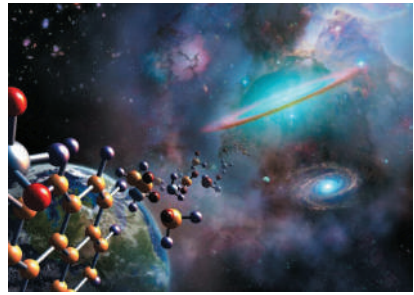


Рис. 121. Ілюстрація гіпотези занесення спор бактерій на Землю з метеоритом

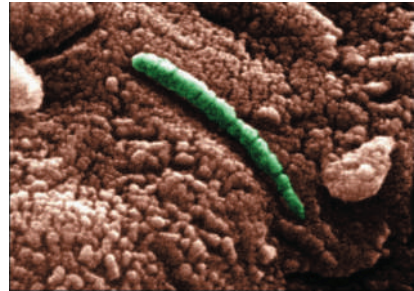


Рис. 122. Загадкові витягнуті структури, виявлені на поверхні метеорита ALH84001 під великим збільшенням (фотографії NASA)



Франческо Реді

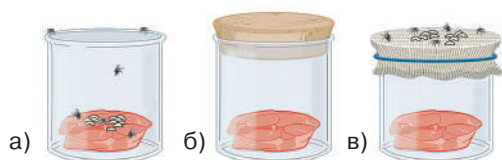


Рис. 123. Дослід Ф. Реді: а) у відкритій склянці мухи відкладають яйця, з яких утворюються їхні личинки в гнильному м'ясі; б) закрита марлею склянка з гнилим м'ясом; в) мухи не можуть відкласти яйця, тому в м'ясі немає личинок

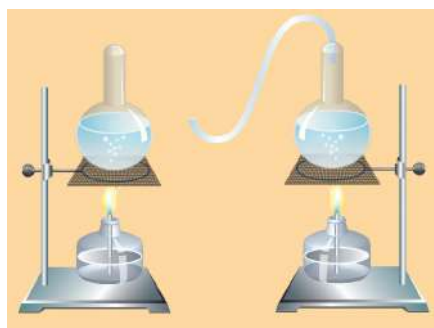
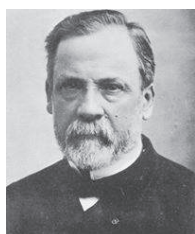


Рис. 124. Дослід Л. Пастера



Луї Пастер



Олександр
Опарін

лога й хіміка **Л. Пастера** (1822–1895). Він помістив живильний розчин (бульйон) у колби, шийки яких було S-подібно зігнуто, але не запечатано. Після нагрівання бульйону до температури 60–70 °С він довгий час не псувався: хоча повітря в колби проникло, але мікроорганізми осідали на згині шийки й не могли потрапити в розчин, аж поки шийки колб не відламали (рис. 124). Цей метод зберігання харчових продуктів у подальшому дістав назву **пастеризація** на честь ученого, який його відкрив.

Гіпотеза біохімічної еволюції пояснює появу життя процесами, які підлягають законам хімії та фізики. Нині вважається, що геологічний вік Землі становить приблизно 4,5–5 млрд років. Спочатку наша планета являла собою розпечену кулю з температурою 4000–8000 °С. Приблизно через 1 млрд років температура на її поверхні стала нижчою за 100 °С і вода з пароподібного стану перейшла в рідкий, унаслідок чого утворився Світовий океан. Відсутність в атмосфері молекулярного кисню, високий рівень сонячної радіації, постійні електричні процеси в атмосфері спричинили утворення перших органічних речовин, які створили належні передумови появи живої матерії.

На думку радянського біохіміка **О. Опаріна** (1894–1980), вирішальне значення в цьому процесі мали молекули білків, які, завдяки своїм властивостям (амфотерності), були здатні утворювати **колоїдні гідрофільні комплекси**, тобто могли притягувати молекули води й створювати навколо себе оболонку. Такі комплекси були здатні відокремлюватися від усієї маси води та зливатися один з одним, утворюючи **коацервати** (з латин. *згусток*) (рис. 125).

Коацервати мали здатність поглинати речовини з довкілля, взаємодіяти один з одним, збільшуватися в розмірах. На межі коацерватів і зовнішнього середовища шикувалися молекули ліпідів, що спричинило утворення примітивної клітинної мембрани, яка забезпечувала коацерватам стабільність.

Унаслідок залучення до свого складу нуклеїнової кислоти, а також завдяки внутрішній перебудові, яка зумовила появу ферментів, із покритого ліпідною оболонкою коацервату могла виникнути примітивна клітина, що мала властивості живого. Самовідтворення коацерватів О. Опарін пояснив поділом особливо великих

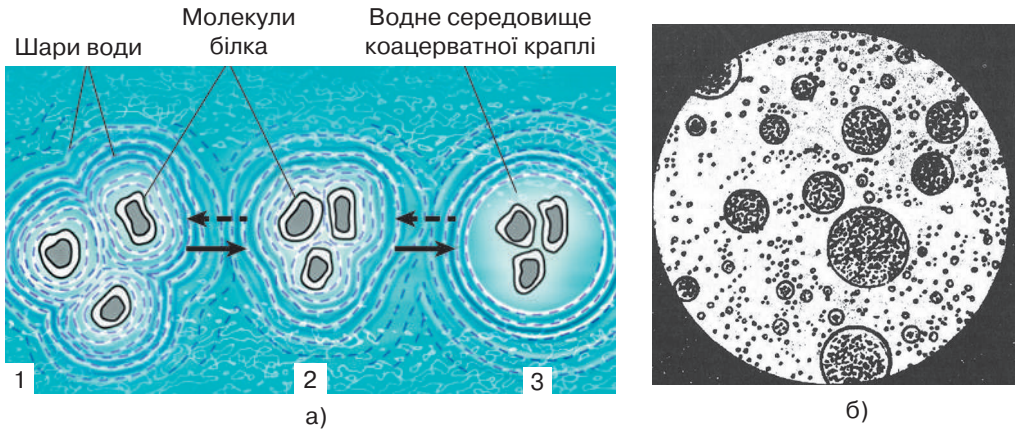


Рис. 125. Коацервати: а) утворення в процесі злиття колоїдів: 1 — молекули білка в розчині; 2 — зближення молекул білка з втратою води; 3 — утворення коацерватної краплі; б) фотографія коацерватів під світловим мікроскопом

крапель на подібні дрібніші краплі. Подальший розвиток процесу мав привести до виникнення найпростіших форм гетеротрофних організмів (рис. 126).

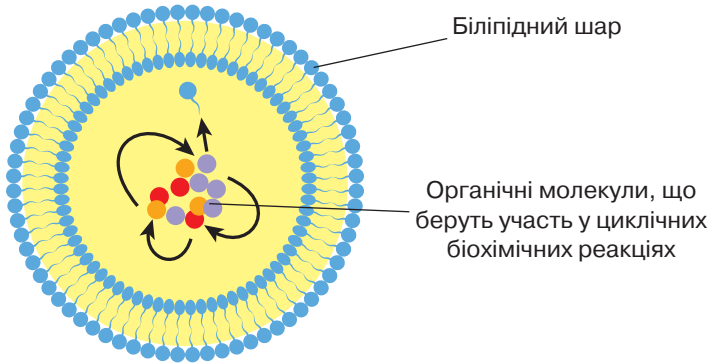


Рис. 126. Гіпотетична «першоклітина»

У 1929 р. аналогічні висновки зробив англійський біолог Дж. Холдейн, тому ця гіпотеза дістала назву **гіпотеза Опаріна–Холдейна**.

Отже, основні положення гіпотези біохімічної еволюції підлягають послідовності таких подій: виникнення органічних сполук, утворення складних біополімерів, поява перших живих організмів.

Хоча нині твердження цієї гіпотези поділяють дуже багато вчених, вона не може бути визнана незаперечно доведеною.



Думаємо, розуміємо, відповідаємо. 1. Що таке життя? 2. Оцініть визначення поняття «життя», яке запропонував у XIX ст. Ф. Енгельс. 3. Оцініть визначення поняття «життя» на основі такої властивості живого, як самовідтворення. 4. Охарактеризуйте визначення поняття «життя» на основі енергетичних законів природи. 5. Як вирішують проблеми походження життя природничі науки? 6. У чому полягає суть гіпотези панспермії? 7. Проаналізуйте суть біохімічної гіпотези Опаріна–Холдейна.



Самостійна робота з підручником. Запишіть у зошит визначення термінів: «біоімічна еволюція», «панспермія».



Домашнє завдання. Чому гіпотезу божественного походження життя на Землі не можна ні підтвердити, ні спростувати?



Запитання для допитливих. **1.** Чи є докази, які спростовують гіпотезу самозародження (досліди, виконані Ф. Реді та Л. Спалланцані)? **2.** На яке запитання не дає відповіді гіпотеза панспермії?



Це цікаво знати. Учені вважають, що сучасні види становлять лише незначну частину від усіх організмів, які коли-небудь існували на Землі. Понад 99 % усього розмаїття видів, створених природою за всю історію життя на нашій планеті, уже вимерли.



РОЗВИТОК ЕВОЛЮЦІЙНИХ ПОГЛЯДІВ. РОЛЬ ПАЛЕОНТОЛОГІЇ, МОЛЕКУЛЯРНОЇ ГЕНЕТИКИ В ОБҐРУНТУВАННІ ТЕОРІЇ ЕВОЛЮЦІЇ



ОСНОВНІ ПОНЯТТЯ І ТЕРМІНИ: еволюція, ламаркізм, палеонтологія, перехідні форми, філогенетичні ряди, ембріологія, онтогенез, філогенез.

Поняття про еволюцію. З виникненням найпростіших форм гетеротрофних організмів розпочався процес біологічної еволюції, який спричинив усе різноманіття живого, що існує нині на Землі.

Еволюція (з латин. *розгортання*) — це природний процес необоротних змін у будові та функціях живих організмів протягом їхнього історичного розвитку. Еволюція супроводжується зміною генетичного складу популяцій, формуванням адаптацій, видоутворенням і вимиранням видів, перетворенням екосистем і біосфери в цілому. Її наслідком є пристосованість організмів до умов існування.

Загальні закономірності, фактори, механізми та наслідки еволюції живої матерії вивчає розділ біології — **еволюційне вчення**.

Зародження й розвиток еволюційних поглядів. Ідею про еволюцію живих організмів висловлювали ще давньогрецькі (Геракліт, Демокріт, Гіппократ) та інші мислителі. Завдяки працям Арістотеля та його учнів виникли зачатки порівняльної анатомії та ембріології, учення про відповідність організмів, ідея градації. На особливу увагу заслуговує розробка загальних принципів класифікації, яку Арістотель застосував до тварин, а його учень Теофраст — до рослин.



Карл Лінней

Протягом наступних віків у природознавстві панували погляди на природу, коли явища й тіла природи розглядалися як такі, що існують вічно, незмінно й ізольовано одне від одного. Ці погляди були тісно пов'язані з *креаціонізмом*, згідно з яким різноманіття органічного світу є результатом божественного творіння. Зокрема, відомий шведський природознавець **К. Лінней** (1707–

1778) дотримувався поглядів, що види живої природи реальні й незмінні з часу своєї появи та що їх існує стільки, скільки було за «створення світу».

Наприкінці XVIII ст. у біології був нагромаджений величезний описовий матеріал, спираючись на який учені-біологи зробили такі висновки: 1) навіть не схожі ззовні види мають певні ознаки подібності у внутрішній будові; 2) сучасні види відрізняються від тих, що давно жили на Землі; 3) зовнішній вигляд, будова та продуктивність сільськогосподарських рослин і тварин можуть істотно змінюватися залежно від умов їх вирощування чи утримання.

Сумніви щодо незмінності видів зумовили виникнення системи поглядів про змінюваність видів і перетворення різних форм рослин і тварин під впливом природних чинників. Ці ідеї були відображені в працях французького біолога **Ж. Б. Ламарка** (1744–1829) — творця першого еволюційного вчення, яке дістало назву **ламаркізм**. Свої погляди на історичний розвиток органічного світу він виклав у книжці «Філософія зоології» (1809). Учений уважав, що еволюція — це процес надбання організмом корисних ознак, які успадковуються нащадками. Види змінюються, але дуже повільно, тому непомітно. Еволюція має прогресивний характер, тобто розвиток відбувається від простого до складного. Будь-яка мінливість є спадковою й зумовлена впливом зовнішнього середовища. Рушійна сила еволюції — внутрішнє прагнення до досконалості. Підвищення організації живих істот від нижнього ступеня до вищого в процесі еволюції вчений назвав *градацією* (рис. 127).



Жан Батист Ламарк

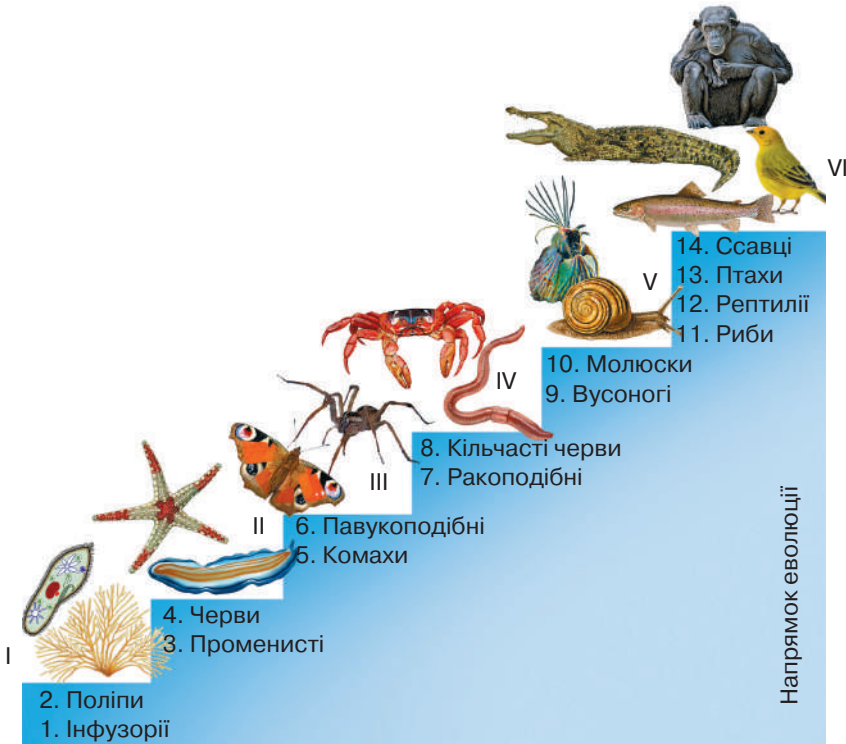


Рис. 127. Градації Ламарка

Передумови виникнення вчення Ч. Дарвіна. У першій половині XIX ст. у науці були зроблені важливі відкриття й зібраний науковий матеріал з геології, палеонтології, географії, зоології, ботаніки, що підготувало ґрунт до створення Ч. Дарвіном еволюційного вчення. Ці факти й відкриття в різних галузях природознавства суперечили теорії божественного походження та незмінності існування природи. Передумови для виникнення нової еволюційної теорії формувалися не тільки в науковому середовищі. У тогочасній Англії спостерігався високий рівень розвитку сільського господарства. За короткий період там були створені нові породи овець, свиней, виведені високоврожайні сорти культурних рослин; розроблені методи селекції, завдяки яким стало можливим максимально швидко змінювати в потрібному напрямі породи тварин і сорти рослин.

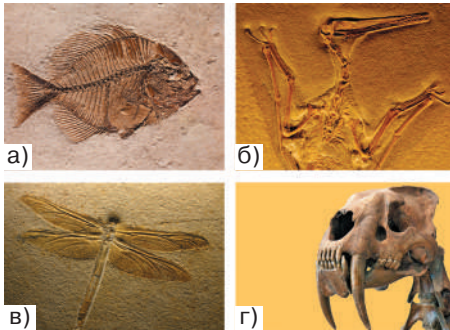


Рис. 128. Палеонтологічні докази еволюції: а) костиста риба; б) птерозавр; в) викопна бабка; г) саблезубий тигр

Палеонтологічні докази еволюції. **Палеонтологія** (з грецьк. *давній*) — це наука, що вивчає викопні рештки вимерлих видів і порівнює їх, тобто встановлює подібність і відмінність, із сучасними організмами. Палеонтологічні дані дають змогу дізнатися про рослинний і тваринний світ минулого, відтворити зовнішній вигляд вимерлих організмів, виявити зв'язок між найдавнішими й сучасними представниками флори та фауни (рис. 128).

За допомогою порівняльного аналізу викопних решток вимерлих видів учені встановили перехідні форми та філогенетичні ряди, які підтверджують наявність еволюційного процесу.

Перехідні форми — це організми, що поєднують ознаки будови еволюційно більш давніх і більш пізніх груп. Прикладами перехідних форм є викопний першоптах юрського періоду археоптерикс (рис. 129) — сполучна ланка між рептиліями та птахами; кистепері риби (рис. 130, 131), що зв'язують риб і земноводних, які першими вийшли з водойм на суходіл; насінні папороті, що є перехідною формою між Папоротеподібними й Голонасінними.



Рис. 129. Археоптерикс: реконструкція першоптаха (а) за його відбитком на камені (б)



Рис. 130. Латимерія — сучасний родич вимерлих кистеперих риб (реліктовий вид)



Рис. 131. Реконструкція кистеперої риби за скам'янілими відбитками

Філогенетичні ряди — це ряди споріднених викопних форм, що демонструють хід **філогенезу** (*історичного розвитку організмів*) і зміну умов довкілля. Російському палеонтологу В. Ковалевському вдалося побудувати філогенетичний ряд коней. На *рисунку 132* зображено послідовну зміну кількості пальців на кінцівках і розмірів тварин. Ці мутації були спричинені зміною способу життя коней, які перейшли на харчування тільки рослинною їжею, у пошуках якої вони пересувалися на великі відстані. Учені вважають, що такі еволюційні перетворення відбувалися протягом 60–70 млн років. Подібні філогенетичні ряди були складені для багатьох груп тварин.

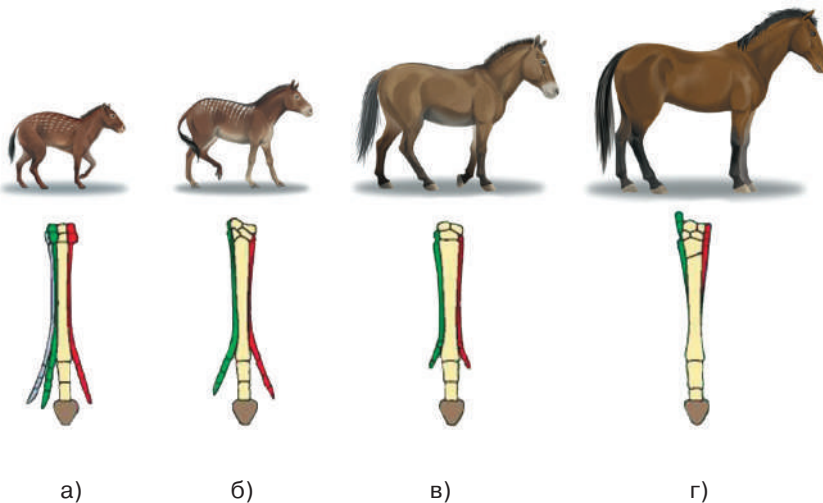


Рис. 132. Еволюція коня: а) еогіпус; б) міогіпус; в) гіпаріон; г) сучасний кінь

Ембріологічні докази еволюції. Переконливі докази ступеня спорідненості між організмами надає **ембріологія** — наука, що вивчає зародковий розвиток організмів. Ще Ч. Дарвін звертав увагу на наявність взаємозв'язків між індивідуальним розвитком організму та його еволюційним розвитком. Ці зв'язки також знайшли відображення в *законі зародкової подібності*, сформульованому К. Бером, і *біогенетичному законі* німецьких біологів Ф. Мюллера й Е. Геккеля.

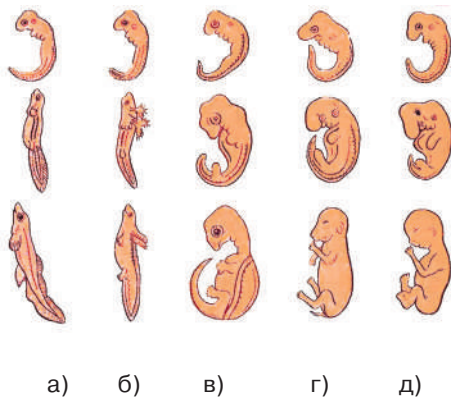


Рис. 133. Стадії розвитку ембріонів у різних груп хребетних тварин: а) риби; б) саламандри; в) черепахи; г) щура; д) людини

Закон Бера встановлює подібність ранніх стадій розвитку ембріонів у представників різних класів у межах типу (рис. 133). На пізніх стадіях ембріонального розвитку ця подібність втрачається, а розвиваються найбільш спеціалізовані ознаки таксона, аж до індивідуальних ознак особини. Наочним прикладом зародкової подібності є закладка зябрових щілин у всіх хребетних тварин, зокрема й наземних.

Біогенетичний закон Геккеля–Мюллера стверджує, що кожна особина в індивідуальному розвитку (*онтогенезі*) повторює історію розвитку свого виду (*філогенез*), тобто **онтогенез** — це коротке й стисле повторення філогенезу окремого виду (рис. 133).

Інші докази еволюції. З курсів біології 6–8 класів вам відомо, що для організмів здебільшого характерна клітинна будова. Принцип розподілу клітин однаковий у всіх еукаріотів. Хребетні тварини мають спільний план будови. Здійснення генетичного кодування, біосинтезу білків і нуклеїнових кислот відбувається за єдиним механізмом, властивим для всього живого на Землі. Отже, усі ці факти незаперечно свідчать про єдиний план будови та спільність походження всіх організмів.



Думаємо, розуміємо, відповідаємо. 1. Охарактеризуйте основні погляди та помилки К. Ліннея, визначте роль його праць у розвитку біології. 2. Які передумови виникнення дарвінізму вам відомі? 3. Назвіть автора першої еволюційної теорії. 4. Охарактеризуйте правильні й помилкові положення теорії еволюції Ж. Б. Ламарка. 5. Назвіть докази, що свідчать про еволюцію органічного світу. 6. На яких дослідженнях засновані палеонтологічні докази еволюції? 7. Яке значення в доказах еволюції має встановлення перехідних форм? Наведіть приклади перехідних форм, які слугують доказами еволюції. 8. Про що свідчить подібність будови зародків тварин на ранніх стадіях розвитку?



Самостійна робота з підручником. Запишіть у зошиті визначення термінів і понять: «еволюція», «палеонтологія», «перехідні форми», «філогенетичні ряди», «ембріологія», «онтогенез», «філогенез».



Домашнє завдання. 1. У чому полягає сутність біогенетичного закону? 2. Наведіть докази прояву біогенетичного закону на прикладі рослин.



Запитання для допитливих. Зі спори моху зозулин льон розвивається нитка (протонема), подібна до нитчастої водорості. Який закон відображає це явище?

§ 42

ТЕОРІЯ Ч. ДАРВІНА. ВИД. ПОПУЛЯЦІЇ ЖИВИХ ОРГАНІЗМІВ ТА ЇХ ОСНОВНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ



ОСНОВНІ ПОНЯТТЯ І ТЕРМІНИ: спадковість, мінливість, вид, критерії виду, популяція, середовище існування, структура популяції, гомеостаз популяції.

Основні положення еволюційної теорії Ч. Дарвіна. Поштовхом до створення еволюційної теорії англійським натуралістом **Ч. Дарвіном** (1809–1882) стали спостереження, проведені під час п'ятирічної навколосвітньої подорожі (1831–1836) на кораблі «Бігль». Упродовж подорожі він зібрав багатий науковий матеріал, що став основою його головної праці «Походження видів шляхом природного добору», яка вийшла друком у 1859 р. (рис. 134).



Чарльз Дарвін

У цій книжці Ч. Дарвін уперше поставив у центрі уваги еволюційного вчення не окремі особини, а *види й внутрішньовидові угруповання (популяції)*. Еволюція, за Ч. Дарвіном, полягає в безперервних пристосувальних змінах видів. Ці зміни він пояснював не втручанням надприродних сил, а дією законів природи. Основними факторами еволюції Ч. Дарвін називав *спадкову мінливість організмів, боротьбу за існування та природний добір*.

Теорія Ч. Дарвіна містить такі положення.

1. Усі організми за сприятливих умов можуть *необмежено розмножуватися*, тобто давати нащадків більше, ніж потрібно для зміни поколінь.
2. Суперечності між надмірним розмноженням та обмеженістю ресурсів середовища існування спричиняють *боротьбу за існування*.
3. Вживають найбільш пристосовані організми, здатні залишити численних нащадків, тож боротьба за існування зумовлює *природний добір*.
4. Усім організмам властива *спадковість*, тобто властивість організмів зберігати та передавати ознаки й особливості онтогенезу з покоління в покоління, і *мінливість* — здатність живих організмів набувати нових ознак у процесі онтогенезу під впливом факторів зовнішнього середовища.

Якщо наслідки природного добору успадковуються наступними поколіннями, це обов'язково сприятиме *еволюції* популяції. Еволюція має адаптивний характер, тобто відбираються особини, що найкраще пристосовані до умов існування.

Вид. Основною структурною і еволюційною одиницею живих організмів є вид. **Вид** — це сукупність особин, які мають спільні морфологічні й фізіологічні ознаки, мешкають на певній території, здатні схрещуватися й дають плідне потомство.

Види відрізняються між собою певними ознаками і властивостями. Кожний вид живих організмів можна описати, беручи за основу сукупності характерних рис будови й функціонування, які називають *ознаками*. Ознаки, за допомогою яких один вид можна відрізнити від іншого, називають **критеріями виду**. Основними критеріями є:

- *морфологічний* — вказує на подібність або відмінність зовнішньої і внутрішньої будови (морфології та анатомії);



Рис. 134. Обкладинка книжки Ч. Дарвіна

- **генетичний** — характеризує набір хромосом (їхню кількість, розміри, форму). Цей критерій не є універсальним, оскільки у багатьох різних видів кількість хромосом є однаковою і вони мають подібну форму;

- **фізіологічний** — визначає подібність усіх процесів життєдіяльності, передусім розмноження;

- **біохімічний** — визначає подібність білків та інших органічних речовин, що зумовлено особливостями ДНК;

- **географічний** — указує на певний ареал проживання, який займає вид;

- **екологічний** — характеризує сукупність факторів зовнішнього середовища, за яких існує вид.

Тільки за сукупністю критеріїв можна встановити належність організму до того чи того виду.

Кожен вид на Землі займає певну територію (*ареал*), бо здатний жити лише в певних умовах середовища. Однак умови існування в межах ареалу одного виду можуть істотно відрізнятися, що спричиняє розпад виду на популяції.

Існування видів у формі популяції. **Популяція** (з латин. *народ, населення*) — сукупність особин одного виду, які тривалий час мешкають у певній частині ареалу частково або повністю ізольовано від інших подібних угруповань цього самого виду (рис. 135).

На відміну від виду *популяція* є *генетично відкритою системою*, оскільки особини різних популяцій можуть схрещуватися між собою та давати плідних нащадків.

У межах одного виду можна нарахувати різну кількість популяцій: від однієї до кількох тисяч. Це пов'язано з нерівномірністю розміщення на території, яку займає вид, і різноманітністю природних умов в ареалі. Утворення різних популяцій дає можливість виду ефективніше використовувати умови середовища та його ресурси на території існування.

Популяція має певні характеристики. **Щільність** — це кількість особин, а **біомаса** — маса особин популяції, що припадає на одиницю площі або об'єму. **Чисельність** — загальна кількість особин, які належать до однієї популяції й мешкають на певній території чи в певному об'ємі (води, ґрунту, повітря). Динаміка чисельності й щільності популяції визначається трьома процесами: *народжуваністю, смертністю, міграцією особин*.

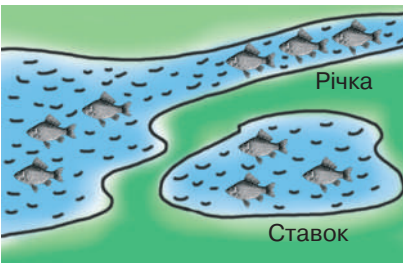


Рис. 135. Популяція карасів



Рис. 136. Популяція тлі на листках рослини

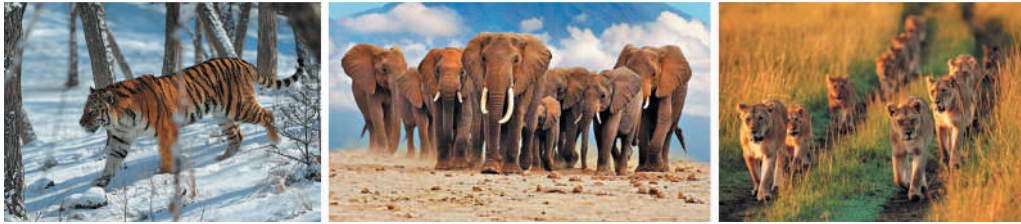
Чисельність — загальна кількість особин, які належать до однієї популяції й мешкають на певній території чи в певному об'ємі (води, ґрунту, повітря). Динаміка чисельності й щільності популяції визначається трьома процесами: *народжуваністю, смертністю, міграцією особин*.

Популяції властива певна **структура** — власна організація популяції, яку відображають: *розподіл особин на території та співвідношення груп за статтю, віком, морфологічними, фізіологічними й поведінковими особливостями*. Структура популяції має пристосувальне значення, бо є наслідком взаємодії особин з умовами середовища існування (рис. 136). Вона динамічна, тобто змінюється відповідно до змін умов довкілля.

Приклади організації і структури різних популяцій показано на *рисунках 137–139*.



а) б) в)
Рис. 137. Популяції видів: а) осілих; б) кочових; в) мігруючих



а) б) в)
Рис. 138. Спосіб життя тварин: а) поодинокий; б), в) груповий

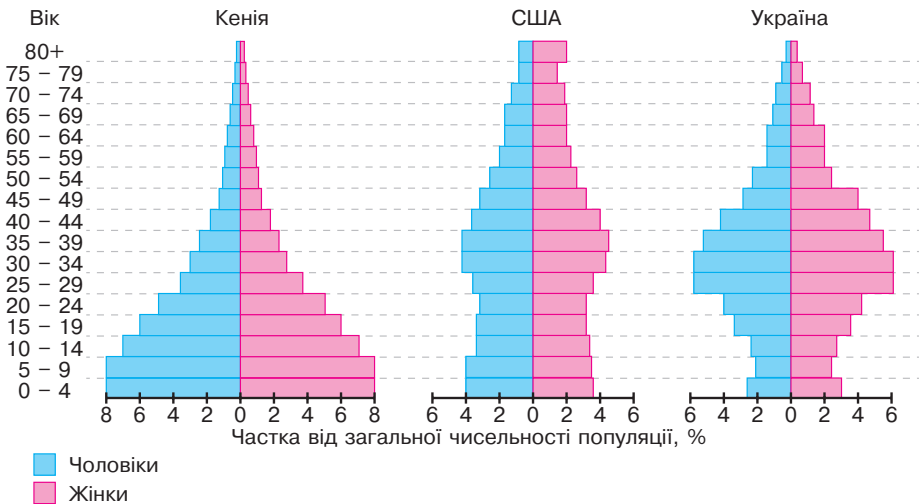


Рис. 139. Вікова та статевая структура населення трьох країн із різними умовами життя

Поняття про гомеостаз популяцій. Популяціям притаманні різноманітні механізми, які допомагають уникнути необмеженого росту чисельності особин, а отже, і перенаселення та виснаження ресурсів середовища існування. Підтримання чисельності популяції на певному рівні, оптимальному для окремого середовища, називають **гомеостазом популяції**. На гомеостаз популяцій впливають фактори неживої природи, а також міжвидові й внутрішньовидові взаємодії. Дуже вагомим фактором, що впливає на гомеостаз популяцій сучасних видів, є діяльність людини.



Думаємо, розуміємо, відповідаємо. 1. Які наукові передумови формування еволюційних поглядів Ч. Дарвіна? **2.** Які факти, зібрані Ч. Дарвіном, похитнули його віру в незмінність видів? **3.** Назвіть основні положення теорії еволюції Ч. Дарвіна. **4.** Що

таке *вид*? **5.** Охарактеризуйте основні критерії виду. **6.** Що таке *популяція*? **7.** Які характеристики властиві популяції?



Самостійна робота з підручником. **1.** Запишіть у зошиті визначення термінів і понять: «вид», «популяція», «гомеостаз популяції». **2.** Проаналізуйте, використовуючи рисунок 139, з чим пов'язана різна вікова структура населення.



Домашнє завдання. **1.** Підготуйте доповідь про основні етапи життєдіяльності англійського натураліста Ч. Дарвіна. **2.** У чому полягає відмінність між поняттями «популяція» і «вид»? **3.** Доведіть, що вікова й статеві структури популяції безпосередньо впливають на зміну її чисельності, скориставшись рисунком 139.



Запитання для допитливих. Як можна встановити видову самостійність бактерій кишкової палички й чуми, якщо за будовою вони не відрізняються?



Це цікаво знати. Усі 1250 екземплярів праці Ч. Дарвіна «Походження видів шляхом природного добору» були продані в той самий день, як надійшли в продаж. Уважається, що за своїм впливом на людське мислення вона поступається тільки Біблії.

§ 43

СИНТЕТИЧНА ТЕОРІЯ ЕВОЛЮЦІЇ. ЕВОЛЮЦІЙНІ ФАКТОРИ. МЕХАНІЗМИ ВИДОУТВОРЕННЯ



ОСНОВНІ ПОНЯТТЯ І ТЕРМІНИ: фактори еволюції, мутаційний процес, популяційні хвилі, ізоляція, природний добір, боротьба за існування, видоутворення, мікроеволюція, географічне й екологічне видоутворення, синтетична теорія еволюції.



Олександр
Северцов



Іван
Шмальгаузен

Синтетична теорія еволюції. На початку 1940-х років сформувалася **синтетична теорія еволюції** — комплекс уявлень про еволюційний процес, у якому положення класичного дарвінізму поєдналися з досягненнями генетики й уявленнями про популяцію як елементарну одиницю еволюції. Теорія склалася в 1920–1950 рр. завдяки працям багатьох учених, зокрема київських професорів **О. Северцова** (1866–1936) та **І. Шмальгаузена** (1884–1963).

Елементарні фактори (причини) еволюції. **Фактори еволюції** — це рушійна сила, що спричиняє та закріплює зміни в популяціях як елементарних одиницях еволюції.

Згідно із сучасними уявленнями, на кожному рівні організації живої матерії діють особливі фактори еволюції, а їхній спільний вплив зумовлює пристосування організмів і популяцій до умов довкілля.

Учені вважають, що основними елементарними факторами еволюції є *мутаційний процес*, *популяційні хвилі*, *різні види ізоляції* та *природний добір*.

Мутаційний процес. Основним фактором еволюції є **мутаційний процес**, який має *випадковий* і *неспрямований* характер.

Завдяки йому з'являються нові алелі та їхні комбінації, які змінюють ознаки організму (фенотип). Нові ознаки можуть або зберігатися в популяції, або зникати з неї. З погляду еволюції мутації разом з комбінаціями алелів при утворенні та злитті гамет забезпечують достатню генетичну різноманітність і уможливають пристосування видів до умов довкілля. Пристосування здійснюється не шляхом відбору якоїсь однієї ознаки — *відбирається цілий генотип*, тобто вся сукупність ознак, що визначає норму реакції організму.



Сергій
Четвериков

Популяційні хвилі. Розміри будь-якої популяції, навіть за сталих умов існування, можуть змінюватися під впливом різноманітних факторів. Так, після збільшення кількості особин у популяції завжди відбувається її зменшення. У 1905 р. російський біолог-генетик **С. Четвериков** (1880–1959) назвав цю закономірність *популяційними хвилями* (рис. 140).

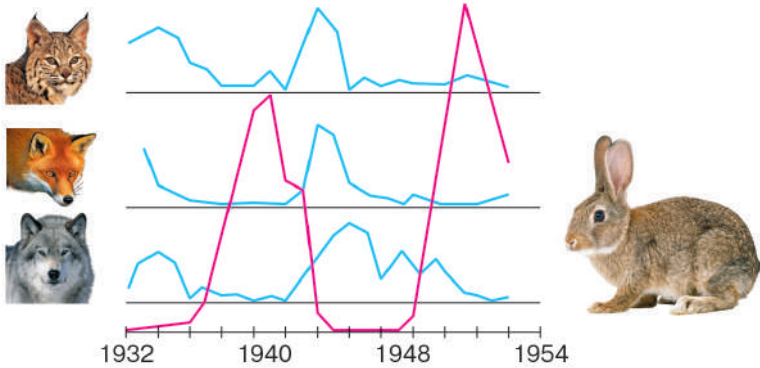


Рис. 140. Популяційні хвилі на прикладі популяцій жертви (заєць) і хижаків (рись, лисиця, вовк)

Ізоляція. Мутаційний процес, комбінативна мінливість, популяційні хвилі не можуть забезпечити еволюцію, тому що *кожна популяція є генетично відкритою системою*, адже між популяціями одного виду завжди існує обмін генетичною інформацією. Для прояву еволюційного процесу необхідна наявність факторів, які тривало та спрямовано діятимуть на популяцію. Таким фактором, крім природного добору, є **ізоляція** (з фр. *роз'єднання*) — відокремлення когось чи чогось, позбавлення зв'язку з навколишнім середовищем.

Залежно від природи перешкод розрізняють дві форми ізоляцій — *географічну* та *біологічну*.

Географічна ізоляція — ізоляція, коли перешкодами є водні бар'єри для сухопутних і суходіл для водних організмів, гори для долинних і долини для гірських видів тощо. Унаслідок ізоляції між ними тимчасово припиняється обмін генами (*генетична ізоляція*). Виникнення генетичних відмінностей поступово призводить до нездатності особин із роз'єднаних популяцій схрещуватися між собою, що в подальшому стає причиною утворення нових видів, тобто **географічного видоутворення** (рис. 141, с. 146). Зауважимо, що утворення нового виду за географічної ізоляції відбувається дуже повільно (мільйони років). Наприклад, річка Дніпро є бар'єром для двох видів ховрахів: на правому березі мешкає краплистий, а на лівому — сірий (рис. 142, с. 146).

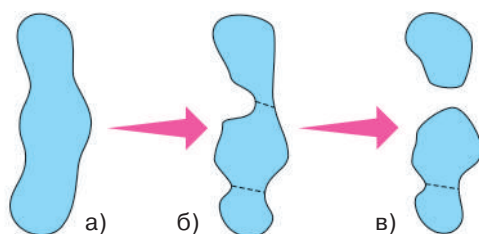


Рис. 141. Стадії географічного видоутворення: а) єдиний ареал виду; б), в) виникнення ізоляції внаслідок розриву ареалу



Рис. 142. Приклад географічної ізоляції — ховрахи: а) крапистий; б) сірий

Біологічна ізоляція — ізоляція, що визначається певними біологічними відмінностями особин усередині виду, наприклад поведінковими. Так, озерна й ставкова жаби можуть мешкати в одній водоймі, однак вони не конкуруватимуть і не схрещуватимуться. Це пояснюється їхньою активністю в різний час доби: один вид активний зранку, інший — увечері (рис. 143).



Рис. 143. Приклад біологічної ізоляції (екологічного видоутворення) у тварин: а) жаба ставкова; б) жаба озерна

Бар'єром для схрещування можуть бути зміни умов існування в межах популяції батьківського виду (наприклад, зміна вологості, освітлення), що заважатиме схрещуванню особин. Приклад такої ізоляції в рослин — утворення декількох видів родини Жовтецеві, які ростуть у місцях з різною вологістю (рис. 144). Біологічна ізоляція забезпечує процеси **екологічного видоутворення**.



Рис. 144. Приклад біологічної ізоляції в рослин родини Жовтецеві: а) жовтець їдкий, або куряча сліпота (луки, лісові галявини); б) жовтець отруйний (береги водойм); в) жовтець причинець (урвища); г) жовтець кашубський (ліси); г) жовтець золотистий (луки)

Часто географічна й біологічна ізоляції діють разом, змінюючи та доповнюючи одна одну, тому чітко визначити межі кожної з них важко. Проте виникнення нового виду можливе за будь-якої форми ізоляції, що діє протягом певного часу, аж поки природний добір не «розведе» популяції остаточно. Еволюційне значення ізоляції полягає в тому, що утворюються нові підвиди, а згодом і нові види організмів.

Природний добір. *Природний добір* — це процес, у ході якого найбільш пристосовані організми виживають і розмножуються, а менш пристосовані гинуть, не залишаючи потомства. Результатом природного добору є поява в організмів пристосувальних ознак — *адаптацій*.

Матеріальною основою для дії природного добору слугує надлишок нащадків з різними генотипами, що утворюються в процесі розмноження.

Проявляється природний добір у формі **боротьби за існування**, яка може бути *внутрішньовидовою* і *міжвидовою*. Внутрішньовидова форма боротьби за існування є більш напруженою, тому що особини борються за одні й ті самі фактори середовища. Наслідком цієї боротьби є виживання найбільш пристосованих (адаптованих) до певних умов організмів.

Залежно від спрямування адаптаційних змін організмів природний добір буває *стабілізуювальним*, *рушійним* і *розривним* (рис. 145).

Стабілізуювальний добір проявляється в постійних умовах довкілля. Він підтримує сталість певного фенотипу, який найбільше відповідає навколишньому середовищу, і нехтує будь-якими змінами, знижуючи межі модифікаційної мінливості (*норму реакції*).

Рушійний, або спрямований, добір відбувається внаслідок повільних змін умов довкілля в певному напрямі або під час пристосувань організмів до нових умов у разі розширення ареалу. Він спричиняє зміни в певному напрямі, зсуваючи у відповідний бік норму реакції. У разі дії рушійного добору вид залишається на тому самому місці й від нього не відокремлюються популяції. Але з часом зміни в біології виду стають настільки значними, що він утрачає схожість із батьківською формою (у цьому разі ізоляція є функцією часу; якби нащадок існував одночасно з батьківською формою, то їх схрещування було б неможливим).

Розривний, або дизруптивний, добір відбувається тоді, коли умови зовнішнього середовища настільки змінилися, що основна маса особин втрачає адаптивність, а переваг набувають особини з крайніми відхиленнями від середньої норми реакції. Саме ці відхилення й відіграють адаптивну роль у нових умовах. Отже, цей добір спричиняє виникнення кількох фенотипових форм у популяції, що сприяє її пристосуванню до нових умов довкілля.

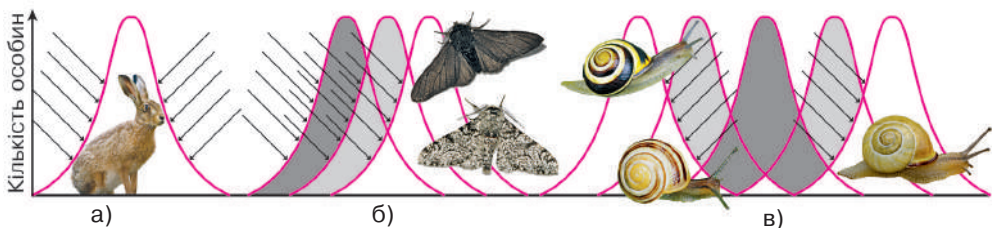


Рис. 145. Форми природного добору: а) стабілізуювальний; б) рушійний; в) розривний (стрілки вказують напрям, у якому відбуваються зміни умов довкілля)

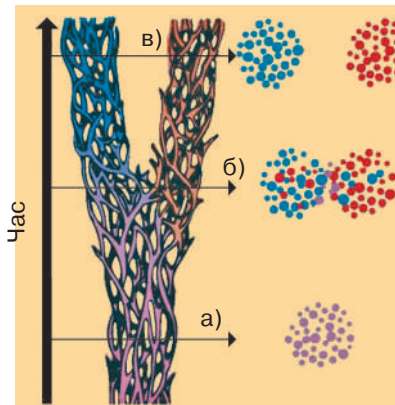


Рис. 146. Схема дивергенції виду: а) вихідні популяції; б) два підвиди, між якими ще здійснюється обмін генетичним матеріалом; в) два нові види, представлені популяціями

рівні популяцій, який спричиняє виникнення нових видів і зміни їх у часі.

Видоутворення здебільшого відбувається шляхом **дивергенції** (з латин. *відхиляюсь*), коли від вихідної форми відокремлюються два або більше нові види (рис. 146, 147) унаслідок дії елементарних факторів еволюції.



Рис. 147. Різноманіття видів оленів, що виникли внаслідок дивергенції: 1 — кабарга сибірська; 2 — європейська косуля; 3 — лось; 4 — лань; 5 — північний олень; 6 — плямистий олень; 7 — благородний олень

Штучний добір. Вибіркове допущення до розмноження тварин, рослин або інших організмів для виведення нових сортів або порід, які мають бажані для людини ознаки, називають **штучним добором**. Результатом штучного добору є різноманітність сортів рослин і порід тварин.

Досліджуючи штучний добір, Ч. Дарвін виявив найважливішу його особливість — він проводиться людиною за окремими ознаками, які її цікавлять, що може призвести (і майже завжди так трапляється) до зниження адаптивних властивостей організму. Тоді як природний добір сприяє лише тим особливостям організмів, які підвищують їхню пристосованість і закріплюють цілі комплекси адаптивних ознак.

Видоутворення, його механізми. **Видоутворення** — це мікроеволюційний процес на

Основні положення синтетичної теорії еволюції. Комплекс уявлень про еволюційний процес, що сформувався нині, містить такі складові.

- Мутаційна й комбінативна мінливість є основним матеріалом для природного добору.
- Основна рушійна сила еволюції — природний добір, що виникає внаслідок боротьби за існування.
- Елементарною одиницею еволюції є популяції.
- Вид — це сукупність популяцій, що репродуктивно ізольовані від популяцій іншого виду.
- Еволюція має здебільшого дивергентний характер, тобто один **таксон** (одиниця класифікації) може стати предком декількох дочірніх таксонів.
- Еволюція має неспрямований характер, тобто не йде в напрямі певної кінцевої мети.
- Будь-яка систематична група організмів може або процвітати (перебувати в стані *біологічного прогресу*), або вимирати (стан *біологічного регресу*). У наш час у стані біологічного прогресу перебувають ссавці, комахи, у стані регресу — голонасінні, плазуни тощо.



Думаємо, розуміємо, відповідаємо. 1. Назвіть елементарні фактори еволюційного процесу. 2. Поясніть особливості форм природного добору. 3. Охарактеризуйте штучний добір як основу створення порід тварин і сортів рослин. 4. Що таке *видоутворення*? 5. Який фактор відіграє основну роль в утворенні нових видів організмів? 6. Які причини географічного видоутворення? 7. Охарактеризуйте екологічне видоутворення. 8. Охарактеризуйте основні положення синтетичної теорії еволюції.



Самостійна робота з підручником. Запишіть у зошит визначення термінів і понять: «видоутворення», «географічне видоутворення», «екологічне видоутворення».



Домашнє завдання. Порівняйте основні положення еволюційної теорії Ч. Дарвіна й синтетичної теорії еволюції. Поясніть, у чому полягає їх відмінність.



Запитання для допитливих. Який спосіб видоутворення (географічний чи екологічний) переважає в наш час?



МАКРОЕВОЛЮЦІЯ. ФОРМИ ЕВОЛЮЦІЇ. ОСНОВНІ ЕТАПИ РОЗВИТКУ ЖИТТЯ НА ЗЕМЛІ



ОСНОВНІ ПОНЯТТЯ І ТЕРМІНИ: макроеволюція, ароморфоз, ідіоадаптація, дегенерація, біологічний прогрес, біологічний регрес, конвергенція, паралелізм.

Макроеволюція. У цьому параграфі ви ознайомитеся з формами еволюційного процесу й основними етапами розвитку життя на Землі, що зумовили різноманітність всіх раніше вимерлих і відомих нині груп організмів.

Макроеволюція — процес еволюції на рівні утворення нових угруповань (*таксонів*) організмів, вищих за вид: родів, родин і аж до надцарств, на відміну від *мікроеволюції*, яка відбувається в межах виду або популяції. Макроеволюція є наслідком поступового накопичення мікроеволюційних змін. Вона також нецільеспрямована й забезпечує процеси адаптації організмів до умов існування та реалізується природним добром.

Головні напрями еволюції. В еволюційному процесі виокремлюють два основні напрями: *біологічний прогрес* і *біологічний регрес*.

Біологічний прогрес — це збільшення чисельності та загальної біомаси угруповання, розширення його ареалу, зростання чисельності дочірніх таксонів. Основними шляхами досягнення біологічного прогресу (головними напрямками еволюції) є *ароморфоз*, *ідіоадаптація* і *дегенерація* (рис. 148, с. 150).

Ароморфоз — шлях еволюції, на якому ускладнення будови тіла й удосконалення фізіологічних функцій істотно підвищують рівень організації еволюційної групи. Унаслідок ароморфозів організми одержують якісно нові можливості для пристосування до умов зовнішнього середовища. Ароморфоз — характерна особливість великих таксонів. Наприклад, ароморфозами, завдяки яким ссавці стали панівним класом, є чотирикамерне серце, здатність підтримувати постійну температуру тіла, істинне живородіння, прогресивний розвиток переднього мозку. Для покритонасінних рослин ароморфозом є наявність репродуктивного органу — квітки та плоду, що сприяє розповсюдженню насіння.

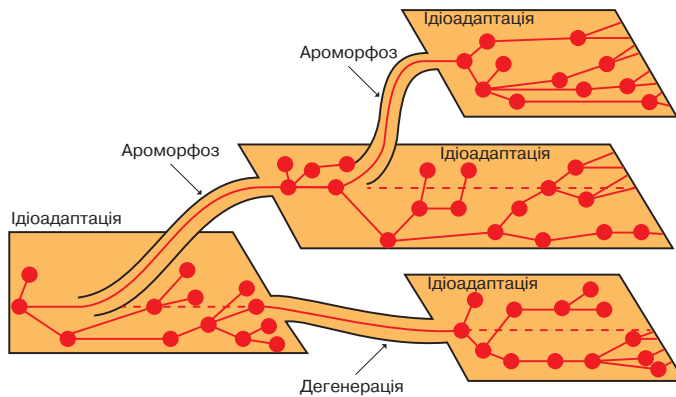


Рис. 148. Головні напрями еволюції

Ідіоадаптація — зміни, що є наслідком пристосування до різних умов середовища й не пов'язані з підвищенням рівня організації еволюційної групи. Ідіоадаптації сприяють збільшенню видової різноманітності, швидкому зростанню чисельності таксона. Унаслідок ідіоадаптацій виникли такі різноманітні ряди ссавців, як Рукокрилі, Хоботні, Китоподібні, Примати.

Дегенерація — спрощення рівня організації еволюційної групи внаслідок переходу до паразитичного або прикріпленого способу життя. Дегенерація пов'язана з крайньою спеціалізацією і часто супроводжується *редукцією* (зменшенням або поступовим повним зникненням) окремих органів і систем. Редукція дихальної, кровоносної і нервової систем у печінкового сисуна, котячої двоустки, бичачого ціп'яка є результатом пристосування до ендопаразитизму.

Біологічний регрес — зменшення чисельності угруповання, звуження його ареалу та зменшення кількості систематичних груп у таксоні. Найчастіше зниження чисельності виду є наслідком нездатності адаптуватися до умов навколишнього середовища. Регресу насамперед зазнають вузькоспеціалізовані види.

Форми еволюційного процесу. З § 43 ви вже дізналися про одну з форм еволюційного процесу — **дивергенцію**, що є основою виникнення різноманіття організмів як при ідіоадаптації, так і при ароморфозах і дегенерації. Інші дві форми еволюційного процесу — це **конвергенція** і **паралелізм**.

Конвергенцією (з латин. *зближаю*) називають явище, коли зовсім різні спочатку види в ході еволюції стають подібними один до одного. Наприклад, кити й дельфіни зовні дуже подібні до риб. Мабуть, тому К. Лінней, складаючи першу класифікацію живих організмів, помилково зарахував їх до риб. Подібність ознак, що виникають унаслідок конвергенції, називають **аналогією** (з грецьк. *відповідність*). Проявом аналогії є рийні кінцівки крота й вовчка (рис. 149).

Формування аналогічних структур пов'язано з дією однакового відбіркового (лімітного) фактора середовища. Наприклад, форма тіла швидкоплавних риб, дельфінів і кальмарів є наслідком природного добору за ознакою найменшого опору руху у воді (гідродинамічний опір).

Паралелізм (з грецьк. *той, що йде поруч*) — незалежний розвиток подібних ознак в еволюції близькоспоріднених груп організмів.

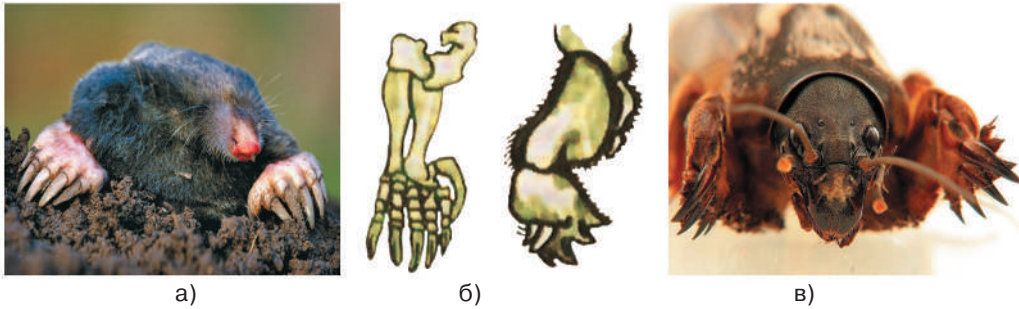


Рис. 149. Виникнення зовнішньої подібності рийних кінцівок крота (а) і вовчка (в) як наслідок конвергенції (б)

Унаслідок паралелізму ознаки подібності різних груп, які були набуті вторинно, начебто накладаються на їхню подібність, зумовлену спільним походженням. Так виникає особлива категорія подібності органів у різних видів — **гомологія** (з грецьк. *той самий*) (рис. 150).

Основні етапи розвитку життя на Землі. Результати вивчення осадових порід є прямим доказом еволюційного процесу на Землі. У породах, що відповідають різному геологічному часу, за окам'янілостями простежується постійна зміна флори та фауни. Саме на етапності розвитку органічного світу значною мірою ґрунтується періодизація геологічної історії.

Уся історія Землі поділяється на великі проміжки часу — *ери, періоди й епохи*. Межі цих проміжків визначають події, що відбувалися на Землі та впливали на обриси материків і морів, клімат, а також на живих істот, що її населяли. Зазвичай у відкладеннях на межі між ерами й епохами виявляється велика кількість окам'янілостей, що вказує на масове вимирання груп організмів.

Розподіл окам'янілостей в осадових породах різної глибини залягання називають *стратиграфічною шкалою*. Вона показує послідовність появи та зникнення різних живих організмів. Якщо ж за допомогою ізотопного методу визначають вік відповідної породи, то отримують *геохронологічну шкалу*. Поєднавши ці шкали, можна встановити, коли і які



Рис. 150. Виникнення гомологічної подібності між плацентарними (а) і сумчастими (б) ссавцями внаслідок впливу подібних екологічних факторів:

1 — оцелот; 2 — плямиста сумчаста куниця; 3 — мураход; 4 — сумчастий мураход; 5 — польова миша; 6 — гребенхвостата сумчаста миша; 7 — летяга; 8 — цукрова сумчаста летяга; 9 — вовк; 10 — сумчастий вовк

організми з'являлися або вимирали на нашій планеті. (Ознайомтеся з таблицею «Основні етапи розвитку життя на Землі за геологічними ерами й періодами» на першому форзаці підручника).

Більше половини всього часу існування життя на Землі панували бактерії, до яких потім приєдналися ціанобактерії (табл. 6). Поява в ціанобактерій здатності до фотосинтезу сприяла накопиченню кисню в атмосфері та формуванню озонового шару.

Таблиця 6

Основні етапи еволюції життя на Землі

Еволюційний процес	Початок процесу, млрд років тому
Формування планети Земля	4,5–5
Створення умов для виникнення життя (абіогенний синтез)	3,5
Поява перших анаеробних гетеротрофних бактерій	3,3
Поява перших автотрофних бактерій	3,2
Поява перших еукаріотичних одноклітинних організмів	1,5–1,3
Поява перших багатоклітинних організмів	0,7
Поява перших антропоїдів	0,0025–0,0015

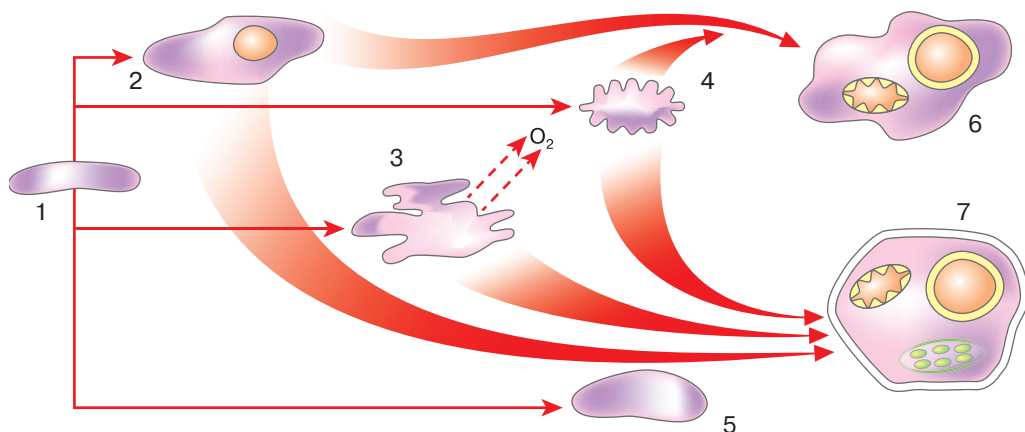


Рис. 151. Схема формування основних типів клітин: 1 — пробіонт; 2 — анаеробний ядерний гетеротроф; 3 — бактеріальний фотосинтетик; 4 — аеробна бактерія; 5 — анаеробна бактерія; 6 — тваринна клітина; 7 — рослинна клітина

Приблизно 1,5 млрд років тому з'явилися перші одноклітинні еукаріоти. (Зверніть увагу, що на формування еукаріотичної клітини природа витратила 2 млрд років). Сучасні уявлення про механізм її виникнення внаслідок ендосимбіозу зображено на рисунку 151. Гіпотеза про ендосимбіоз ядерної проклітини з

фотосинтезувальними й аеробними бактеріями виникала неодноразово, остаточно її сформулювала американський біолог **Л. Маргуліс** (1938–2011).

Найважливіший етап розвитку життя розпочався майже 700 млн років тому з виникнення багатоклітинних організмів і появи в морях багатої фауни безхребетних — кишковопорожнинних і червів та флори, представленої різноманітними багатоклітинними водоростями.

Наприкінці протерозойської ери (570 млн років тому) з'являються всі основні групи безхребетних тварин і хордові, тобто формуються основні плани будови організмів тварин. У подальшому вони започатковують усі відомі нині типи тварин.

Приблизно 400 млн років тому починається освоєння суходолу рослинами, формуються судинні рослини. Дещо пізніше, у кам'яновугільному періоді, суходіл заселяють тварини — членистоногі та хребетні.

На початку мезозойської ери (230 млн років тому) із водойм на суходіл виходять рептилії, які майже повністю вимирають до початку кайнозойської ери. Їх змінюють птахи та ссавці, що з'явилися ще в мезозої. Флора цього періоду характеризується розквітом голонасінних і появою квіткових. У ранньому кайнозої починається формування сучасної флори і фауни. Приблизно 2 млн років тому з'являється людина (рис. 152). На умовному циферблаті «годинника» планети Земля показані періоди виникнення основних форм живих істот. Лише за 30 с до умовної півночі з'явилася людина. Проте її вплив на планету такий великий, що може призвести до знищення не тільки всього живого, а й планети Земля.



Лінн Маргуліс



Думаємо, розуміємо, відповідаємо. 1. Що таке макроеволюція? 2. Поясніть особливості ароморфозів. 3. У чому полягають особливості ідіоадаптацій? 4. Що таке біологічний регрес? 5. Поясніть явище конвергенції. 6. Охарактеризуйте явище паралелізму. 7. Чи може дегенерація сприяти біологічному прогресу групи організмів?



Рис. 152. «Годинник» планети Земля



Самостійна робота з підручником. 1. Порівняйте явища гомології та аналогії. 2. Поясніть, у чому полягає відмінність між ароморфозом, ідіоадаптацією та дегенерацією.



Домашнє завдання. 1. Проаналізуйте геохронологічну таблицю на першому форзаці підручника. Запишіть у зошиті у формі таблиці основні етапи розвитку рослин за ерами. 2. Охарактеризуйте розвиток життя на Землі за ерами.



Запитання для допитливих. Що, на ваш погляд, є причиною масової загибелі організмів на межі ер та епох?



ЕВОЛЮЦІЯ ЛЮДИНИ (БІОЛОГІЧНІ ТА СОЦІАЛЬНІ ФАКТОРИ)



ОСНОВНІ ПОНЯТТЯ І ТЕРМІНИ: антропогенез, рудименти, атавізми, предки людиноподібних мавп (пропліопітеки, дріопітеки), людиноподібні мавпи (австралопітеки), найдавніші люди (архантропи).

Розвиток поглядів на походження людини. Замислюватися над своїм походженням людина почала ще в доісторичні часи. Кожне плем'я мало свій *тотем* — священну тварину, від якої, як уважалося, воно походило. Шанування тотемів і нині збереглося в племенах, які живуть за давніми звичаями своїх предків.

На зорі своєї історії людина не вбачала нічого поганого в тому, що вона походить від тварин. Однак після виникнення християнства й аж до XIX ст. подібні уявлення стали неприпустимими. Та й сміливців, які б наважилися сумніватися в тому, що людину створив Бог, майже не було. І хоча нині вже XXI ст., протистояння наукового та релігійного світоглядів усе ще триває.

Наукові факти дають підстави вважати, що людина — це продукт тривалої еволюції тваринного світу. Учені ще не зовсім досконало знають родовід виду *Homo sapiens*, проте уявлення про походження людини від тварин є безсумнівними. Першу наукову гіпотезу про походження людей від людиноподібних мавп висунув Ж. Б. Ламарк. Однак найпереконливішого тлумачення ця проблема набула в праці Ч. Дарвіна «Походження людини і статевий добір». Основні докази походження людей від мавп Ч. Дарвін убачав у наявності атавізмів і рудиментів.

Атавізми (з латин. *предок*) — це наявність в деяких організмів певного виду ознак, які існували в їхніх віддалених предків (наприклад, суцільний волосяний покрив, 4–8 сосків або хвіст у людини).

Рудименти (з латин. *зачаток, першооснова*) — це анатомічно й функціонально змінені органи внаслідок втрати ними свого призначення. На відміну від атавізмів рудименти мають усі особини певного виду. У людини рудиментами є апендикс, куприк, зуби мудрості, недорозвинені м'язи вушної раковини.

Антропогенез і його етапи. **Антропогенез** (з грецьк. *людина* та *походження*) — процес біологічного й соціального становлення людини, тобто виокремлення її з тваринного світу, олюднення предків людини — двоногих мавп.

У процесі становлення людини як виду, особливо в останні 50–100 тис. років, біологічну еволюцію почала випереджати *еволюція соціальна*, коли шанс вижити

й залишити нащадків мала не тільки здорова, а й *розумна особина*, яка вміла полювати та застосовувати знаряддя праці, знала, як уникнути небезпеки, облаштувати собі місце проживання, схованку від дощу, снігу, обігрітися, прохарчуватися. *Розум і свідомість пов'язані з постійною працею.*

Дедалі більшого значення для виживання в несприятливих умовах довкілля набували знаряддя праці. Коли давні мавполюди почали *виготовляти знаряддя праці* — це стало межею формування людини, а вдосконалення цих знарядь — рушійною силою соціального розвитку людства.

Антропологи виокремлюють п'ять основних етапів антропогенезу, які відповідають періодам виникнення та існування предків сучасної людини: I — предки людиноподібних мавп, II — людиноподібні мавпи, III — найдавніші люди, IV — давні люди, V — перші сучасні люди.

Предки людиноподібних мавп. Родовід людини ведуть від невеликих мавп — *пропліопітеків* (рис. 153), які жили на деревах і живилися рослинною їжею. Унаслідок біологічної еволюції від них відокремилися людиноподібні мавпи, які й дотепер існують (орангутанги й гібони), а також прародичі давніх людей — *дріопітеки* (з грецьк. *дерево* та *мавпа*) — деревні мавпи.

Приблизно 10–15 млн років тому клімат зазнав змін: він став набагато посушливішим, значно порідшали або й частково зникли великі масиви лісів. Через це багато видів мавп, які жили тільки на деревах, або вимирали, або переселялися в південні регіони, де було більше вологих лісів (їхні сучасні нащадки — шимпанзе та горили), а деякі пристосувалися жити на відкритій місцевості. Саме від них походять людиноподібні мавпи.

Людиноподібні мавпи. *Австралопітеки*, або *південні мавпи* (з латин. *південний*), рештки яких уперше були знайдені в Африці в 1924 р. (їхній вік становить 35 млн років), — найближчі до найдавніших людей людиноподібні мавпи; деякі вчені вважають їх найдавнішими людьми (рис. 154).



Рис. 153. Етапи родоуду виду Людина

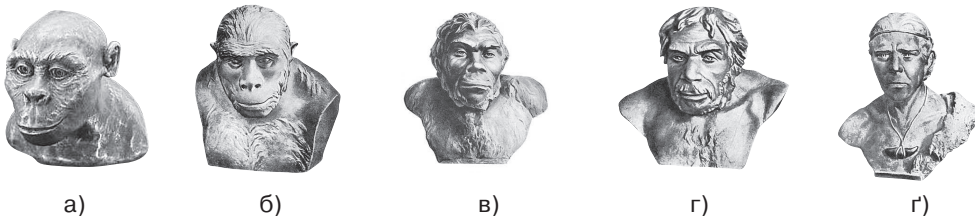


Рис. 154. Реконструкція вигляду первісних людей за рештками кісток черепа: а) австралопітек; б) пітекантроп; в) синантроп; г) неандерталець; г') кроманьйонець

Австралопітеки мешкали на рівнині й пересувалися на задніх кінцівках, вивільнивши передні. У них стійко закріпилася *двонога хода* — одна з основних особливостей людини. Разом із рослинною їжею (якої було небагато) вони почали вживати тваринну. Щоб добути м'ясо, австралопітеки полювали, застосовуючи *допоміжні випадкові знаряддя* — палиці, камені, великі кістки тварин. Вони жили групами: самки піклувалися про дитинчат, а самці охороняли їх, добували їжу.

Австралопітеки мали зріст 1,2–1,4 м, важили 30–50 кг. Об'єм мозку «південних мавп» становив 500–650 см³, що уподібнювало їх з давніми людьми. Ознаки будови черепа, що свідчать про розумову, зокрема трудову, діяльність, в австралопітеків були такими самими, як і в усіх людиноподібних мавп.

На межі між австралопітеком і найдавнішою людиною стоїть **Людина вміла** (Homo habilis), останки якої знайдено в 1959–1960 рр. в Африці. Саме з Людини вмілої починається існування роду Номо — Людина. Об'єм її мозку становив 650–750 см³. Вона вже розколювала каміння та уламки застиглої лави й використовувала їх як знаряддя праці.

Найдавніші люди — архантропи. *Архантропи* (з грецьк. *давній* і *людина*) — загальна назва різних підвидів виду **Людина прямоходяча** (Homo erectum).

Найдавніші люди мали такі особливості:

- уміли виготовляти прості знаряддя праці, що свідчить про їхні значні розумові здібності, а також про можливість подальшого розвитку разом з удосконаленням цих знарядь. Поступово розум, кмітливість і вміння ставали засобами виживання;
- спосіб їхнього життя (полювання, захист від хижих звірів) потребував групової (соціальної) поведінки, що сприяло виникненню мови;
- завдяки мові найдавніші люди мали змогу не тільки спілкуватися, а й передавати свій досвід (зокрема, виготовлення знарядь праці) нащадкам;
- уміли видобути вогонь і користуватися ним: готували їжу, що полегшувало засвоєння її організмом;
- переважання в харчовому раціоні м'яса зміцнило м'язи та кістки найдавніших людей, зробило їх фізично дужчими; м'ясна їжа сприяла швидкому насиченню, що вивільняло час на спілкування та вдосконалення знарядь праці;
- для житла використовували печери; тут вони ховалися від негоди, спілкувалися з дітьми.

На думку вчених, уже між найдавнішими людьми виникла конкуренція: боротьба різних угруповань (стад) за печери, місця полювання та ін., що призводило до бійок, витіснення слабших стад на гірші місця, інколи навіть до їхнього фізичного знищення. Це свідчить про те, що одночасно з природним доббором виникали його соціальні фактори.

До архантропів належать **питекантропи** (з грецьк. *мавпа* та *людина*) і **синантропи** (з латин. *китайський* і грецьк. *людина*, оскільки вперше їхні останки знайдено в Китаї). Уважається, що Людина прямоходяча з'явилася приблизно 1,5 млн років тому. У подальшому відбувалося поступове розширення території існування цього виду, і приблизно 1 млн років тому він став єдиним представником роду Номо на Землі, витіснивши австралопітеків і Людину вмілу. Останні архантропи жили серед людей роду Номо sapiens і зникли 40–50 тис. років тому.



Думаємо, розуміємо, відповідаємо. 1. Визначте роль наукових праць Ч. Дарвіна про походження людини від мавп. Які докази він наводив? 2. Обґрунтуйте думку про те, що в процесі антропогенезу мали значення не тільки біологічні, а й соціальні фактори. 3. Назвіть етапи антропогенезу. 4. Які процеси визначають власне антропогенез?



Самостійна робота з підручником. Запишіть у зошиті визначення термінів: «атавізм», «рудимент», «дріопітек», «австралопітек», «архантроп», «пітекантроп», «синантроп».



Домашнє завдання. Наведіть докази того, що праця й мова є не тільки наслідком антропогенезу, а й його подальшою рушійною силою.



Запитання для допитливих. Запропонуйте власну гіпотезу, якою, на вашу думку, буде людина майбутнього (з погляду біологічного та соціального розвитку). Поясніть, чому одні люди можуть ворухити вухами, а інші — ні.



ЛЮДИНА РОЗУМНА — БІОЛОГІЧНИЙ ВИД. ПОНЯТТЯ ПРО РАСИ



ОСНОВНІ ПОНЯТТЯ І ТЕРМІНИ: Людина розумна, давні люди (палеоантропи, або неандертальці), перші сучасні люди (неоантропи, або кроманьйонці), акселерація, раси — європеоїдна, монголоїдна, негроїдна, австралоїдна.

Вид Людина розумна — Homo sapiens. Людина — суспільна істота, особливою ознакою якої є свідомість, що сформувалася на ґрунті суспільно-трудової діяльності.

Як вам уже відомо, біологічний вид Людина належить до типу Хордові, підтипу Хребетні, класу Ссавці, ряду Примати, родини Гомініди, роду Людина, до якого зараховують сучасну людину та її первісних попередників (рис. 155).

Родову й видову назви людині — Homo sapiens — дав К. Лінней у 1753 р. Він першим у своїй класифікації помістив людину в ряд Примати, який відніс до класу Ссавці.

Давні люди — палеоантропи. *Палеоантропи* (з грецьк. *давній* і *людина*), або *неандертальці* (термін походить від назви долини Неандерталь у Німеччині, де в 1856 р. були знайдені рештки їхніх скелетів) (див. рис. 154), існували десь на межі 40–300 тис. років тому. Об'єм їхнього мозку вже був таким, як у сучасної людини, — до 1400 см³. Учені виявили в неандертальців розвинені лобні та скроневі ділянки черепа, що свідчить про розумову діяльність. Вища нервова діяльність удосконалювалася одночасно з працею та подальшим розвитком мовлення. Неандертальці виготовляли зручні знаряддя праці, полювали гуртом, одягалися в шкури тварин, жили в печерах. Їх вважають вимерлим підвидом виду Homo sapiens.

Перші сучасні люди — неоантропи. *Неоантропи* (з грецьк. *новий* і *людина*), або *кроманьйонці* (термін походить від назви грота Кро-Маньйон у Франції, де

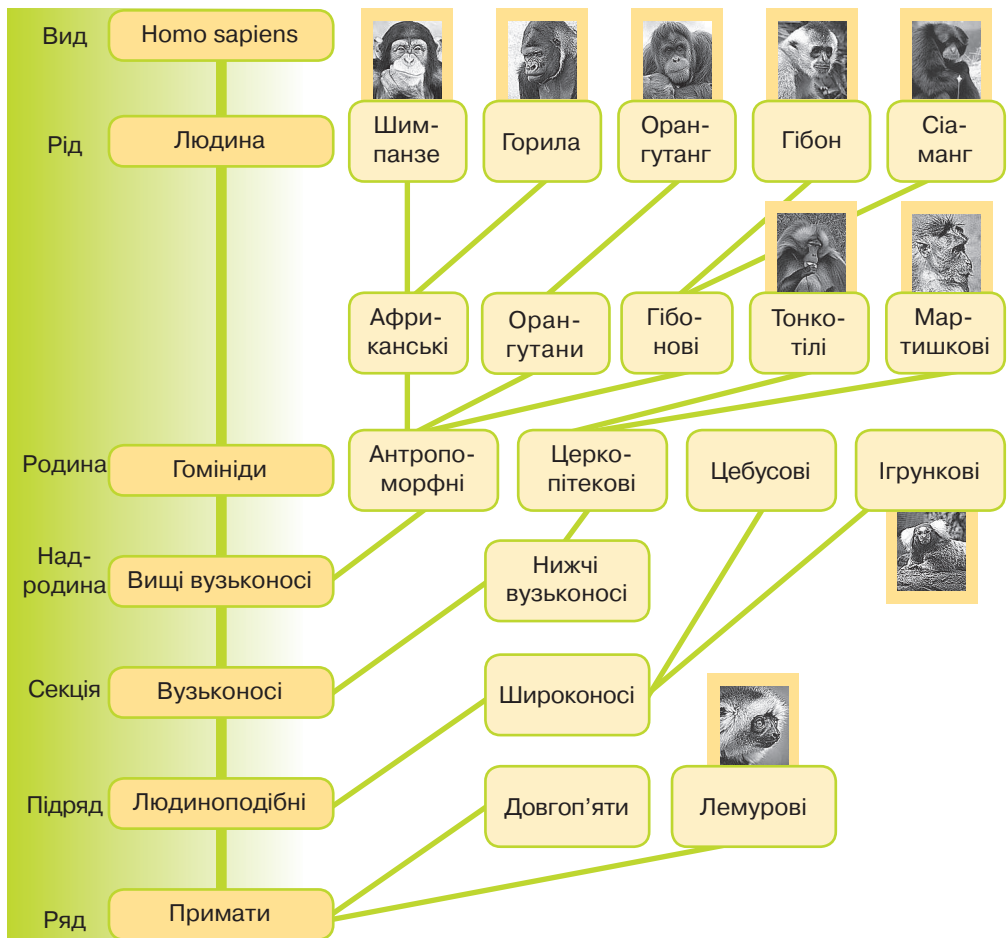


Рис. 155. Схема родоводу ряду Примати

в 1868 р. були знайдені кілька скелетів людей цього типу) (див. рис. 154), жили 35–40 тис. років тому. Вони мали такі самі особливості черепа та скелета, тулуба та кінцівок, як і сучасна людина. Неоантропи будували собі житло (навіть у місцях, де були печери), шили одяг зі шкур тварин, застосовуючи кам'яні голки. Вони мали досить розвинену мову й легко спілкувалися між собою.

Приблизно 10–15 тис. років тому неоантропи навчилися землеробства, почали одомашнювати диких тварин і виготовляти керамічний посуд. Стіни своїх помешкань і святилищ, зокрема печер, вони прикрашали зображеннями тварин, людей, епізодів полювання, знаряддя праці оздоблювали візерунками.

У спільнотах неоантропів уже діяли закони, що сприяли їхньому виживанню: захист жінок і дітей, розподіл м'яса, турбота про немічних, шанобливе ставлення до старших. Вони ховали померлих і прикрашали їхні могили.

Сучасні люди широко, хоча й нерівномірно, розселилися на Землі. Унаслідок пристосування (*адаптації*) до різних умов існування — від Арктики до Антарктики, від рівнин до високогір'їв — усередині виду виникли певні генетичні та морфологічні відмінності. Маючи здатність до *біологічної адаптації*, кожна людина



Рис. 156. Показники прискорення соматичного розвитку та фізіологічного дозрівання дітей і підлітків за останні 100 років

здатна й до *соціальної адаптації*, зберігаючи при цьому ознаки свого виду. Для сучасної людини адаптація до соціальних факторів має більше значення, ніж до біологічних.

Процес еволюції предків людини супроводжувався поступовим зменшенням ролі природного добору внаслідок виникнення й розвитку суспільних відносин і створенням нового, «штучного» середовища життя. У процесі гомінізації, тобто «олюднення», у виду *Homo sapiens* зменшилася можливість давати численне потомство, подовжився період дитинства та статевого дозрівання, збільшилася тривалість життя. Повна реалізація біологічної програми онтогенезу людини стала можливою лише в умовах соціального середовища.

Водночас упродовж еволюції відбувалися й певні коливання біологічних властивостей людини, що підтверджується явищем **акселерації** (з латин. *прискорення*) — прискоренням темпів статевого дозрівання та збільшенням розмірів тіла в дітей і підлітків за останні 100 років (рис. 156). Це пов'язують із впливом факторів довкілля (наприклад, певне підвищення природного радіаційного фону), поліпшеним харчуванням, умовами життя тощо.

Подібності й відмінності виду *Homo sapiens* порівняно з високорозвиненими приматами. Належачи до ряду Примати (див. рис. 155), людина має з ними такі **спільні ознаки**: великий розмір тіла; відносно великий об'єм головного мозку; п'ятипала хапальна кисть із плоскими нігтями та великим пальцем, протиставленим решті; відсутність хвоста; подібні форма вушних раковин і будова зубів, внутрішніх органів (серця, легенів, нирок тощо); наявність апендикса (рудиментарного органа); однакові групи крові — 0 (I), A (II), B (III), AB (IV); подібні імунні властивості й обмін речовин.

В орангутангів і горил тривалість внутрішньоутробного розвитку така сама, як і в людини, — 8–9 місяців. У їхніх дитинчат, як і в людської дитини, прорізується 20 молочних зубів, які у 2–5 років замінюються на постійні.

Серед сучасних приматів найподібнішими до людини (щодо будови тіла, фізіологічних і біохімічних показників, генетичного й імунного станів, схильності до хвороб) є африканські людиноподібні мавпи — горили й особливо шимпанзе. Наприклад, людина й шимпанзе мають понад 90 % подібних генів.

Характерними відмінностями людини, якими вона відрізняється від високорозвинених приматів, є такі: свідомість і мислення; наявність другої сигнальної системи — мови; суспільний характер поведінки; цілеспрямована трудова діяльність і здатність створювати й застосовувати знаряддя праці; прямоходіння; розвинені кисті рук, які є органом праці; відсутність суцільного волосяного покриву.

Людина також відрізняється від високорозвинених приматів будовою та пропорціями тіла: подовженням ніг щодо рук; S-подібною формою хребта зі значними шийним і поперековим вигинами; розширеною формою таза; сплющеною в передньозадньому напрямі грудною кліткою; склепистими стопами з масивними великими пальцями та порівняно меншими іншими пальцями тощо.

Найважливіша відмінність в будові людини й приматів — розвиток головного мозку: його об'єм у 3–4 рази більший за об'єм мозку шимпанзе чи горили; значно розвинені ділянки мозку, пов'язані з мовою (лобна, тім'яна, скроневі) та органом зору (потилична). Наявні відмінності в будові черепа: збільшена мозкова частина черепа порівняно з лицьовою.

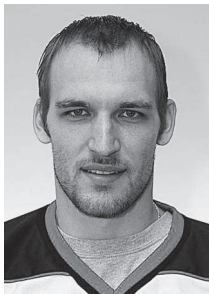
Особливостями людини, на відміну від приматів, є також подовження періоду дитинства ($\frac{1}{5}$ від середньої тривалості життя людини проти $\frac{1}{6}$ – $\frac{1}{13}$ — у приматів), відмінності між загальними розмірами та пропорціями тіла чоловіка й жінки. Чоловіки вищі на зріст, мають ширші плечі, краще розвинену скелетну мускулатуру. Жінки нижчі на зріст, мають ширший таз, краще розвинений підшкірний шар клітковини. У приматів між самцями й самками ці відмінності не такі істотні, хоча самці деяких видів (орангутанги) значно крупніші.

Раси людини та їх основні відмінності. Усі люди на Землі належать до одного виду — *Homo sapiens*. Водночас певні групи людей упродовж тисячоліть жили в різних географічних і кліматичних умовах й адаптувалися до них. (Порівняйте Крайню Північ та Екваторіальну Африку). Унаслідок цього в підвиді *Homo sapiens* у різних регіонах Землі виникли раси.

Раса (з італ. *рід, порода, плем'я*) — це велика група людей, які мають спільне походження, певні успадковані морфологічні й психологічні ознаки, що утворювалися протягом еволюції внаслідок адаптації до умов довкілля та тривалого проживання на спільній території.

Расові ознаки, що мали адаптаційне значення, закріплювалися природним добором як спадкові в умовах певного географічного та кліматичного середовища. Уважається, що зародження рас людини розпочалося 30–40 тис. років тому.

Усім расам притаманні видові особливості *Homo sapiens*, усі вони біологічно й психічно рівноцінні та перебувають на однаковому рівні еволюційного розвитку. Представники всіх людських рас рівнозначно здатні до найвищих досягнень у розвитку культури та цивілізації. У 1939 р. на II Міжнародному генетичному конгресі було схвалено



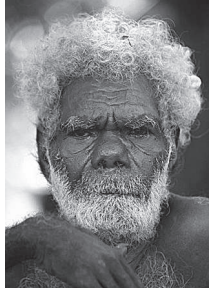
а)



б)



в)



г)

Рис. 157. Представники людських рас: а) європеоїдної; б) монголоїдної; в) негроїдної; г) австралоїдної

резольцію, у якій наголошено на *рівності прав людей незалежно від раси, нації, кольору шкіри*.

У 1776 р. німецький учений Й. Блюменбах уперше описав п'ять людських рас: кавказьку, монгольську, ефіопську, американську та малайську. Нині вчені вирізняють чотири раси: європеоїдну, монголоїдну, негроїдну та австралоїдну (рис. 157). Деякі науковці виокремлюють також американоїдну расу (індіанці), але більшість учених вважає її монголоїдною. Протягом тисячоліть представники різних рас мігрували планетою (рис. 158).

Основні відмінності рас визначаються певними морфологічними ознаками: кольором шкіри, рисами обличчя, кольором і структурою волосся, деякими біохімічними показниками, переважанням певної групи крові.

Наприклад, представники **європеоїдної раси** (рис. 157, а), які живуть в умовах досить холодного вологого клімату Європи, мають світлу шкіру, крізь яку проникають ультрафіолетові промені. Під їхнім впливом у шкірі утворюється вітамін D. Вузький ніс сприяє зігріванню повітря під час вдиху. На півночі Європи пристосувальне значення мають такі ознаки, як світлі (сірі, блакитні) очі, світле пряме волосся.

Пристосувальне значення мають ознаки **монголоїдів** (рис. 157, б): пласкі обличчя й ніс, складка в зовнішньому куті ока, що створює враження розкозості, — наслідок адаптації до суворого континентального клімату з частими пиловими бурями.

У представників **негроїдної раси** (рис. 157, в), які живуть переважно на Африканському континенті, темна шкіра містить багато пігменту меланіну. Це затримує сонячні ультрафіолетові промені. Широкий ніс і товсті губи з великою поверхнею слизової оболонки сприяють випаровуванню вологи, що захищає організм від перегрівання. Кучеряве волосся утворює природний «шолом».

Австралоїди (рис. 157, г) мешкають в Австралії, на Філіппінах та на півдні Індії. Вони подібні до негроїдів і європеоїдів: темношкірі, але волосся не таке кучеряве.

Дітей, які народжуються від батьків — представників різних рас, називають *метисами*.

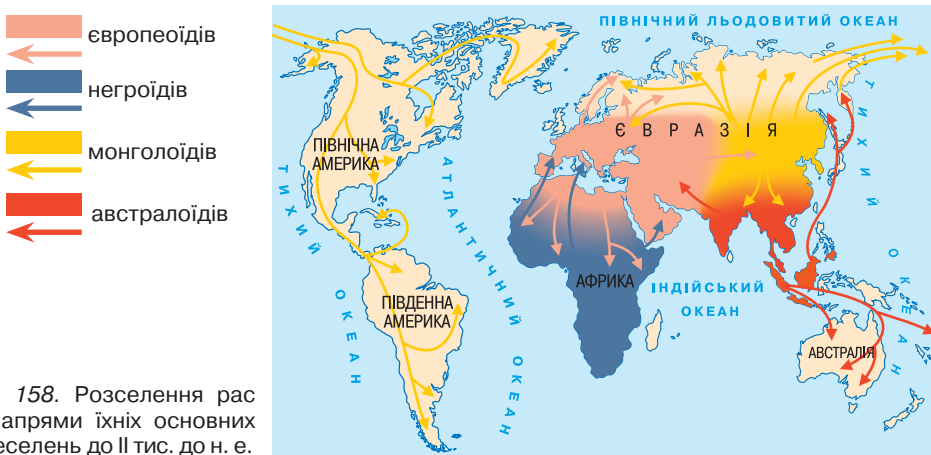


Рис. 158. Розселення рас та напрями їхніх основних переселень до II тис. до н. е.



Думаємо, розуміємо, відповідаємо. 1. Висловіть думку, чому людей, які жили 35–40 тис. років тому, називають першими сучасними людьми. Що спільного між ними та нами сьогоднішніми? 2. Обґрунтуйте подвійну природу людини — як представника біологічного виду *Homo sapiens* та як соціальної істоти. 3. Доведіть, що для сучасної людини адаптація до соціальних факторів має більше значення, ніж до біологічних. 4. Поясніть походження терміна «акселерація». 5. У чому полягає подібність і відмінність між анатомічною будовою та фізіологічними показниками виду *Homo sapiens* і представниками високорозвинених приматів? 6. Сформулюйте визначення поняття «раси людей» і поясніть його. 7. Назвіть причини виникнення рас людей. 8. Поясніть, чому всі раси людей є біологічно й психічно рівноцінними. 9. Охарактеризуйте основні відмінності між расами. 10. Поясніть на прикладі різних рас, чому їхні певні морфологічні відмінності мають адаптаційне значення.



Самостійна робота з підручником. 1. Проаналізуйте рисунок 155 і визначте особливості ряду Примати, а також зв'язки між видом *Homo sapiens* та іншими приматами. 2. Поясніть значення терміна «раса» й доведіть, що всі раси на Землі мають спільне походження.



Домашнє завдання. 1. Складіть у зошиті таблицю «Анатомічні відмінності скелетів людини та мавпи». Зробіть висновки про причини їхнього виникнення. 2. Доведіть, скориставшись матеріалом параграфа, що представники всіх рас належать до одного виду — *Homo sapiens*.



Це цікаво знати. Найбільш варварською формою расизму є **геноцид** (з грецьк. *рід* та *убивати*) — винищення окремих груп населення за расовими, національними або релігійними ознаками, а також створення важких умов життя, що призводить до великої смертності та значного зменшення народжуваності.

Водночас смерть окремої особини є універсальним способом обмеження участі багатоклітинного організму в розмноженні. Без смерті не було б зміни поколінь — однієї з головних умов еволюційного процесу.

Вимирання — зникнення видів, родів, класів, типів, цілих фаун і флор із біосфери. Уважається, що на Землі за весь період її існування виникло сотні мільйонів і навіть мільярдів видів. Більшість з них вимерла.

Нині існує приблизно 2–8 млн видів. Старіння виду — це втрата здатності до швидкої адаптації. Наявні пристосування перестають відповідати змінам в середовищі існування. Як наслідок, таксон заходить у глухий кут, з якого один вихід — вимирання. На думку Ч. Дарвіна, вимирання видів і цілих груп видів є неминучим наслідком природного добору: старі форми замінюються новими, досконалішими.

• На думку вчених, **реальний таксон** (вид, рід, родина...) — це реально існуюча одиниця, яка уособлює одне ціле. Тому таксони народжуються, розвиваються, старіють, а витративши життєву потенцію, — гинуть.

Ендемік (з грецьк. *місцевий*) — термін, яким позначають таксон, представники якого мають порівняно обмежений ареал. Найбільшу кількість ендемічних таксонів виявлено на островах, що зумовлено їхньою географічною ізоляцією. Ендемічні види, з огляду на обмежений ареал і, як наслідок, невелику чисельність, часто заносять до Червоних книг як рідкісні.

Реліктові (з латин. *залишок*) — рослини й тварини, що входять до складу рослинного покриву або тваринного світу певної країни чи регіону як пережитки флори й фауни минулих геологічних епох і які не відповідають сучасним умовам існування.

УЗАГАЛЬНЕННЯ ДО ТЕМИ 6 «ЕВОЛЮЦІЯ ОРГАНІЧНОГО СВІТУ»

Погляди на природу життя, його походження та сутність, різноманітність живих істот та їхню структурну й функціональну близькість посідають центральне місце в біологічній проблематиці.

Нині не сформульовано однозначного визначення самого поняття «життя». Розрізняють два основні підходи до його визначення: через субстрат, який є носієм властивостей живого, і через сукупність або найзагальніші властивості живого. Визначення через субстрат підкреслюють виняткову роль білків і нуклеїнових кислот в існуванні живого. З погляду особливих властивостей живого зазвичай підкреслюють здатність живих організмів до саморегуляції, самовідтворення та здатність підтримувати високий ступінь структурної організації.

Живі організми — це відкриті системи, які здійснюють постійний обмін енергією та речовиною із зовнішнім середовищем.

Питання про походження життя на Землі залишається відкритим. Найобґрунтованішою є гіпотеза абіогенного синтезу, запропонована О. Опаріним і Дж. Холдейном. Вона описує можливий шлях виникнення перших живих організмів з органічних речовин, що синтезувалися з неорганічних за особливих умов, які були на Землі приблизно 3,5 млрд років тому.

З перших протоклітин, у процесі постійної боротьби за джерела енергії для життєдіяльності, спочатку виникли одноклітинні без'ядерні гетеротрофи, які досить швидко вичерпали запаси органічних речовин у первинному Світовому океані. Уже через 200 млн років виникають перші автотрофні організми — хемосинтезуючі бактерії. Завдяки діяльності фотосинтезуючих бактерій (ціанобактерій) в атмосфері поступово накопичується кисень, а діоксид вуглецю поступово з атмосфери переходить у біологічну масу, що синтезується.

Приблизно через 2 млрд років після появи живих організмів утворюються перші еукаріотичні одноклітинні організми. Від них через 1,3 млрд років з'являються всі групи багатоклітинних організмів, які живуть нині й жили та вимерли в минулому. І тільки 2 млн років тому з'являється людина. За цей «короткий» період часу, особливо за останні 100 років, людство так вплинуло на природу, що поставило під загрозу існування життя на планеті Землі.

Як від примітивних батьківських форм виникли сучасні організми, вивчає *еволюційна теорія*. Поступовість змін організмів з плином геологічного часу підтверджують насамперед палеонтологічні докази, а також ембріологічні, біохімічні тощо.

Першу наукову теорію еволюції запропонував Ч. Дарвін. Відкриття, зроблені у XX ст., доповнили цю теорію даними генетики, молекулярної біології та екології, що сприяло створенню сучасної синтетичної теорії еволюції цієї теорії. Відповідно до основних положень випадкові мутації, які накопичуються та рекомбінуються в генотипах особин популяцій певного виду, надають деяким з них певних переваг у боротьбі за існування серед великої кількості нащадків у популяції цього виду. Функціональні переваги складаються в процесі природного добору, накопичуються в популяції і, за наявності певної форми ізоляції, можуть спричинити утворення нового виду.

ТЕМА 7. БІОРИЗНОМАНІТТЯ



§ 47

ОСНОВИ ЕВОЛЮЦІЙНОЇ ФІЛОГЕНІЇ ТА СИСТЕМАТИКИ



ОСНОВНІ ПОНЯТТЯ І ТЕРМІНИ: систематика, еволюційна (філогенетична) система, таксон, бінарна номенклатура, гомологічні органи, аналогічні органи.

Класифікація живих організмів. На Землі існує декілька мільйонів різних видів живих організмів (відповідно до оцінок учених, від 2 до 8 млн видів, а разом з вимерлими видами ця кількість може перевищувати сотні мільйонів). Щоб забезпечити успішне практичне використання знань про живі організми та полегшити подальше їх вивчення, необхідно дати їм назви.

Більшість добре відомих тварин, грибів і рослин мають традиційні для кожної країни назви. Проте навіть для найпростіших цілей вони не завжди прийнятні, тому що вводять в оману, особливо в разі обміну інформацією з людьми з інших частин світу. Наприклад, на Європейському континенті *Pina* означає «сосна», а в Австралії — «араукарія». Тому в біології використовують латинські назви, офіційно прийняті міжнародними організаціями ботаніків, зоологів, мікробіологів та ін.

Однак навіть єдність назв не забезпечує ефективне використання знань про ці організми, тому що ці назви потрібно розташувати в певній системі. Зробити це досить складно. Порівнюючи, наприклад, Український орфографічний словник обсягом 1069 сторінок, який містить усього 150 тис. слів, можете собі уявити, скільки сторінок матиме книжка, де будуть записані тільки назви відомих живих організмів.

Науку про різноманіття живих організмів, завданням якої є опис і впорядкування (класифікація) сучасних і вимерлих живих організмів, називають **систематикою**. У систематиці організмам дають назву й об'єднують їх у **таксони** (з грецьк. *порядок, розміщення*) — групи організмів, пов'язані певними спільними властивостями й ознаками. Що повніше враховуються ознаки, які характеризують організм (морфологічні, фізіологічні, біохімічні, генетичні, екологічні тощо), то повніше його систематичне положення відображає спорідненість з іншими організмами.

Учені прагнуть створити **еволюційну (філогенетичну)** систему, яка б максимально точно відображала природний процес розвитку та становлення всієї різноманітності живих організмів в історії розвитку життя на Землі.

У сучасній систематиці існує така ієрархія таксонів:

вид — рід — родина — ряд/порядок — клас — тип / відділ — царство — над-царство (домен),

причому таксономічні категорії «порядок» і «відділ» традиційно використовують для класифікації рослин.

Перші відомі спроби класифікувати форми життя були зроблені ще в античному світі. Досить докладну систему тваринного світу створив Арістотель, який на підставі протилежних ознак виділив декілька груп тварин, зокрема групи з «гарячою» і «холодною» кров'ю. Теофраст класифікував рослини на дерева, чагарники, напівчагарники й трави.

Значний внесок у формування основ філогенетичної системи зробив французький зоолог, основоположник порівняльної анатомії та палеонтології тварин **Ж. Кюв'є** (1769–1832). Він першим звернув увагу на те, що безліч видів багатоклітинних тварин може бути поділена на декілька груп відповідно до порівняно невеликої кількості планів будови. Опираючись на дослідження та порівняння багатьох видів сучасних і викопних тварин, Ж. Кюв'є створив учення про **типи** — одну з найбільших таксономічних груп у тварин. Саме спільність плану будови взято за основу об'єднання у великі таксони. Усі наукові дані про родинні зв'язки основних типів багатоклітинних тварин підтверджують, що сучасні види в ході еволюції нерівномірно віддалилися один від одного й розділилися на незначну кількість великих груп, усередині яких тварини дуже подібні за будовою та функціональними особливостями.

Надзвичайно важливим для встановлення ступеня спорідненості різних груп тварин є вивчення *гомології*, тобто подібності органів.

Гомологічними органами називають утворення, подібні між собою за загальним планом будови, положенням у тілі й формуванням з одних і тих самих частин зародка в ембріогенезі. Гомологія пов'язана з наявністю у різних видів гомологічних генів (*див. теми 4–5*).

Найнадійніші докази гомології отримані під час вивчення ембріонального розвитку. Гомологічні органи в різних видів часто виконують абсолютно різні функції, однак при цьому зберігається їх загальний план будови і вони закладаються з одних і тих самих ембріональних зародків. Наприклад, рука людини, передні плавники (ласти) китоподібних і крило кажана; ніс собаки і хобот слона; цибулина тюльпана і бульба картоплі.

Гомології протиставляють *аналогію* (з грецьк. *подібний*). **Аналогічні органи** — це утворення з однаковими функціями, але з різними планом будови, походженням у філогенезі й формуванням з різних частин зародка в ембріогенезі. Наприклад, крила метелика та птаха, рийні кінцівки вовчка й крота (*див. рис. 149, с. 151*). Аналогічні органи виникають унаслідок пристосування видів з різним вихідним планом будови до подібних умов існування. Аналогії формуються під впливом одних і тих самих лімітуючих (обмежувальних) факторів середовища.



Жорж Кюв'є

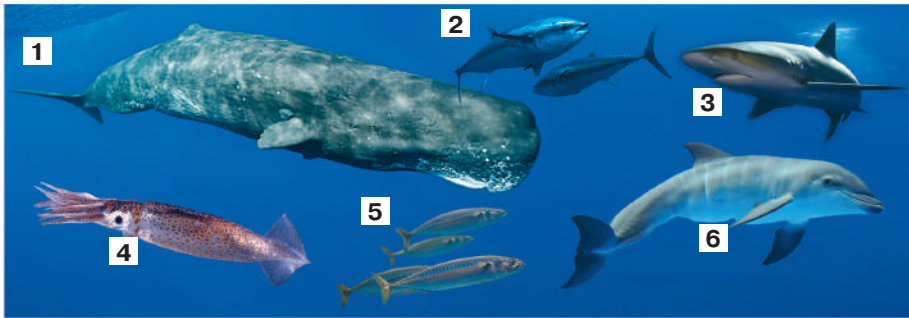


Рис. 159. Подібність форми тіла у швидкопливних морських тварин:
1 — кашалот; 2 — тунець; 3 — акула; 4 — кальмар; 5 — скумбрія; 6 — дельфін

Аналогічні органи характерні для організмів, не пов'язаних між собою родинними зв'язками, але таких, що належать до однієї життєвої форми. Наприклад, швидкопливні головоногі молюски, риби та китоподібні мають подібну форму тіла й належать до життєвої форми — *нектон* (рис. 159).

Виникнення певного плану будови, що зберігся в процесі природного добору і зумовив утворення великої групи живих організмів, пов'язаних між собою родинними зв'язками, — це, безумовно, *ароморфоз* (див. § 44).

Біологічна номенклатура (назви організмів). Система формування назви організму є подвійною (бінарною). Першим *бінарну номенклатуру* застосував швейцарський науковець К. Геснер у середині XVI ст., а обов'язковою вона стала завдяки зусиллям К. Ліннея.

За цією системою кожен вид організмів має подвійну латинську назву. Перше слово позначає *родову* приналежність і пишеться з великої літери, а друге — *ви-дову* і пишеться з малої літери. Наприклад, людина має систематичну назву *Ното sapiens* (Людина розумна).

З визначенням поняття «вид» і його критеріями ви ознайомилися в § 42. Нагадаємо, що для встановлення видової приналежності в систематиці необхідно використовувати тільки сукупність критеріїв, тому що жоден з них не є абсолютним. Рід об'єднує близькоспоріднені види. Родина об'єднує близькоспоріднені роди, які мають спільне походження. Ряд об'єднує родини у тварин, а порядок — родини у рослин. Сукупність рядів або порядків формує класи. Споріднені класи у рослин об'єднуються у відділи, а в тварин — у типи.

Філогенетичне дерево живих організмів. Родинні зв'язки основних груп сучасних живих організмів схематично відображає *філогенетичне дерево* (рис. 160). Ця схема досить приблизно показує, від кого походить той чи той таксон. Насамперед це стосується одноклітинних організмів, адже палеонтологічного матеріалу в геологічних відкладеннях відповідного періоду майже немає. Однак завдяки одноклітинним, які існують нині і є нащадками тих, які населяли Землю мільярди років тому, вдалося, певною мірою, реконструювати етапи формування основних груп і ті структурні новоутворення й функціональні можливості, що з'являлися в цих груп організмів.

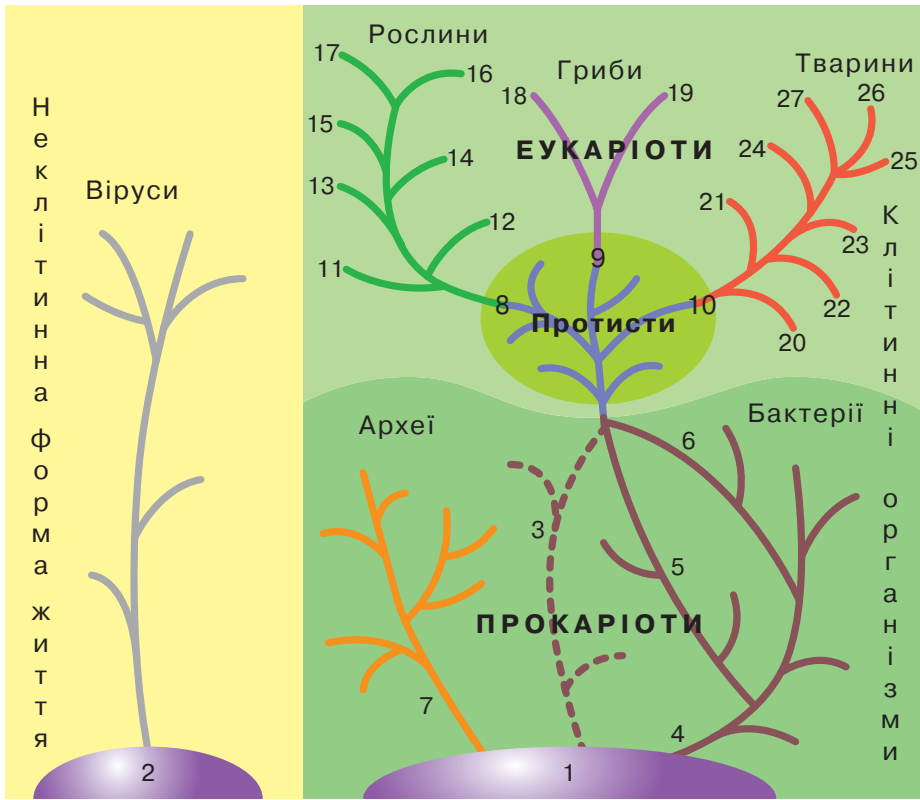


Рис. 160. Філогенетичне дерево живих організмів:

1 — пробіонт (протоклітина); 2 — пробатьківська форма вірусів (хімічний попередник вірусів); 3 — гіпотетична ядерна проклітина; 4 — перші анаеробні без'ядерні гетеротрофи; 5 — фотосинтезувальні бактерії; 6 — аеробні гетеротрофні бактерії; 7 — перші хемосинтезувальні археї; 8 — одноклітинні рослинні організми; 9 — одноклітинні гриби; 10 — одноклітинні тваринні організми; 11 — бурі водорості; 12 — червоні водорості; 13 — зелені водорості; 14 — мохоподібні; 15 — папоротеподібні; 16 — голонасінні; 17 — покритонасінні (квіткові); 18 — сумчасті гриби (аскоміцети); 19 — шапкові гриби (базидіоміцети); 20 — Губки; 21 — Кишквопорожнинні; 22 — Плоскі черви; 23 — Круглі черви; 24 — Кільчасті черви; 25 — Молюски; 26 — Членистоногі; 27 — Хордові



Думаємо, розуміємо, відповідаємо. 1. Що вивчає систематика? 2. Що таке *філогенез*? 3. Назвіть основні таксономічні одиниці. 4. Порівняйте поняття «гомологія» та «аналогія». 5. Що таке *плани будови*?



Самостійна робота з підручником. Чи можуть різні представники одного виду мати різну кількість хромосом? Обґрунтуйте відповідь.



Домашнє завдання. Наведіть докази того, що праця й мова є не тільки наслідком антропогенезу, а і його подальшою рушійною силою.



Запитання для допитливих. Як можна встановити видову самостійність бактерій кишкової палички і чуми, якщо за будовою вони не відрізняються?

§ 48

ОСНОВНІ ГРУПИ ОРГАНІЗМІВ І ЇХ ВИНИКНЕННЯ
В ПРОЦЕСІ ЕВОЛЮЦІЇ. ВІРУСИ, БАКТЕРІЇ, ПРОТИСТИ

ОСНОВНІ ПОНЯТТЯ І ТЕРМІНИ: неклітинна й клітинна форми життя, надцарство Прокаріоти, надцарство Еукаріоти, архебактерії, ціанобактерії, царство Протисти.

Важливі етапи розвитку одноклітинних прокаріотів і еукаріотів. Уважається, що від гіпотетичного предка виникли три типи живих організмів: архебактерії (археї), еубактерії та давні прабатьківські форми еукаріотів, клітина яких мала ядро, цитоплазму й ліпідну мембрану. Ці організми об'єднують у велику систематичну групу — **надцарство Прокаріоти**.

Більшість архей — хемоавтотрофи. Хоча вони не стали попередниками більш складних організмів, проте й досі добре представлені в широкому діапазоні середовищ існування, є важливою складовою екосистеми Землі та становлять майже 20 % загальної біомаси.

Еубактерії та прабатьківські форми еукаріотів були анаеробними гетеротрофами й живилися органічними сполуками, що утворилися в процесі абіотичного синтезу у Всесвітньому океані. Жорстка конкурентна боротьба за органічні речовини для живлення зумовила виникнення двох великих *ароморфозів* — **фотосинтезу** й **аеробного дихання**.

Імовірно, здатність до фотосинтезу виникає раніше від аеробного дихання, оскільки вільний кисень в атмосфері Землі з'являється внаслідок процесу фотосинтезу. На арену життя виходять фотосинтезувальні бактерії (*ціанобактерії*, або *синьо-зелені водорості*) — творці кисневмісної сучасної атмосфери та значної частини первинної біомаси. Збільшення кисню й первинної біомаси в океані стимулювало розвиток аеробних гетеротрофних бактерій.

Наступним великим ароморфозом, що спричинив формування **надцарства Еукаріоти**, було утворення з клітин давніх попередників перших одноклітинних еукаріотичних організмів. Це відбулося завдяки їх ендосимбіозу з фотосинтезувальними й аеробними бактеріями, які перетворилися відповідно на *хлоропласти* й *мітохондрії* в клітинах еукаріотів (див. рис. 151, с. 152).

Віруси. Особливе місце серед живих організмів займають **віруси** — неклітинні форми життя. Поява їх на еволюційному дереві життя й досі не з'ясована. Уважалося, що вони могли виникнути внаслідок спрощення організації бактерій через пристосування до паразитичного способу життя. Однак наявність у них особливих білків, яких немає в інших живих організмів, дає змогу вважати їх давніми організмами, що з'явилися ще до розходження клітинних форм життя на три надцарства (див. рис. 160, с. 167).

Уперше віруси були відкриті в 1892 р. російським ботаніком Д. Івановським під час вивчення хвороби тютюну. У 1898 р. голландський мікробіолог М. Бейєрінк запропонував термін «вірус» (з латин. *отрута*).

Віруси — це дрібні живі організми, розміри яких варіюють у межах 20–300 нм; у середньому вони майже в 50 разів менші за бактерії. Віруси не здатні рости в штучних поживних середовищах і розвиваються лише в живих клітинах. Побудовані вони дуже просто: складаються з нуклеїнової кислоти — ДНК або РНК, яка становить серцевину вірусу, і захисної білкової оболонки — *капсиду*, що її оточує.

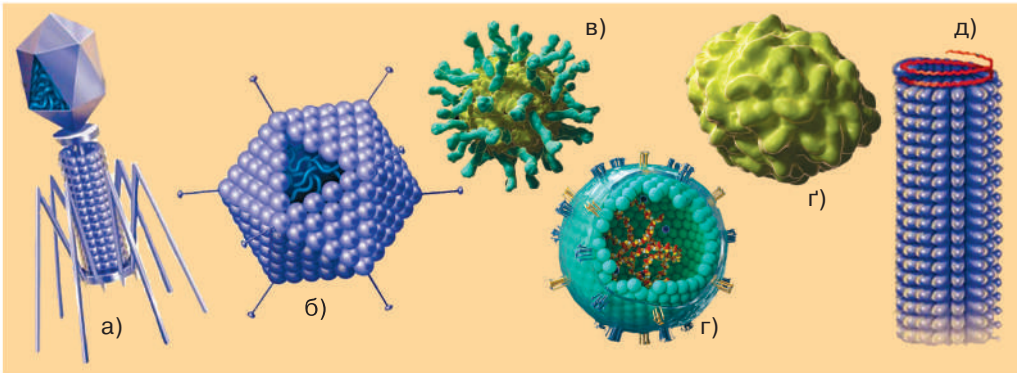


Рис. 161. Представники вірусів: а) бактеріофаг; б) аденовірус; в) вірус поліомієліту; г) вірус кори; г') вірус віспи; д) вірус білкової мозаїки

Віруси, які вражають бактерії, утворюють групу **бактеріофагів** (рис. 161).

За чисельністю віруси є найпоширенішою формою існування органічної матерії на планеті. Бактеріофаги — найбільш поширена й різноманітна група, яка досягає величезної кількості у водних середовищах існування. В океанах чисельність цих вірусів більш як у 10 разів перевищує чисельність бактерій і досягає 250 млн особин на 1 мл морської води.

Віруси є збудниками різноманітних захворювань у людини. Наприклад, вірусними хворобами людини є грип, гепатит А (хвороба Боткіна), кір, поліомієліт (дитячий параліч), сказ, віспа, герпес, імунodefіцит людини (ВІЛ).

Проте віруси можуть давати користь людині. Так, деякі види бактеріофагів використовують для лікування бактеріальних інфекцій, зокрема дизентерії; віруси комах — для боротьби зі шкідливими видами (кровососними комарами, шовкопрядом непарним та ін.). Віруси широко застосовують у *генетичній терапії* — сукупності методів, спрямованих на внесення змін у генетичний апарат клітин людини для лікування захворювань, а також у генетичній інженерії.

Бактерії. Однією з основних груп живих організмів є **бактерії** (з грецьк. *палочка*) — мікроскопічні найпростіші, здебільшого одноклітинні організми. Для бактерій характерні клітини різних форм (рис. 162).

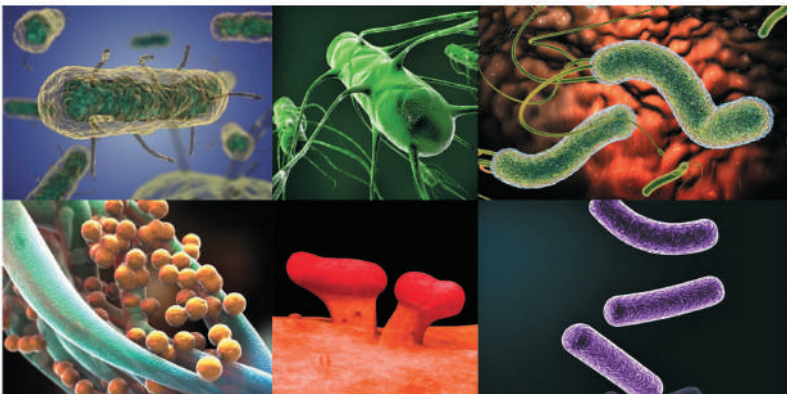


Рис. 162. Різноманітність форм клітин бактерій

До кінця 1970-х років термін «бактерії» був синонімом прокаріотів, але в 1977 р. на підставі даних молекулярної систематики прокаріоти були розділені на два царства: Еубактерії і Архебактерії.

Еубактерії (з грецьк. *справжній*) — велика група одноклітинних організмів, до якої належать бактерії, ціанобактерії та мікоплазми.

Ціанобактерії — організми, які мають ознаки бактерій (міцні клітинні стінки, відсутність відділеного від цитоплазми ядра) і рослин (здатність до фотосинтезу), тому їх іноді називають *синьо-зеленими водоростями*. Описано майже 1400 видів. Деякі ціанобактерії (наприклад, спіруліну) можна вживати в їжу.

Мікоплазми — найдрібніші бактерії, які не мають клітинної стінки й дуже відрізняються від решти бактерій. Мікоплазми можуть бути паразитами або сапрофітами. Декілька їх видів патогенні для людини: вони є збудниками пневмонії та захворювань дихальних шляхів, а також викликають запальні хвороби статевих органів.

Архебактерії (з грецьк. *давній*) — мікроскопічні, переважно одноклітинні, організми, для яких характерна наявність клітинної стінки, цитоплазми, різних включень, відсутність ядра, мітохондрій, пластид та інших органел. Архебактерії живуть у найрізноманітніших місцях — від гарячих джерел (*рис. 163*) і солоних озер до ґрунту, океанів, боліт і товстої кишки людини. Вони відіграють важливу роль у кругообігах Карбогену й Нітрогену.

Бактерії — найдавніша й найпоширеніша група організмів. Описано майже 10 тис. їх видів. Вони присутні в ґрунті, воді, повітрі, на поверхні та всередині живих організмів. Їх можна виявити навіть у снігах полярних областей, гарячих джерел, де вони існують при температурі вище 60 °С. Чисельність бактерій важко визначити. Так, у 1 г ґрунту міститься майже 40 млн бактеріальних клітин, а у світі налічують майже $5 \cdot 10^{30}$ бактерій.

Бактерії (можливо, разом з археями) становлять більше половини біомаси Землі, зокрема половину органічного Карбону і більше ніж 90 % органічних Фосфору й Нітрогену. Планктонні бактерії відповідають за світове виробництво кисню (від 50 до 90 %). В організмі людини міститься в 10 разів більше бактерій, ніж клітин. Найбільше їх на шкірі та в травному тракті.

Бактерії — збудники багатьох захворювань, наприклад, бактеріальної пневмонії, туберкульозу, коклюшу, черевного тифу, дизентерії, холери.



Рис. 163. Плями кольорових термофільних архебактерій

Багато бактерій перебувають у симбіотичних відносинах з еукаріотами. Без їх участі не може нормально відбуватися процес травлення в багатьох тварин і людини. Бактерії також використовують у технологічних процесах отримання харчових продуктів, ліків (антибіотиків). Вони є постійним об'єктом досліджень з генетичної інженерії. Так, після пересадки гена, який кодує синтез гормону інсуліну в людини, у геном бактеріальної клітини відкрилася можливість промислового отримання цього гормону для людей із цукровим діабетом.

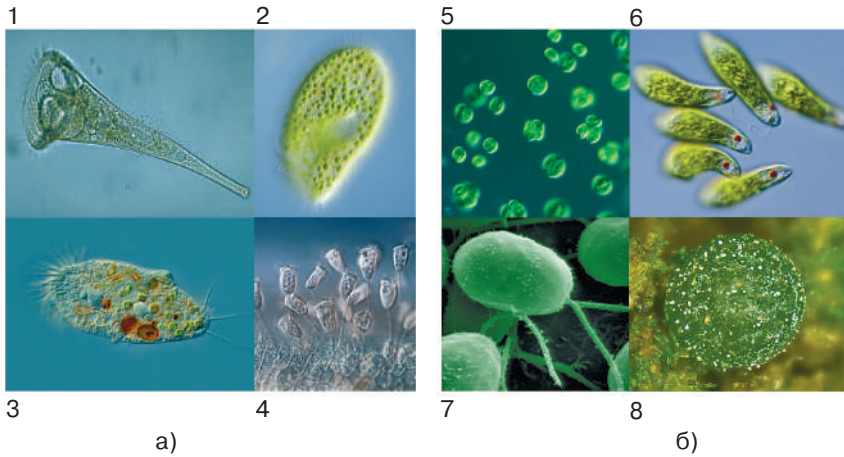


Рис. 164. Одноклітинні організми: а) найпростіші: 1 — трубач; 2 — бурсарія; 3 — стилоніхія; 4 — сувійка; б) одноклітинні водорості: 5 — хлорела; 6 — вольвокс; 7 — хламідомонада; 8 — спірогіра

Протисти. Царство *Протисти* об'єднує найпростіших (рис. 164, а), одноклітинні водорості (рис. 164, б) і нижчі гриби (стінки їхніх клітин, як і клітин рослин, побудовані з целюлози). В одних класифікаціях усі водорості належать до царства Рослини, в інших царства Протисти зовсім немає, а представники цього царства внесені до інших царств: нижчі гриби — до царства Гриби, одноклітинні водорості — до царства Рослини, простіші — до царства Тварини.



Думаємо, розуміємо, відповідаємо. 1. Чому віруси належать до неклітинної форми життя? 2. Яку роль відіграють віруси в житті людини? 3. Які групи організмів належать до надцарства Прокаріоти? 4. Яку роль в житті людини відіграють бактерії?



Самостійна робота з підручником. Складіть у зошиті схему надцарства Прокаріоти.



Домашнє завдання. Підготуйте доповідь про архебактерії.



Запитання для допитливих. Чому не можна використовувати антибіотики для лікування вірусних захворювань?



Це цікаво знати. Кишечник людини в нормі містить 1–5 кг бактерій. Чисельність клітин цих бактерій на порядок перевищує чисельність клітин організму людини. Чисельність клітин прокаріотів на Землі оцінюється в $(4-6) \cdot 10^{30}$, а їх сумарна біомаса становить 350–550 млрд т.



ОСНОВНІ ГРУПИ ОРГАНІЗМІВ І ЇХ ВИНИКНЕННЯ В ПРОЦЕСІ ЕВОЛЮЦІЇ. КОЛОНІАЛЬНІ ОДНОКЛІТИННІ, ГРИБИ



ОСНОВНІ ПОНЯТТЯ І ТЕРМІНИ: колоніальні одноклітинні, спеціалізація, функціональна й морфологічна диференціація, тканини, органи, лишайники, царство Гриби.

Виникнення багатоклітинних організмів. Великим *ароморфозом* у розвитку життя на Землі стало **виникнення багатоклітинних організмів**.

Найімовірніше, багатоклітинні організми з'явилися незалежно в кожному з трьох царств — царствах Гриби, Рослини й Тварини. Виникнення багатоклітинної організації дало значну адаптаційну користь живим організмам, про що свідчить величезна різноманітність видів багатоклітинних.

У чому ця користь полягає?

- Головна перевага — загальне збільшення розмірів багатоклітинних організмів за зниження відносної, тобто розрахованої на одиницю маси, поверхні тіла. Це сприяло більшій стабілізації умов існування клітин усередині багатоклітинного організму (*гомеостаз*). Відносна незалежність внутрішнього середовища організму від зовнішніх умов різко розширила адаптаційні можливості багатоклітинних і сприяла освоєнню ними нових середовищ існування (суходолу, повітряного простору).

- Багатоклітинні організми набули властивість зберігати життєздатність у разі їх часткового пошкодження шляхом відтворення втрачених клітин (*регенерація*).

- Зросла кількість нащадків багатоклітинного організму на відміну від одноклітинних, у яких материнська клітина зазвичай утворює дві дочірні. Це активізувало механізми природного добору та сприяло збереженню й поширенню найбільш пристосованих до умов існування нащадків.

- Клітини багатоклітинного організму почали *спеціалізуватися* на виконанні певної функції, що підвищило функціональні можливості організму в цілому.

Деякі вчені вважають, що багатоклітинні організми виникли внаслідок удосконалення взаємодії клітин у колоніальних формах одноклітинних.

Багатоклітинні організми є лише серед ядерних. Водночас для багатьох прокаріотів характерне утворення колоній. Колоніальні форми також досить поширені серед еукаріотів (*рис. 165*). У колоніях зазвичай відбувається тимчасова **функціональна диференціація клітин** на соматичні та репродуктивні. Проте, якщо розділити колонію на окремі клітини, кожна з них здатна до самостійного живлення, росту, розмноження та утворення нової колонії. Цікаво, що представники найпримітивнішої групи багатоклітинних тварин — **губки** побудовані зі слабо диференційованих клітин і кожна окрема клітина здатна утворити новий організм губки, тобто губки перебувають на проміжній стадії між колоніальними й справжніми багатоклітинними організмами.

Виникнення тканин і органів. Значними ароморфними змінами в еволюції багатоклітинних стала **морфологічна диференціація клітин і утворення тканин**.

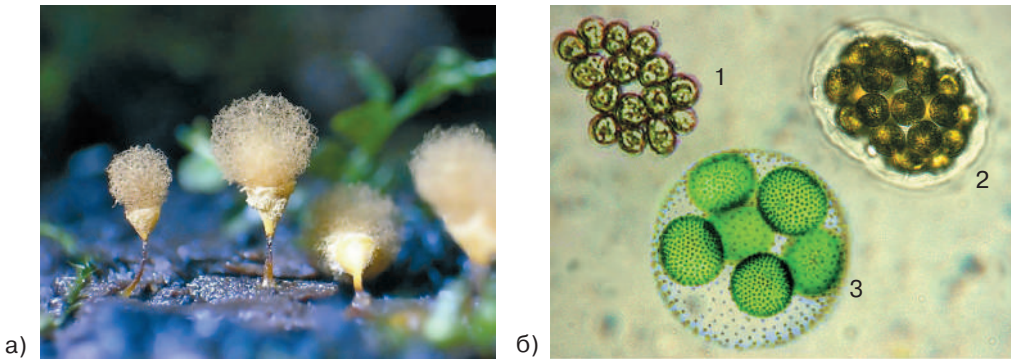


Рис. 165. Колонії еукаріотів:

а) слизівика; б) джгутикових: 1 — гоніум; 2 — пандорина; 3 — вольвокс

Ви вже знаєте, що **тканина** — це сукупність клітин, які мають подібну будову, походження та виконують певні функції в організмі.

До **багатоклітинних організмів, які не мають справжніх тканин**, належать майже всі водорості, гриби, лишайники та губки.

Більшість **водоростей** утворюють вегетативне тіло, яке називають **таломом**. Диференціювання клітин у вегетативному тілі немає. Росте талом у довжину завдяки поперечному поділу клітин, а утворення плоского талому — результат подовжнього поділу. У високорозвинених бурих водоростей уже є тканини.

Міцелій грибів формується з тонких ниток — **гіфів**, які є багатоядерними клітинами. У шапкових грибів з гіфів формується дуже складне за будовою плодове тіло, але справжніх тканин вони не мають.

Лишайники — це переплетення гіфів грибів, між якими містяться синьо-зелені водорості або ціанобактерії. Лишайники мають високу стійкість до несприятливих умов, особливо висихання, а також до екстремальних значень температури й опромінення. Водночас вони чутливі до забруднення. Деякі їх види зникають навіть за незначного забруднення повітря, і тому слугують біоіндикаторами.

Завдяки високій витривалості лишайники — перші організми, що заселяють каміння. До того ж вони сприяють вивітрюванню гірських порід, а після відмирання утворюють невелику кількість гумосу. Лишайниково-рослинні угруповання з домінуванням лишайників укривають 6 % суходолу. Лишайники накопичують біомасу та є кормом для тварин. Деякі з них набули застосування в хімічній і харчовій промисловості, фармацевтиці та парфумерії.

Особливості **губок** були описані раніше. Зазначимо, що в цих тварин уже існує певна тенденція до утворення тканин. Зокрема, клітини поверхневого шару подібні до епітелію. Та всі клітини в тілі губки здатні до перетворення. Вони слабо об'єднані з іншими клітинами й можуть здійснювати амебоїдний рух.

Хоча в описаних вище багатоклітинних організмів справжніх тканин немає, усі вони здатні до утворення певної форми, що ускладнює їхню просторову організацію та забезпечує підвищення ефективності функціонування.

Справжні тканини формуються незалежно в рослин і тварин, забезпечуючи виконання різних, притаманних цим організмам, функцій. Різноманітність типів тканин зростає з ускладненням будови рослин або тварин.

До рослин, які мають справжні тканини, належать папоротеподібні, голонасінні й покритонасінні. Проміжне положення займають мохоподібні. Найважливішими тканинами рослин є *твірні*, *покривні*, *основні*, *провідні* й *механічні* (рис. 166). Вони можуть бути простими й складними. *Прості тканини* містять клітини одного виду (наприклад, коленхіма, меристема), а *складні* — різні за будовою клітини, що виконують крім основних і додаткові функції (епідерма, ксилема, флоема).

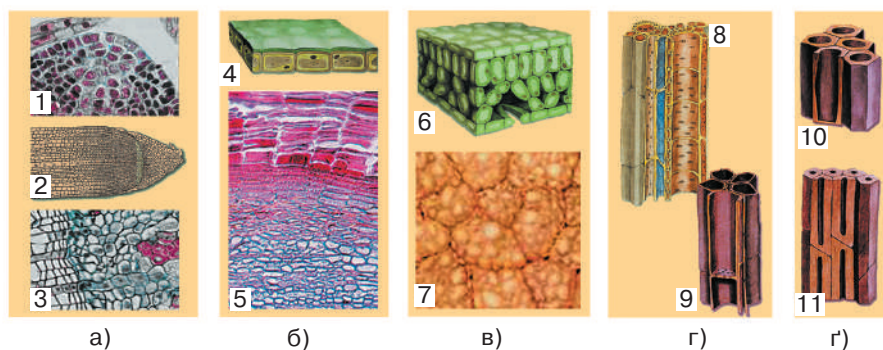


Рис. 166. Тканини рослин: а) твірні: 1 — конус наростання стебла; 2 — зона росту кореня; 3 — камбій; б) покривні: 4 — шкірка; 5 — пробка; в) основні: 6 — фотосинтезувальна; 7 — запаслива; г) провідні: 8 — ситоподібні трубки; 9 — судини; г) механічні: 10 — деревинні волокна; 11 — луб'яні волокна

Справжні тканини мають усі типи багатоклітинних тварин (кишковопорожнинні; плоскі, круглі й кільчасті черви; молюски; членистоногі; хордові), крім типу губки. В організмі тварин розрізняють *епітеліальну*, *сполучну*, *м'язову* та *нервову* тканини (рис. 167).

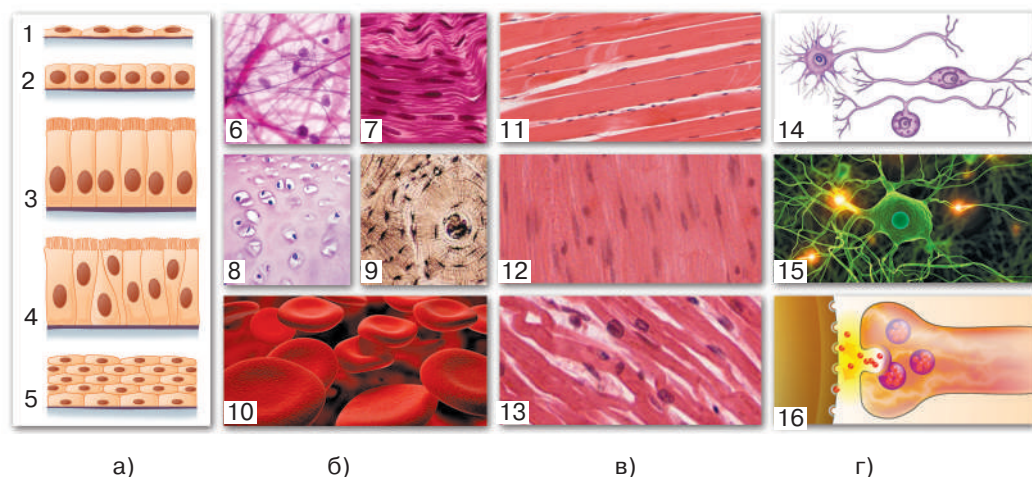


Рис. 167. Тканини тварин: а) епітеліальна: 1 — плоска; 2 — кубічна; 3 — циліндрична; 4 — війчаста; 5 — багатошарова плоска); б) сполучна: 6 — пухка; 7 — щільна; 8 — хрящова; 9 — кісткова; 10 — кров'яна; в) м'язова: 11 — поперечно-посмугована скелетна; 12 — гладенька; 13 — посмугована серцева; г) нервова: 14 — нейрони хребетних; 15 — клітини нейроглії; 16 — синапси на тілі нейрона

Наявність різних типів тканин і використання їх як «будівельного матеріалу» з певними функціями створило умови для формування органів і систем органів. Це забезпечило подальше ускладнення і вдосконалення багатоклітинних організмів, підвищило їхні адаптаційні можливості.

Царство Гриби. До цього царства належать нерухомі нитчасті еукаріоти, не здатні до фотосинтезу, які поглинають шляхом абсорбції поживні речовини з мертвих або живих організмів. Вони виконують функцію *редуцентів*, тобто розкладають складні органічні сполуки на прості або неорганічні, тож мають велике значення в кругообігу речовин у природі.

Ці організми можуть завдавати значної шкоди людині (наприклад, за підвищеної вологості вони активно руйнують дерев'яні будівельні матеріали), спричиняти хвороби й водночас бути корисними як джерело білкової їжі та як основа біотехнологічних процесів.

Для харчових цілей гриби вирощують як сільськогосподарські культури або збирають у природних місцях зростання (рис. 168). Збирання грибів, або «грибне полювання», є популярним видом промислу, активного відпочинку або хобі в багатьох країнах. Проте «грибне полювання» може бути дуже небезпечним, адже серед шапкових грибів є отруйні.

Різноманітні дріжджові гриби використовують у харчовій промисловості: для виробництва оцту, алкоголю та різних напоїв (кефір, кумис, пиво), а також у хлібопекарській промисловості. З певних видів дріжджів виготовляють харчові добавки, багаті на білки. Деякі види дріжджів застосовують для очищення забруднених нафтою водой.

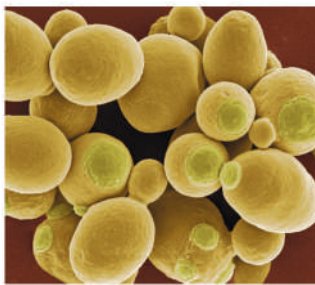
Цвілеві культури здавна застосовують для виготовлення сирів (брі, камамбер, рокфор), виробництва лимонної кислоти з цукристих речовин.

Через те, що в грибах високий вміст хітину, їхня поживна цінність невелика й вони важко засвоюються організмом. Тому гриби не рекомендують давати дітям. Однак кулінарна цінність грибів полягає у високих ароматичних і смакових якостях, тож їх додають у приправи й заправки.

Фунготерапія (лікування грибами, препаратами на основі грибів або продуктів їхньої життєдіяльності) пов'язана з тим, що деякі види грибів продукують речовини, які використовують для лікування бактеріальних інфекцій (антибіотики), онкологічних захворювань (гриб чага). Водночас відомо багато грибкових захворювань людини (дерматози, хвороби волосся, нігтів,



а)



б)



в)

Рис. 168. Представники царства Гриби: а) шапковий гриб; б) дріжджі; в) цвілевий гриб

дихальних і статевих шляхів, ротової порожнини), рослин (іржасті хвороби зернових культур) і тварин (стригучий лишай кішок і собак).

Гриби почали опановувати суходіл приблизно 450 млн років тому (табл. 7).

Більшість грибів багатоклітинні, та є поодинокі одноклітинні (наприклад, дріжджі). Вони не мають тканин, однак утворюють складні плодові тіла (репродуктивні органи), побудовані зі щільно упакованих гіфів.

У процесі еволюції в грибів виникла здатність взаємодіяти з вищими рослинами, формуючи *мікоризу* — симбіотичну асоціацію міцелію гриба з коренями вищих рослин. Мікоризу здатні утворювати представники всіх відділів царства Гриби (особливо базидіоміцети), а з боку рослин у таку взаємодію вступають усі голонасінні, 70 % однодольних і майже 90 % дводольних. Гриби отримують від рослин вуглеводи й амінокислоти, а рослини — воду, мінеральні солі, зокрема сполуки азоту та фосфору.

Виникнення здатності утворювати мікоризу — значний біоценотичний *ароморфоз*, що підвищив адаптивні можливості грибів і насінних рослин під час їх розселення суходолом.

Таблиця 7

Царство Гриби

Відділ	Поява на Землі (млн років тому)	Кількість сучасних видів	Типовий представник
Зигоміцети	450–500	майже 600	Мукор (цвілевий гриб)
Аскоміцети	450–500	30 000 — 55 000	Дріжджі, трюфелі
Лишайники	450–500	майже 20 000	Ягель
Базидіоміцети	450–500	майже 25 000	Білий, шампінйон



Думаємо, розуміємо, відповідаємо. 1. У чому полягає адаптивна користь багатоклітинності? 2. Чим обмежується збільшення розміру одноклітинного організму? 3. Які багатоклітинні організми не мають справжніх тканин? 4. Назвіть тканини рослин і тварин, використовуючи рисунки 166 і 167. 5. Які організми належать до царства Гриби? 6. Яку роль у житті людини відіграють гриби?



Самостійна робота з підручником. 1. Поясніть, у чому полягає відмінність між функціональною і морфологічною диференціацією. 2. Охарактеризуйте значення мікоризи для грибів і рослин.



Домашнє завдання. 1. Порівняйте одноклітинні й багатоклітинні організми. Опишіть основні переваги, властиві багатоклітинним. 2. Підготуйте доповідь про лишайники.



Запитання для допитливих. Як відомо, бактерії також досить часто утворюють колонії. Зробіть припущення, чому в процесі еволюції не виникли багатоклітинні прокаріотичні організми.



Це цікаво знати. Німецький учений М. Рубнер у 1883 р. сформулював **правило поверхні**, згідно з яким *що менші енергетичні витрати організму на одиницю маси, то менша його відносна поверхня*. Енергетичні витрати миші на 1 кг маси у 20 разів перевищують витрати слона на підтримання постійної температури тіла. Інакше кажучи, вигідно бути великим!



ОГЛЯД ОСНОВНИХ ЕУКАРІОТИЧНИХ ТАКСОНІВ: ЦАРСТВО РОСЛИНИ



ОСНОВНІ ПОНЯТТЯ І ТЕРМІНИ: царство Рослини, водорості, мохоподібні, псилофіти, плауни, хвощі, папороті, голонасінні (хвойні), покритонасінні (квіткові), однодольні, дводольні, судинні, спорові, насінні.

Царство Рослини. Фотосинтезуювальні організми, які виділяють кисень і запасують крохмаль, а також мають щільні клітинні стінки (зазвичай із целюлози), об'єднують у **царство Рослини**. Описано майже 350 тис. видів (сучасних і вимерлих). До царства Рослини належать багатоклітинні водорості, мохи, плауни, хвощі, папороті, голонасінні й покритонасінні. Класифікацію цих організмів виконано з урахуванням подібних ознак.

Багатоклітинні водорості. **Водорості** — збірна група фототрофних організмів, які живуть переважно у воді. Різноманітність їхнього забарвлення пояснюється різною пристосованістю до світла. Спектральні компоненти сонячного світла пронизують воду на різну глибину. Червоні промені проникають тільки у верхні шари, а сині — значно глибше. Для функціонування хлорофілу потрібне червоне світло, тому *зелені* водорості трапляються зазвичай на глибині декількох метрів. Завдяки наявності пігменту, який здійснює фотосинтез при жовто-зеленому світлі, *бурі* водорості можуть жити на глибині до 200 м. Пігмент *червоних* водоростей використовує зелене й синє світло, тому ці водорості мешкають на глибині 270 м. Із червоних водоростей виокремлюють полісахарид агар, який набув застосування у виготовленні мармеладу, зефіру й пастили.

Мохоподібні. Освоєння суходолу багатоклітинними рослинами почалося приблизно 400–450 млн років тому. До цього на суші у вологих місцях могли мешкати бактерії, синьо-зелені водорості, одноклітинні тварини й водорості, примітивні гриби. Вони були першими *грунтоутворювачами*.

Найдавніші багатоклітинні рослини — **мохоподібні**, які походять від викопних зелених водоростей. Мохоподібні не мають справжніх тканин, проте в них є органи. Справжні мохи мають багатоклітинні ризоїди, стебло, у якому наявні зачатки провідникових пучків, і листя, побудоване з одного шару клітин (рис. 169). Відсутність механічних і провідних тканин обмежує їхні розміри (в основному, від 5 до 15 см) і можливості поширення на суходолі, а процеси розмноження тісно пов'язані з водним середовищем існування.

У життєвому циклі мохів домінує *гаметофіт*, тобто вегетативне тіло рослини утворюється клітинами з гаплоїдним набором хромосом. На ньому, у спеціальних статевих органах, формуються гамети. Після їх злиття,



Рис. 169. Органи тіла моху

яке відбувається тільки у водному середовищі, на гаметофіті починає формуватися *спорофіт* (частина рослини, що має диплоїдний набір хромосом). Після дозрівання диплоїдні спори розсіюються. Потрапляючи у вологе середовище, вони проростають. Відбувається редукційне ділення й утворюються гаметофіти.

Судинні рослини. Усі судинні рослини (усі вищі рослини, крім мохоподібних) мають сформовані тканини. Провідні тканини (*ксилема* та *флоема*) забезпечують ефективне переміщення води, мінеральних і органічних речовин по рослині.

Важливим надбанням вищих рослин, що забезпечило їхнє розповсюдження на суходолі — середовищі ефективного фотосинтезу, була поява покривної тканини. Її клітини здатні продукувати *кутин* — подібну до бджолиного воску речовину, що обмежує випаровування води з поверхні листя. Водночас у покривах рослин виникають *продихи*, крізь які здійснюється газообмін.

У судинних рослин формуються механічні тканини, які надають міцності рослинам. Вони утворюють каркас, що підтримує всі органи рослин, протидіючи їх зламу, стисненню, розриву. Клітини механічних тканин набули здатності до здерев'яніння — відкладання в стінках клітин речовини *лігніну* (з латин. *деревина*), яку за міцністю можна порівняти з бетоном. Велику роль у наданні тілу рослини міцності відіграють *луб'яні* волокна, які завдяки еластичності перешкоджають поперечним зламам стовбурів і гілля рослин.

Судинні спорові рослини. У життєвому циклі всіх судинних рослин переважає спорофіт.

Перші судинні рослини (*псилофіти*), що опанували суходіл приблизно 400 млн років тому, мали ще слабодиференційоване тіло у вигляді дихотомічно розгалуженого стебла без коренів і листя. Частина тіла

містилася на поверхні ґрунту або була в нього частково занурена (як кореневище в сучасних хвощів). Фотосинтезувальним органом у псилофітів було розгалужене стебло. Поступово в їхніх нащадків (вищих спорових — *плавунів, хвощів і папоротей*) формуються корінь, стебло та листя, тобто типові органи вищих рослин (рис. 170, 171).

Незважаючи на вдосконалення морфологічної будови тіла, спорові судинні рослини не змогли повністю опанувати суходіл, тому що **для їх розмноження необхідна вода**, у якій переміщуються статеві клітини.

Свого розквіту вони досягли в кам'яновугільний період (рис. 172). Клімат цього періоду був теплим і вологим, що сприяло буйному росту рослин. Висота деяких вищих спорових досягала 30 м. Накопичення залишків рослин сприяло продовженню процесу ґрунтоутворення, а ті з них, що потрапляли на дно водойм, поступово перетворилися на кам'яне вугілля.

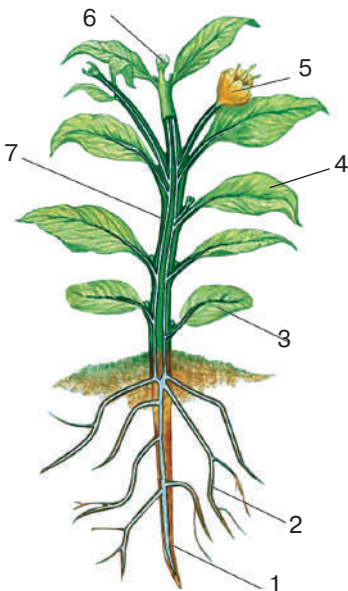


Рис. 170. Схема будови тіла судинних рослин: 1 — головний корінь; 2 — бічні корені; 3 — сім'ядолі; 4 — лист; 5 — квітка; 6 — верхівкова брунька; 7 — стебло

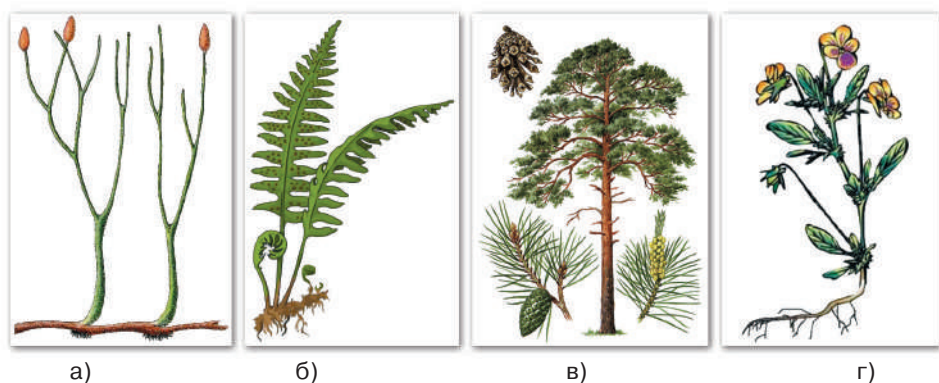


Рис. 171. Приклади будови тіла спорових (а, б) і насінних (в, г) судинних рослин: а) псилофіт (перші наземні спорові); б) папороть (сучасні наземні спорові); в) сосна (голонасінні); г) фіалка (покритонасінні)

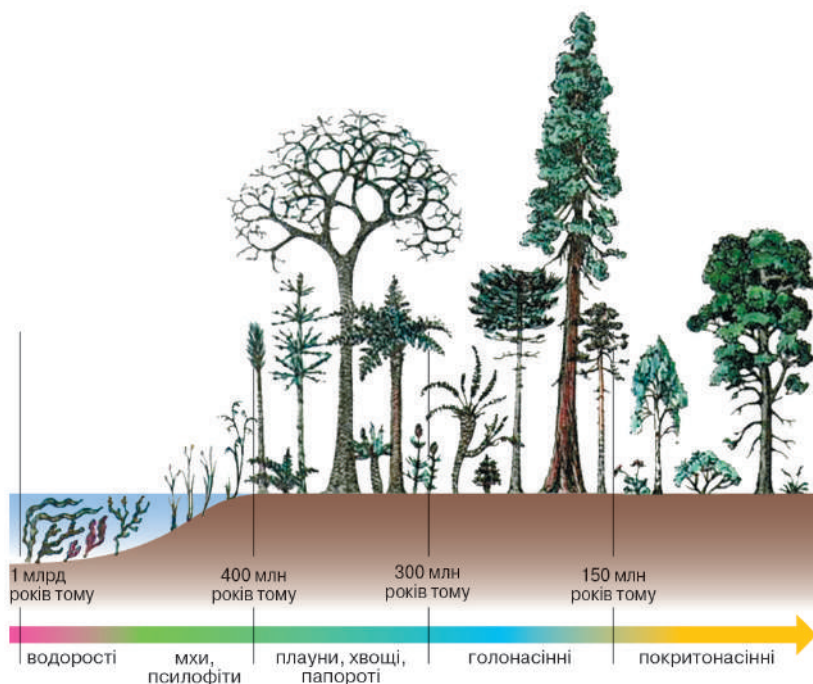


Рис. 172. Головні етапи розвитку рослинного світу

Судинні насінні рослини. Приблизно 300 млн років тому, наприкінці кам'яновугільного (на початку пермського) періоду, від папоротей виникають перші **голонасінні рослини**. Їх поява була пов'язана зі зміною клімату — сухий клімат спричинив масове вимирання вищих спорових рослин, які потребували води для процесів запліднення. **Поява насінини та запліднення, що не залежало від наявності води**, — ароморфози, які зробили голонасінних лідером суходільних рослин приблизно на 100 млн років (рис. 172). Завдяки цим ароморфозам голонасінні проникли в глиб материків і заселили їх. Вони й нині успішно розвиваються, хоча дещо поступилися місцем покритонасінним.

Насінина голонасінних (рис. 173, в) має зародок із корінцем і стебельцем та бруньку із зародковими листками (*сім'ядолями*). Вона вкрита щільною насінневою шкіркою й містить запас поживних речовин (*ендосперм*). Така насінина легко переживає несприятливі погодні умови, зокрема пересихання, і не втрачає здатності до проростання протягом декількох років.

Пилкок голонасінних рослин переносить вітер. Потрапляючи на розташований відкрито насіннєвий зачаток (рис. 173, а), пилкок проростає (рис. 173, б) й утворює пилкову трубку, яка проростає через пилковхід. Коли вона досягає яйцеклітини, відбувається запліднення. Живлення пилка здійснюється за рахунок насіннєвого зачатка.

Усередині насіннєвого зачатка міститься *нуцелус* (з латин. *горішок*) — багатоклітинне утворення, у якому формується спочатку гаплоїдна яйцеклітина, а після запліднення — зародок та ендосперм.

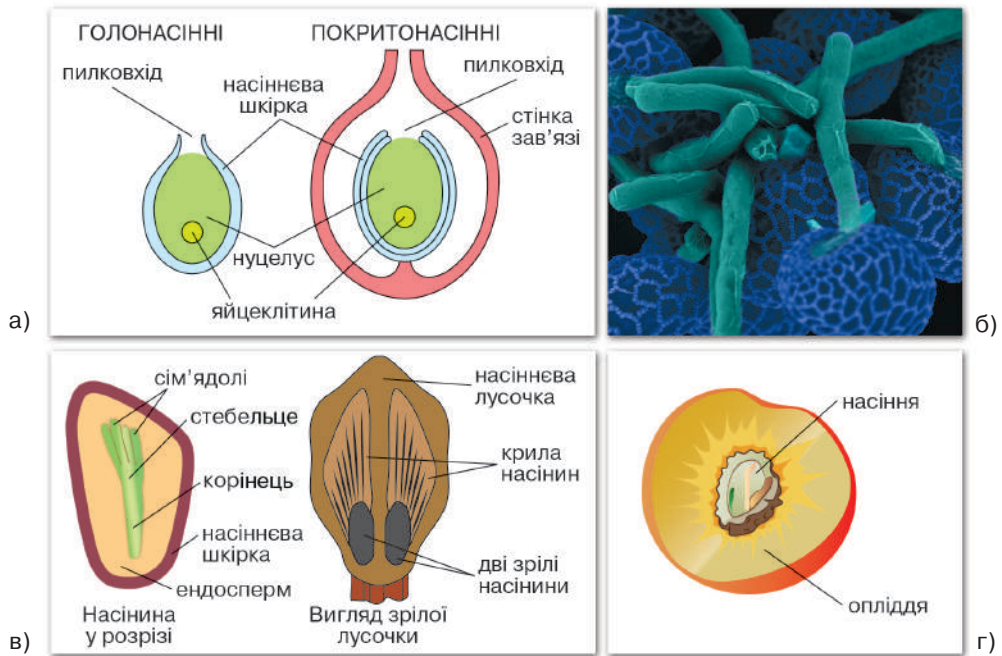


Рис. 173. Насіннини рослин: а) схема будови насіннєвого зачатка голонасінних і покритонасінних; б) утворення пилкової трубки в процесі проростання пилка; в) будова насіннини голонасінних (сосни); г) будова насіннини покритонасінних (персика)

Останній значний ароморфоз у розвитку флори Землі — **виникнення квітки із зав'язю, усередині якої відбувається розвиток насіннини в умовах захищеності від несприятливих факторів** — відбувся в крейдяному періоді мезозойської ери, приблизно 150 млн років тому. Це зумовило еволюційний і біологічний прогрес відділу вищих судинних насінних рослин, які називають **квітковими**, або **покритонасінними**. Унаслідок ідіоадаптації виникли два класи Квіткових — Однодольні й Дводольні.

Із зав'язі квіткових рослин утворюється плід, функція якого полягає в поширенні насіння різними способами (за допомогою тварин, вітру, води, самороз-

кидання). Крім того, плід додатково надійно захищає насіння. Існує величезна різноманітність плодів.

Покритонасінні мають найскладнішу будову вегетативних органів. Ці рослини представлені деревами, кущами й травами. До них належать і гігантські евкалипти понад 100 м заввишки, з обхватом стовбура майже 20 м, і маленька ряска, розмір якої не перевищує декількох міліметрів. Серед них є ліани й сукуленти (наприклад, кактуси). Загальна кількість видів квіткових рослин становить 235 тис. (табл. 8).

Попередниками квіткових рослин були вимерлі насінні папороті.

Таблиця 8

Царство Рослини

Відділ	Поява на Землі (млн років тому)	Кількість сучасних видів	Типовий представник
Підцарство Нижчі Рослини			
Водорості: зелені (одноклітинні й багатоклітинні)	1000	7000	Хлорела, спірогира
бурі (багатоклітинні)	700–1000	1500	Ламінарія
червоні (багатоклітинні)	700–1000	4000	Порфіра
Підцарство Вищі Рослини			
Мохоподібні	400–450	16 000	Зозулин льон
Псилофіти	400	Декілька видів	Псилот голий
Плауни	300	1000	Плаун булавоподібний
Хвощі	300	15	Хвощ польовий
Папороті	300	12 000	Орляк звичайний
Голонасінні (Хвойні)	200–250	550	Сосна звичайна
Покритонасінні (Квіткові): клас Однодольні клас Дводольні	130	65 000 170 000	Пирій звичайний Квасоля звичайна



Думаємо, розуміємо, відповідаємо. 1. Чим відрізняються судинні й несудинні рослини за будовою? 2. Охарактеризуйте особливості розмноження спорових і насінних рослин. 3. Які ароморфози забезпечили поширення рослин суходолом? 4. Назвіть перші рослини, які почали опановувати суходіл. 5. Охарактеризуйте основні етапи розвитку царства Рослини.



Самостійна робота з підручником. Охарактеризуйте основні ароморфози, що зумовили різноманіття рослин.



Домашнє завдання. Складіть у зошиті порівняльну таблицю позитивних і негативних факторів існування рослин у водному середовищі та на суходолі.



Запитання для допитливих. Який внесок зробили різні групи рослин у процеси ґрунтоутворення на Землі?



ОГЛЯД ОСНОВНИХ ЕУКАРІОТИЧНИХ ТАКСОНІВ: ЦАРСТВО ТВАРИНИ



ОСНОВНІ ПОНЯТТЯ І ТЕРМІНИ: царство Тварини, плани будови, зародкові листки, ектодерма, ентодерма, мезодерма, первинна й вторинна порожнини тіла, радіальна й двобічна симетрія тіла, м'язовий механізм руху, рідинний скелет (гідро-скелет), жорсткий локомоторний скелет, дистантні рецептори.

Еволюція тварин. Стратегічним напрямом прогресивної еволюції тварин є вдосконалення механізмів, що забезпечують активний рух. Саме *цілеспрямований рух* — характерна особливість більшості представників цього царства, адже саме в процесі руху тварини знаходять їжу, необхідну для їхньої життєдіяльності.

Зростання кількості й різноманітності тваринних організмів у процесі розвитку життя на Землі дедалі більше загострювало конкуренцію за джерела поживних речовин. Еволюційні переваги отримували ті тварини, які були спроможні швидко виявити, наздогнати та з'їсти здобич, не будучи при цьому з'їденими. Тому саме розвиток апарату руху є найважливішою ланкою в еволюції тварин.

Розглянемо ті морфофункціональні надбання (*ароморфози*), які зумовили формування основних планів будови багатоклітинних тварин і відповідають сучасним типам тварин: Губки, Кишквопорожнинні, Плоскі черви, Круглі черви, Кільчасті черви, Молюски, Членистоногі, Голкошкірі, Хордові.

Виникнення всіх типів в еволюції багатоклітинних тварин відбулося досить «швидко». Їхні перші викопні залишки знаходять у протерозойських відкладеннях і вони представлені одразу декількома типами. Уже в докембрійський період (приблизно 650 млн років тому) у відкладеннях виявлені губки, кишквопорожнинні, різні черви, членистоногі й голкошкірі. У морях кембрійського періоду (540–500 млн років тому) уже існують усі типи тварин, включно з хордовими. У наступні періоди еволюція тварин характеризується лише пристосуванням до різних умов середовищ існування та вдосконаленням основних планів будови.

Двошарові багатоклітинні тварини. *Двошаровими* є тварини, які належать до типів Губки та Кишквопорожнинні (рис. 174). У процесі ембріогенезу в цих тварин утворюється личинка, що складається з двох шарів клітин — зовнішнього, або *ектодерми*, і внутрішнього, або *ентодерми*. Етап формування двошарового зародка проходять усі багатоклітинні тварини, але тільки в губок і кишквопорожнинних тіло дорослих осіб складається з цих двох шарів.

Вам уже відомо, що в представників типу *Губки* слабо виражене диференціювання клітин і вони не мають тканин і органів. Уважається, що це сліпа гілка, яка започаткувала філогенетичне дерево багатоклітинних. Виникли губки в докембрійський період і досягли розквіту в мезозойську еру.

Кишквопорожнинні мають виражене диференціювання клітин і в них починають формуватися тканини. Відомі кишквопорожнинні з кембрійського періоду. У палеозойську еру коралові поліпи відігравали важливу роль у фор-

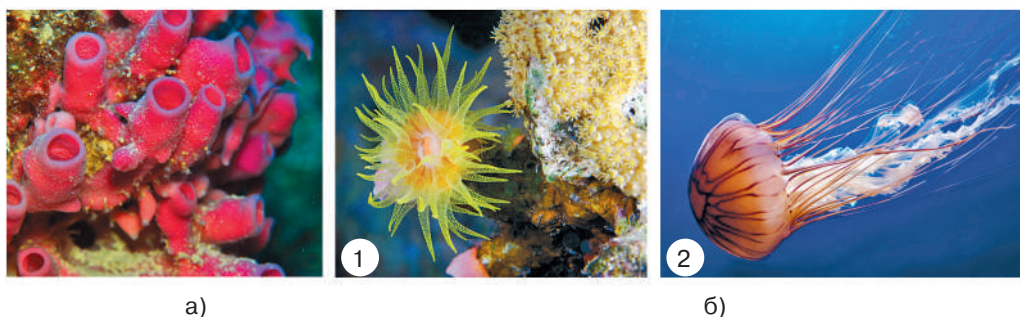


Рис. 174. Двошарові тварини: а) тип Губки (губки); б) тип Кишководорожнинні: 1 — актинія; 2 — медуза

муванні коралових рифів. Кишководорожнинні є родоначальниками всіх інших груп багатоклітинних тварин, крім губок.

Двобічна симетрія тіла. У тварин розрізняють два основні типи симетрії тіла — радіальну й двобічну симетрію. Губки й кишководорожнинні мають радіальну симетрію тіла, яка не сприяє швидкому цілеспрямованому руху тварини, тому що мішкоподібне тіло створює значний опір руху. Для більш високоорганізованих типів тварин характерна двобічна симетрія тіла, яка є пристосуванням до направленої руху вперед (рис. 175).

Відбувається подовження тіла та формування його поздовжньої осі. До того ж **дистантні рецептори** (зорові, нюхові, слухові та ін.) розміщуються на передньому кінці тіла, поблизу ротового отвору. Тут також концентруються й нервові центри. Вони забезпечують сприйняття інформації, що надходить від цих рецепторів, і керування рухом тварини. Формуються передній (головний) і задній (хвостовий) кінці тіла, ліва й права його частини. Тіла тварин стають двобічно-симетричними.

Двобічна симетрія характерна для всіх багатоклітинних, які зазвичай активно рухаються і перебувають на вищому рівні розвитку, ніж Кишководорожнинні. Радіальна симетрія в представників типу **Голкошкірі** є пристосуванням до сидячого способу життя та зберігається при вторинному переході до рухливого способу життя.

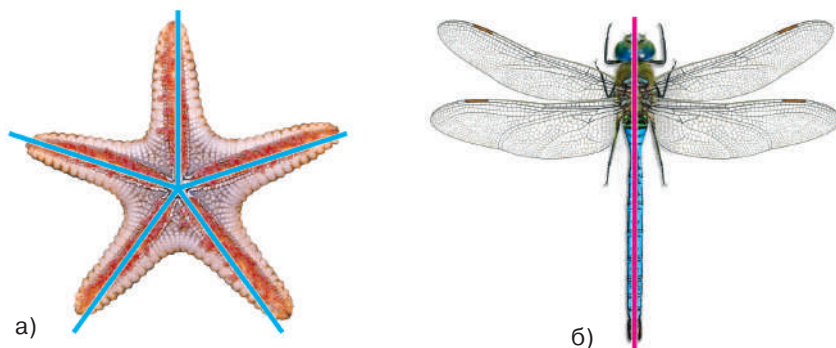


Рис. 175. Типи симетрії тіла: а) радіальна (морська зірка); б) двобічна (бабка)

Мезодерма та м'язовий механізм руху. Одноклітинні тварини мають два механізми руху: амeboїдний і за допомогою спеціальних органел — *війок* і *джгутиків*. Ці механізми досить ефективні за малих розмірів організмів. Зі збільшенням їхніх розмірів до декількох міліметрів опір руху тіла зростає настільки, що подібні механізми не можуть забезпечити цілеспрямованого руху тварини, а спричиняють плин рідини вздовж її тіла або крізь порожнини тіла, як у губок. Тому ці механізми не можуть бути основою руху багатоклітинних тварин.

У багатоклітинних виникає **м'язовий механізм руху**. Він пов'язаний із формуванням м'язових клітин, що спеціалізуються на створенні сили за рахунок скорочення в напрямі їхньої поздовжньої осі. Здатність цих клітин до скорочення забезпечується гіпертрофією скоротливої системи, утвореної *актином* і *міозином*.

Зачатки м'язових клітин мають уже кишковопорожнинні. У них є епітеліальні клітини, які виконують і функцію скорочення. Проте через потребу здійснювати паралельно дві функції — захисну й скоротливу — можливості вдосконалення рухового апарату цих тварин були обмеженими.

Учені вважають, що в одній або декількох груп примітивних кишковопорожнинних з'являється третій зародковий листок — *мезодерма*. Від цих примітивних вимерлих організмів виникли три еволюційні гілки багатоклітинних — це типи **Плоскі, Круглі** (рис. 176, а) і **Кільчасті черви** (рис. 176, б).

Перші два типи виявилися *тупиковими* й не започаткували виникнення інших, більш високоорганізованих типів.

Кільчасті черви є групою, представники якої дали поштовх для розвитку більш високоорганізованих багатоклітинних: **Молюсків, Членистоногих і Хордових**.

Поява третього зародкового листка сприяла виникненню м'язових клітин і диференціації м'язової тканини.

Розвиток мускулатури забезпечив прогрес трьом типам багатоклітинних, у межах яких відбулося формування великої кількості видів, що опанували найрізноманітніші екологічні ніші.

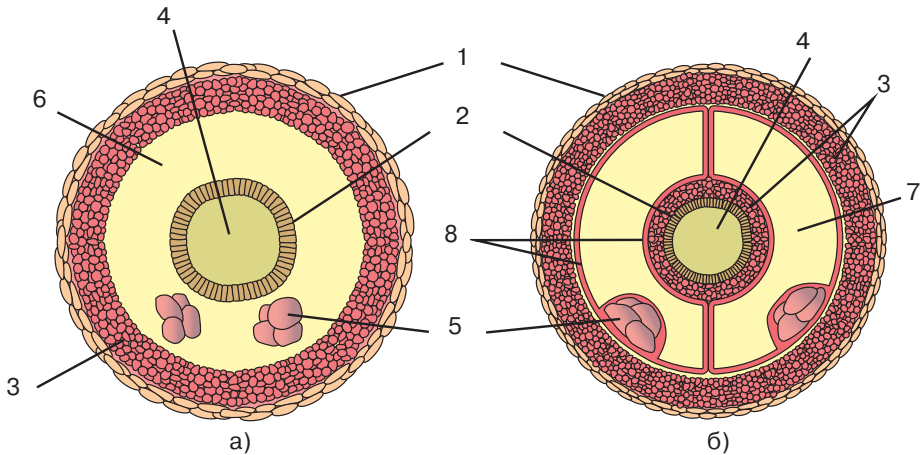


Рис. 176. Схематична будова тіла первиннопорожнинних (а) і вториннопорожнинних (б) тварин: 1 — ектодерма; 2 — ентодерма; 3 — мезодерма (з клітин мезодерми формується мускулатура); 4 — порожнина кишки; 5 — внутрішні органи; 6 — первинна порожнина тіла; 7 — вторинна порожнина тіла; 8 — стінка вторинної порожнини тіла

Невідомо, у який період розвитку життя на Землі виникли черви, але безсумнівно, що вони з'явилися ще в докембрійський період.

Виникнення основних молекулярних механізмів м'язового скорочення і формування мускулатури відбулося на ранніх етапах еволюції багатоклітинних тварин. Надалі мало місце вдосконалення способів їх використання, що було пов'язано з **розвитком опорних структур і нервових механізмів регуляції фізіологічних функцій**.

Вторинні порожнини тіла. Ефективність використання сили, що виникає в процесі скорочення м'язів, залежить від наявності опорних утворень.

Рідинний скелет (гідроскелет), представлений *мезоглеєю* в кишковопорожнинних, *паренхімою* в плоских червів і *рідиною в первинній порожнині* тіла в круглих червів, — це неефективна опора для м'язів. Він не може забезпечити прикладання сили до певної частини тіла. Створюваний м'язами тиск рідини всередині тіла рівномірно передається на всі його ділянки, сприяючи відновленню вихідної форми гідроскелета. Тому кишковопорожнинні, плоскі та круглі черви не здатні до швидкого руху.

Перша ефективна опорна система з'являється в еволюції багатоклітинних тварин у кільчастих червів. Це вторинна порожнина тіла (рис. 176, б).

Вторинна порожнина тіла — система каналів усередині тіла, що має власну стінку. Стиснення м'язами однієї частини вторинної порожнини спричиняє перекачування рідини в іншу її частину, де й відбувається прикладання сили. Такий гідроскелет можна порівняти із системою гідравлічної передачі зусилля з педалі гальм на гальмівні колодки автомобіля.

Виникнення вторинної порожнини тіла — важливе еволюційне надбання, що значно підвищило рухливість тварин. Вторинну порожнину тіла для цілеспрямованого руху, крім кільчастих червів, використовують представники класів **Двостулкові** та **Червоногі молюски** (рис. 177).

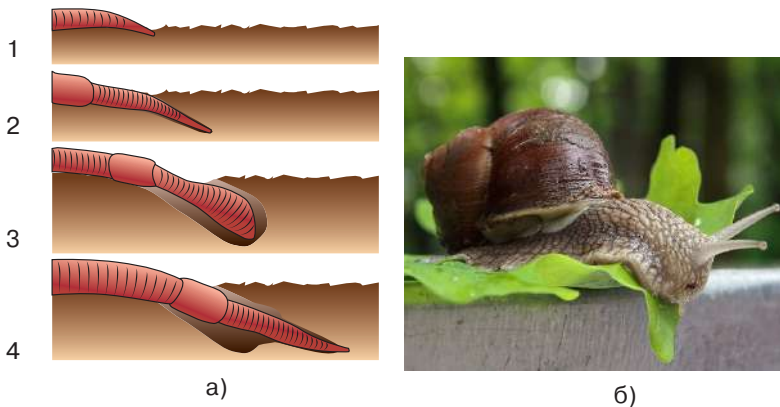


Рис. 177. Цілеспрямований рух, що здійснюється з використанням вторинної порожнини тіла: а) схема етапів заглиблення дощового черв'яка у пісок; 1, 2 — скорочення кільцевих м'язів зумовлює подовження тіла черв'яка й заглиблення переднього кінця в пісок; 3 — скорочення поздовжніх м'язів підтягує хвостовий кінець тіла черв'яка;

4 — цикл повторюється; б) рух черевоногого молюска

Жорсткий локомоторний скелет. Значно ефективнішою опорою для м'язів є жорсткі скелетні структури. Формування жорсткого скелета спостерігається в еволюції трьох вищих типів багатоклітинних: *Молюсків*, *Членистоногих* і *Хордових*.

У представників типу **Молюски** зовнішній скелет (раковина) виконує на-сам-перед захисну функцію й лише частково задіяний у забезпеченні руху. Використання молюсками для руху гідроскелета визначило те, що серед цих тварин немає швидкісних видів. Водночас зовнішній скелет, хоч і не сприяв формуванню швидкісних видів, дав молюскам можливість освоїти різні екологічні ніші як у водному середовищі, так і на суходолі, забезпечуючи надійний захист тварини.

Тип Молюски — один із найчисельніших за видами, і його представники є невід'ємною частиною сучасної фауни Землі (табл. 9).

Таблиця 9

Царство Тварини

Тип	Поява на Землі (млн років тому)	Кількість сучасних видів	Типовий представник
Одноклітинні	4000–2500	40 000	Амеба, плазмодій
Губки	650	понад 3000	Губка
Кишковопорожнинні	650	майже 9000	Актинія, медуза
Плоскі черви	650	майже 25 000	Турбеларії, або війчасті черви, трематоди, ціп'яки
Круглі черви	650	понад 24 000	Аскарида
Кільчасті черви	650	майже 18 000	Дошовий черв'як
Молюски клас Черевоногі клас Двостулкові клас Головоногі	650	понад 120 000 майже 110 000 від 9 000 до 20 000 800	Равлик виноградний Мідія їстівна Тихоокеанський кальмар
Членистоногі клас Ракоподібні клас Павукоподібні клас Комахи	650	понад 1 250 000 понад 73 000 понад 114 000 понад 1 070 000	Камчатський краб Павук-хрестовик Травневий хрущ
Голкошкірі	550	майже 7000	Морська зірка, морська лілія, морські їжаки
Хордові	500–550	понад 57 000	Ланцетник Біла акула Короп звичайний Жаба ставкова Ящірка живородна Білий лелека Олень благородний
Підтип Безчерепні клас Ланцетники	500–550	майже 30	
Підтип Черепні (Хребетні)	530		
клас Хрящові	400	понад 1000	
клас Кісткові	380–400	понад 25 000	
клас Земноводні	360	понад 6000	
клас Плазуни	300	понад 9000	
клас Птахи	190–225	понад 10 500	
клас Ссавці	250	майже 5500	

Винятком у цьому типі є представники класу **Головоногі молюски** — *каракатиці* та *кальмари*. Це еволюційно молода група, яка виникла наприкінці девонського періоду й розвивалася в умовах гострої конкуренції з рибами, а нині перебуває в періоді свого розквіту. У цих тварин відбулася *редукція* (спрощення будови) жорсткого захисного скелета й він перетворився на хрящовий тяж, розташований на спинній частині тіла. Його функції аналогічні з функціями внутрішнього скелета хордових.

Жорсткий локомоторний скелет (з латин. *місце* і *рух*) характерний для двох найбільш високорозвинених типів тварин, які мешкають нині на Землі й опанували водняний і повітряний простір, поверхню суходолу та населений верхній шар земної кори, — це типи *Членистоногі* та *Хордові* (рис. 178).

Членистоногі з'являються ще в докембрійський період. Найдавнішим членистоногим був *трилобіт*, розповсюджений у морях кембрійського періоду.

Членистоногі протягом своєї еволюції активно освоювали всі доступні для життєдіяльності екологічні ніші. У силурійському періоді відбувається їх вихід на суходіл. У кам'яновугільному періоді з'являються перші крилаті комахи. Розквіт членистоногих класу Комахи починається в крейдяний період унаслідок їх спільної еволюції (*кoeволюції*) з квітковими рослинами.

Нині тип Членистоногі — найчисленніший тип, що налічує понад 1 млн видів (див. табл. 8). Його прогресивна еволюція, безсумнівно, пов'язана з виникненням жорсткого зовнішнього скелета, що сформувався як похідний з епітеліальних покривів тіла. Скелет членистоногих є місцем прикріплення **соматичних м'язів** — м'язів тіла, що забезпечують рух. Рухомі з'єднання різних частин скелета, особливо кінцівок, які утворюють важелі, забезпечують ефективне використання сили м'язів. Крім того, зовнішній скелет — це захист м'яких частин тіла членистоногих.

Водночас зовнішній скелет створює проблеми для росту тварини. Більшість дорослих комах не росте, зберігаючи одні й ті самі розміри протягом усього життя. У період росту членистоногі періодично линяють, тобто скидають старий зовнішній скелет й обростають новим. У цей час тварина стає беззахисною, вона не здатна рухатися.

Тіло наземної більш-менш великої тварини в період линьки було б роздавлене власною масою. Для водняних тварин це не має істотного значення, тому що

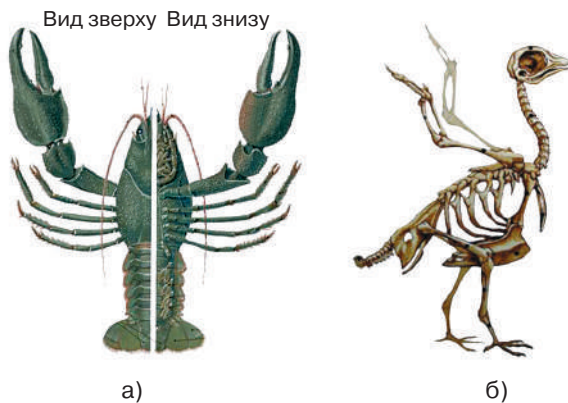


Рис. 178. Скелет: а) членистоногих (річковий рак); б) хордових (голуб)

маса їхнього тіла підтримується водою. Тому серед водяних членистоногих є великі тварини (наприклад, лангуст, далекосхідний краб), а наземні членистоногі зазвичай малих розмірів. (Багато комах вирішують цю проблему за рахунок того, що період росту проходить у лялечці або личинка розвивається у воді).

Хордові належать до вторинноротих тварин. У них в ембріогенезі на місці первинного рота (бластопора) формується анальний отвір, а ротовий отвір виникає на протилежному боці первинної кишки. До вторинноротих також належать тварини типу Голкошкірі. Всі інші багатоклітинні тварини — первиннороті.

Хордові мають внутрішній локомоторний скелет. Найвищого розвитку він досяг у підтипу *Хребетні*. Перші хордові з'являються на еволюційній арені майже одночасно з основними групами безхребетних тварин у кембрійському періоді. Значного еволюційного успіху нижчі хордові не досягли. Однак з моменту появи перших хребетних, залишки яких виявлені у відкладеннях ордовіцького періоду (приблизно 450 млн років тому), їх роль в еволюційних процесах стає провідною.

Хребетні швидко розвиваються, успішно конкуруючи й витісняючи з арени еволюційної боротьби представників інших типів тварин. Безсумнівно, основою їхнього еволюційного успіху є така ознака будови, як **внутрішній кістковий осьовий скелет**. Головна його перевага полягає в тому, що він **дає змогу використовувати для руху практично всю соматичну мускулатуру**. Зусилля, створюване м'язами, що розташовані в будь-якій частині тіла, через хребет передається на орган, який створює рушійну силу (наприклад, на хвостовий плавець водяних хребетних). Завдяки здатності розвивати високі швидкості хребетні мають переваги в боротьбі за їжу та можливість урятуватися втечею від сильнішого, але більш кволого хижака.

Другою перевагою внутрішнього скелета є те, що він **може мати таку саму міцність, як і зовнішній, хоча його маса буде меншою**. А що менша маса тих частин тіла, які не беруть участі у створенні рушійної сили, то вищу швидкість може розвинути тварина, витрачаючи на рух менше енергії. (Легковий автомобіль з потужним двигуном швидше долає відстань і витрачає на це менше пального, ніж вантажний).

Третьою перевагою внутрішнього скелета є те, що він **не обмежує ріст**. Саме серед хребетних відомі найбільші тварини (кити, слони, динозаври), хоча відомі й дуже дрібні, маса яких у дорослому віці не перевищує декількох грамів (колібрі, землерийка). Великі розміри дають значні термодинамічні переваги й роблять життя великої тварини безпечнішим.

Явною *перевагою* зовнішнього скелета є те, що він **захищає м'які частини тіла**. Перші хребетні, так звані щиткові риби, мали на спині добре розвинені зовнішні кісткові пластини, які слугували для захисту від великих хижих ракоподібних. Однак у подальшому хребетні відмовляються від захисного зовнішнього скелета, тому що він обмежував швидкість руху. Хоча деякі захисні властивості зовнішнього скелета вони все ж використовують. Наприклад, головний мозок від пошкоджень захищає кісткова черепна коробка.

Наявність жорсткого локомоторного скелета в членистоногих і хребетних визначила переваги цих двох типів під час освоєння суходолу, де вони опанували всі екологічні ніші (рис. 179).

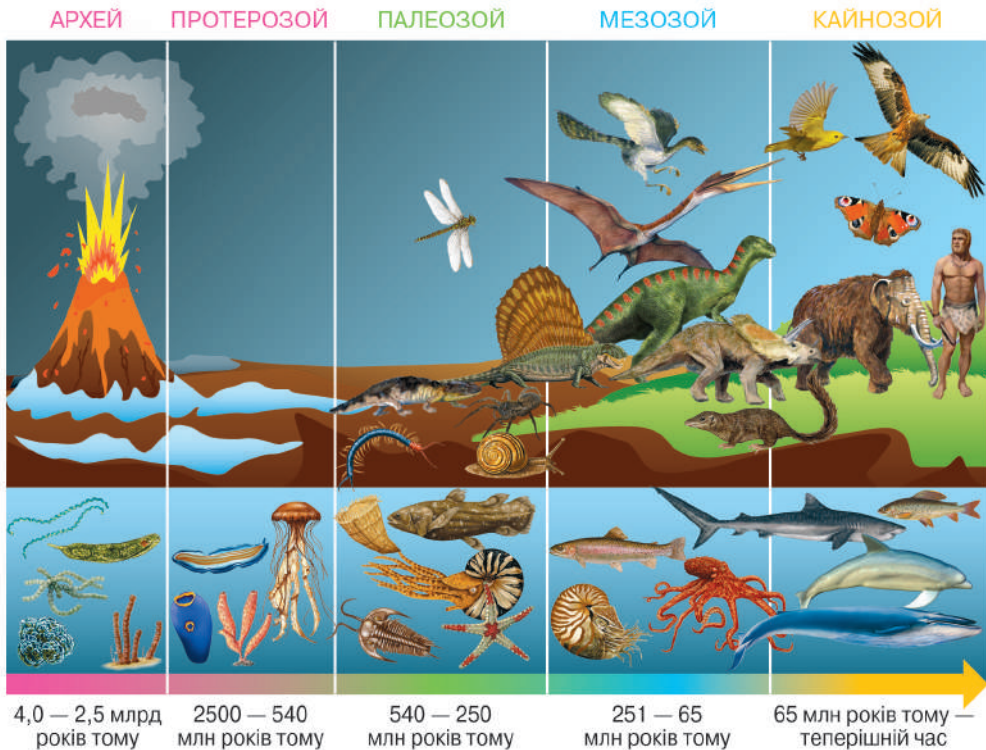


Рис. 179. Головні етапи розвитку тваринного світу

Механізми координації руху. Високі швидкості пересування, характерні для тварин з жорстким локомоторним скелетом, сприяли розвитку чутливих утворень, зокрема *дистантних рецепторів*. Розвиваються зорові, нюхові та слухові рецепторні структури й вестибулярний апарат.

Збільшення потоку чутливої інформації зумовило розвиток нервових структур, що беруть участь у її сприйнятті й обробленні. Оскільки дистантні рецептори розміщуються на голові, то саме в цій частині тіла зростає кількість нервових клітин. У хребетних формується добре розвинений **головний мозок**, який у членистоногих і головоногих молюсків представлений **головними гангліями** (рис. 180, с. 190).

Розвиток нервової системи в тварин, що належать до цих трьох типів, зумовив виникнення складних **поведінкових реакцій** як **вроджених** (безумовні рефлекси й інстинкти), так і **набутих** протягом життя (умовні рефлекси). Поведінкові реакції стають однією з провідних ланок в еволюції вищих хребетних і комах. Виникають групові форми поведінки, що визначили появу **зграйного** та **стадного способу життя** в багатьох видів птахів і ссавців та виникнення **суспільних комах**.

Групова поведінка тварин — це етап розвитку нервової діяльності, що є найважливішою сходинкою до соціальної форми поведінки Людини.

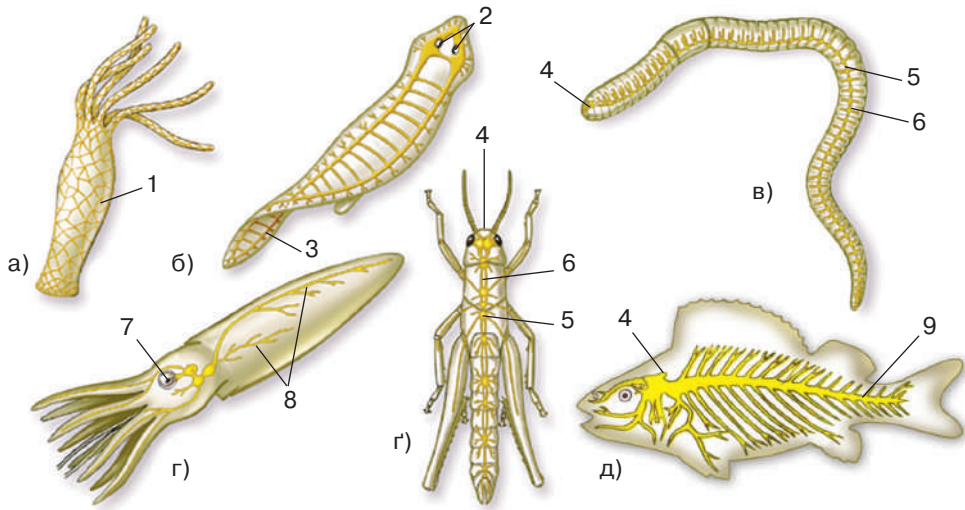


Рис. 180. Ускладнення будови нервової системи тварин у процесі пристосування до цілеспрямованого руху: а) гідра (гідра); б) плоскі черви (планарія); в) кільчасті черви (доштовий черв'як); г) головоногі молюски (кальмар); г') комахи (коник-стрибунець); д) хребетні (короп звичайний); 1 — нервова система; 2 — передні ганглії; 3 — нервові стовпи; 4 — головний мозок; 5 — черевний нервовий ланцюг; 6 — нервові вузли; 7 — головний ганглії; 8 — гігантські аксони; 9 — спинний мозок

Розглянуті етапи формування основних планів будови багатоклітинних тварин відображені в *таблиці 9*. Зазначена в ній кількість видів для кожного типу певною мірою відображає успіх групи в еволюційній боротьбі.



Думаємо, розуміємо, відповідаємо. 1. Що, крім типу живлення, передусім відрізняє тварин від рослин? 2. Розвиток якої здатності мав місце в процесі еволюції тварин? 3. Як розвиток здатності до швидкого руху пов'язаний з розвитком нервової системи? 4. Порівняйте функціональні можливості гідроскелета й жорсткого локомоторного скелета.



Самостійна робота з підручником. Визначте, з яким ароморфозом пов'язане виникнення певного плану будови (типів) тварин.



Домашнє завдання. Опишіть, які ароморфози передували виникненню класів хребетних тварин, використовуючи додаткову літературу (зокрема, Вікіпедію).



Запитання для допитливих. Чому, на вашу думку, вимерли амоніти й белемніти?



Це цікаво знати. У гребневиків (розмір тіла 1 см) органом руху є гребні пластинки, утворені війками, що зрослися.

• Кальмари конкурують у ланцюгах живлення з такими спринтерами морів і океанів, як акули, скумбрієві, дельфіни. Швидкість їхнього руху становить від 50 до 75 км / год.

УЗАГАЛЬНЕННЯ ДО ТЕМИ 7

«БІОРІЗНОМАНІТТЯ»

Вид — сукупність особин, які мають спільні морфологічні й фізіологічні ознаки, мешкають на певній території, здатні до схрещування та дають плідне потомство. На Землі нині існує декілька мільйонів різних видів живих організмів.

Для забезпечення успішного практичного використання знань про живі організми та полегшення подальшого їх вивчення їм присвоюють подвійну латинську назву.

Систематика — розділ біологічної науки, що займається описом, визначенням і класифікацією живих і вимерлих організмів за таксонами. Сучасна систематика ґрунтується на такій ієрархії таксонів: вид — рід — родина — ряд/порядок — клас — тип/відділ — царство — надцарство (домен).

Сучасна систематика є *еволюційною (філогенетичною) системою* і максимально точно відображає природний процес розвитку та становлення всієї різноманітності живих організмів в історії розвитку життя на Землі. Сучасні види в ході еволюції нерівномірно віддалилися один від одного й розділилися на незначну кількість великих груп, усередині яких організми дуже подібні за будовою та функціональними особливостями. Формування великих груп живих організмів, пов'язаних між собою родинними зв'язками, є результатом певних ароморфозів.

Виокремлюють *дві форми життя* — неклітинну (*віруси*) і клітинну (надцарства *Прокаріоти* й *Еукаріоти*).

Виникнення еукаріотичної клітини та формування трьох типів ядерних клітин забезпечило утворення трьох царств багатоклітинних організмів (царства Гриби, Рослини і Тварини).

Переміщення на вищий рівень організації живих систем (*організмовий*) надало багатоклітинним організмам певні переваги над одноклітинними в еволюційному процесі (підвищення рівня гомеостазу, здатність до регенерації, виникнення тканин і органів).

Царство Гриби (майже 100 тис. видів) — нерухомі гетеротрофні організми, які поглинають шляхом абсорбції поживні речовини з мертвих або живих організмів. Характерним для грибів є утворення симбіотичних зв'язків з одноклітинними водоростями (лишайники) та вищими рослинами (мікориза).

Царство Рослини (майже 350 тис. видів) об'єднує фотосинтезувальні організми, які виділяють кисень і запасують крохмаль. Основні ароморфози: виникнення тканин (твірних, покривних, основних, механічних, провідних) й органів (коріння, стебла, листя, органів розмноження), поява насінини; формування процесу розмноження, що не залежав від наявності води.

Царство Тварини (понад 1500 тис. видів) — гетеротрофні організми, прогресивним напрямом еволюції яких є вдосконалення механізмів активного руху. Основні ароморфози: виникнення тканин (зокрема, м'язової, нервової) й опорних утворень (гідроскелету, зовнішнього й внутрішнього локомоторного скелету); формування двобічної симетрії тіла й диференціація головної та хвостової частин тіла; удосконалення нервової системи й рецепторних утворень; поява вроджених і набутих поведінкових реакцій.

ЗМІСТ

<i>Від авторів</i>	3
--------------------------	---

ВСТУП

§ 1. Біологія як наука. Предмет біології, її основні галузі та місце серед інших наук. Рівні організації біологічних систем. Основні методи біологічних досліджень	5
--	---

ТЕМА 1. Хімічний склад клітини та біологічні молекули

§ 2. Вода та її основні фізико-хімічні властивості	12
§ 3. Неорганічні сполуки клітини	15
§ 4. Органічні молекули. Біологічні макромолекули — біополімери	17
§ 5. Білки, їхня структурна організація та основні функції	20
§ 6. Ферменти, їхня роль у клітині.....	24
§ 7. Вуглеводи та ліпіди	26
§ 8. Нуклеїнові кислоти. Роль нуклеїнових кислот як носія спадкової інформації.....	31
§ 9. АТФ. Поняття про перетворення енергії та реакції синтезу в біологічних системах	35
<i>Узагальнення до теми 1</i>	37

ТЕМА 2. Структура клітини

§ 10. Методи дослідження клітин. Клітинна теорія. Прокаріоти й еукаріоти. Автотрофи та гетеротрофи.....	38
§ 11. Структура клітини: клітинна мембрана	42
§ 12. Цитоплазма, її компоненти. Одномембранні органели	45
§ 13. Двомембранні органели	48
§ 14. Ядро, його структурна організація та функції. Немембранні структури клітини	51
<i>Узагальнення до теми 2</i>	55

ТЕМА 3. Принципи функціонування клітини

§ 15. Обмін речовин та енергії	56
§ 16. Основні шляхи розщеплення органічних речовин у живих організмах	58
§ 17. Біохімічні механізми дихання	61
§ 18. Фотосинтез.....	64
§ 19. Хемосинтез. Базові принципи синтетичних процесів у клітинах та організмах	68
<i>Узагальнення до теми 3</i>	72

ТЕМА 4. Збереження та реалізація спадкової інформації

§ 20. Хромосоми — носії спадкової інформації.....	73
§ 21. Подвоєння ДНК. Репарація пошкоджень ДНК.....	75
§ 22. Основні типи РНК. Транскрипція.....	77

§ 23. Генетичний код. Біосинтез білка	79
§ 24. Поділ клітин. Клітинний цикл	82
§ 25. Мітоз.....	85
§ 26. Мейоз.....	86
§ 27. Розмноження	88
§ 28. Статеві клітини	91
§ 29. Запліднення	94
§ 30. Закономірності індивідуального розвитку	96
<i>Узагальнення до теми 4</i>	101

ТЕМА 5. Закономірності успадкування ознак

§ 31. Становлення генетики як науки. Класичні методи генетичних досліджень.....	102
§ 32. Закономірності успадкування, установлені Г. Менделем (моногібридне схрещування).....	104
§ 33. Закономірності успадкування, установлені Г. Менделем (дигібридне схрещування).....	107
§ 34. Ознака як результат взаємодії генів	110
§ 35. Поняття про зчеплення генів і кросинговер	112
§ 36. Генетика статі й успадкування, зчеплені зі статтю.....	115
§ 37. Форми мінливості.....	118
§ 38. Мутації: види, причини та наслідки мутацій.....	122
§ 39. Спадкові захворювання людини. Генетичне консультування	125
<i>Узагальнення до теми 5</i>	130

ТЕМА 6. Еволюція органічного світу

§ 40. Світоглядні та наукові погляди на походження та історичний розвиток життя на Землі.....	131
§ 41. Розвиток еволюційних поглядів. Роль палеонтології, молекулярної генетики в обґрунтуванні теорії еволюції.....	136
§ 42. Теорія Ч. Дарвіна. Вид. Популяції живих організмів та їх основні характеристики	141
§ 43. Синтетична теорія еволюції. Еволюційні фактори. Механізми видоутворення	144
§ 44. Макроеволюція. Форми еволюції. Основні етапи розвитку життя на Землі.....	149
§ 45. Еволюція людини (біологічні та соціальні фактори).....	154
§ 46. Людина розумна — біологічний вид. Поняття про раси.....	157
<i>Узагальнення до теми 6</i>	163

ТЕМА 7. Біорізноманіття

§ 47. Основи еволюційної філогенії та систематики.....	164
§ 48. Основні групи організмів і їх виникнення в процесі еволюції. Віруси, бактерії, протисти	168
§ 49. Основні групи організмів і їх виникнення в процесі еволюції. Колоніальні одноклітинні, гриби	172
§ 50. Огляд основних еукаріотичних таксонів: царство Рослини	177
§ 51–52. Огляд основних еукаріотичних таксонів: царство Тварини	182
<i>Узагальнення до теми 7</i>	191

ТЕМА 8. Надорганізмові біологічні системи

§ 53. Екосистема. Різноманітність екосистем.....	192
§ 54. Харчові зв'язки, потоки енергії та колообіг речовин в екосистемах	197
§ 55. Біотичні, абіотичні та антропогенні (антропогенні) фактори	199
§ 56. Стабільність екосистем і причини її порушення	203
§ 57. Біосфера як цілісна система	205
§ 58. Захист і збереження біосфери, основні заходи щодо охорони навколишнього середовища.....	207
<i>Узагальнення до теми 8</i>	211

ТЕМА 9. Біологія як основа біотехнології та медицини

§ 59. Одомашнення рослин і тварин. Поняття про селекцію.....	212
§ 60. Огляд традиційних біотехнологій	217
§ 61. Основи генетичної та клітинної інженерії	219
§ 62. Роль генетичної інженерії в сучасних біотехнологіях і медицині	223
§ 63. Генетично модифіковані організми	225
<i>Узагальнення до теми 9</i>	229
<i>Узагальнення до матеріалу підручника «Біологія 9»</i> «Основні загальні властивості живих систем»	230
Лабораторні дослідження, лабораторні, практичні роботи й проекти	232