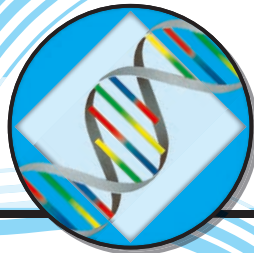


НАУЧНИЙ



ДОВІДНИК

Т. В. КРАСИЛЬНИКОВА

БІОЛОГІЯ

10-11

Київ — Харків
VESTA

*Згідно з програмою Міністерства освіти і науки України
(наказ № 306 від 20.05.2001)*

Рецензенти:

О. М. Утевська, канд. біол. наук, доцент кафедри генетики і цитології ХНУ ім. В. Н. Каразіна;
Є. О. Цуканова, вчитель вищої категорії, вчитель біології Клучино-Башкирівської гімназії
м. Чугуєва, Харківська обл.

Наочний довідник з біології допоможе учням систематизувати, конкретизувати та поглибити набуті знання та вміння, а також навчитися працювати самостійно.

Структура та зміст посібника відповідають чинній програмі з біології для середніх загальноосвітніх навчальних закладів. Навчальний матеріал згрупований за програмними темами і поданий у наочній формі: у вигляді таблиць, схем, діаграм, графіків, малюнків, які супроводжуються необхідними коментарями.

Змістовний ілюстративний матеріал довідника посилює емоційне сприйняття навчальної інформації, активізує творче осмислення і більш глибоке засвоєння набутих знань.

Красильникова Т. В.

К54 Біологія. 10—11 класи: Наочний довідник. — К.; Х.: Веста, 2006. — 111 с.

Видання містить навчальний матеріал у вигляді таблиць, схем, діаграм, малюнків за розділами шкільного курсу біології 10—11 класів і складено відповідно до чинної програми для середніх загальноосвітніх навчальних закладів.

Наочний довідник призначено для учнів, абітурієнтів і вчителів біології.

Навчальне видання
КРАСИЛЬНИКОВА Тетяна Валеріївна
Біологія. 10—11 класи
Наочний довідник

Зав. редакцією *М. Л. Іщук*
Технічний редактор *В. І. Труфен*
Коректор *О. Г. Неро*

ТОВ «Веста». Свідоцтво ДК № 2540 від 26.06.2006.
61064 Харків, вул. Бакуніна, 8А.

Адреса редакції: 61145 Харків, вул. Космічна, 21а.
Тел. (057) 719-48-65, тел./факс (057) 719-58-67.
Для листів: 61045 Харків, а/с 3355.
З питань реалізації: (0572) 58-25-61.
www.ranok.com.ua

ЗМІСТ

10 КЛАС

РОЗДІЛ I. МОЛЕКУЛЯРНИЙ РІВЕНЬ ОРГАНІЗАЦІЇ ЖИТТЯ

Тема 1. Неорганічні речовини	6
Елементарний склад живих організмів	6
Неорганічні речовини: вода і мінеральні солі.	8
Тема 2. Органічні речовини	9
Вуглеводи	9
Ліпіди	12
Білки	13
Нуклеїнові кислоти	16

РОЗДІЛ II. КЛІТИННИЙ РІВЕНЬ ОРГАНІЗАЦІЇ ЖИТТЯ

Тема 1. Клітина	19
Цитологія — наука про будову і функції клітини	19
Клітинні мембрани	24
Ядро	26
Тема 2. Цитоплазма, її компоненти	28
Тема 3. Клітина як цілісна система	32
Життєвий цикл клітини	32
Обмін речовин та енергії	37

РОЗДІЛ III. ОРГАНІЗМЕННИЙ РІВЕНЬ ОРГАНІЗАЦІЇ ЖИТТЯ

Тема 1. Неклітинні форми життя	45
Віруси	45
Тема 2. Тканини багатоклітинних організмів	47
Тканини рослин	47
Тканини тваринного організму	49
Тема 3. Організм як рівень організації живої природи	52

РОЗДІЛ III. ОРГАНІЗМЕННИЙ РІВЕНЬ ОРГАНІЗАЦІЇ ЖИТТЯ (ПРОДОВЖЕННЯ)

Тема 4. Розмноження та індивідуальний розвиток організмів	56
Класифікація форм розмноження	56
Безстатеве розмноження	56
Статеве розмноження	57
Тема 5. Індивідуальний розвиток організмів	61
Онтогенез	61
Тема 6. Спадковість і мінливість організмів	65
Тема 7. Закономірності мінливості	73
Модифікаційна мінливість	73
Мутаційна мінливість	75
Тема 8. Селекція та біотехнологія	77
Генетичні основи селекції організмів.	77

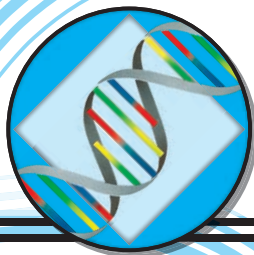
РОЗДІЛ IV. ОСНОВИ ЕКОЛОГІЇ

Тема 1. Екологічні умови існування організмів	81
Методи дослідження в екології	81
Екологічні фактори	81
Основні середовища існування організмів	84
Тема 2. Природні угруповання організмів. Екосистеми.	85
Види	85
Популяції	85
Екологічні системи	87
Тема 3. Людина і біосфера	91
Біосфера та її межі	91
Роль живих організмів у перетворенні біосфери	92
Колообіг речовин у біосфері.	93

РОЗДІЛ V. ІСТОРИЧНИЙ РОЗВИТОК ОРГАНІЧНОГО СВІТУ

Тема 1. Основи еволюційного вчення.	
Становлення еволюційних поглядів	96
Основні положення еволюційного вчення Чарльза Дарвіна	97
Синтетична теорія еволюції	99
Мікроеволюція	99
Пристосованість	102
Макроеволюція	103
Докази еволюції	104
Закономірності еволюції	106
Тема 2. Історичний розвиток органічного світу	106

НАУЧНИЙ



ДОВІДНИК

БІОЛОГІЯ

10

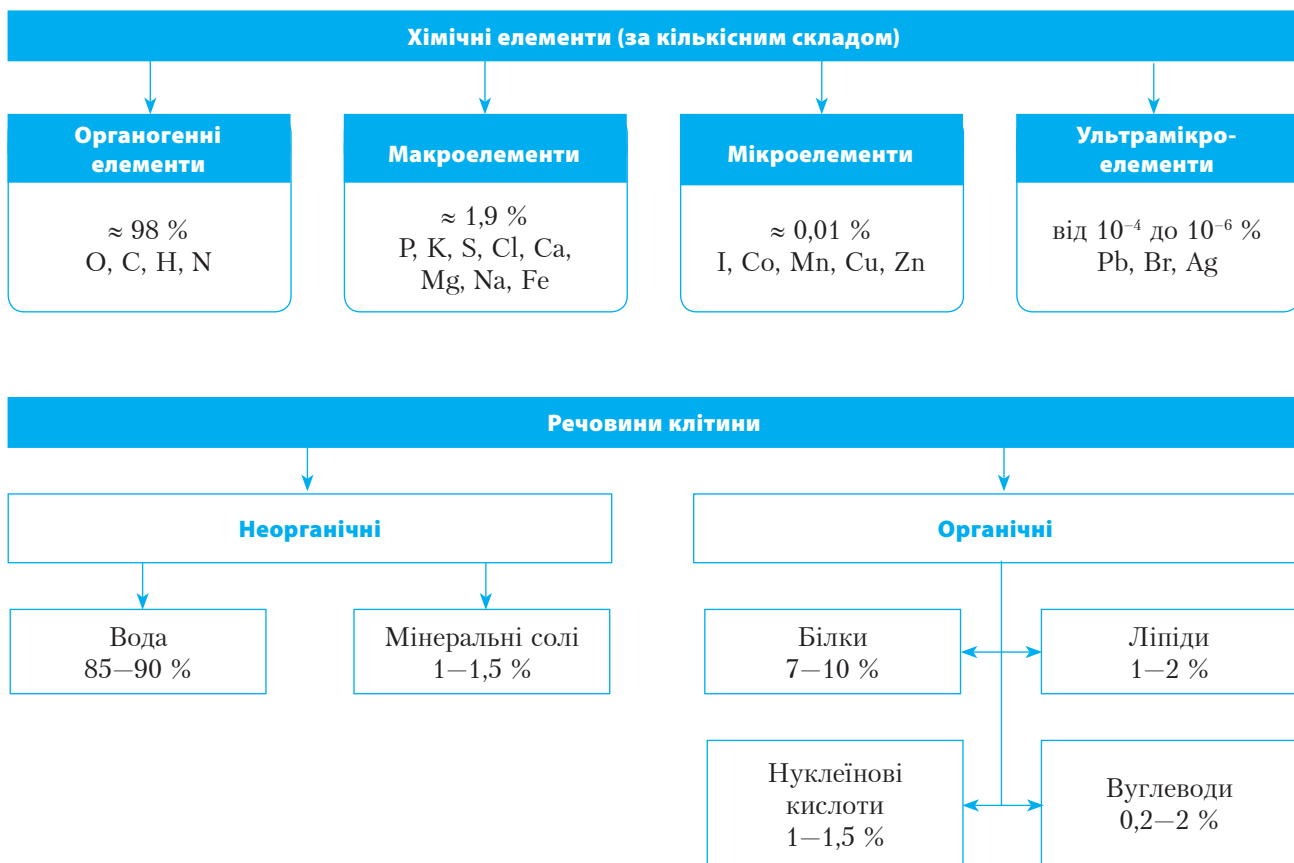
РОЗДІЛ I. МОЛЕКУЛЯРНИЙ РІВЕНЬ ОРГАНІЗАЦІЇ ЖИТТЯ

Тема 1. Неорганічні речовини

ЕЛЕМЕНТАРНИЙ СКЛАД ЖИВИХ ОРГАНІЗМІВ

У складі живих організмів є ті самі хімічні елементи, що складають об'єкти неживої природи. Проте співвідношення елементів у живому та неживому неоднакове. Живі організми на 98 % складаються

з Карбону, Гідрогену, Оксигену та Нітрогену. Хімічні елементи, які входять до складу клітин і виконують біологічні функції, називаються біогенними.

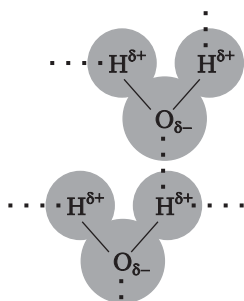


Елементи, що входять до складу живих організмів

Елемент	Символ	Вміст (%)	Значення для клітини й організму
Карбон	C	15–18	Головний структурний компонент всіх органічних сполук клітини
Оксиген	O	65–75	Головний структурний компонент всіх органічних сполук клітини
Нітроген	N	1,5–3,0	Обов'язковий компонент амінокислот
Гідроген	H	8–10	Головний структурний компонент всіх органічних сполук клітини
Фосфор	P	0,0001	Входить до складу кісткової тканини і зубної емалі, нуклеїнових кислот, АТФ і деяких ферментів
Калій	K	0,15–0,4	Міститься в клітині тільки у вигляді йонів, активує ферменти білкового синтезу, обумовлює ритм серцевої діяльності, бере участь у процесах фотосинтезу
Сульфур	S	0,15–0,20	Входить до складу деяких амінокислот, ферментів, вітаміну В
Хлор	Cl	0,05–0,10	Найважливіший аніон в організмі тварин, компонент HCl у шлунковому соку
Кальцій	Ca	0,04–2,00	Входить до складу клітинної стінки рослин, кісток і зубів; активує згортання крові й скорочення м'язових волокон
Магній	Mg	0,02–0,03	Входить до складу молекул хлорофілу, а також кісток і зубів, активує енергетичний обмін і синтез ДНК
Натрій	Na	0,02–0,03	Міститься в клітині тільки у вигляді йонів, обумовлює нормальний ритм серцевої діяльності, впливає на синтез гормонів
Ферум	Fe	0,010–0,015	Входить до складу багатьох ферментів, гемоглобіну і міоглобіну, бере участь у біосинтезі хлорофілу, у процесах дихання і фотосинтезу
Іод	I	0,0001	Входить до складу гормонів щитоподібної залози
Купрум	Cu	0,0002	Входить до складу деяких ферментів, бере участь у процесах кровотворення, фотосинтезу, синтезу гемоглобіну
Манган	Mn	0,0001	Входить до складу деяких ферментів або підвищує їх активність, бере участь у розвитку кісток, асиміляції азоту й процесі фотосинтезу
Молібден	Mo	0,0001	Входить до складу деяких ферментів, бере участь у процесах зв'язування атмосферного азоту рослинами
Кобальт	Co	0,0001	Входить до складу вітаміну В ₁₂ бере участь у фіксації атмосферного азоту рослинами, розвитку еритроцитів
Цинк	Zn	0,0003	Входить до складу деяких ферментів, бере участь у синтезі рослинних гормонів (фуксину) і спиртовому бродінні

НЕОРГАНІЧНІ РЕЧОВИНИ: ВОДА І МІНЕРАЛЬНІ СОЛІ

■ Вода



Молекула води (H_2O) полярна. Її різні полюси мають частково позитивні і негативні заряди. У цілому молекула води електронейтральна. Сусідні молекули води можуть притягуватись одна до одної за рахунок сил електростатичної взаємодії між негативним зарядом на

атомі Оксигену однієї молекули та позитивним зарядом на атомі Гідрогену іншої. Такий тип зв'язку називається водневим. Водневий зв'язок обумовлює відносно високі температури кипіння, плавлення та випаровування.

Значення води

1. Вода — універсальний розчинник. За розчинністю у воді речовини поділяються на гідрофільні (добре розчинні) та гідрофобні (нерозчинні)
2. Вода визначає деякі фізичні властивості клітин — їхній об'єм, внутрішній тиск (тургор).
3. Вода — середовище для фізіологічних і біологічних процесів. Розщеплення багатьох речовин відбувається за рахунок їх взаємодії з водою, каталізуємої ферментами. Такі реакції називаються реакціями гідролізу
4. Вода — терморегулятор. Вона має велику теплоємність, тобто здатна поглинати тепло без значних змін своєї температури
5. Вода — основне середовище пересування речовин в організмі та клітині

■ Мінеральні солі

До неорганічних речовин клітини належать мінеральні сполуки — солі Натрію, Калію, Кальцію та ін.

В організмі солі перебувають або в іонному стані, або у вигляді твердих сполук.

■ Найбільш поширені йони живих організмів

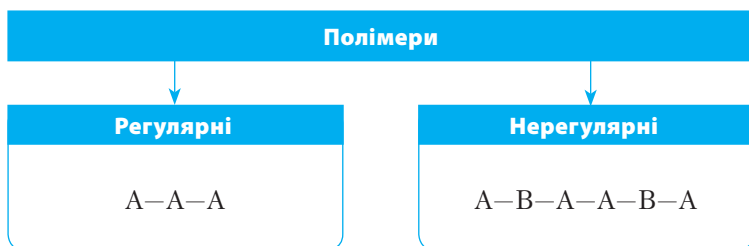
Катіони	Аніони
H^+ — Гідрогену	OH^- — гідроксиду
K^+ — Калію	Cl^- — хлоридної кислоти
Na^+ — Натрію	$\left. \begin{matrix} \text{HSO}_4^- \\ \text{SO}_4^{2-} \end{matrix} \right\}$ — сульфатної кислоти
Ca^{2+} — Кальцію	$\left. \begin{matrix} \text{H}_2\text{PO}_4^- \\ \text{HPO}_4^{2-} \end{matrix} \right\}$ — фосфатної кислоти
Mg^{2+} — Магнію	HCO_3^- — карбонатної кислоти

Органічні речовини — сполуки, молекули котрих утворені ланцюгами з ковалентно зв'язаних атомів Карбону. Макромолекули — відносно великі молекули з високою молекулярною масою. Такі молекули складаються з подібних за структурою низькомоле-

кулярних сполук, які повторюються й ковалентно зв'язані між собою. Утворена мономерами макромолекула називається полімером.

Серед органічних речовин клітини макромолекулами є полісахариди, білкові молекули, нуклеїнові кислоти.

Види полімерів



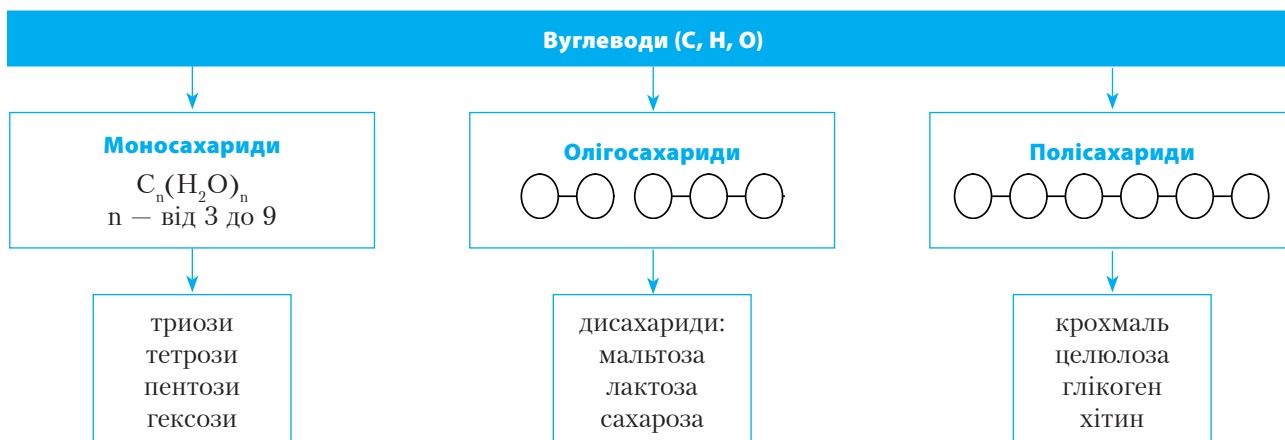
Регулярними біополімерами є, наприклад, крохмаль, глікоген, целюлоза. Нерегулярними — білки та нуклеїнові кислоти.

ВУГЛЕВОДИ

Молекули вуглеводів побудовані з трьох елементів — Карбону, Оксигену і Гідрогену. Вуглеводи — основне джерело енергії для живих організмів. Рослини синтезують вуглеводи в процесі фотосинтезу.

Вміст вуглеводів у клітинах тварин рідко перевищує 5 %, але в клітинах рослин може досягати 90 % від загальної кількості органічних молекул.

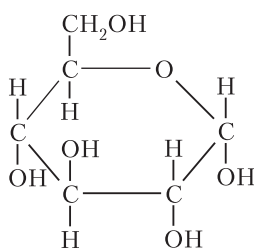
Класифікація вуглеводів



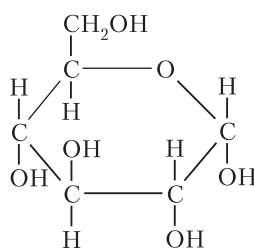
■ Моносахариди

Моносахариди, або прості цукри, — сполуки з емпіричною формулою $C_n(H_2O)_n$, які не гідролізуються. Це тверді кристалічні речовини, розчинні у воді, мають солодкий смак. За кількістю атомів Карбону моносахариди поділяються: на тріози $C_3H_6O_3$ — молочна та піровиноградні кислоти, проміжні продукти вуглеводного обміну;

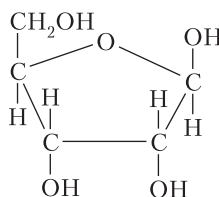
тетрози $C_4H_8O_4$ — зустрічаються рідко, частіше в бактерій; пентози $C_5H_{10}O_5$ — рибоза, входить до складу РНК; $C_5H_{10}O_4$ — дезоксирибоза, входить до складу ДНК; гексози $C_6H_{12}O_6$ — глюкоза, фруктоза, галактоза.



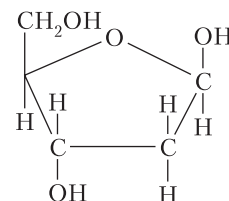
Глюкоза



Фруктоза



Рибоза

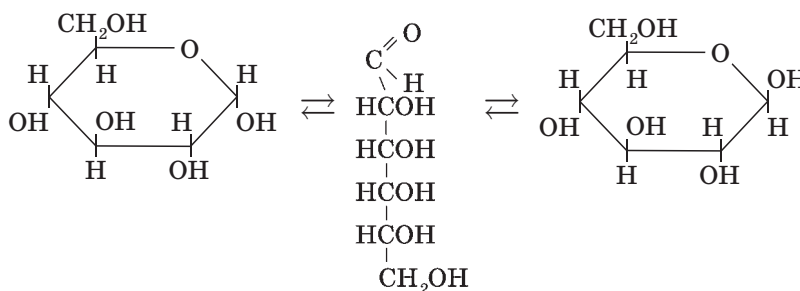


Дезоксирибоза

Глюкоза — первинне джерело енергії для клітин. Вона обов'язково входить до складу майже всіх клітин, органів і тканин, регулює осмотичний тиск. Зниження рівня глюкози в крові призводить до по-

рушення життєдіяльності нервових та м'язових клітин. У розчинах глюкоза існує в циклічній та лінійній формах, між якими встановлюється хімічна рівновага.

■ Лінійна та циклічні форми глюкози



Циклічна α -форма

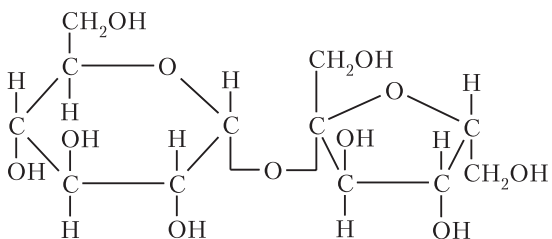
Лінійна форма

Циклічна β -форма

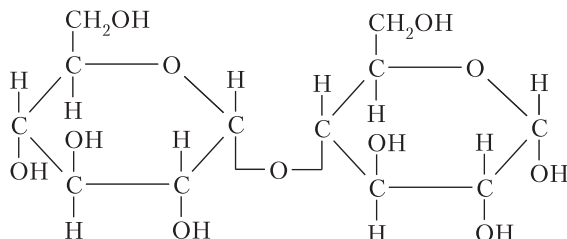
■ Дисахариди

Дисахариди — вуглеводи, молекули яких складаються з двох молекул моносахаридів. Мають

приємний солодкий смак, добре розчиняються у воді.



Сахароза = Глюкоза + Фруктоза

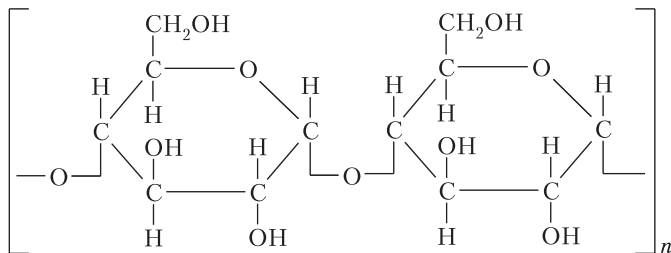


Мальтоза = Глюкоза + Глюкоза

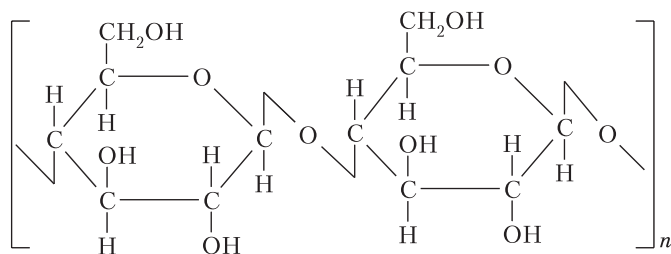
■ Полісахариди

Полісахариди складаються з великої кількості моносахаридів. Відрізняються між собою складом мономерів, довжиною та ступе-

нем розгалуженості. Полісахариди майже не розчиняються у воді й не мають солодкого смаку.



Крохмаль



Целюлоза

Полісахариди (за складом)

Гомополісахариди
(один вид моносахаридів)

Гетерополісахариди
(різні види моносахаридів)

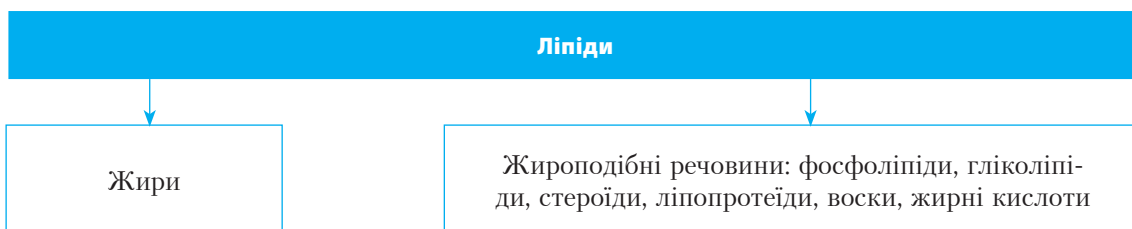
■ Функції полісахаридів

Функція	Характеристика
Енергетична	Основне джерело енергії. Розщеплюються до моносахаридів із наступним окисненням до CO_2 та H_2O . При розщепленні 1 г вуглеводів виділяється 17,6 кДж енергії
Структурна	Входять до складу оболонок клітин і деяких органел. У рослин полісахариди виконують опорну функцію
Запасаюча	Накопичуються в тканинах рослин (крохмаль) та тварин (глікоген). Використовуються при виникненні потреби в енергії
Захисна	Секрети, що виділяються різними залозами, збагачені вуглеводами, наприклад глюкотеїдами, які захищають стінки полих органів (стравохід, шлунок, бронхи) від механічних пошкоджень, проникнення шкідливих бактерій та вірусів

ЛІПІДИ

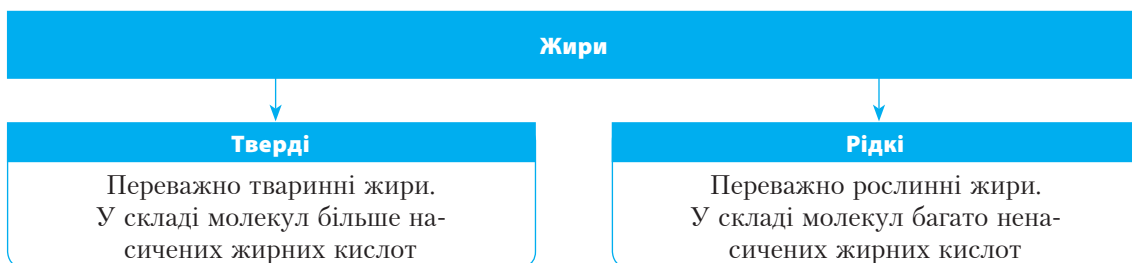
Ліпіди — нерозчинні у воді, але добре розчинні в неполярних ре-

човинах (ефірі, ацетоні тощо) органічні сполуки.



■ Будова та види жирів

$ \begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{R}_2 - \text{C} - \text{O} - \text{CH} \\ \parallel \qquad \qquad \qquad \parallel \\ \text{CH}_2 - \text{O} - \text{C} - \text{R}_1 \\ \parallel \\ \text{CH}_2 - \text{O} - \text{C} - \text{R}_3 \end{array} $ Схема будови молекули жиру: R1, R2, R3 — залишки жирних кислот, за якими відрізняються різні жири	Найпоширенішими сполуками серед ліпідів є жири, до складу яких входять трьохатомний спирт гліцерин і залишки жирних кислот
--	---



■ Функції жирів

Функція	Характеристика
Енергетична	При повному окисненні 1 г жиру виділяється 38,9 кДж енергії
Запасуюча	Жири відкладаються у тканинах, формуючи резервні енергетичні запаси. Запаси жирів можуть бути джерелом метаболічної води (у верблюдів)
Захисна	Жирові відкладення захищають організм та внутрішні органи від механічних пошкоджень
Теплоізолююча	Жирові відкладення, підшкірна жирова клітковина запобігає тепловим утратам

Будова і функції жироподібних речовин	
Фосфоліпіди	— містять залишок фосфорної кислоти, входять до складу клітинних мембран
Гліколіпіди	— сполуки ліпідів з вуглеводами. Є складовою частиною тканин мозку та нервових волокон
Ліпопротеїди	— комплексні сполуки різноманітних білків із жирами
Стероїди	— важливі компоненти статевих гормонів, вітаміну D
Воски	— виконують захисну функцію: у ссавців змащують шкіру і волосся, у птахів надають пір'ю водовідштовхувальних властивостей, у рослин запобігають надмірному випаровуванню води

БІЛКИ

Білки — високомолекулярні нерегулярні гетерополімери, мономерами яких є амінокислоти.	До складу білків входять 20 різних амінокислот.
---	---

■ Амінокислоти — структурні мономери білків

$\begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{R}-\text{C}-\text{COOH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$	Схема будови молекули амінокислоти: R — амінокислотний радикал, за яким відрізняються різні амінокислоти
---	---

Амінокислоти сполучаються між собою ковалентним зв'язком між карбоксильною групою однієї амінокислоти та аміногрупою іншої. Такий зв'язок називається пептидним. Амінокислоти об'єднуються за допомогою пептидних зв'язків у пептиди.

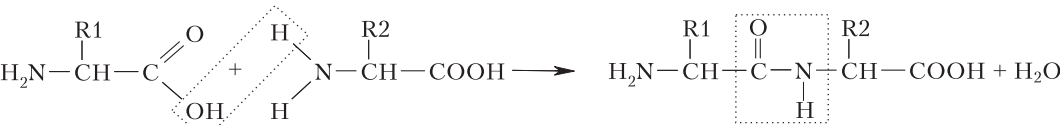
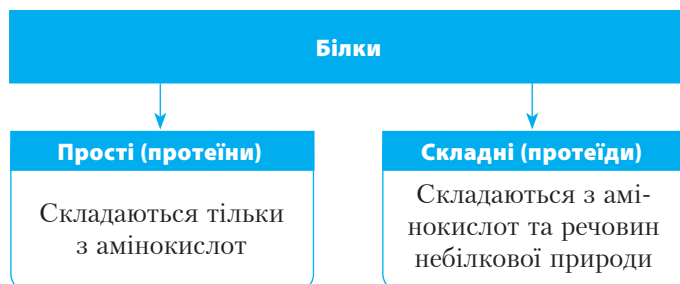


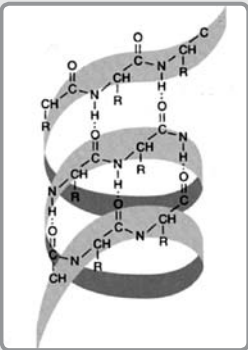
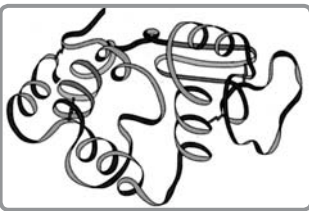
Схема утворення пептидного зв'язку

■ Види білків (за складом)



Функціональні властивості білків зумовлені послідовністю амінокислотних залишків і просторовою структурою поліпептидного ланцюга.

■ Просторова структура білків

Структура	Характеристика
Первинна 	Визначається порядком чергування амінокислот у пептидному ланцюзі. Амінокислоти з'єднуються міцним пептидним зв'язком
Вторинна 	Спірально-закручений білковий ланцюжок. Витки спіралі утримуються водневими зв'язками між CO- і NH-групами, розташованими на сусідніх витках
Третинна 	Виникає внаслідок закручування вторинної структури в клубок (глобулу). Клубок утримується гідрофобними, іонними та водневими взаємодіями
Четвертинна 	Формується кількома глобулами білка. Стійку конфігурацію утворюють гідрофобні, електростатичні та водневі зв'язки

■ **Порушення природної структури білків**

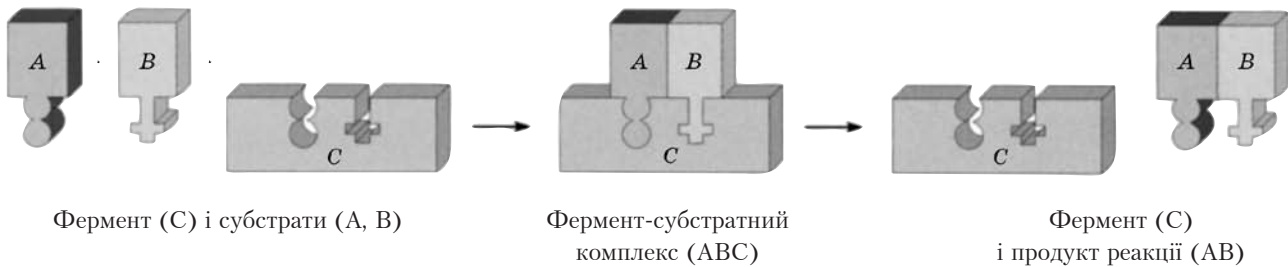
Під впливом різних фізико-хімічних чинників (дія концентрованих кислот і лугів, важких металів, високої температури тощо) структура та властивості білків можуть змінюватися. Процес порушення природної структури білка або розгортання поліпептидного ланцюга без руйнування пептидних зв'язків називається денатурацією.

Денатурація має необоротний характер. Однак на перших стадіях, за умов припинення дії негативних чинників, білок може відновлювати свій нормальний стан (ренатурація).
Процес руйнування первинної структури білків завжди необоротний, він називається деструкцією.

■ **Функції білків**

Функція	Характеристика
Ферментативна (біокаталіз)	Ферменти забезпечують проходження хімічних реакцій у клітині за низьких температур, невисокого тиску і дуже малих концентрацій
Будівна (структурна)	Основний будівний матеріал клітини (мембран, органоїдів)
Захисна	Білки-антитіла здатні «розрізнявати» і знищувати хвороботворні мікроорганізми. Білки ядра гістони захищають молекули ДНК від ушкоджень. Білкові фактори згортання крові захищають організм від крововтрат
Регуляторна (гуморальна, гормональна)	Поряд із нервовою системою гормони білкової природи керують роботою різних органів і всього організму через систему хімічних реакцій
Сигнальна	Окремі білки клітинних мембран здійснюють прийом сигналів і передачу їх всередину клітини
Скорочувальна (рухова)	Усі види рухів виробляються особливими видами скорочувальних білків
Транспортна	Транспортні білки крові переносять кисень та органічні речовини
Енергетична	При окисненні 1 г білка вивільняється 17,2 кДж енергії

■ **Схема ферментативної реакції**



НУКЛЕЇНОВІ КИСЛОТИ

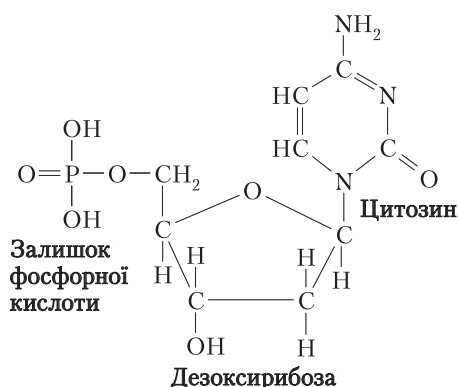
У 1868 р. швейцарський лікар І. Ф. Мішер виявив у ядрах лейкоцитів, що входять до складу гною, речовини кислотної природи, які він назвав нуклеїновими кислота-

ми (від латин. nucleus — ядро). Згодом нуклеїнові кислоти були виявлені у всіх рослинних і тваринних клітинах, вірусах, бактеріях і грибах.

Нуклеїнові кислоти — складні високомолекулярні біополімери, мономерами яких є нуклеотиди.

У клітинах присутні дезоксирибонуклеїнові (ДНК) та рибонуклеїнові (РНК) кислоти.

■ Будова нуклеотиду

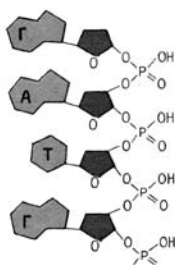


Молекула нуклеотиду складається з трьох частин — азотистої основи, моносахариду (пентози) та залишку фосфорної кислоти

Залежно від виду пентози в складі нуклеотиду розрізняють дезоксирибонуклеїнові кислоти (ДНК), до складу яких входять залишки дезоксирибози, та рибонуклеїнові кислоти (РНК), які містять залишки рибози

У молекулах ДНК і РНК є залишки азотистих основ: аденіну (А), гуаніну (Г), цитозину (Ц). Крім того, до складу ДНК входить залишок тиміну (Т), а РНК — урацилу (У). Таким чином, три типи азотистих основ у ДНК і РНК спільні, а за четвертими розрізняються

■ Будова молекули нуклеїнової кислоти



Окремі нуклеотиди сполучаються між собою у ланцюг за допомогою особливих «містків», які виникають між залишками пентоз двох сусідніх нуклеотидів за участю залишків фосфорної кислоти.

Нуклеїновим кислотам притаманна первинна структура — певна послідовність розташування нуклеотидів, а також складніша просторова будова, яка формується за рахунок водневих зв'язків.

■ Види нуклеїнових кислот



Рибонуклеїнова кислота

Види РНК	Інформаційна (іРНК)	Становить собою копію певної ділянки молекули ДНК і переносить генетичну інформацію від ДНК до місця синтезу поліпептидного ланцюга. Молекула нестабільна і швидко розпадається на нуклеотиди
	Транспортна (тРНК)	Приєднує амінокислоти, транспортує їх до місця синтезу білкових молекул. Кожна з амінокислот транспортується своєю тРНК. Має постійну вторинну структуру у формі листка конюшини
	Рибосомальна (рРНК)	Взаємодіючи з рибосомальними білками, забезпечує певне просторове розташування іРНК і тРНК на рибосомі, виконуючи структурну функцію

Дезоксирибонуклеїнова кислота

У 1953 р. англійські вчені Дж. Уотсон і Ф. Крик запропонували модель просторової структури ДНК. Вони показали, що ДНК складається з двох полінуклеотидних ланцюгів, спіральньо закручених один навколо іншого. Подвійна спіраль стабілізована водневими зв'язками між азотистими основами різних ланцюгів так, що проти аденіну одного ланцюга завжди стоїть тимін іншого, а проти гуаніну — цитозин. Багато-

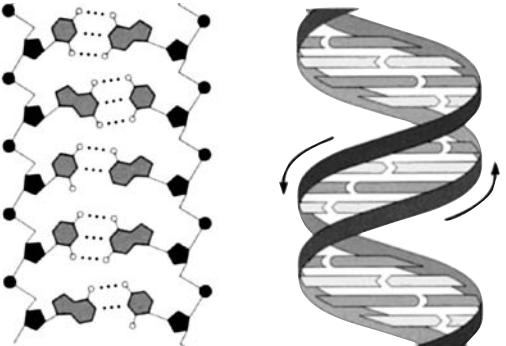
разове повторення цих зв'язків надає великої стійкості подвійній спіралі ДНК. За певних умов (дія кислот, лугів, нагрівання тощо) відбувається денатурація ДНК — розрив водневих зв'язків між комплементарними азотистими основами. Денатурована ДНК може відновити двоспіральну будову завдяки встановленню водневих зв'язків між комплементарними нуклеотидами — цей процес називається ренатурацією.



Джеймс Уотсон (нар. 1928)



Френсіс Крик (нар. 1916)



Просторова структура ДНК

Чітка відповідність нуклеотидів у двох ланцюгах ДНК називається комплементарністю. Відстань між сусідніми азотистими основами становить 0,34 нм, крок спіралі містить 10 пар основ і дорівнює 3,4 нм, а її діаметр — близько 2 нм.

■ Реплікація ДНК

Принцип комплементарності лежить в основі здатності молекули

ДНК до реплікації — самоподвоєння.

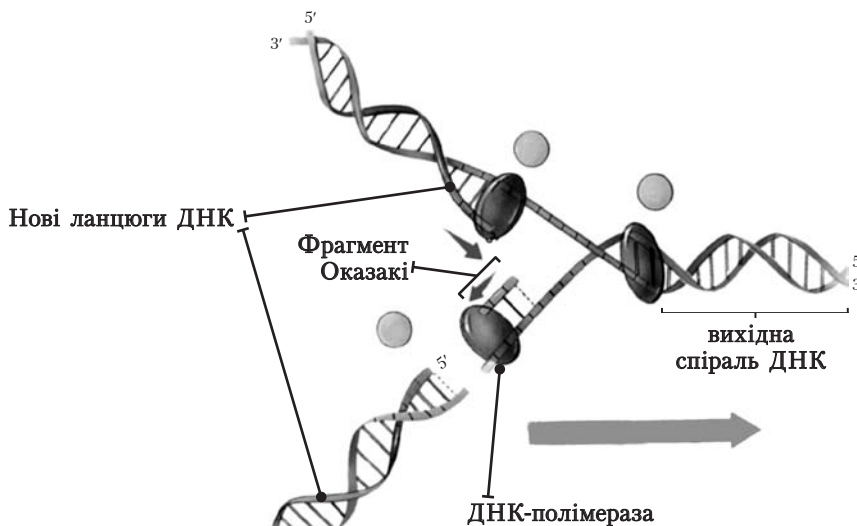
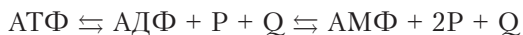
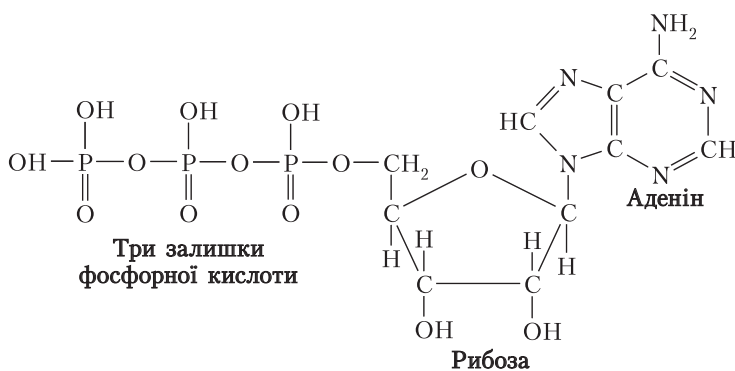


Схема реплікації ДНК

■ Аденозинтрифосфорна кислота



Аденозинтрифосфорна кислота (АТФ) — нуклеотид, до складу якого входить азотиста основа аденін, вуглевод рибоза і три залишки фосфорної кислоти.

Молекула АТФ є універсальним хімічним акумулятором енергії в клітинах.

Залишки фосфорної кислоти зв'язані макроергічними зв'язками. Коли від АТФ відщеплюється один залишок фосфорної кислоти, утворюється АДФ — аденозиндифосфорна кислота та виділяється 40 кДж енергії

РОЗДІЛ II. КЛІТИННИЙ РІВЕНЬ ОРГАНІЗАЦІЇ ЖИТТЯ

Тема 1. Клітина

ЦИТОЛОГІЯ — НАУКА ПРО БУДОВУ І ФУНКЦІЇ КЛІТИНИ

Клітина — структурно-функціональна одиниця живого організму. Це елементарна жива система, яка здатна до самовідновлення. Клітина лежить в основі будови і розвитку всіх організмів, це найдрібніша частина організму, наділена його ознаками. Клітини живих організмів відрізняються за формою, роз-

міром, особливостями організації та функціями. Більшість клітин мають розміри від 10 до 100 мкм. Клітини, з яких складається новий організм, не є ідентичними, однак всі вони побудовані за єдиним принципом, що свідчить про спільність походження живих організмів.

■ Історія вивчення клітини

Рік	Учений	Внесок у розвиток науки
1665	Р. Гук	Виявлено клітинну структуру пробкової тканини, введено поняття «клітина»
1674—1676	А. Левенгук	Відкриті бактерії і найпростіші, описані пластиди (хроматофори), еритроцити, сперматозоїди та різноманітні мікроструктури рослин і тварин
1827	К. Бер	Відкрито яйцеклітини ссавців
1831	Р. Броун	Відкрите клітинне ядро. Описане ядро рослинної клітини
1839	Т. Шванн, М. Шлейден	Сформульовані основи клітинної теорії
1858	Р. Вірхов	Сформульоване положення «кожна клітина — з клітини»
1868	І. Ф. Мішер	Відкриті нуклеїнові кислоти
1871	М. М. Любавін	Установлено, що білки складаються з амінокислот
1878	В. Флемінг	Відкрито мітотичний поділ тваринних клітин
1892	Д. І. Івановський	Відкриті віруси
1898	В. І. Беляєв	Описаний механізм мейозу і мітозу в рослин
1944	О. Евері	Доведена роль ДНК як носія спадкової інформації
1953	Дж. Уотсон, Ф. Крик	Створена модель просторової структури ДНК, схема реплікації ДНК

■ Основні положення клітинної теорії

Клітинна теорія — вчення про клітини як утворення, що становлять основу будови рослинних і тварин-

них організмів, тобто загальність клітинної будови в живій природі.

Німецький біолог Т. Шванн у 1839 р. сформулював основні положення клітинної теорії:

- усі живі організми складаються з клітин;
- клітини тварин і рослин подібні за будовою та хімічним складом

У 1858 р. німецький патолог Р. Вірхов довів:

- кожна клітина бере походження від клітини;
- поза клітинами немає життя

Естонський учений К. Бер у 1827 р. відкрив яйцеклітину ссавців і довів, що багатоклітинні організми починають свій розвиток з однієї клітини — заплідненої яйцеклітини (зиготи):

- клітина — не тільки одиниця будови, але й одиниця розвитку живих організмів

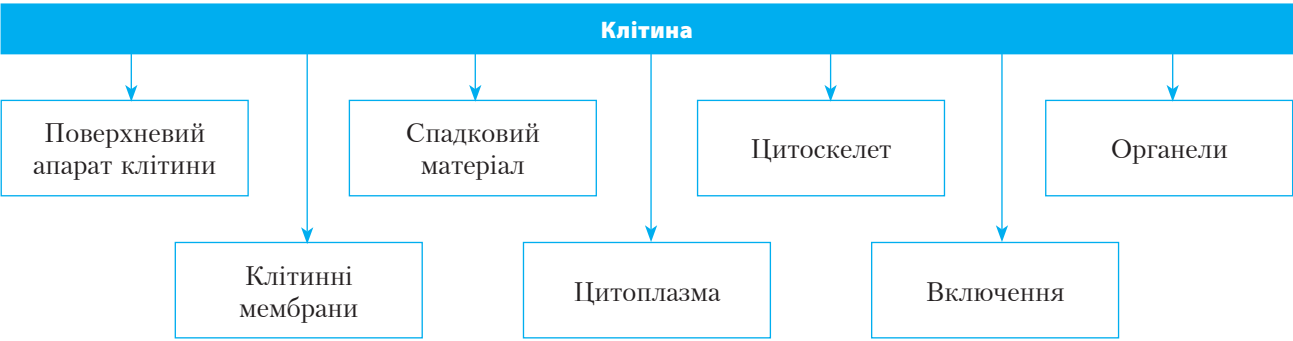
Положення сучасної клітинної теорії:

- клітина — елементарна одиниця будови і розвитку всіх живих організмів;
- клітини всіх одноклітинних і багатоклітинних організмів подібні за походженням (гомологіч-ні), будовою, хімічним складом, основними проявами життєдіяльності;
- кожна нова клітина утворюється виключно внаслідок розмноження материнської шляхом по-ділу;
- у багатоклітинних організмів, які розвиваються з однієї клітини — зиготи, спори — різні типи клітин формуються завдяки їхній спеціалізації протягом індивідуального розвитку особини та утворюють тканини;
- із тканин складаються органи, які тісно пов'язані між собою й підпорядковані нервово-гумо-ральним та імунним системам регуляції

■ Методи цитологічних досліджень

Метод	Сутність методу
Світлова мікроскопія	Проходження променів світла крізь об'єкт досліджень. Збільшен-ня у 2—3 тис. разів. Вивчення загального плану будови клітини та її органел, розміри яких не менш ніж 200 нм. Застосування барвників, які вибірково забарвлюють окремі органели або їх компоненти. Метод прижиттєвого вивчення клітин дозволяє під світловим мікроскопом вивчити певні процеси життєдіяльності клітин
Електронна мікроскопія	Проходження потоку електронів крізь об'єкт. Вивчення будови клі-тини та її органел під збільшенням від 500 тис. разів і більше. Ме-тод растрової (скануючої) електронної мікроскопії дозволяє провести вивчення структури поверхні клітин, окремих органел. Потік елект-ронів при цьому не проходить крізь об'єкт дослідження, а відбиваєть-ся від його поверхні
Метод мічених атомів	Уведення в клітину речовин з радіоактивними ізотопами. Метод доз-воляє прослідкувати за міграцією речовин у клітині, їхніми перетво-реннями, виявити локалізацію і характер біохімічних процесів

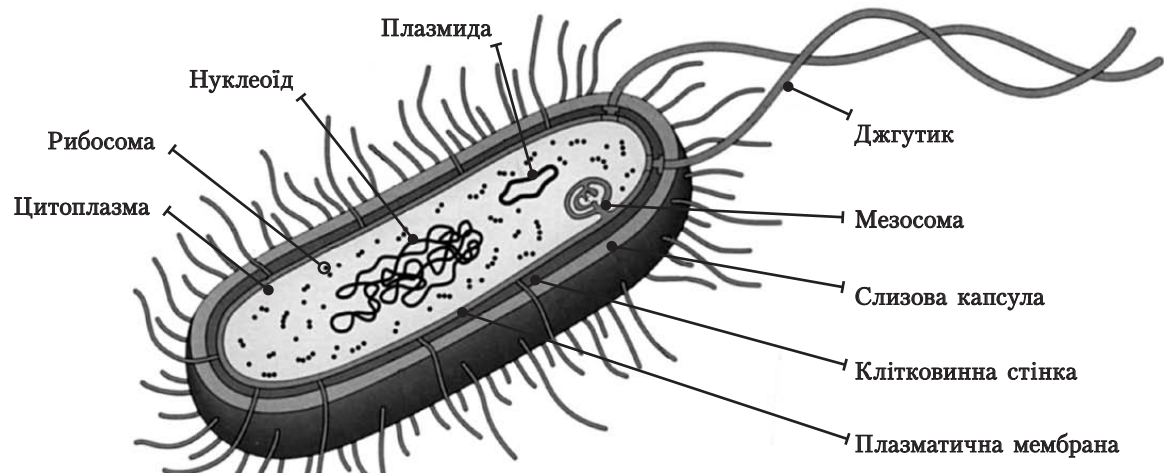
■ Будова клітин прокаріотів і еукаріотів



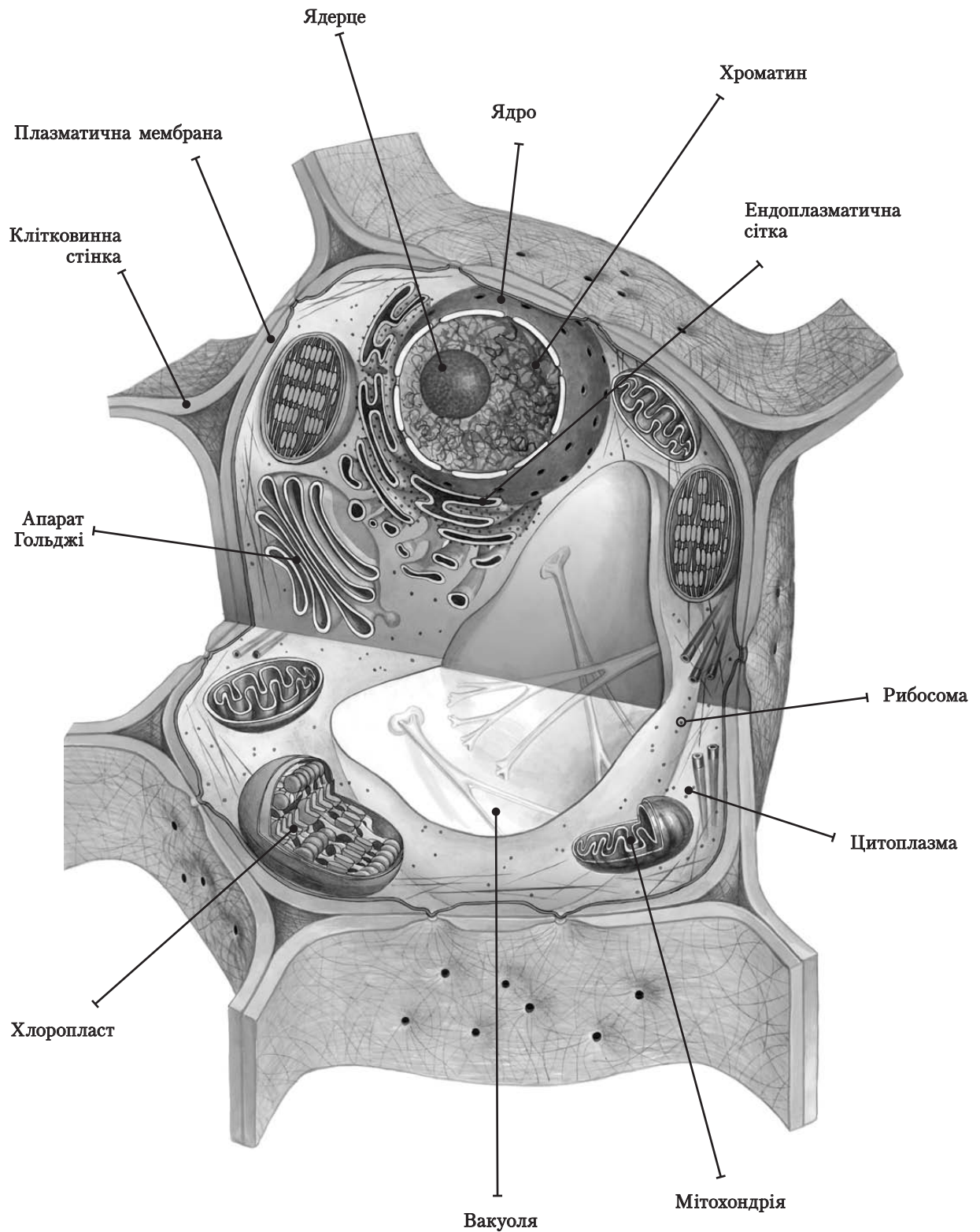
■ Порівняння еукаріотичних та прокаріотичних клітин

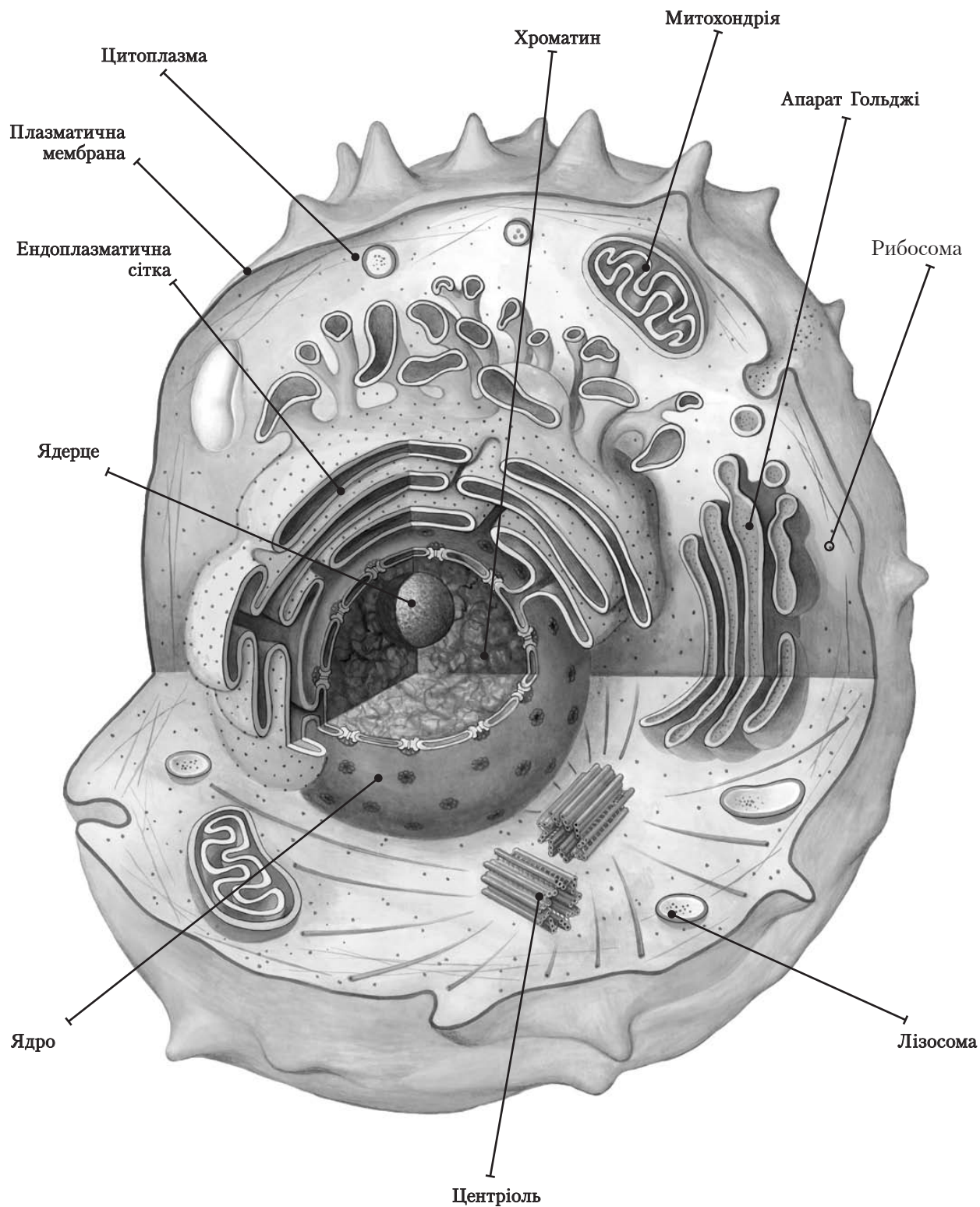
Структура	Еукаріотична клітина	Прокаріотична клітина
Клітинна стінка	+ (у рослин)	+
Клітинна мембрана	+	+
Ядро	+ (оточене мембраною)	нуклеоїд, мембраною не оточений
Ендоплазматична сітка	+	–
Рибосоми	+	+
Комплекс Гольджі	+	–
Лізосоми	+	–
Мітохондрії	+	–
Вакуолі	Обов'язкові у рослин, є у деяких тварин	відсутні
Війки, джгутики	+	+

■ Будова бактеріальної клітини



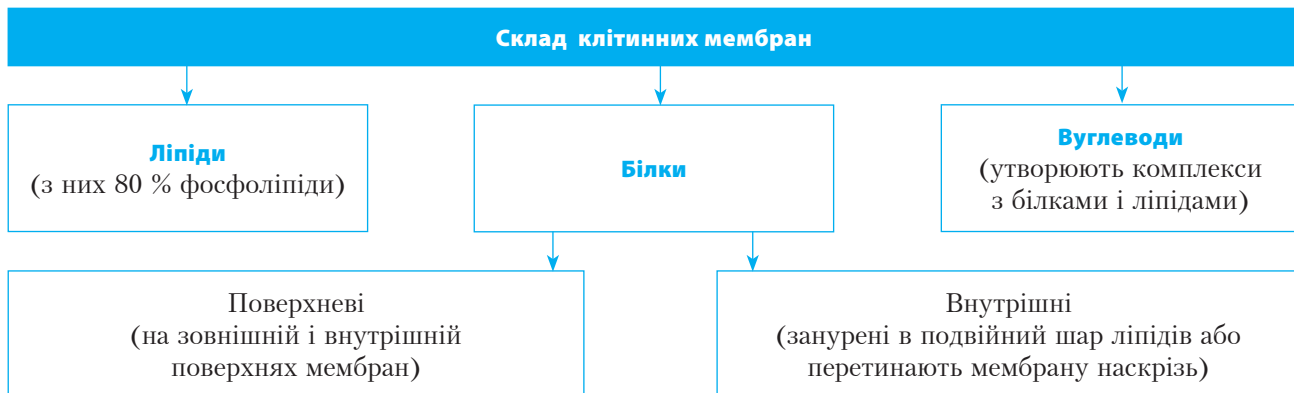
■ Будова рослинної клітини



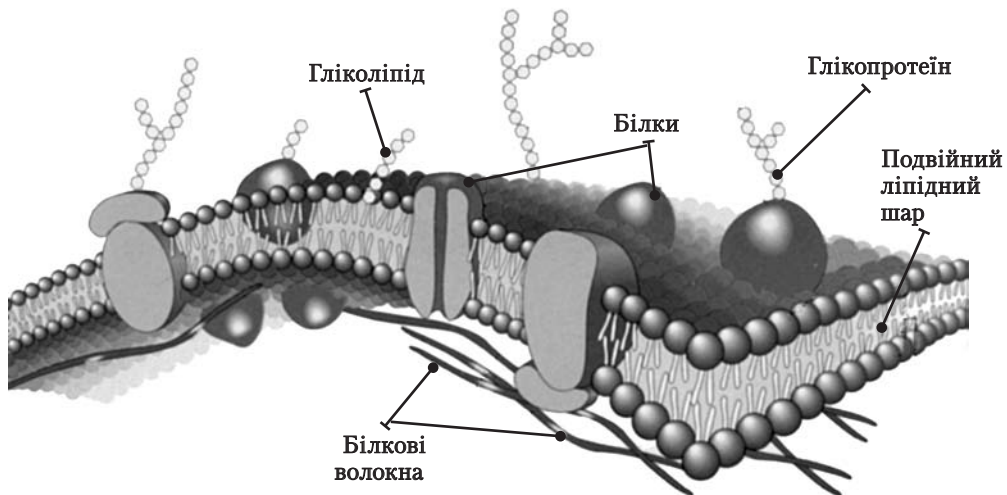


КЛІТИННІ МЕМБРАНИ

■ Хімічний склад клітинних мембран



■ Рідинно-мозаїчна модель будови клітинних мембран



Молекули ліпідів розміщені у вигляді подвійного шару, їхні полярні гідрофільні «головки» обернені

до зовнішнього та внутрішнього боків мембран, а гідрофобні неполярні «хвости» — всередину.

■ Функції клітинних мембран

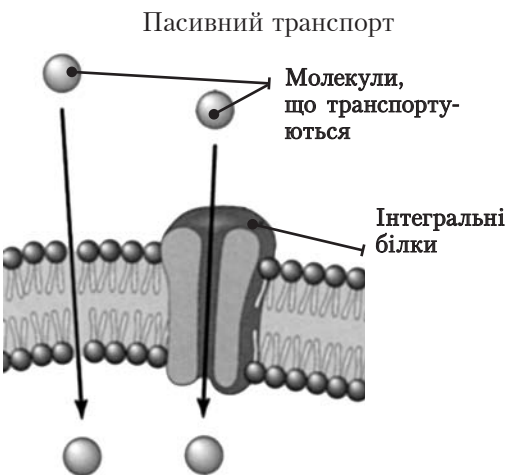
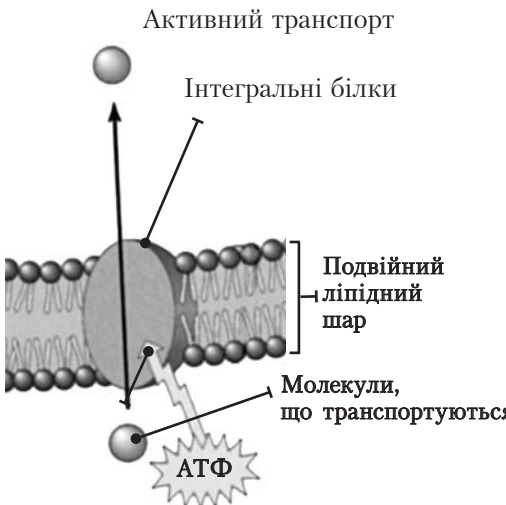
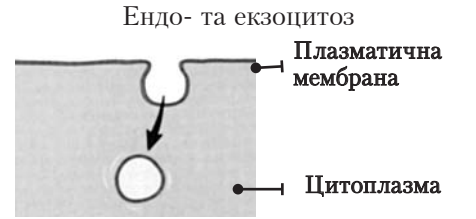
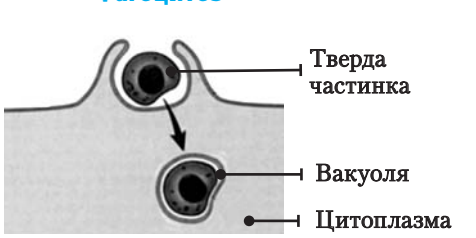
Забезпечують зв'язок клітин між собою і навколишнім середовищем

Поділяють внутрішнє середовище клітини на відсіки — компартменти

На поверхні мембран розміщуються клітинні структури: рибосоми, ферменти, пігменти та ін.

У біологічних мембранах відбуваються процеси, пов'язані зі сприйняттям і передачею інформації, формуванням і передачею збудження, перетворенням енергії та ін.

■ Транспорт речовин крізь плазматичну мембрану

Вид транспорту	Характеристика
Пасивний транспорт  Молекули, що транспортуються Інтегральні білки	Пасивний транспорт відбувається завдяки різниці концентрацій речовин з обох боків мембрани. Речовини проникають у клітину крізь певні ділянки або пори без затрат енергії
Активний транспорт  Інтегральні білки Подвійний ліпідний шар Молекули, що транспортуються АТФ	Активний транспорт речовин пов'язаний із затратами енергії. Її джерелом можуть бути або енергія, яка вивільнюється при розщепленні молекул АТФ, або різниця концентрації іонів, що виникає з обох боків мембрани. Речовини переміщуються з участю рухомих білків-переносників або за рахунок зміни конфігурації внутрішніх білків
Ендо- та екзоцитоз  Плазматична мембрана Цитоплазма Фагоцитоз  Тверда частинка Вакуоля Цитоплазма Піноцитоз	Здатність поглинати (ендоцитоз) чи виводити (екзоцитоз) назовні великі молекули або частинки, які складаються з багатьох молекул. Різновидами ендоцитозу є фагоцитоз та піноцитоз. Фагоцитоз — активне захоплення мікроскопічних твердих об'єктів. Піноцитоз — захоплення та поглинання клітиною рідин разом із розчиненими в них сполуками

■ Функції плазматичної мембрани

Функція	Характеристика
Обмежує цитоплазму, визначає розміри і форму клітини	Міцна та еластична
Ферментативна функція	У мембрані розміщені деякі ферменти
Сигнальна функція	Забезпечує подразливість: білки мембрани під дією подразників із навколишнього середовища можуть змінювати свою просторову структуру й таким чином передають сигнал у клітину
Транспортна функція	Переміщення речовин у клітину або з неї
Забезпечення міжклітинних контактів	Мембрани тваринних клітин здатні утворювати складки або вирости в місцях їхнього сполучення. Це забезпечує виключну міцність. Рослинні клітини з'єднуються між собою за допомогою міжклітинних каналців, заповнених цитоплазмою

■ Будова надмембранного комплексу

Царство органічного світу	Надмембранний комплекс
Рослини	Клітинна стінка, що складається з целюлози. Це каркас клітини
Тварини	Зовнішній шар — глікокалікс — дуже тонкий і еластичний, складається з полісахаридів і білків
Гриби	Клітинна стінка, що складається з хітину, глікогену, білків
Дроб'янки	Тверда клітинна стінка, що складається з муреїну, фосфоліпідів, білків

■ Підмембранний комплекс

До підмембранних комплексів клітин належать пелікула та білкові утворення (мікротрубочки та мікрофіламенти), які становлять опору клітин (цитоскелет). Елементи

цитоскелета виконують опорну функцію, сприяють закріпленню органел у певному положенні, а також їхньому переміщенню в клітині.

ЯДРО

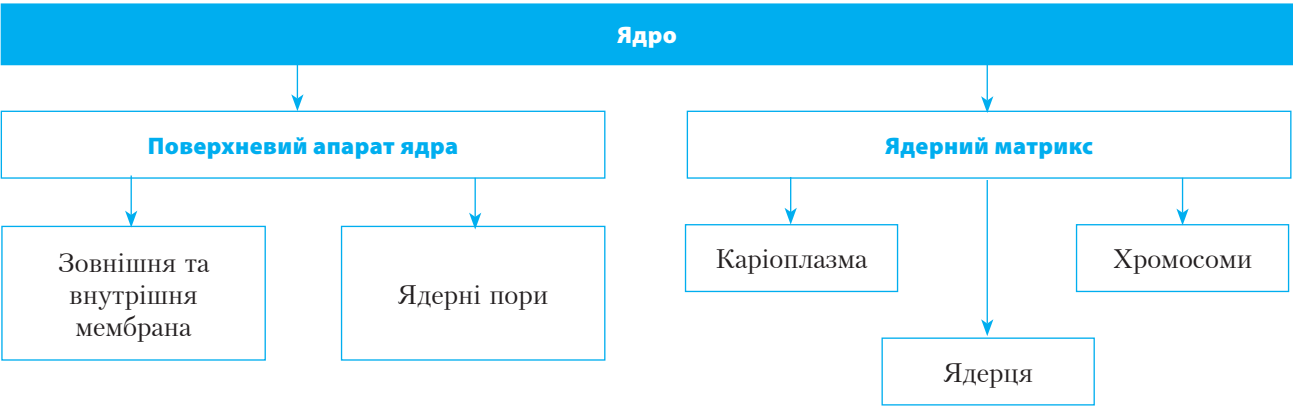
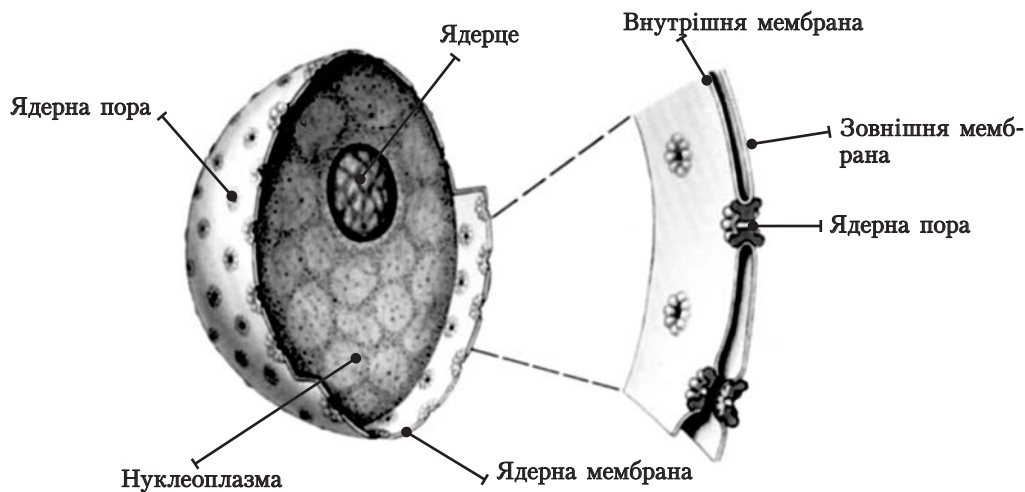
Ядро — частина еукаріотичних клітин, які містять носії генетичної інформації. Деякі клітини багатоклітинних еукаріот втратили ядро, наприклад, еритроцити ссавців.

Ядро — частина еукаріотичних клітин, які містять носії генетичної інформації. Деякі клітини багатоклітинних еукаріот втратили ядро, наприклад, еритроцити ссавців.

■ Функції ядра

1. Зберігає спадкову інформацію і передає її дочірним клітинам під час поділу
2. Регулює біохімічні, фізіологічні та морфологічні процеси в клітині

■ Будова ядра

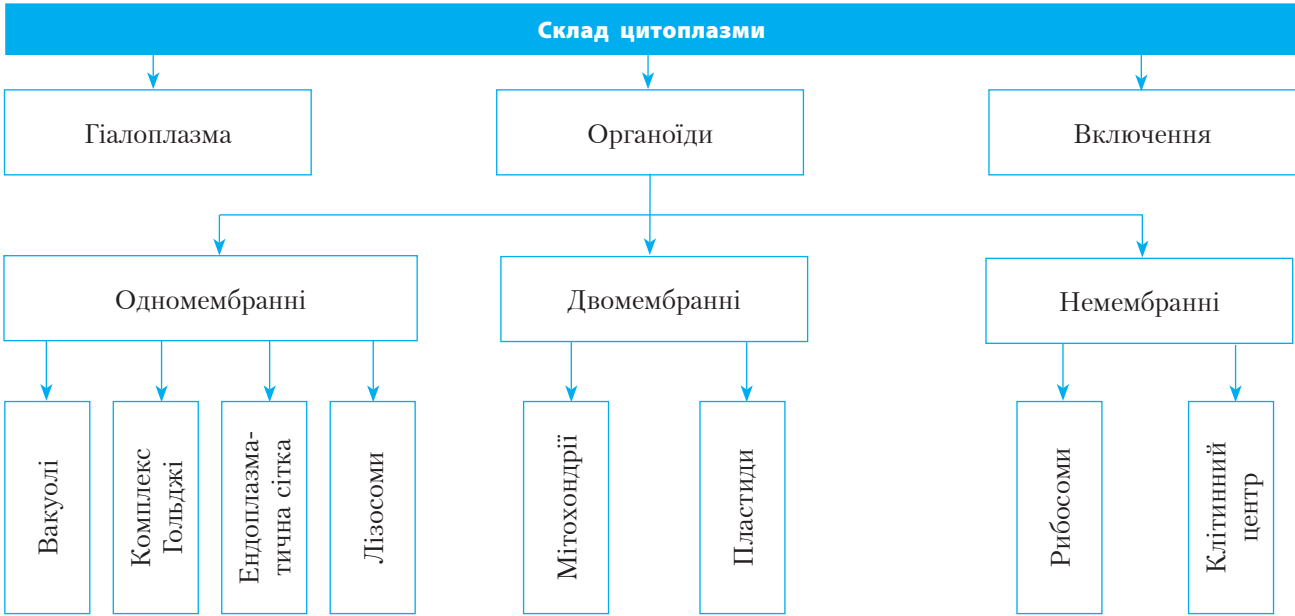


■ Будова та функції частин ядра

Структура	Будова	Функції
Поверхневий апарат	Складається з двох мембран. Зовнішня ядерна мембрана з'єднується з внутрішньою навколо отворів — ядерних пор, прикритих особливими тільцями	1. Відмежовує ядро від цитоплазми. 2. Здійснює обмін речовинами між ядром і цитоплазмою
Каріоплазма	За складом та властивостями нагадує цитоплазму	Внутрішнє середовище
Ядерця	Щільні структури, які складаються з рибонуклеопротеїдних фібрил	Приймають участь у формуванні рибосом
Хромосоми	Основу складає дволанцюгова молекула ДНК, яка зв'язана з ядерними білками й утворює нуклеопротеїди. Кожна хромосома складається з двох поздовжніх частин — хроматид. Обидві хроматиди сполучаються між собою в зоні первинної перетяжки, яка поділяє хромосому на ділянки — плечі. Деякі хромосоми мають і вторинні перетяжки	Зберігають спадкову інформацію, яка передається із покоління в покоління

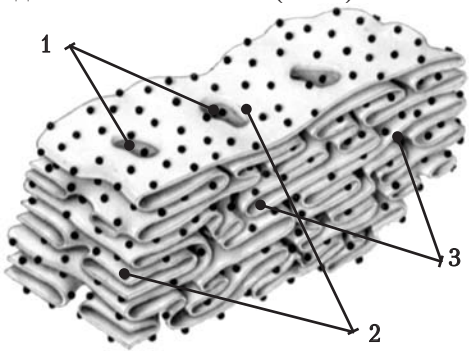
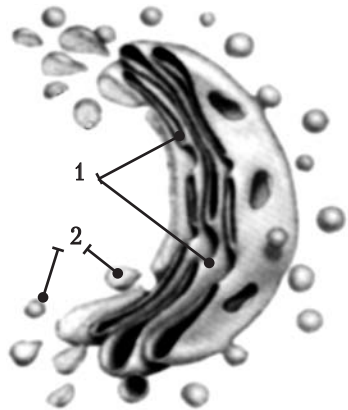
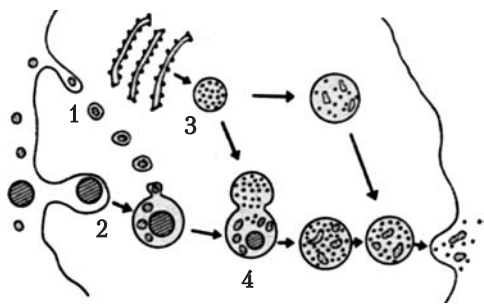
■ Склад цитоплазми

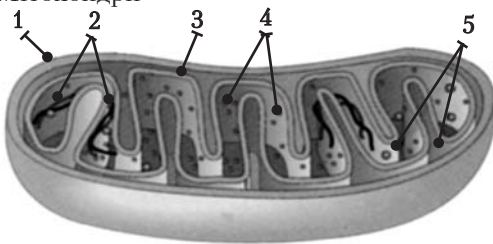
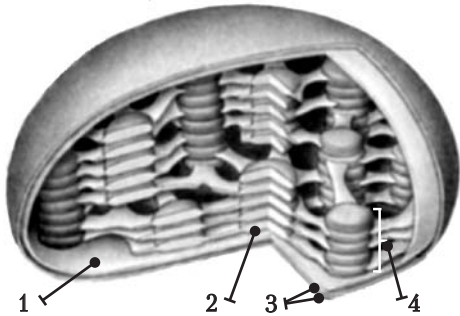
Цитоплазма — внутрішній рідкий вміст клітини, в якому розміщуються і функціонують клітинні органоїди.

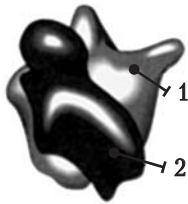
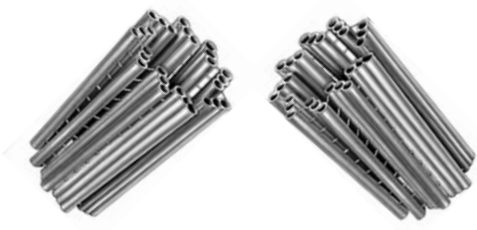
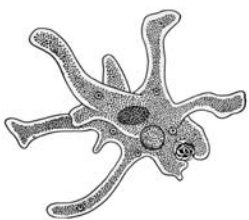
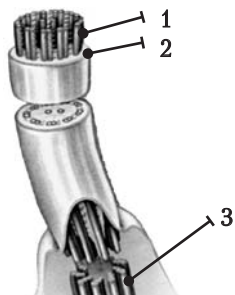


■ Будова та функції цитоплазми й органоїдів

Структура	Будова	Функції
Гіалоплазма	Прозорий розчин органічних і неорґанічних сполук у воді. Перебуває у станах золю та гелю. Містить 75–78 % води, 10–12 % білків, 4–6 % вуглеводів, 2–3 % ліпідів, 10 % неорґанічних речовин	1. Об'єднує всі клітини структури і забезпечує їхню взаємодію. 2. Виконує транспорту функцію
Включення	Непостійні структури, які виникають та зникають у процесі життєдіяльності клітини. Можуть бути у твердому або рідкому стані, мають вигляд кристалів (солі), зерен (білки, полісахариди) чи краплин (жири)	Запасні речовини

Структура	Будова	Функції
Орґаноїди		
1. Одномембранні		
Ендоплазматична сітка (ЕПС)  1 — мембрана БПС, 2 — рибосоми, 3 — порожнина ЕПС	Мембранна система порожнин, каналів, цистерн, з'єднаних між собою і з плазматичною мембраною. Пронизує всю клітину Незерниста ЕПС (гладенька) складається тільки з мембран Зерниста ЕПС (шершава, гранульована), до мембран прикріплені рибосоми	1. Здійснює реакції, пов'язані із синтезом білків (гранульована), вуглеводів, жирів (гладенька). 2. Сприяє переносу та циркуляції поживних речовин у клітині. 3. Знешкоджує токсичні речовини. 4. Формує ядерну мембрану
Комплекс Гольджі  1 — цистерни, 2 — секреторні пухирці	Складається з обмежених мембранами порожнин, а також трубочок із пухирцями на кінці	1. Накопичує і виводить речовини, що синтезуються в ендоплазматичній сітці. 2. Утворює лізосоми. 3. Синтезує деякі полісахариди. 4. Бере участь у будівництві плазматичної мембрани та інших клітинних мембран (наприклад, формує скоротливі вакуолі)
Лізосоми  1 — піноцитоз, 2 — фагоцитоз, 3 — формування лізосом, 4 — виливання лізосомальних ферментів у піно- і фагоцитні вакуолі	Округлі тільця, що містять комплекс ферментів Первинні лізосоми утворюються за участю комплексу Гольджі. Вторинні лізосоми (травні вакуолі) утворюються з первинних. Аутолізосоми знищують дефектні орґаноїди, мертві клітини та ін.	1. Травна функція — розщеплюють органічні сполуки. 2. Вилучають відмерлі орґаноїди, клітини

Структура	Будова	Функції
Вакуолі травні, скоротливі, заповнені соком 	Порожнини в гіалоплазмі, відокремлені мембраною й заповнені рідиною	1. Травна функція. 2. Регуляція осмотичного тиску в клітині. 3. Запасаюча функція (запас рідини, пігментів та ін.)
2. Двомембранні		
Мітохондрії  1 — зовнішня мембрана, 2 — ДНК, 3 — внутрішня мембрана, 4 — рибосоми, 5 — кристи	Мають сферичну, ниткоподібну, овальну та інші форми. Від цитоплазми відокремлені подвійною мембраною, крізь яку проникає багато сполук. Внутрішній шар мембрани утворює численні складки — кристи, на яких розміщені ферменти дихального ланцюга	1. Енергетична функція — етапи енергетичного обміну та синтез АТФ. 2. Синтез власних білків, РНК і ДНК
Пластиди (тільки у рослин) Хлоропласти  1 — строма, 2 — тилакоїд, 3 — подвійна мембрана, 4 — грана	Мають зелений колір, овальну форму. Мембрана подвійна, внутрішній шар мембрани утворює складчасті вчини всередину строми — ламели та тилакоїди. Ламели мають вигляд плоских видовжених складок, тилакоїди — плоских дископодібних мішечків. Тилакоїди зібрані у скупчення — грани. Молекули хлорофілу вмонтовані в мембрани тилакоїдів	1. Використання світлової енергії та створення органічних речовин із неорганічних (фотосинтез) 2. Відіграють певну роль (маючи свою ДНК) у передачі спадкових ознак
Хромопласти	Жовті, жовтогарячі, червоні або бурі, містять пігменти каротиноїди	Надання різним частинам рослини червоного та жовтого забарвлення
Лейкопласти	Безколірні пластиди сферичної форми	Відкладання запасних поживних речовин (крохмалю, жирів, білків)

Структура	Будова	Функції
3. Немембранні		
Рибосоми  1 — велика субодинаця, 2 — мала субодинаця	Мають вигляд сферичних або грибоподібних гранул. Складаються з двох неоднакових за розміром частинок	Синтез білкових молекул з амінокислот
Клітинний центр (центросома) (відсутній у клітинах вищих рослин) 	Складається з двох центріолей. Кожна центріоль має вигляд порожнистого циліндра, у стінку якого закладені 9 груп подовжніх мікротрубочок, по 3 мікротрубочки в кожній групі	1. Участь у процесі поділу клітин, формування веретена поділу. 2. За участю центріолей утворюються мікротрубочки цитоплазми
4. Органели руху		
Псевдоніжки (псевдоподії) 	Перехід цитоплазми зі стану золю у стан гелю сприяє руху клітин за допомогою псевдоподій	1. Активний рух. 2. Живлення засобом фагоцитозу
Джгутики та війки  1 — мікротрубочка, 2 — плазматична мембрана, 3 — базальне тільце	Тонкі вирости цитоплазми, зовні покриті мембраною. Усередині міститься складна структура з мікротрубочок	1. Активний рух. 2. Забезпечення та доставка клітинам їжі. 3. Можуть виконувати захисну функцію

ЖИТТЄВИЙ ЦИКЛ КЛІТИНИ

Життєвий цикл клітини (клітинний цикл) — це період життя клітини від одного поділу до наступного.

Інтерфаза — період між поділами, в якому відбуваються процеси росту, подвоєння молекул ДНК, синтезу білків та інших органічних сполук, ділення мітохондрій і пластид, розростання ендоплазматичної сітки тощо. Інтенсивно акумулюється енергія.

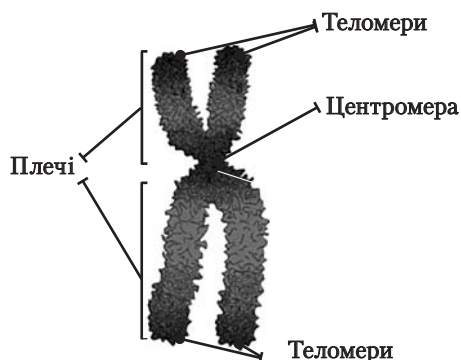
Мітоз — поділ, який супроводжується спіралізацією хромосом та утворенням апарату, який забезпечує рівномірний розподіл спадкового матеріалу материнської клітини між двома дочірніми.

Мейоз — це особливий спосіб поділу клітин, у результаті якого кількість хромосом зменшується вдвічі й утворюються гаплоїдні клітини.

■ Порівняння процесів мітозу та мейозу

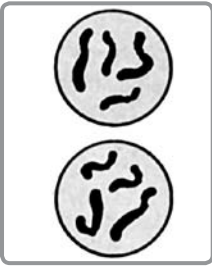
Мітоз	Мейоз
Мають однакові фази поділу	
Перед поділом відбуваються спіралізація і подвоєння молекул ДНК	
Один поділ	Два поділи, що змінюють один одного
У метафазі на екваторі клітини розміщуються подвоєні хромосоми	У метафазі на екваторі клітини розміщуються пари гомологічних хромосом
Кон'югація хромосом і кросинговер відсутні	У профазі I гомологічні хромосоми кон'югують і можуть обмінюватися ділянками (кросинговер)
Між поділами відбувається подвоєння хромосом	Між першим і другим поділами немає подвоєння хромосом
Утворюються дві дочірні клітини з диплоїдним набором хромосом ($2n$)	Утворюються чотири клітини з гаплоїдним набором хромосом (n)

■ Особливості будови мітотичних хромосом



1. У профазі мітозу хромосоми спіралізуються, скорочуються й потовщуються. Хроматиди відходять одна від одної, залишаючись з'єднаними тільки центромерами
2. Метафазні хромосоми мають X-подібну форму, складаються з двох хроматид, кінці яких розійшлися
3. В анафазі кожна хромосома розділяється на окремі хроматиди, які називаються дочірніми хромосомами. Вони мають вигляд паличок, зігнутих у місці первинної перетяжки

■ Фази мітозу

Фази	Процеси
Профаза 	Відбувається спіралізація хромосом, зникають ядерна оболонка та ядерце, утворюється веретено поділу. З'являється сітка мікотрубочок
Метафаза 	Завершуються процеси спіралізації хромосом і формування веретена поділу. Кожна хромосома прикріплюється центромерою до мікотрубочки веретена й прямує до центральної частини клітини. Центромери хромосом розміщуються на рівних відстанях від полюсів клітини. Хроматиди відокремлюються одна від одної
Анафаза (найкоротша) 	Відбувається поділ центромер і розходження хроматид до різних полюсів клітини. Біля кожного полюса збирається диплоїдний набір хромосом
Телофаза 	Відбувається деспіралізація хромосом, навколо скупчень хроматид утворюється ядерна оболонка, з'являються ядерця; дочірні ядра набувають вигляду інтерфазних. Цитоплазма материнської клітини ділиться. Утворюються дві дочірні клітини
Дочірні клітини 	Утворюються дві дочірні клітини з диплоїдним набором хромосом

Біологічне значення мітозу в тому, що він забезпечує постійність числа хромосом у всіх клітинах

організму, внаслідок чого всі вони мають одну і ту ж генетичну інформацію.

■ Фази мейозу

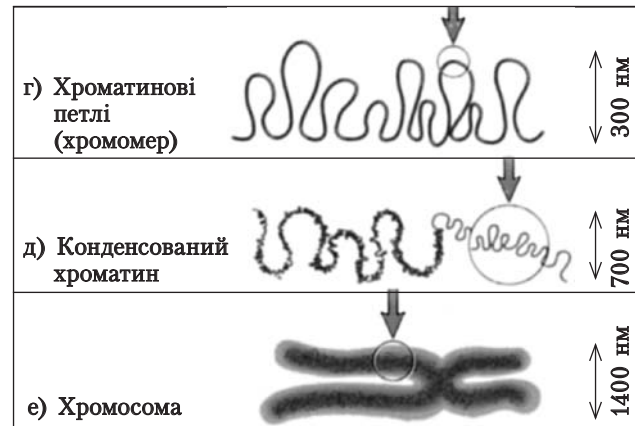
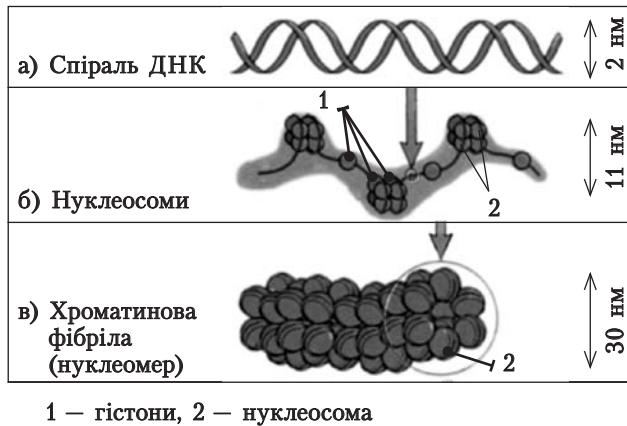
Фаза	Процеси
Перший поділ	
Профаза I 	Починається спіралізація хромосом, однак хроматиди кожної з них не розділяються. Гомологічні хромосоми зближуються, утворюють пари — має місце кон'югація. Під час кон'югації може спостерігатися процес кросинговеру, під час якого гомологічні хромосоми обмінюються певними ділянками. Унаслідок кросинговеру утворюються нові комбінації різних станів певних генів. Через певний час гомологічні хромосоми починають відходити одна від одної. Зникають ядерця, руйнується ядерна оболонка й починається формування веретена поділу
Метафаза I 	Нитки веретена поділу прикріплюються до центромер гомологічних хромосом, які лежать не в площині екваторіальної пластинки, а по обидва боки від неї
Анафаза I 	Гомологічні хромосоми відділяються одна від одної і рухаються до протилежних полюсів клітини. Центромери окремих хромосом не розділяються, і кожна хромосома складається з двох хроматид. Біля кожного з полюсів клітини збирається половинний (гаплоїдний) набір хромосом
Телофаза I 	Формується ядерна оболонка. У тварин і деяких рослин хромосоми деспіралізуються, і здійснюється поділ цитоплазми
Інтерфаза 	Унаслідок першого поділу виникають клітини або лише ядра з гаплоїдними наборами хромосом. Інтерфаза між першим і другим поділами скорочена, молекули ДНК у цей час не подвоюються

Фаза	Процеси
Другий поділ	
Профаза II 	Спіралізуються хромосоми, кожна з яких складається з двох хроматид, зникають ядерця, руйнується ядерна оболонка, центріолі переміщуються до полюсів клітин, починає формуватися веретено поділу. Хромосоми наближуються до екваторіальної пластинки
Метафаза II 	Завершуються спіралізація хромосом і формування веретена поділу. Центромери хромосом розташовуються в один ряд уздовж екваторіальної пластинки, до них приєднуються нитки веретена поділу
Анафаза II 	Діляться центромери хромосом, і хроматиди розходяться до полюсів клітини завдяки вкороченню ниток веретена поділу
Телофаза II 	Хромосоми деспіралізуються, зникає веретено поділу, формуються ядерця та ядерна оболонка. Відбувається поділ цитоплазми
Дочірні клітини 	Утворюються чотири клітини з гаплоїдним набором хромосом

Біологічне значення мейозу полягає в підтриманні постійності хро-

мосомного набору організмів, які розмножуються статевим шляхом.

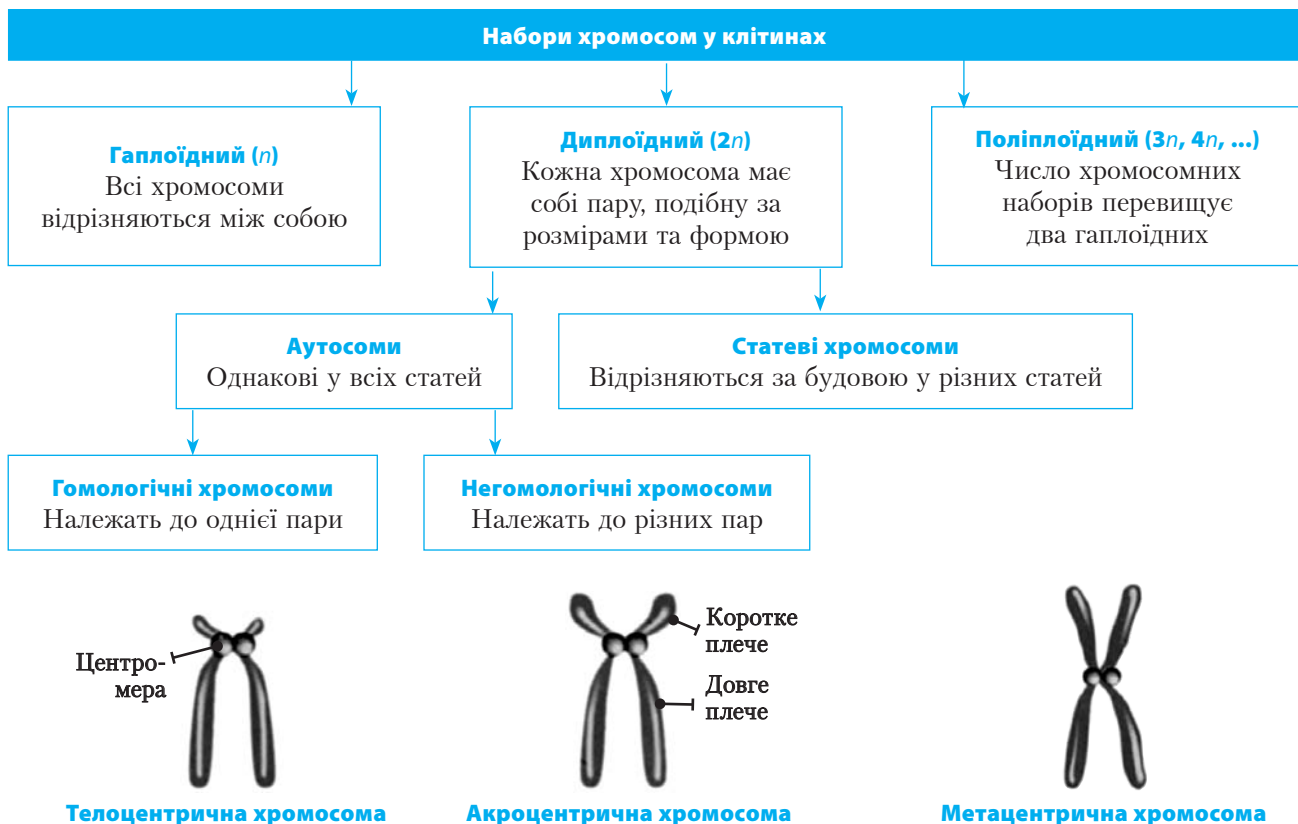
Рівні структурної організації хромосом



Набори хромосом у клітинах

Каріотип — сукупність хромосом еукаріотичної клітини, типова для даного виду. Хромосомний набір

характеризується кількістю, розміром та формою хромосом.



ОБМІН РЕЧОВИН ТА ЕНЕРГІЇ

■ Обмін речовин

Обмін речовин (метаболізм) — надходження в організм поживних речовин із навколишнього середови-

ща, їх перетворення та виведення з організму продуктів життєдіяльності.



■ Типи організмів за джерелами енергії та речовин

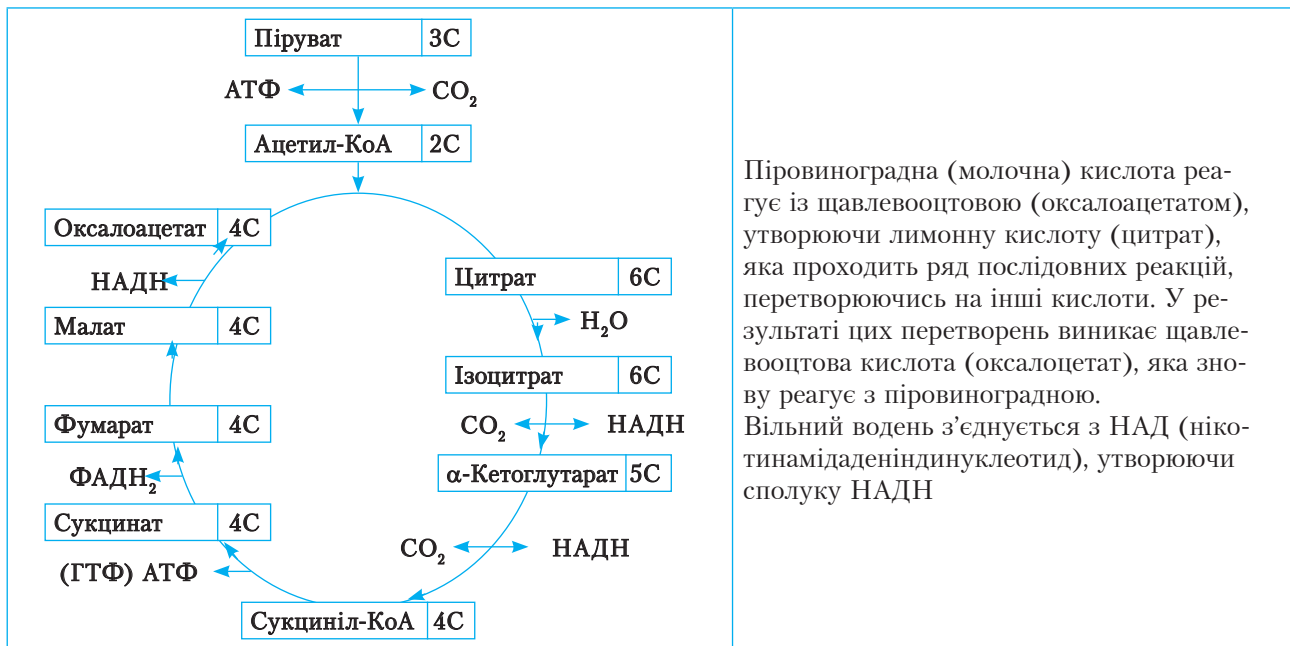


Організми		За джерелом енергії	
		Фототрофи	Хемотрофи
За джерелом органічних речовин	Автотрофи	Фотоавтотрофи (рослини, ціанобактерії, фотосинтезуючі бактерії)	Хемоавтотрофи (нітрифікуючі бактерії, сіркобактерії, залізобактерії)
	Гетеротрофи	Фотогетеротрофи (пурпурні бактерії)	Хемогетеротрофи (тварини, гриби, паразитичні рослини)

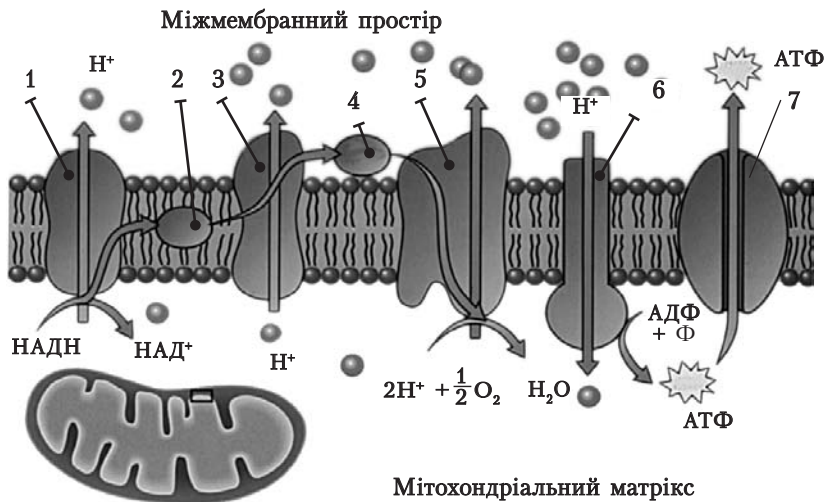
■ Етапи енергетичного обміну

Етап	Місце	Процеси
Підготовчий	Шлунково-кишковий тракт, у цитоплазмі клітин	Органічні макромолекули за участю ферментів розпадаються на дрібні молекули: білки → амінокислоти вуглеводи → глюкоза жири → гліцерин + жирні кислоти Енергія розсіюється у вигляді тепла
Безкисневий (анаеробний, гліколіз, не-повне розщеплення)	На внутрішньоклітинних мембранах гіалоплазми	Гліколіз: $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 2\text{Ф} + 2\text{АДФ} \xrightarrow{\text{ферменти}} 2\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_3 + 2\text{H}_2\text{O} + 2\text{АТФ}$ глюкоза піровиноградна кислота Спиртове бродіння: $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 \rightarrow 2\text{C}_2\text{H}_5\text{OH} + 2\text{CO}_2$
Кисневий (аеробний, тканинне дихання)	У матриксі мітохондрій	Цикл Кребса: суть перетворень полягає у ступінчастому декарбоксілюванні й дегідруванні піровиноградної кислоти, під час яких утворюються АТФ, НАДН і ФАДН ₂ . У подальших реакціях багаті на енергію НАДН і ФАДН ₂ передають свої електрони в електронно-транспортний ланцюг, що являє собою мультиферментний комплекс внутрішньої поверхні мітохондріальних мембран. Унаслідок пересування електрона по ланцюгу переносників утворюється АТФ. $2\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_3 + 6\text{O}_2 + 36\text{Ф} + 36\text{АДФ} \xrightarrow{\text{е\ddot{a}т\ddot{o}н\ddot{o}в\ddot{o}в}} 6\text{CO}_2 + 42\text{H}_2\text{O} + 36\text{А\ddot{A}ТФ}$
Сумарне рівняння енергетичного обміну: $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6\text{O}_2 + 38\text{АДФ} + 38\text{Ф} \rightarrow 6\text{CO}_2 + 42\text{H}_2\text{O} + 38\text{АТФ}$		

■ Цикл Кребса



Електронно-транспортний ланцюг мітохондрій (дихальний ланцюг)

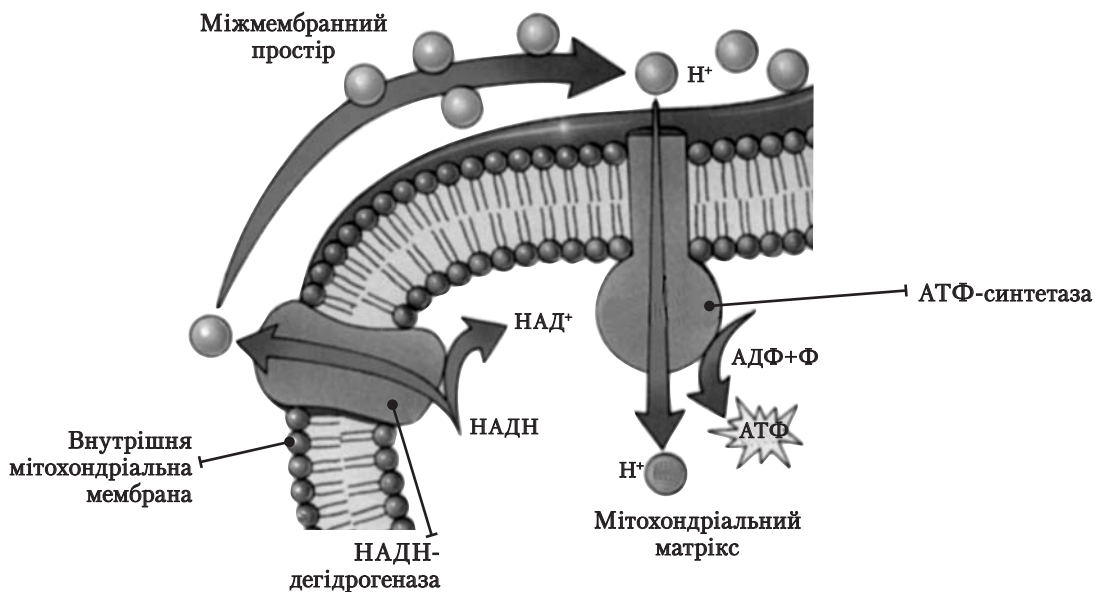


НАДН окиснюється до НАД⁺, H⁺ та електрона. За допомогою переносників електрони транспортуються на внутрішню поверхню мембрани мітохондрій, іони H⁺ накопичуються на зовнішній поверхні. У внутрішній мембрані мітохондрій локалізована ферментна система АТФ-синтетаза, завдяки якій з АДФ і фосфорної кислоти синтезується АТФ

Утворення АТФ під час транспорту електронів в електронно-транспортному ланцюгу (хеміосмотична гіпотеза Мітчелла)

Для утворення АТФ ферментна система АТФ-синтетаза використовує різницю електричних потенціалів і концентрації іонів Гідрогену з різних боків мембрани, перерозподіляючи потік H⁺: із зов-

нішньої поверхні мембрани переносить іони H⁺ на внутрішню. Під час перенесення електронів від НАДН до O₂ виділяється енергія, необхідна для синтезу трьох молекул АТФ.



■ Властивості генетичного коду і біосинтез білка

Генетичний код — властива всім живим організмам єдина система збереження спадкової інформації

в молекулах нуклеїнових кислот у вигляді послідовності нуклеотидів.

Генетичний код	
1) Триплетний — кожній амінокислоті відповідає трійка нуклеотидів ДНК (РНК) — кодон;	
2) однозначний — один триплет кодує лише одну амінокислоту;	
3) вироджений — одну амінокислоту можуть кодувати декілька різних триплетів;	
4) універсальний — єдиний для всіх організмів, які існують на Землі;	
5) не перекривається — кодони зчитуються один за одним, з однієї певної точки в одному напрямку (один нуклеотид не може входити одночасно до складу двох сусідніх триплетів);	
6) між генами існують «розділові знаки» — ділянки, які не несуть генетичної інформації, а лише відокремлюють одні гени від інших. Їх називають спейсерами.	

Стоп-кодони УАА, УАГ, УГА означають припинення синтезу одного поліпептидного ланцюга, триплет

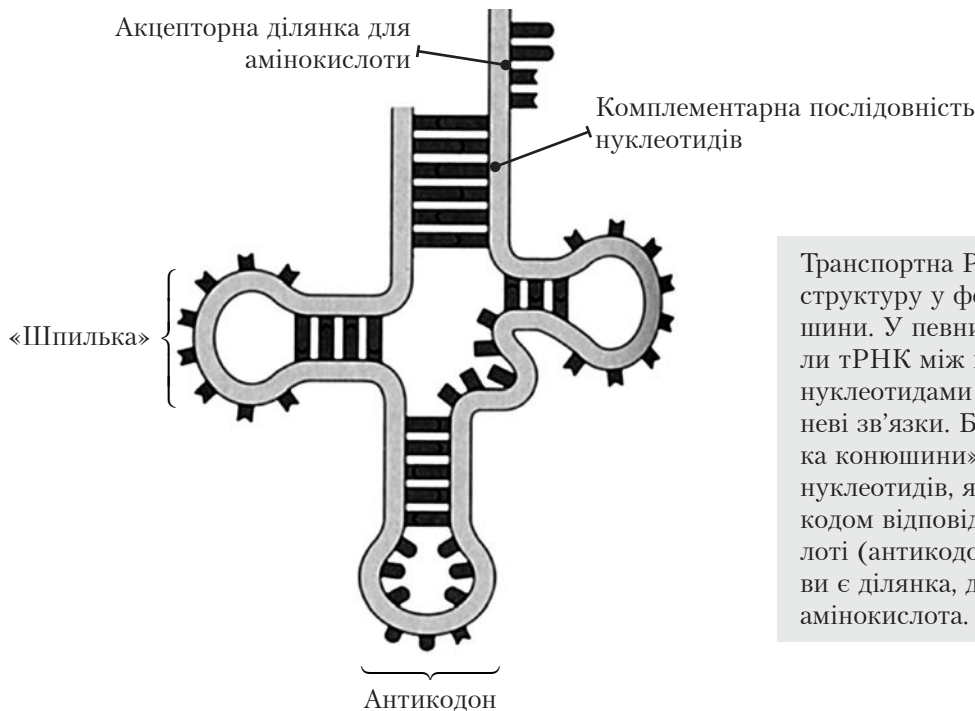
АУГ визначає місце початку синтезу наступного.

Генетичний код											
		Другий нуклеотид									
		У		Ц		А		Г			
Перший нуклеотид	У	УУУ	Фен	УЦУ	Сер	УАУ	Тир	УГУ	Цис	У	Третій нуклеотид
		УУЦ		УЦЦ		УАЦ		УГЦ		Ц	
		УУА	Лей	УЦА		УАА	Стоп*	УГА	Стоп*	А	
		УУГ		УЦГ		УАГ	Стоп*	УГГ	Трп	Г	
	Ц	ЦУУ	Лей	ЦЦУ	Про	ЦАУ	Гіс	ЦГУ	Арг	У	
		ЦУЦ		ЦЦЦ		ЦАЦ		ЦГЦ		Ц	
		ЦУА		ЦЦА		ЦАА	Глн	ЦГА		А	
		ЦУГ		ЦЦГ		ЦАГ		ЦГГ		Г	
	А	АУУ	Ілей	АЦУ	Тре	ААУ	Асн	АГУ	Сер	У	
		АУЦ		АЦЦ		ААЦ		АГЦ		Ц	
		АУА		АЦА		ААА	Ліз	АГА	Арг	А	
		АУГ	Мет	АЦГ		ААГ		АГГ		Г	
	Г	ГУУ	Вал	ГЦУ	Ала	ГАУ	Асп	ГГУ	Глі	У	
		ГУЦ		ГЦЦ		ГАЦ		ГГЦ		Ц	
		ГУА		ГЦА		ГАА	Глу	ГГА		А	
		ГУГ		ГЦГ		ГАГ		ГГГ		Г	

■ Етапи біосинтезу білка

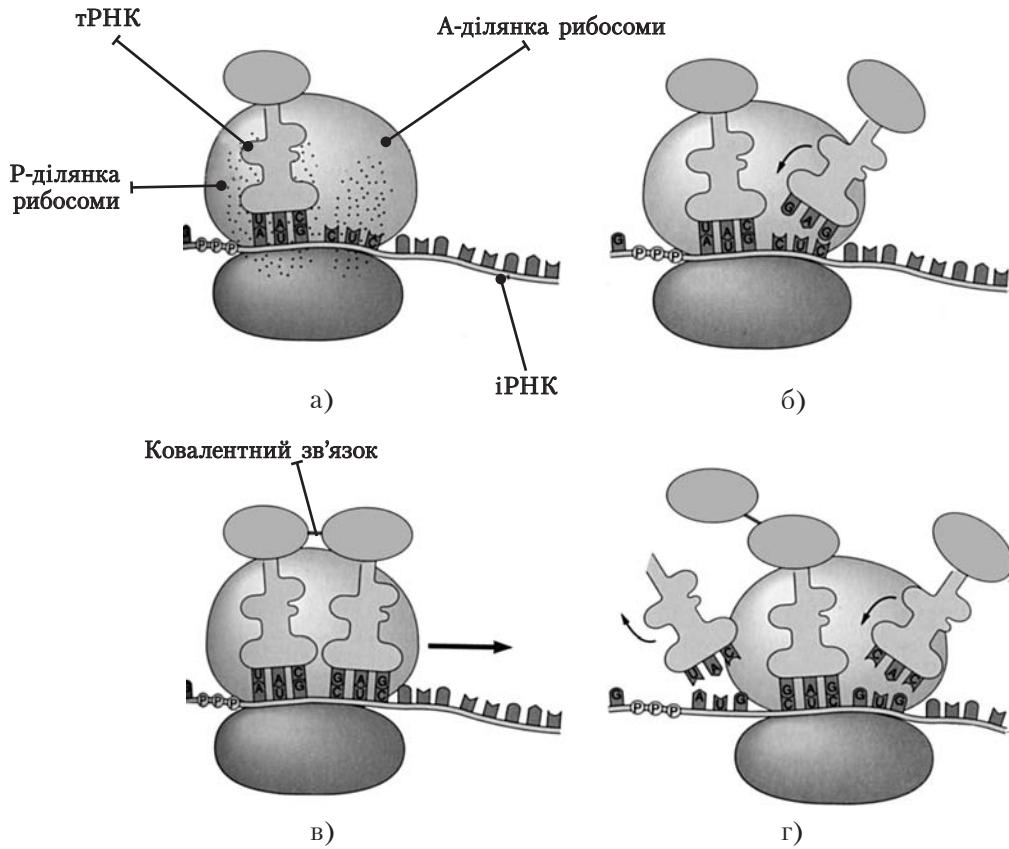
Етап	Місце	Процеси
Транскрипція	Каріоплазма	Фермент РНК-полімераза розщеплює подвійний ланцюг ДНК і на одному з ланцюгів за принципом комплементарності синтезує молекулу про-іРНК. За допомогою спеціальних ферментів про-іРНК перетворюється в активну форму іРНК, яка надходить з ядра до цитоплазми клітини
Активація амінокислот	Цитоплазма	Приєднання амінокислот за допомогою ковалентного зв'язку до певної тРНК. тРНК транспортує амінокислоти до місця синтезу білка
Трансляція	Рибосоми	Під час синтезу білка рибосома насувається на ниткоподібну молекулу іРНК таким чином, що іРНК опиняється між її двома субодиницями. У рибосомі є особлива ділянка — функціональний центр. Його розміри відповідають довжині двох триплетів, тому в ньому водночас перебувають два сусідні триплети іРНК. В одній частині функціонального центру антикодон тРНК пізнає кодон іРНК, а в іншій — амінокислота звільнюється від тРНК. Коли рибосома досягає стоп-кодону, синтез білкової молекули завершується
Утворення природної структури білка	Ендоплазматична сітка	Білок набуває певної просторової конфігурації. За участю ферментів відбувається відщеплення зайвих амінокислотних залишків, введення фосфатних, карбоксильних та інших груп тощо. Після цих процесів білок стає функціонально активним

■ Структура тРНК

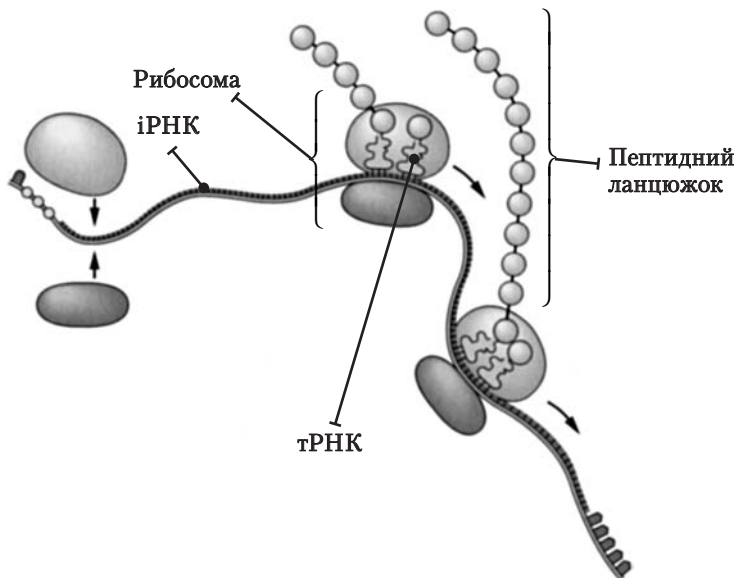


Транспортна РНК має вторинну структуру у формі листка конюшини. У певних ділянках молекули тРНК між комплементарними нуклеотидами виникають водневі зв'язки. Біля верхівки «листка конюшини» міститься триплет нуклеотидів, який за генетичним кодом відповідає певній амінокислоті (антикодон), а біля його основи є ділянка, до якої приєднується амінокислота.

■ Схема біосинтезу білка



■ Полірибосомальний комплекс (полісома)



На одній молекулі іРНКодночасно можуть синтезуватися декілька поліпептидів за участю багатьох рибосом. Комплекс, який при цьому утворюється, називається полірибосомальним.

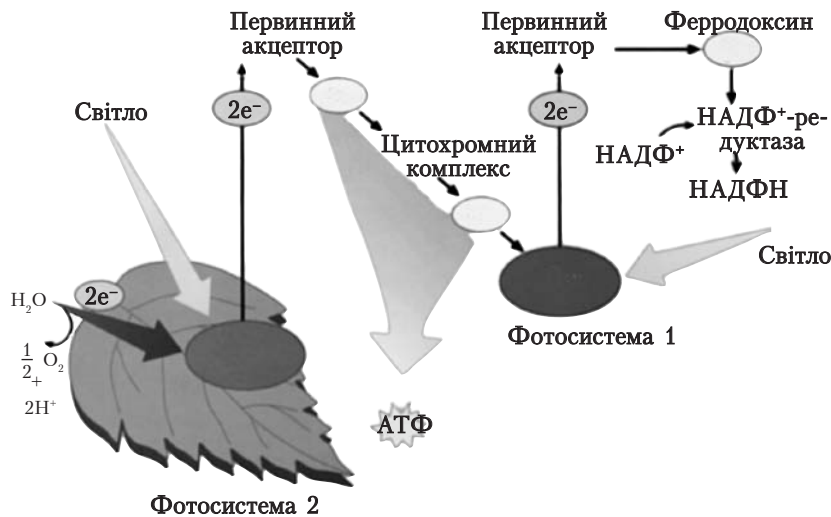
■ Фотосинтез

Фотосинтез — процес утворення органічних сполук із неорганічних завдяки перетворенню світлової енергії в енергію хімічних зв'язків. Здійснюється в клітинах зелених

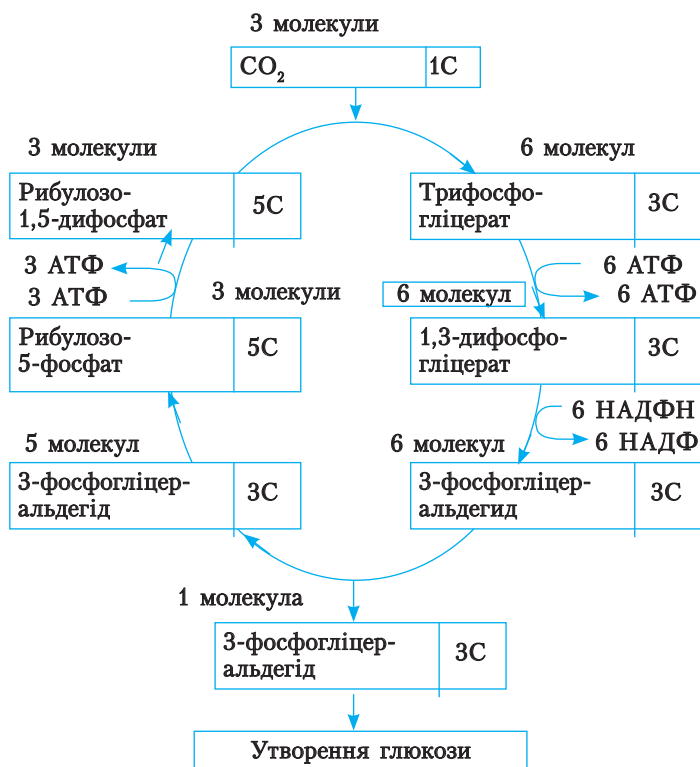
рослин за участю пігментів хлоропластів —хлорофілів а та b (зелені), каротиноїдів (жовті), фікобілінів (сині та червоні).

Фази	Місце	Процеси
Світлова фаза	На мембранах тилакоїдів хлоропластів	Фотосинтезуючі пігменти поглинають енергію світла, що приводить до «збудження» одного з електронів молекули пігменту, який за допомогою молекул-переносників переміщується на зовнішню поверхню мембрани тилакоїдів. Відбувається фотоліз води: $\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}^+ + \text{OH}^-$. Іони H^+ перетворюються на Гідроген, який використовується у реакціях фотосинтезу: $\text{H}^+ + \bar{e} \rightarrow \text{H}$ Гідроксильні йони, взаємодіючи між собою, утворюють кисень, воду й вільні електрони: $4\text{OH}^- \rightarrow 2\text{H}_2\text{O} + \text{O}_2 + 4\bar{e}$ Електрони через ряд проміжних речовин передають енергію для відновлення НАДФ (нікотинамідаденіндинуклеотидфосфат), який приєднує два атоми Гідрогену й перетворюється на НАДФН. Частина енергії електронів перетворюється на енергію АТФ: $\text{АДФ} + \Phi + \text{Q} \rightarrow \text{АТФ}$
Темнова фаза (світло не потрібне)	У стромі хлоропластів	За наявності CO_2 , енергії АТФ та сполук, що утворилися у світлових реакціях, відбувається приєднання Гідрогену до CO_2 , який надходить у хлоропласти із зовнішнього середовища. Через ряд послідовних реакцій за участю специфічних ферментів утворюються різноманітні сполуки, основними з яких є вуглеводи.
Сумарне рівняння фотосинтезу: $6\text{CO}_2 + 6\text{H}_2\text{O} \xrightarrow{+ \text{енергія}} \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6\text{O}_2$		

■ Світлова фаза фотосинтезу



■ Темнова фаза фотосинтезу (цикл Кальвіна)



Під час біохімічних реакцій цикла Кальвіна відбувається фіксація атома Карбону CO_2 для будови глюкози.

Для синтезу 1 молекули глюкози потрібні 12 молекул НАДФН та 18 молекул АТФ, які утворюються під час фотохімічних реакцій фотосинтезу.

Глюкоза, що утворюється в циклі Кальвіна, потім може розщеплюватися до пірувату і надходити до циклу Кребса.

■ Хемосинтез

Хемосинтез — процес утворення органічних речовин живими організмами з вуглекислого газу та інших неорганічних речовин без

участі світла. Здійснюється за рахунок енергії, яка виділяється при окисненні неорганічних речовин. Властивий певним видам бактерій.

Хемосинтезуючі мікроорганізми мають за енергетичні ресурси сірководень, сірку, амоніак, нітритну кислоту тощо. Хемосинтез відіграє у природі велику роль, завдяки

йому відбуваються такі важливі процеси, як нітрифікація, окиснювання сірководню в морях, перетворення сполук заліза тощо.

РОЗДІЛ III. ОРГАНІЗМЕННИЙ РІВЕНЬ ОРГАНІЗАЦІЇ ЖИТТЯ

Тема 1. Неклітинні форми життя

ВІРУСИ

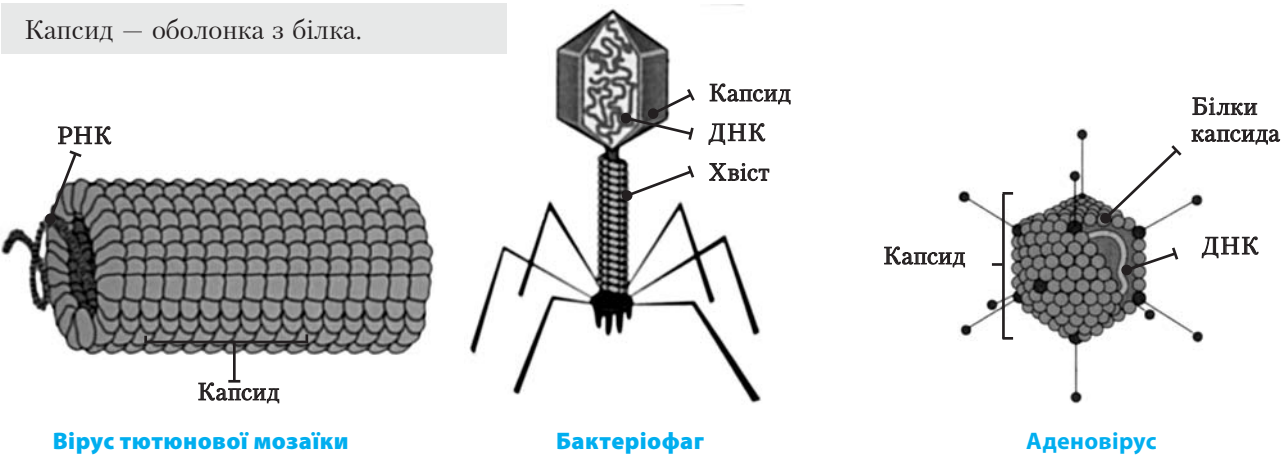
1892 р.	Д. І. Івановський відкрив вірус тютюнової мозаїки
1917 р.	Ф. Д'Ерель відкрив бактеріофаги

■ Характеристика вірусів

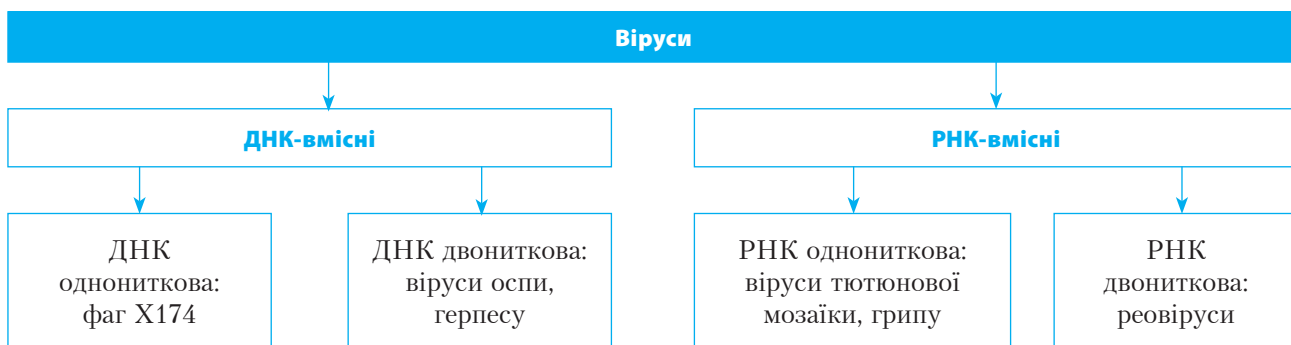
Займають проміжне положення між живою і неживою природою. Життєвий цикл проявляється у двох формах: позаклітинна — не проявляє жодних ознак життєдіяльності, внутрішньоклітинних — відбувається процес розмноження
Внутрішньоклітинні паразити
Відсутність клітинної будови, обміну речовин
Наявність тільки одного типу нуклеїнових кислот: ДНК або РНК
Геном представлено лінійними або кільцевими формами
Малий об'єм генетичної інформації
Не ростуть
Здатні до кристалізації

■ Будова вірусів

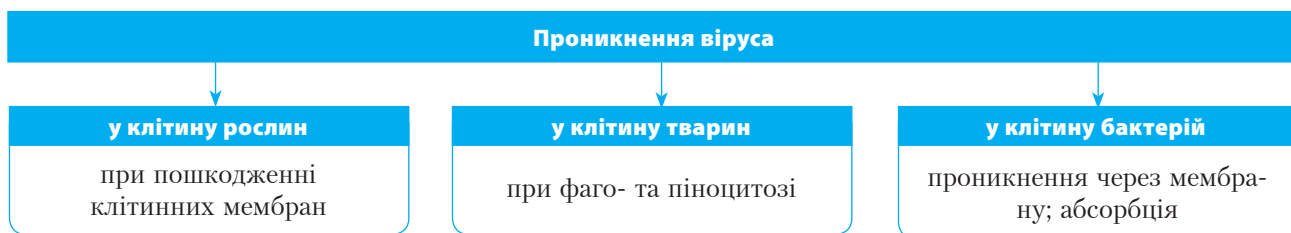
Капсид — оболонка з білка.



■ Класифікація вірусів



■ Проникнення вірусу в клітину

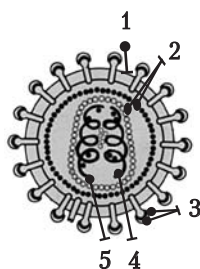


■ Значення вірусів

Викликають захворювання рослин, тварин і людини (приблизно 500 захворювань людини). Здійснюють горизонтальне перенесення генетичного матеріалу (від однієї особи до іншої — на відмі-

ну від вертикального перенесення генів у низці поколінь). Використовуються в клітинній та генній інженерії як переносники генетичного матеріалу — вектори.

■ Вірус імунодефіциту людини (ВІЛ)



ВІЛ викликає тяжке захворювання людини — синдром набутого імунодефіциту (СНІД). Хвора на СНІД людина не здатна протистояти будь

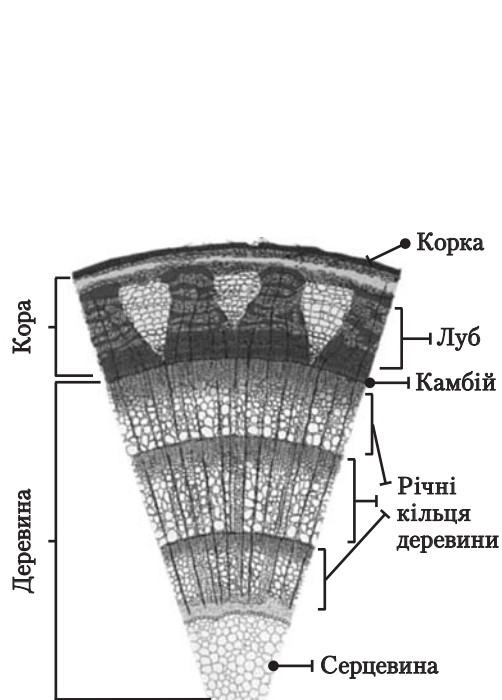
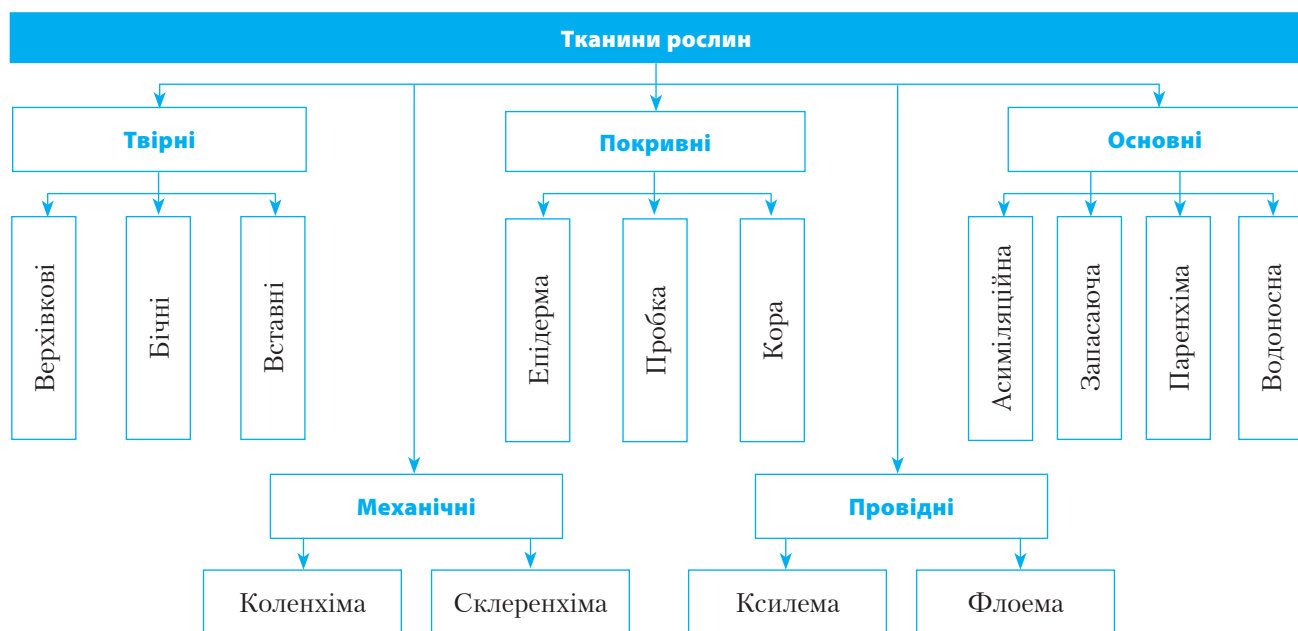
яким інфекціям внаслідок руйнування клітин імунної відповіді — лімфоцитів Т-хелперів. ВІЛ належить до РНК-вмісних вірусів.

Вірус імунодефіциту людини

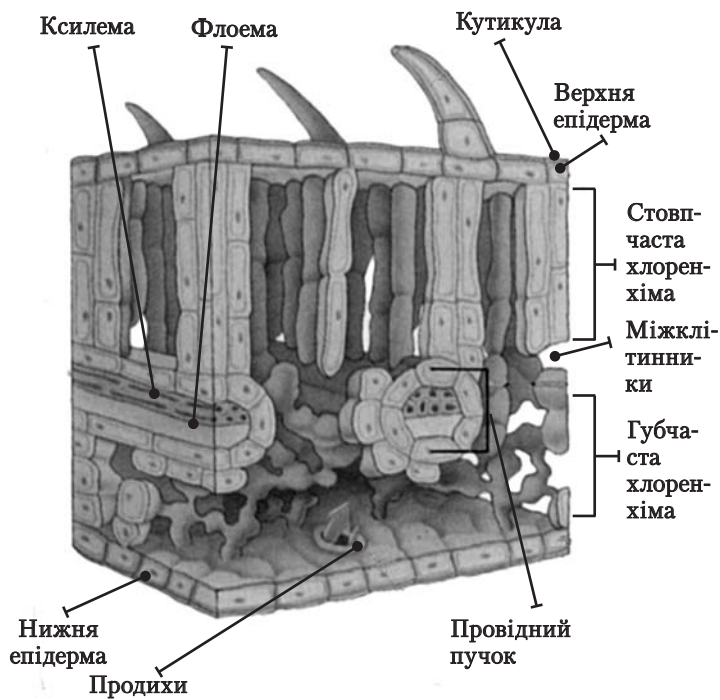
1 — пеплос, 2 — білки капсида, 3 — глікопротеїни (пепломери), 4 — зворотна транскриптаза (ревертаза), 5 — РНК

ТКАНИНИ РОСЛИН

■ Класифікація рослинних тканин



**Внутрішня будова стебла
деревної рослини**



Будова листка

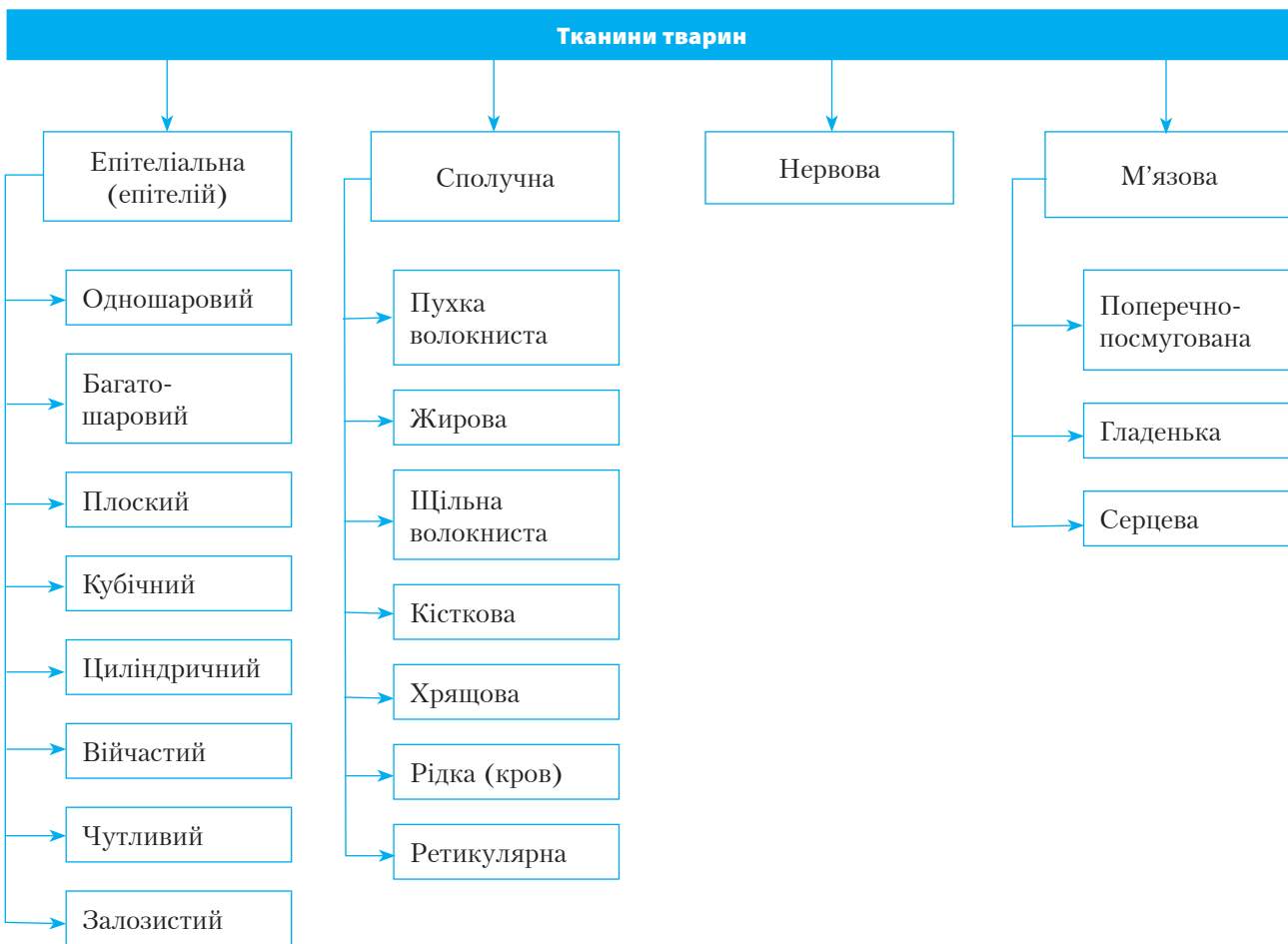
■ Характеристика рослинних тканин

Тип тканин	Будова клітин, розташування	Функції
I. Твірні	Дрібні клітини з тонкими стінками і великими ядрами; вакуолей мало або зовсім немає	Основна функція — ріст. Клітини діляться, диференціюються й започатковують тканини всіх інших типів
1. Верхівкові (конуси наростання)	Верхівки стебла й кінчик кореня	
2. Бічні (камбій)	Під покривними тканинами стебла та кореня	
3. Вставні	В основах міжвузлів	
4. Ранові	У будь-якій ділянці, де є ушкодження	
II. Покривні	Товстостінні клітини	Захищають тонкостінні клітини, що лежать глибше, від висихання та механічних ушкоджень
1. Епідерма	Покриває всі частини рослини. Має продиhi, кутикулу, восковий наліт, волоски	
2. Пробка	Замінює епідерму. Багат шарова тканина, оболонки її потовщуються й просочуються суберином; в оболонках відсутні пори, вони є непроникними для води і газів. Є сочевички	
3. Корка	Мертва покривна тканина, входить до складу кори дерева	
III. Провідні		
1. Ксилема	Судини (або трахеї) — витягнуті в довжину трубки без горизонтальних перетинків. Утворені мертвими клітинами зі здерев'янілими оболонками	Проводить розчини неорганічних речовин від кореня вгору по висхідному потоку в усі органи рослин
2. Флоема	Ситоподібні трубки — живі без'ядерні витягнуті клітини, поперечні перетинки яких мають великі пори	Проводить розчини органічних речовин від листків по стеблу до підземних органів спадним потоком
IV. Механічні	Клітини мають міцні потовщення й здерев'янілі оболонки, тісно змикаються між собою	Забезпечують міцність органів рослин
1. Коленхіма	Утворена живими клітинами з нерівномірно потовщеними оболонками	
2. Склеренхіма	Утворена витягнутими клітинами з рівномірно потовщеними, часто здерев'янілими оболонками, вміст яких відмирає на ранніх стадіях	
V. Основна	Живі тонкостінні клітини	Складають основу органів
1. Асиміляційна	Клітини містять хлоропласти	Виконують функцію фотосинтезу
2. Запасаюча	Великі тонкостінні клітини	Запасають органічні речовини

Тип тканин	Будова клітин, розташування	Функції
3. Повітроносна (аеренхіма)	Утворюють великі повітроносні міжклітинники	У водних рослин забезпечують просторове розміщення рослин
4. Водоносна		Запасає воду в пустельних рослин
VI. Видільні (секреторні)		Клітини утворюють секрет — особливі продукти метаболізму, які використовуються рослиною для регуляції фізіологічних функцій або виділяються назовні (смоляні й ефірно-масляні ходи, нектарники)

ТКАНИНИ ТВАРИННОГО ОРГАНІЗМУ

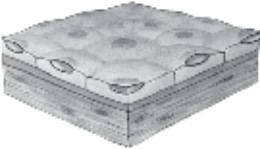
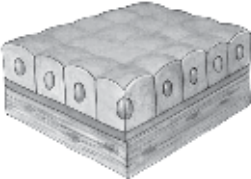
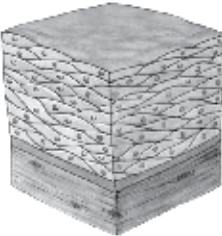
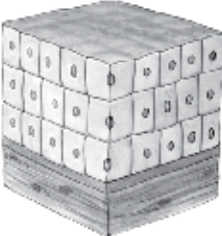
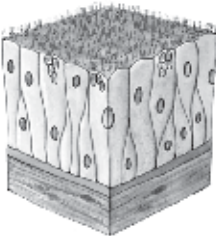
■ Класифікація тваринних тканин



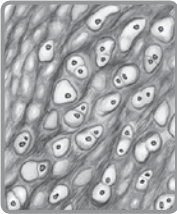
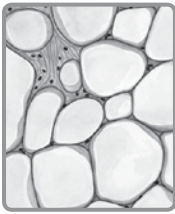
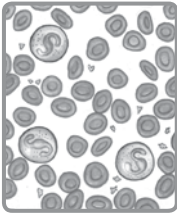
■ Характеристика тваринних тканин

Тканина	Будова	Функції Місце розташування
I. Епітеліальна (епітелій)	Клітини щільно прилягають одна до одної; міжклітинна речовина розвинена слабо	Функції захисту, всмоктування, секреції і сприйняття подразнень
1. Плоский	Сплюснені клітини, що мають форму багатокутників	Вистилає ротову порожнину, порожнину стравоходу
2. Кубічний	Кубоподібні клітини	Вистилає ниркові каналці
3. Циліндричний	Клітини нагадують стовпчики або колони	Вистилає шлунок і кишечник
4. Війчастий	Клітини мають цитоплазматичні відростки — війки	Вистилає дихальні шляхи
5. Чутливий (сенсорний)	Спеціалізовані клітини	Вистилає носову порожнину
6. Залозистий	Клітини спеціалізовані для секреції різних речовин	Утворюють гормони, молоко, піт, вушну сіру
II. Сполучна	Наявність великої кількості міжклітинної речовини	
1. Щільна волокниста	Переважають волокна	Виконує захисну функцію, надає органам еластичності
2. Пухка волокниста	Переважає аморфна маса	Заповнює проміжки між внутрішніми органами
3. Кісткова і хрящова	В основній речовині кісткової тканини переважають неорганічні речовини, а в хрящовій — органічні	Виконують захисну та опорну функції
4. Рідке внутрішнє середовище	Міжклітинна речовина — рідина	Підтримує гомеостаз, транспорт речовин, захисні реакції, гуморальна регуляція
5. Ретикулярна	У тканині містяться стовбурні клітини, з яких виникають клітини крові	Складає основу кровотворних органів
6. Жирова	Клітини містять жир	Запас поживних речовин, теплоізоляція
III. М'язова	Складається з м'язових волокон різної форми та розмірів	Має здатність до скорочення і розслаблення й виконує рухову функцію
1. Поперечно-посмугована	Волокна циліндричної форми, дуже тонкі, клітини довгі багатоядерні	Прикріплюються до кісток і забезпечують рух тіла і його частин
2. Гладенька (непосмугована)	Дрібні веретеноподібні одноядерні волокна	Забезпечує пересування речовин у внутрішніх поліх органах
3. Серцева	Волокна переплітаються між собою	Будова серця
IV. Нервова	Нейрон (нервова клітина) складається з тіла і відростків — аксона та дендритів. Клітини все життя перебувають у стані інтерфази. Нейроглія складається з дрібних, із численними виступами клітин, здатних до поділу	Виконує функції сприйняття подразнень і проведення збудження. Секреція спеціалізованими нервовими клітинами біологічно активних сполук — нейрогормонів

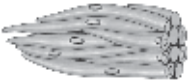
■ Епітеліальна тканина

Одношаровий епітелій		Залозистий епітелій
Плоский	Кубічний	
		
Багатошаровий епітелій		Війчастий епітелій
Плоский	Кубічний	
		

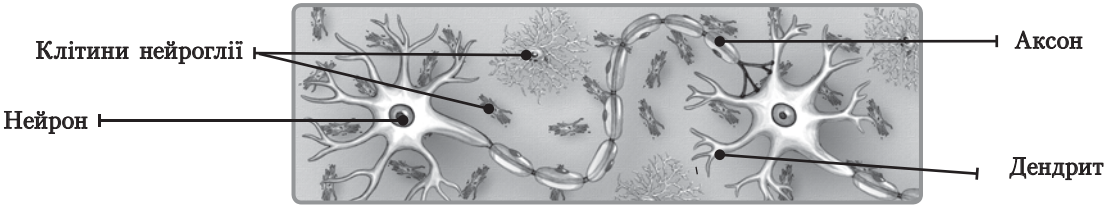
■ Сполучна тканина

Хрящова	Кісткова	Жирова	Кров
			

■ М'язова тканина

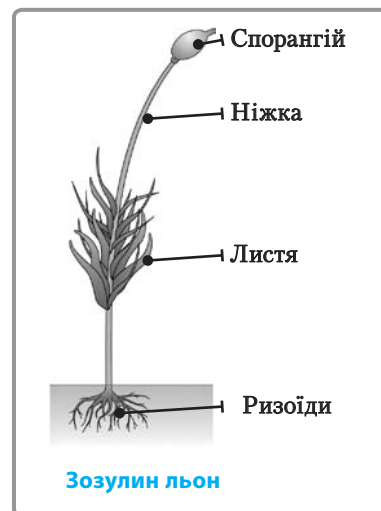
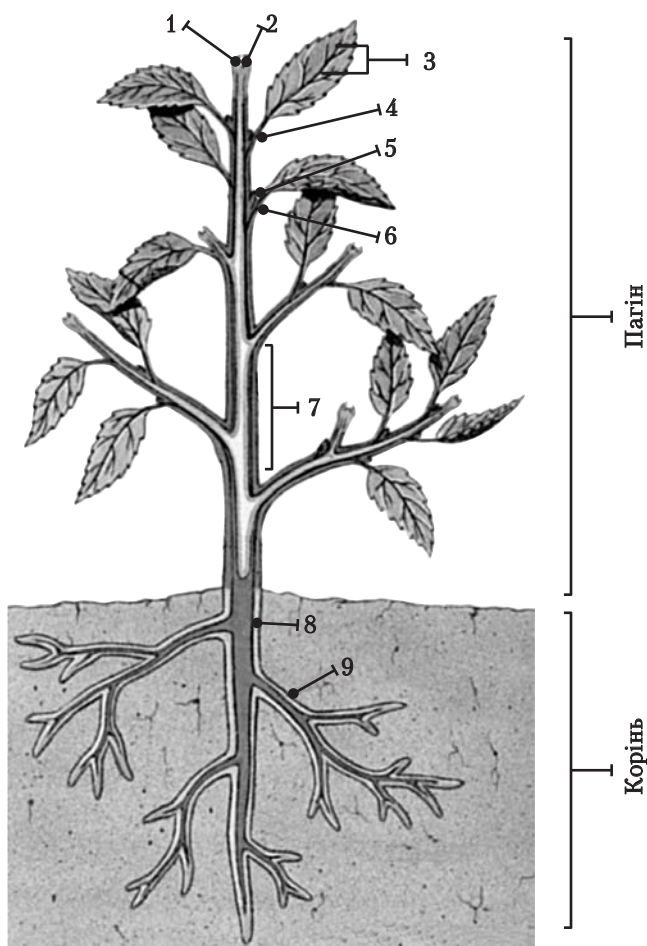
Гладенька	Поперечно-посмугована серцева	Поперечно-посмугована скелетна
		

■ Нервова тканина



Тема 3. Організм як рівень організації живої природи

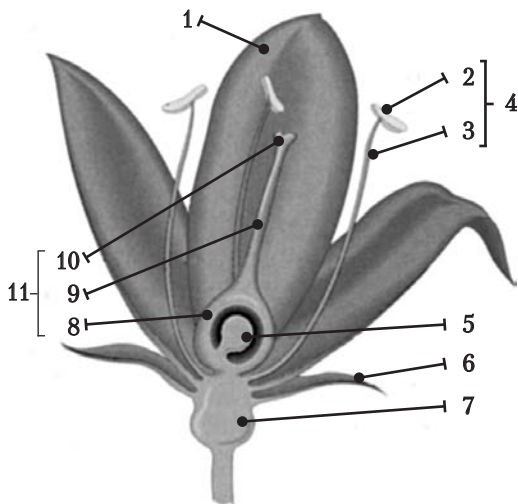
■ Органи багатоклітинних рослин



- 1 — апікальна меристема,
- 2 — верхівкова брунька,
- 3 — лист,
- 4 — черешок,
- 5 — пазушна брунька,
- 6 — вузол,
- 7 — міжвузля,
- 8 — головний корінь,
- 9 — бічні корені

Органи	Будова	Значення
I. Вегетативні		Забезпечують життєдіяльність рослин, вегетативне розмноження
Коренева система	Головний, бічний, додаткові корені	Закріплює рослину в ґрунті. Здійснює поглинання й транспорт води та поживних речовин. Запасує поживні речовини. Виконуючи додаткові функції, видозмінюється
Пагін	Стебло, листки, бруньки	Стебло забезпечує взаємодію всіх органів рослини, транспортує поживні речовини. Функції листка — фотосинтез, газообмін і транспірація. Бруньки — зачаткові пагони
II. Генеративні	Спорогії, антеридії, архегонії, квітка	Забезпечують розмноження. Квітка — орган насінневого розмноження покритонасінних

■ Будова квітки



- 1 — пелюстка,
- 2 — пиляк,
- 3 — тичинкова нитка,
- 4 — тичинка,
- 5 — насінний зачаток,
- 6 — чашолисток,
- 7 — квітколоже,
- 8 — зав'язь,
- 9 — стовпчик,
- 10 — приймочка,
- 11 — маточка

■ Регуляція функцій рослин

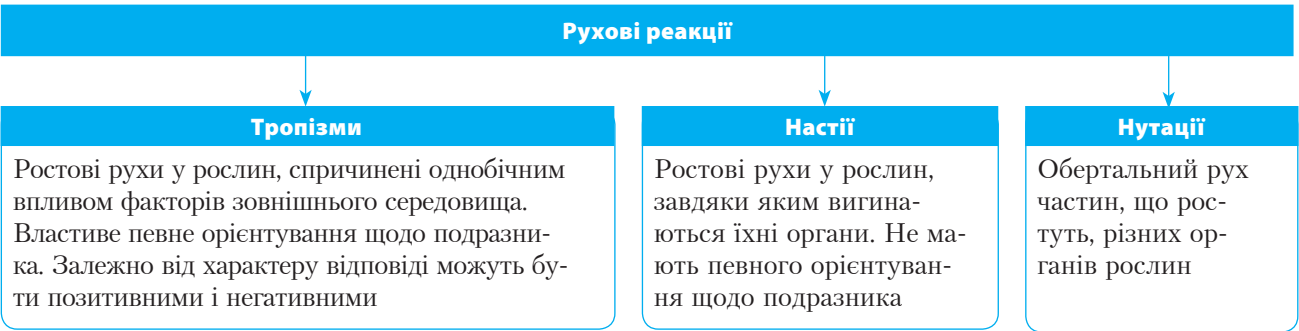
Рослина — цілісний організм, усі органи і тканини якого взаємозалежні, а життєдіяльність взаємообумовлена. Основні функції рослинного організму регулюються за допомогою біологічно активних речовин — фітогормонів.

Фітогормони — це органічні сполуки, які навіть у надзвичайно малих кількостях впливають на обмін речовин і ріст клітини у рослин.

■ Рухові реакції рослин

Основними формами прояву подразливості рослин є різноманітні рухові реакції, що здійснюються

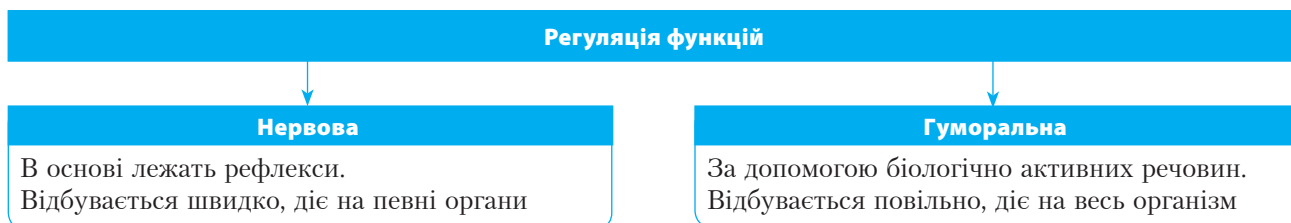
цілим організмом або окремими його частинами.



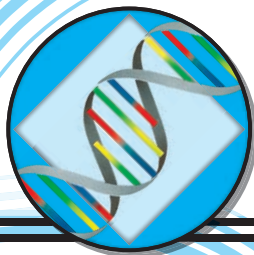
■ Організм багатоклітинних тварин

Система	Будова	Значення
Травна	1. Замкнена: один отвір — ротовий, кишечник замкнений. 2. Наскрізна: ротовий отвір → кишечник → анальний отвір. 3. Відсутня: деякі паразитичні організми всмоктують готові поживні речовини через покриви	Забезпечує надходження в організм поживних речовин, їх переробку, всмоктування продуктів травлення й виведення з організму неперетравлених залишків їжі
Кровоносна	Серце, судини. Функції серця можуть виконувати великі судини. 1. Незамкнена: судини відкриваються в порожнину тіла, кров змішується з порожнинною рідиною, утворюючи гемолімфу. 2. Замкнена: кров циркулює тільки по судинах	Транспорт речовин, виведення продуктів обміну, забезпечує імунні реакції організму
Дихальна	Зябра, трахеї, легені	Забезпечує газообмін між організмом і навколишнім середовищем
Видільна	Видільні трубочки: протонефридії, метанефридії; зелені залози, мальпігіїв судини, нирки	Виділення з організму продуктів обміну, води та токсичних речовин
Статева	Статеві залози (гонади), додаткові органи	Виконує функцію розмноження, завдяки чому забезпечується безперервна послідовність поколінь
Опорно-рухова	Шкіро-м'язовий мішок; твердий зовнішній скелет (хитиновий покрив); внутрішній скелет, м'язи	Забезпечує зміну положення тіла, рухи окремих органів та організму в цілому
Нервова	Система нервових елементів або органів	Регулює й координує всі функції організму, здійснює взаємозв'язок усіх частин організму між собою і з навколишнім середовищем
Ендокринна	Залози внутрішньої секреції	Регуляція роботи органів за допомогою біологічно-активних речовин, що переносяться кров'ю

■ Регуляція функцій організму тварин



НАУЧНИЙ



ДОВІДНИК

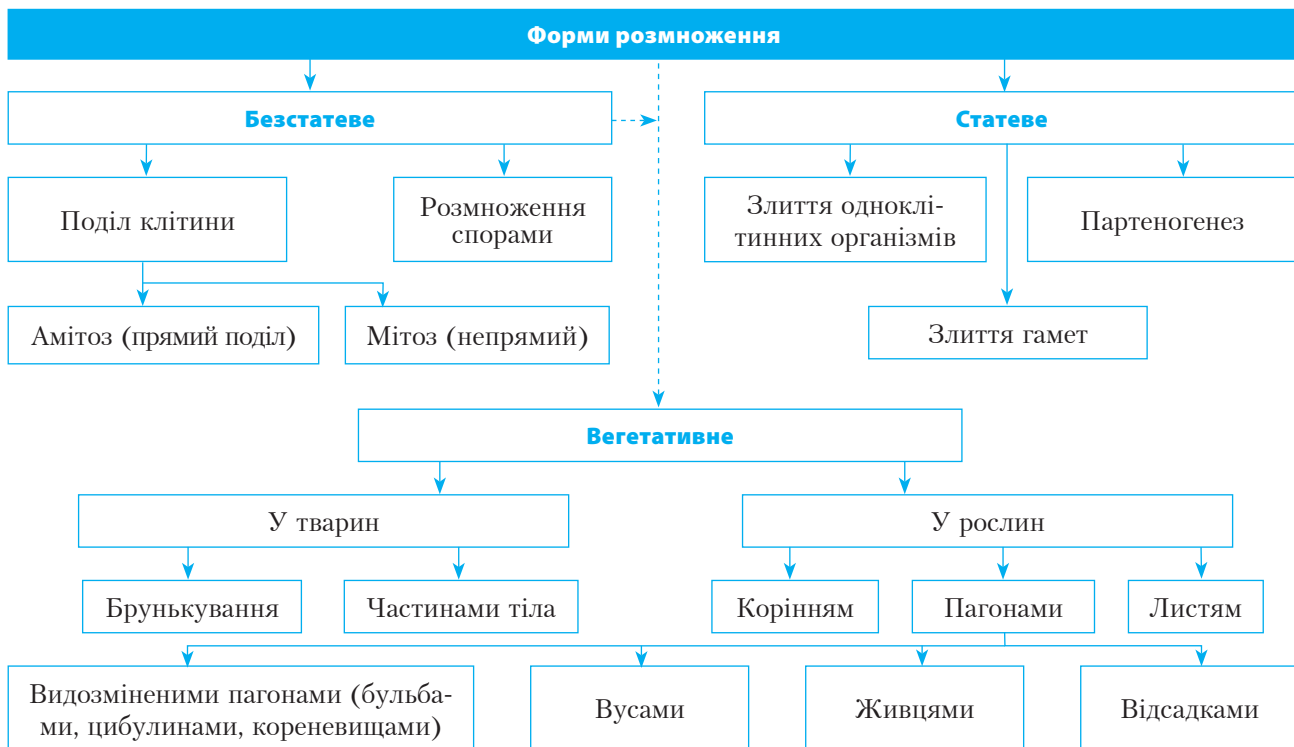
БІОЛОГІЯ

11

РОЗДІЛ III. ОРГАНІЗМЕННИЙ РІВЕНЬ ОРГАНІЗАЦІЇ ЖИТТЯ (продовження)

Тема 4. Розмноження та індивідуальний розвиток організмів

КЛАСИФІКАЦІЯ ФОРМ РОЗМНОЖЕННЯ



БЕЗСТАТЕВЕ РОЗМНОЖЕННЯ

Безстатеве розмноження — це розмноження, яке здійснюється без участі спеціалізованих клітин.

Характеризується тим, що дочірні клітини повністю ідентичні батьківським.

■ Біологічне значення безстатевого розмноження

У деяких організмів це єдиний спосіб розмноження

Таким чином можуть розмножуватися організми, які за певних умов виявилися ізольованими

Види, у яких короткий життєвий цикл, можуть швидше залишити більше нащадків

СТАТЕВЕ РОЗМНОЖЕННЯ

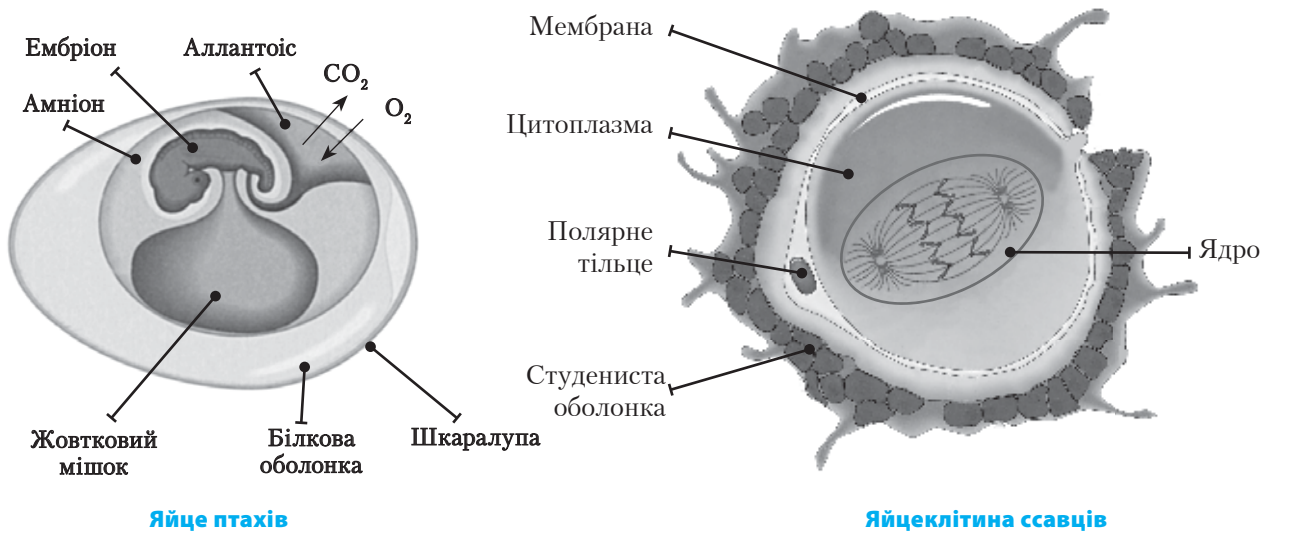
Статеве розмноження — це розмноження за допомогою спеціальних статевих клітин — гамет, які мають удвічі менше число хромосом, на відміну від батьківських безстатевих клітин. Характеризується рекомбінацією генетичної інформації.

Типи статевого розмноження



Яйцеклітина

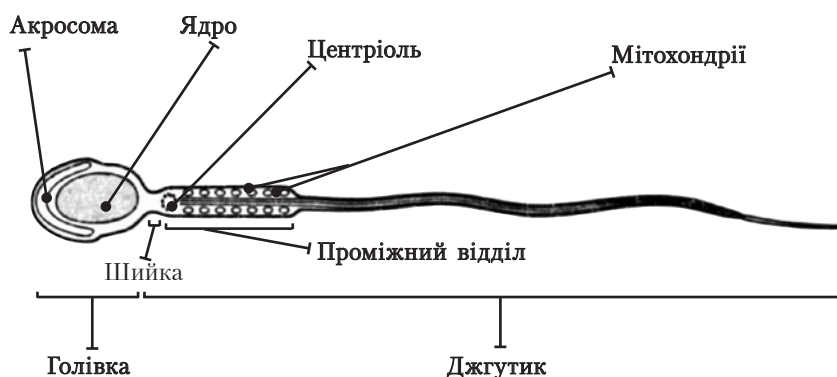
Велика клітина, що містить запас поживних речовин, необхідних для розвитку зародка. Нерухома. Може бути вкрита різноманітними оболонками, що виконують захисну функцію.



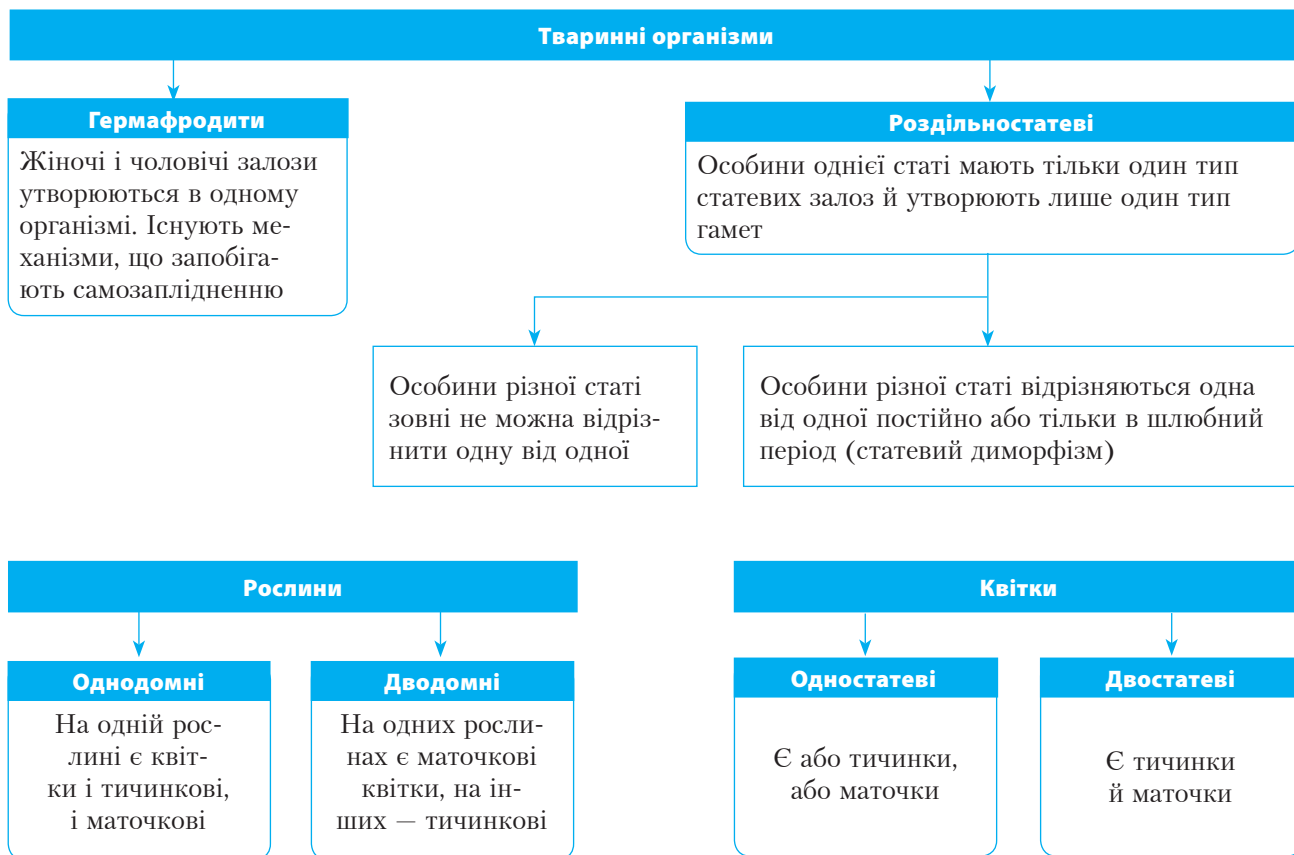
■ Сперматозоїд

Дрібна рухлива клітина. Рухається переважно за допомогою джгутика. Містить акросому — органоїд, яка

забезпечує проникнення сперматозоїда в яйцеклітину та її активацію.



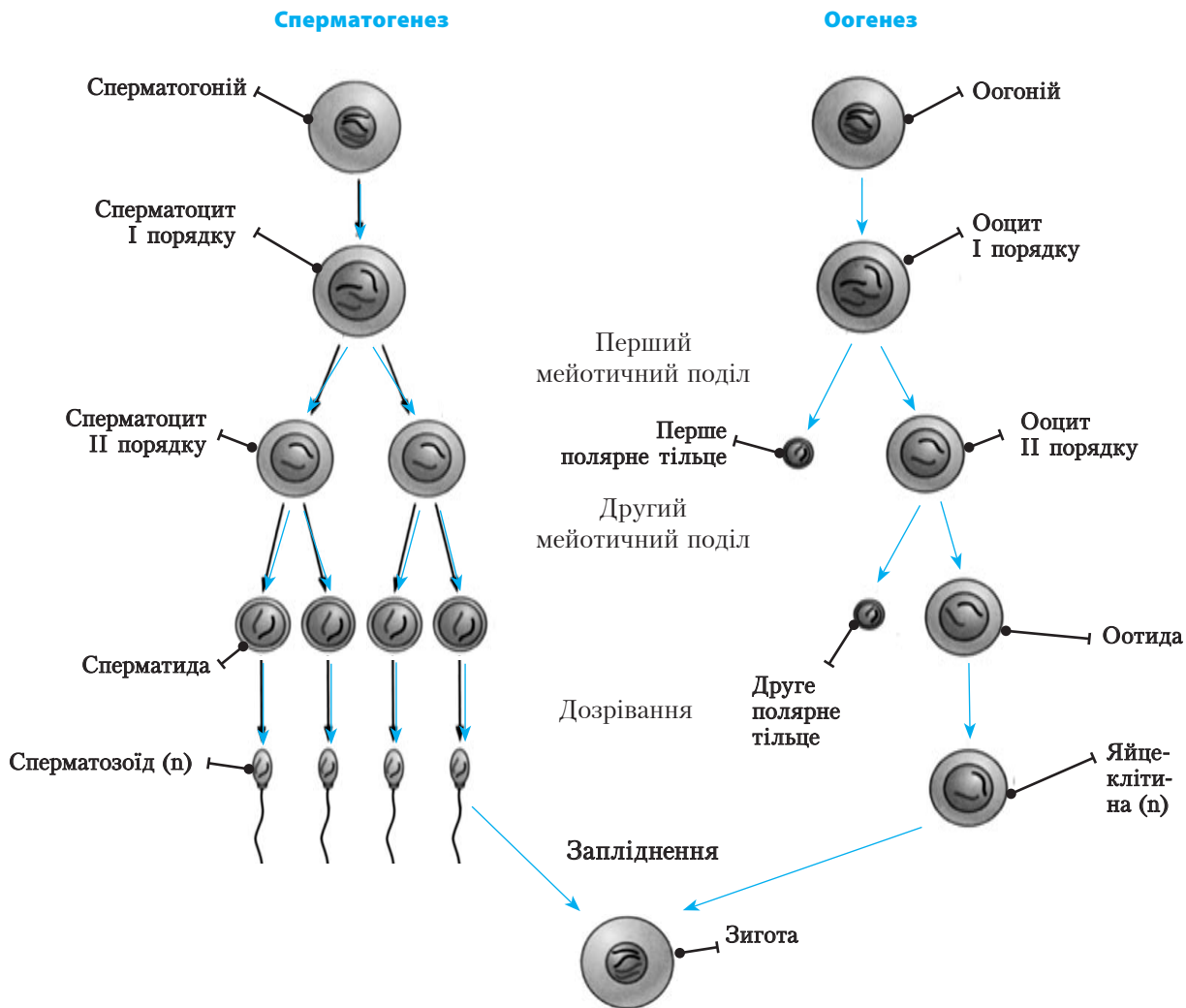
■ Статеве розмноження тварин та рослин



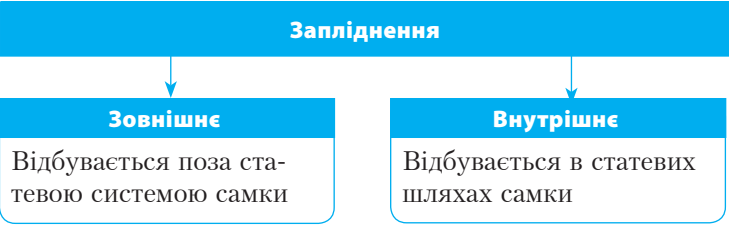
■ Гаметогенез

Гаметогенез — процес розвитку й формування статевих клітин. Овогенез — процес розвитку яйце-клітин у тварин.

Сперматогенез — процес розвитку сперматозоїдів у сім'яниках тварин.



■ Запліднення



Запліднення — злиття гамет.

■ Особливості запліднення рослин

Для процесу запліднення спорових рослин потрібна волога. Насінним рослинам для запліднення волога не потрібна. У квіткових рослин відбувається подвійне за-

пліднення, внаслідок якого утворюється диплоїдний зародок (насіння) та триплоїдний ендосперм (запас поживних речовин насіння).

Запилення	
Самозапилення	Перехресне
Пилкове зерно потрапляє на приймочку маточки тієї ж самої квітки	Пилкове зерно потрапляє на приймочку маточки іншої квітки

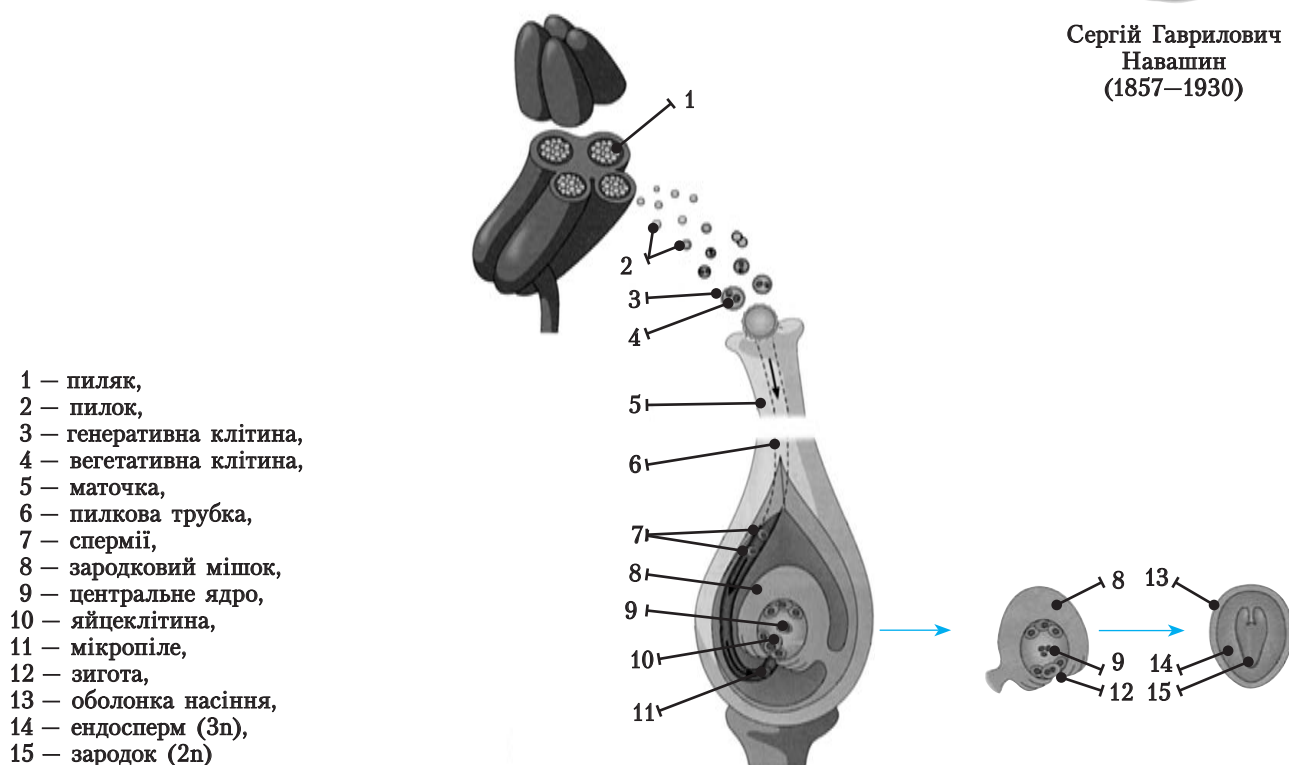
■ Схема подвійного запліднення та утворення насіння у квіткових рослин

У 1898 р. професор Київського університету С. Г. Навашин описав процес подвійного запліднення у квіткових рослин:

- 1) спермій + яйцеклітина → зигота → зародок насіння;
- 2) спермій + диплоїдна центральна клітина зародкового мішка → триплоїдна клітина → ендосперм (запас поживних речовин насіння).



Сергій Гаврилович
Навашин
(1857–1930)



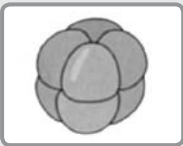
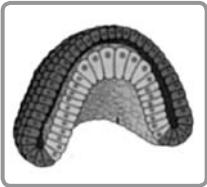
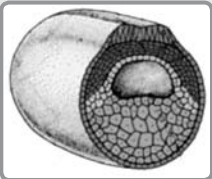
ОНТОГЕНЕЗ

Онтогенез — індивідуальний розвиток організму з моменту запліднення яйцеклітини або поділу одноклітинної особини.

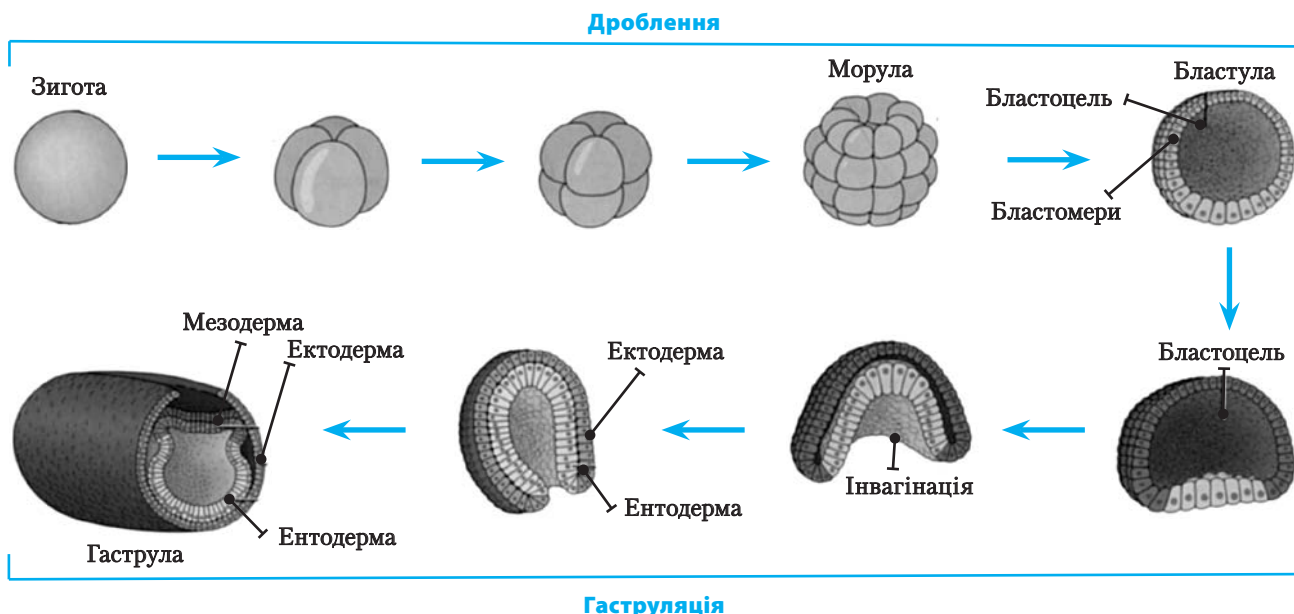
■ Періоди онтогенезу

Ембріональний період	Зародок (ембріон) розвивається всередині організму матері або всередині яйця, насінини тощо. Завершується народженням, вилупленням, проростанням
Постембріональний період	Починається з моменту народження й продовжується до того часу, коли організм стає здатним до розмноження
Період статевої зрілості	Організм здатний до розмноження
Період старіння	Знижується рівень обмінних процесів, відбуваються необоротні реакції, що призводять до смерті

■ Стадії ембріогенезу

Стадія	Процеси
Зигота	Запліднення яйцеклітини
Дроблення 	Ряд послідовних мітотичних поділів, за якого утворені клітини (бластомери) в інтерфазі не ростуть, і тому їхні розміри зменшуються після кожного поділу. Процес завершується утворенням бластули
Гастрულляція 	Частина бластодерми вгинається всередину бластули (інвагінація), утворюючи двошаровий зародок — гастралу, — шари клітин якого дістали назву зародкових листків. На місці вгинання утворюється первинний рот, який веде в замкнену порожнину первинної кишки. Частина бластомерів переміщується в порожнину бластули (імміграція), де вони утворюють внутрішній зародковий листок
Гістогенез, органогенез 	Гістогенез, або розвиток тканин, — сукупність процесів, що забезпечують виникнення, існування та відновлення тканин з їх органоспецифічними властивостями. Органогенез — процеси формування зачатків органів та їхньої подальшої диференціації у ході індивідуального розвитку організмів

■ Ембріональний розвиток ланцетника



О. О. Ковалевський вперше описав гастроулу, назвав її «кишковою личинкою».

Е. Геккель запропонував назву «гастроула».

К. Бер перший установив, що під час інвагінації утворюються зародкові листки.

■ Зародкові листки

Ектодерма	Дає початок нервовій системі, пов'язаним з нею органам чуття, зовнішньому покриву організму, передній та задній кишкам
Ентодерма	Дає початок хорді кишечника й пов'язаним з ним органам: шлунку, печінці тощо, органам дихання — легеням
Мезодерма	Дає початок мускулатурі, усім хрящовим і кістковим елементам скелета, кровоносній і сечостатевої системам

■ Постембріональний розвиток

Постембріональний розвиток		
Прямий	Непрямий	
Народжений організм подібний до дорослого	Утворюється личинка, що відрізняється від дорослого організму за багатьма ознаками зовнішньої і внутрішньої будови, за характером харчування, руху тощо	
	З неповним перетворенням	З повним перетворенням
	Яйце → личинка → доросла особина (імаго)	Яйце → личинка → лялечка → доросла особина (імаго)

■ Непрямий розвиток

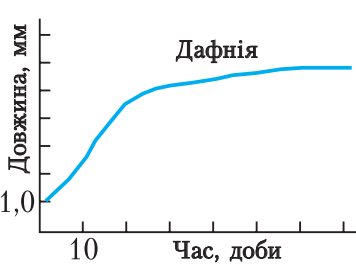


Біологічне значення непрямого розвитку	
1) Активне харчування та ріст	
2) Раціональне використання ресурсів	
3) Розселення	
4) Забезпечення зараження хазяїв (паразити)	

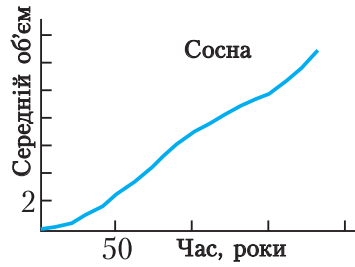
■ Ріст організмів

Ріст — це поступова зміна показників маси і розмірів організму. Відбувається внаслідок розмноження клітин та збільшення їхніх розмірів.

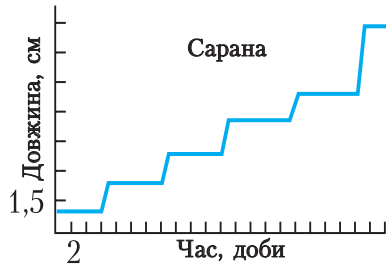
Ріст організмів			
Обмежений	Необмежений	Безперервний	Періодичний
Досягнувши певних розмірів, особина припиняє свій ріст	Збільшення розмірів і біомаси відбувається все життя, до самої смерті	Особина поступово збільшується, доки не досягне певних розмірів або не помре	Періоди збільшення розмірів чергуються з періодами припинення росту. Це організми, для яких характерне линання або які під дією несприятливих умов впадають у довготривалу сплячку



Обмежений ріст



Необмежений ріст



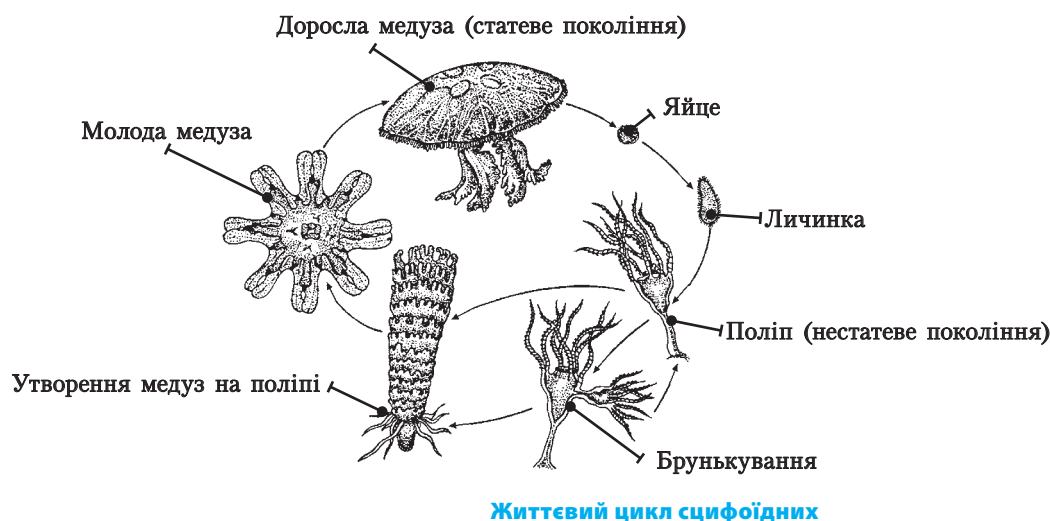
Періодичний ріст

Життєвий цикл

Життєвий цикл — період між однаковими фазами розвитку двох або

більшої кількості наступних поколінь.

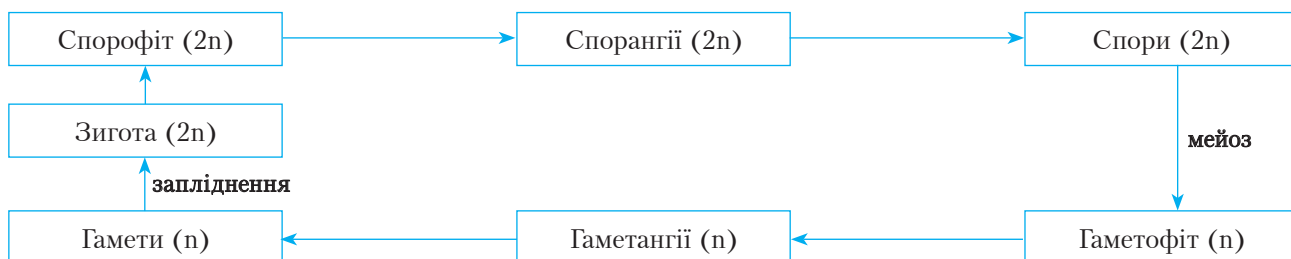
Життєвий цикл	
Простий	Складний
Усі наступні покоління не відрізняються один від одного. Немає чіткого чергування поколінь	Супроводжується закономірним чергуванням поколінь: статевого і нестатевого



Життєвий цикл рослин

Спорофіт — нестатеве диплоїдне покоління рослин — рослина або частина рослини, де дозрівають спори. Спороантії — орган, у якому утворюються спори.

Гаметофіт — статеве гаплоїдне покоління рослин — рослина або частина рослин, де дозрівають гамети. Гаметантії — статеві органи — органи, в яких утворюються гамети.



У процесі еволюції рослин гаметофіт редукується. У покрито-насінних чоловічий гаметофіт

представлений пилковим зерном, жіночий — зародковим мішком, що складається із 7 клітин.

Тема 6. Спадковість і мінливість організмів

Генетика — наука, що вивчає закономірності та матеріальні осно-

ви спадковості та мінливості організмів.

■ Основні поняття генетики

Спадковість — здатність організмів передавати наступному поколінню свої ознаки і властивості, тобто здатність відтворювати собі подібних. Ген — ділянка молекули ДНК, яка інформує про структуру одного білка. Алелі — різні форми одного й того ж гена.

Локус — ділянка хромосоми, в якій розташований певний ген. Генотип — сукупність усіх спадкових властивостей особини, спадкова основа організму, складена сукупністю генів.

Фенотип — сукупність усіх внутрішніх і зовнішніх ознак та властивостей особини, що сформувалися на базі генотипу під час індивідуального розвитку.

Гомозиготи — особини, у яких у певному локусі гомологічних хромосом присутні однакові алелі; при самозапиленні дають однорідне потомство, що не розщеплюється за даною парою ознак.

Гетерозиготи — особини, у яких у певному локусі гомологічних хромосом присутні різні алелі; при самозапиленні дають розщеплення за даною парою ознак.

Моногібридне схрещування — схрещування батьківських форм, що спадково відрізняються лише за однією парою ознак.

Дигібридне схрещування — схрещування батьківських форм, що відрізняються за двома парами ознак.

Домінування — проявлення лише однієї з альтернативних ознак у гетерозиготи.

Домінантна ознака — ознака, що проявляється в гомозиготи; домінантний ген позначається великою літерою.

Рецесивна ознака — ознака, що не проявляється в гомозиготи; рецесивний ген позначається малою літерою.

Мінливість — здатність організмів змінювати свої ознаки і властивості.

Модифікаційна (фенотипова) мінливість — зміни фенотипу, що виникають під впливом змін зовнішніх умов і не пов'язані зі змінами генотипу.

Мутації — зміни генотипу, спричинені структурними змінами генів або хромосом.

Поліплоїдія — кратне гаплоїдному набору збільшення кількості хромосом у клітині.

■ Генетичні символи

P — батьківські організми, взяті для схрещування.

(дзеркало Венери) — жіноча стать.

(щит і спис Марса) — чоловіча стать.

× — схрещування.

F₁, F₂ — гібридне потомство, індекс відповідає порядковому номеру покоління.

G — гамети.

■ Методи генетичних досліджень

Метод	Суть	Значення
1. Гібридологічний	Застосований Г. Менделем. Полягає в схрещуванні організмів, які відрізняються за певними станами однієї чи кількох спадкових ознак	Дослідження характеру успадкування станів ознак за допомогою системи схрещувань
2. Генеалогічний	Полягає у вивченні родо-водів організмів та кількісному аналізі ознак нащадків у ряду поколінь	Дає змогу простежити характер успадкування різних станів певних ознак у ряді поколінь, з'ясувати ймовірність прояви ознак у нащадків
3. Популяційно-статистичний	Вибірково досліджують частини популяції і статистично обробляють одержані данні	Дає можливість вивчати генетичну структуру популяцій — частоти зустрічальності алелів та генотипів у популяціях організмів
4. Цитогенетичний	Ґрунтується на дослідженні особливостей хромосомного набору організмів	Дає змогу виявити мутації, пов'язані зі зміною як кількості хромосом, так і структури окремих із них
5. Біохімічний	Аналіз хімічного складу і процесів обміну речовин	Використовують для діагностики спадкових захворювань, пов'язаних із порушенням обміну речовин
6. Близнюковий	Полягає у вивченні близнят	Можна з'ясувати роль генотипу та чинників довкілля у формуванні фенотипу особин

■ Основоположники генетики

Рік	Учені	Внесок у становлення генетики
1865	Г. Мендель	У праці «Досліди над рослинними гібридами» виклав відкриті ним закономірності спадковості, розробив метод гібридологічного аналізу, припустив існування факторів спадковості
1900	Х. де Фріз, К. Корренс, Е. Чермак	Перевіdkрили закономірності спадковості, установлені Г. Менделем
1906	У. Бетсон	Запропонував назву «генетика»
1909	Т. Х. Морган	Відкрив явище зчеплення генів і сформулював хромосомну теорію спадковості



Грегор Йоганн Мендель
(1822—1884)



Томас Гент Морган
(1866—1945)



Карл Еріх Корренс
(1864—1933)



Еріх Чермак
(1871—1962)

■ Метод гібридологічного аналізу

Гібридологічний метод аналізу успадкування ознак організму був розроблений Г. Менделем (1822—1884). Він проводив широкі експериментальні дослідження з гібридизації рослин, результати яких

було опубліковано в 1865 р. Цей рік вважається роком народження генетики. Під час експериментів Мендель схрещував рослини гороху.

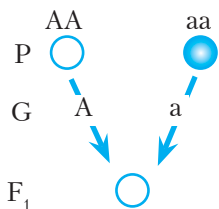
Горох — зручний об’єкт для генетичних досліджень:
1) самозапильник;
2) має багато культурних сортів, які стійко зберігають свої ознаки;
3) має таку будову квіток, яка дозволяє легко видаляти пилок;
4) сорти відрізняються один від одного за сімома добре помітними і зручними для обліку ознаками

Ознаки гороху, які досліджував Г. Мендель:
колір віночка квітки (червоний, білий); форма насіння (округла, зморшкувата); колір стручків (зе-

лені, жовті); форма стручків (округла, з перетяжками); розміщення квіток (по довжині стебла, у верхівці пагона); довжина пагона (довгий, короткий).

Головна особливість гібридологічного методу Г. Менделя — підбір батьківських пар та кількісний аналіз ознак у нащадків у ряду поколінь:
використання чистосортних рослин, що зберігали батьківські ознаки в ряду поколінь;
використання сортів, що різняться однією, двома або трьома парами альтернативних ознак;
аналіз у гібридів тільки тих ознак, які досліджуються;
аналіз потомства кожної особини окремо від інших;
кількісний рахунок гібридів, що різняться досліджувальними ознаками

■ Перший закон Менделя



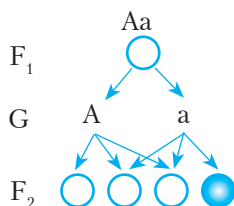
Під час моногібридного схрещування в першому поколінні гібридів завжди виявлялася тільки одна з двох альтернативних ознак; дру-

га ознака не виявлялася, вона була в пригніченому стані. Усе перше покоління було однаковим.

Закон одноманітності першого покоління (закон домінування): у гібридів першого покоління

виявляються тільки домінантні ознаки — воно фенотипово одноманітне.

■ Другий закон Менделя



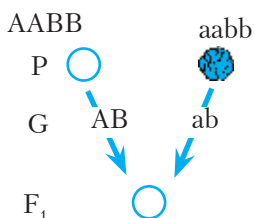
Гібриди першого покоління F_1 при подальшому розмноженні (самозапиленні) дають розщеплення за альтернативними ознаками, у їхньому потомстві F_2 з'являються

особини з рецесивними ознаками, що складають приблизно четверту частину від усього числа нащадків (3 : 1).

Закон розщеплення: під час схрещування гібридів першого покоління у гібридів другого покоління

відбувається розщеплення ознак у відношенні 3 : 1 — утворюються дві фенотипові групи.

■ Третій закон Менделя



G →	↓	AB	Ab	aB	ab
		AB	Ab	aB	ab
F ₂ →	AB	AABB ○	AABb ○	AaBB ○	AaBb ○
	Ab	AABb ○	AAbb ●	AaBb ○	Aabb ●
	aB	AaBB ○	AaBb ○	aaBB ●	aaBb ●
	ab	AaBb ○	Aabb ●	aaBb ●	aabb ●

Під час дигібридного схрещування кожна пара ознак успадковується незалежно від інших. Гібриди утворюють 4 фенотипові групи в характерному відношенні 9 : 3 : 3 : 1.

Закон незалежного розподілу генів: при ди- чи полігібридному схрещуванні розщеплення станів кожної ознаки у нащадків відбувається незалежно від інших.

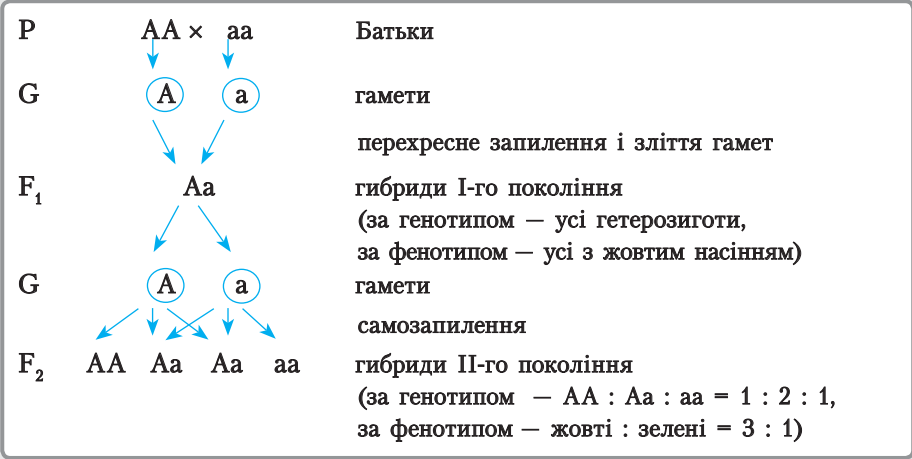
■ Гіпотеза чистоти гамет

При утворенні гібридів спадкові фактори (гени) не змішуються, а зберігаються у чистому вигляді. У гібридів першого покоління присутні обидва фактори — домігнаний і рецесивний, але у вигляді ознаки виявляється домігнаний

фактор. Зв'язок між поколіннями при статевому розмноженні здійснюється через статеві клітини — гамети. Необхідно допустити, що кожна гамета несе тільки один фактор із пари.

Соматичні клітини мають диплоїдний набір хромосом, тобто алельні гени парні: це можуть бути два доміантних алеля (гомозигота за доміантним алелем), доміантний та рецесивний (гетерозигота) або два рецесивних (гомозигота за рецесивним алелем). Коли утворюються статеві клітини, в кожну з гамет потрапляє лише один алельний ген із кожної пари. Гомозиготна особина може продукувати лише один сорт гамет (з доміантним або рецесивним алелем), тоді як гетерозиготна — два сорти у рівних кількостях

Припустимо, що певні особини мають лише одну пару гомологічних хромосом, кожна з яких несе лише один ген. Хромосому з доміантним алелем позначимо символом А, а з рецесивним — а. Гібриди першого покоління будуть гетерозиготними (генотип Аа), вони дістали одну хромосому з доміантним алелем від одного з батьків, а другу, з рецесивним, — від другого. Під час



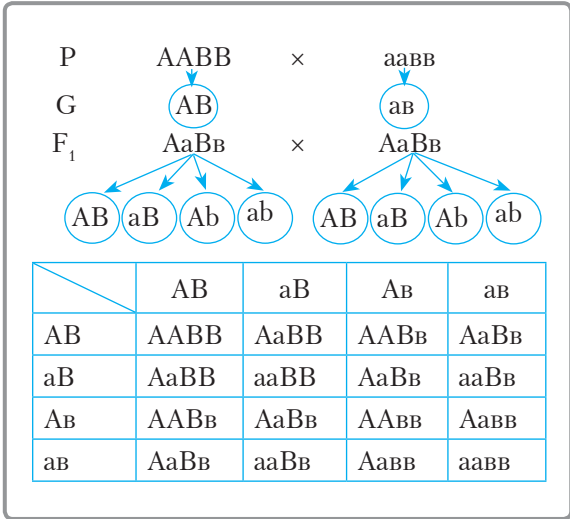
утворення статевих клітин гібриди першого покоління формуватимуть гамети двох сортів: половина з них нестиме хромосому з доміантним алелем, а половина — з рецесивним. Унаслідок схрещування гібридів першого покоління між собою можливі три варіанти генотипів гібридів другого покоління: чверть особин матиме хромосоми з доміантними алелями (гомозиготи за доміантною ознакою АА), половина — одну хромосому з доміантним алелем, другу — з рецесивним (гетерозиготи — Аа), а чверть — хромосоми з рецесивними алелями (гомозиготи за рецесивним алелем — аа). За фенотипом три чверті гібридів другого покоління (гомозиготи за доміантним алелем та гетерозиготи) матимуть доміантну ознаку й одна чверть (гомозиготи за рецесивним алелем) — рецесивну

Під час дигібридного схрещування організми відрізняються за двома ознаками. Один із батьків має дві доміантні ознаки, інший — дві рецесивні.

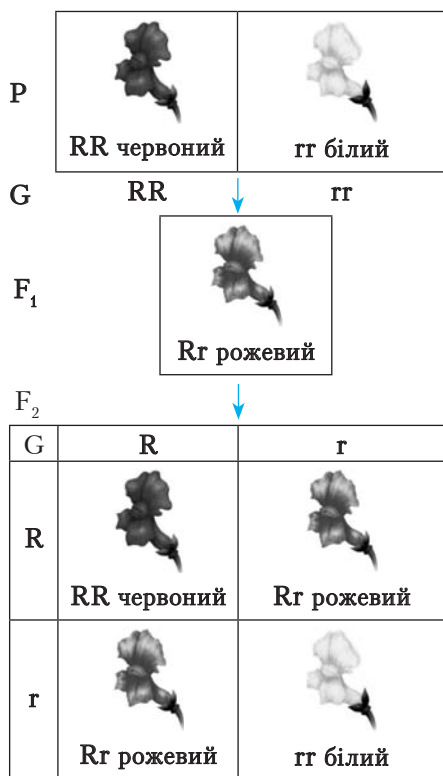
У гібридів першого покоління спостерігається однаманітність, вони гетерозиготні за двома ознаками (АаВв). Під час утворення статевих клітин формуються 4 види гамет із різними комбінаціями ознак. Закон комбінування станів ознак можна записати, користуючись решіткою Пеннета.

Унаслідок схрещування гібридів першого покоління між собою можливі 12 варіантів генотипів, за фенотипом можливі 4 варіанти:

- 9 частин успадковують доміантні ознаки і коліору, і форми;
- 3 частини — доміантну ознаку за кольором і рецесивну за формою;
- 3 частини — доміантну ознаку за формою і рецесивну за кольором;
- 1 частина — обидві ознаки рецесивні



■ Неповне домінування



Розщеплення F₂ за фенотипом:
1 червоний : 2 рожеві : 1 білий

1. Якщо один алель не повністю домінує над другим, спостерігається проміжне успадкування. У цьому випадку ознаки гібридів є проміжними в порівнянні з батьківськими формами

2. При схрещуванні гібридів F₁ між собою у F₂ відбувається розщеплення за фенотипом у відношенні 1 : 2 : 1

3. Гетерозиготи зовні відрізняються від гомозигот

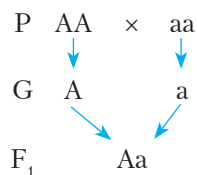
За фенотипом організму не можна з достатньою повнотою судити про його спадкову структуру — генотип. При повному домінуванні, наприклад, гомозиготи AA і гетерозиготи Aa мають однаковий фенотип. Визначити генотип можна лише за характером розщеплення в гібридному поколінні.

■ Аналізуюче схрещування

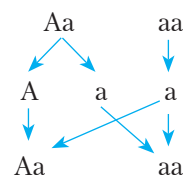
Аналізуюче схрещування — це схрещування особи невідомого генотипу з особою, гомозиготною за рецесивним алелем. Гомози-

готна особина завжди утворює один сорт гамет, і за потомством F₁ можна судити про кількість типів гамет досліджуваного генотипу.

Якщо під час аналізуючого схрещування особи невідомого генотипу з рецесивною гомозиготою всі особи в F₁ одноманітні, то невідомий генотип — гомозигота AA:



Якщо під час аналізуючого схрещування особи невідомого генотипу з рецесивною гомозиготою в F₁ є розщеплення 1:1, то невідомий генотип — гетерозигота Aa:

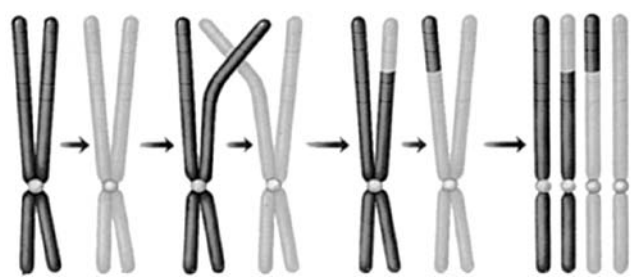


■ Явище зчепленого успадкування

Незалежне розщеплення під час дигібридного схрещування (див. третій закон Менделя) відбувається в тому випадку, коли гени, що належать до різних алелів, розташовані в різних парах гомологічних хромосом.

Закономірність успадкування неалельних генів, які містяться в одній хромосомі, була вивчена Т. Х. Морганом та його школою.

Морган установив, що гени, локалізовані в одній хромосомі, успадковуються разом, утворюючи групу зчеплення. Кількість груп зчеплення в організмів певного виду дорівнює кількості хромосом у гаплоїдному наборі. Однак зчеплення генів може порушуватися у мейозі під час кросинговеру — при перехресті хромосом і обміні ділянками.



Закономірності кросинговеру

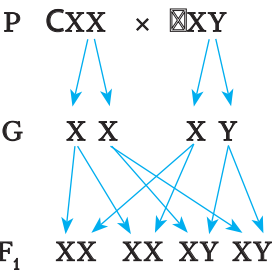
Сила зчеплення між двома генами, які містяться в одній хромосомі, обернено пропорційна відстані між ними

Частота кросинговеру між двома зчепленими генами являє собою відносно сталу величину для кожної конкретної пари генів

■ Основні положення хромосомної теорії спадковості (Т. Морган, 1911—1926 рр.)

Гени розташовані вздовж хромосом у лінійному порядку
Кожний ген займає в хромосомі певну ділянку (локус), алельні гени займають однакові локуси гомологічних хромосом
Усі гени однієї хромосоми утворюють групу зчеплення, завдяки чому відбувається зчеплене успадкування деяких ознак; сила зчеплення між двома генами обернено пропорційна відстані між ними
Зчеплення між генами, розташованими в одній хромосомі, порушується внаслідок кросинговеру, під час якого гомологічні хромосоми обмінюються ділянками
Кожний біологічний вид характеризується певним каріотипом

■ Генетика статі



Стать, особини якої мають однакові статеві хромосоми, називається гомогаметною. При утворенні гамет усі вони мають однакові статеві хромосоми.

Стать, у особин якої статеві хромосоми різні, називається гете-

рогаметною. Гамети цих особин відрізняються за статевими хромосомами й утворюються в рівному відношенні.

Ознаки, гени яких локалізовані в статевих хромосомах, називаються зчепленими зі статтю.

■ Успадкування зчеплених зі статтю ознак

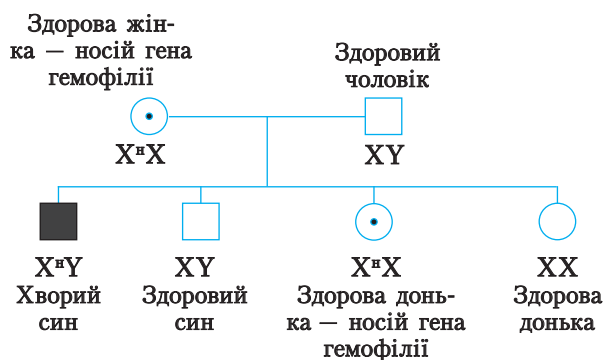


Схема спадкування гена гемофілії:
 X^h — хромосома з геном гемофілії

X- і Y-хромосоми мають спільні гомологічні ділянки. У цих ділянках локалізовані гени, що визначають ознаки, які успадковуються однаково як у чоловіків, так і жінок. Крім гомологічних ділянок, X- і Y-хромосоми мають негомологічні ділянки. X-хромосома має локуси, які відсутні в Y-хромосомі. Якщо в такому локусі міститься рецесивний алель, який обумовлює генетичне захворювання (наприклад гемофілію, дальтонізм), то гетерозиготна жінка буде здоровою, а гомозиготний чоловік — хворим.

■ Взаємодія генів. Множинна дія генів

Якщо декілька генів визначають одну ознаку організму, то вони взаємодіють один з одним. Розрізняють такі основні типи взаємодії неалельних генів: комплементарність, епістаз і полімерія. При комплементарності кожний із взаємодіючих генів поодиноці не забезпечує формування певної ознаки, але в присутності обох генів це відбувається.

Епістаз — тип взаємодії генів, при якому одна пара алелів може пригнічувати прояв іншої. Полімерія — тип взаємодії генів, при якому декілька генів контролюють спадкування однієї ознаки. Такі гени називаються полімерними. Плейотропія — множинна дія генів. Багато генів діють не на один, а на декілька різних ознак.

Локус 1	d^1d^1	d^1D^1	d^1D^1	D^1D^1	D^1d^1	D^1d^1	D^1D^1
Локус 2	d^2d^2	d^2d^2	d^2D^2	D^2d^2	D^2d^2	D^2D^2	D^2D^2
Локус 3	d^3d^3	d^3d^3	d^3d^3	d^3d^3	D^3D^3	D^3D^3	D^3D^3
Загальна кількість генів, що обумовлюють темну пігментацію шкіри	0	1	2	3	4	5	6
							
	Дуже світлий			Смуглий			Дуже темний

Полігенне спадкування пігментації шкіри в людини

■ Цитоплазматична спадковість

Запліднена яйцеклітина — зигота — одержує цитоплазму переважно від материнського організму. Від сперматозоїда при заплідненні в яйцеклітину потрапляє дуже мало цитоплазми. Таким чином спадкова інформація цитоплазматичних структур (мітохондрій і хлоропластів) буде переда-

ватися тільки по материнській лінії, тобто від матері — до доньки і сина, але далі її може передати тільки донька. Така спадковість одержала назву материнської. Оскільки материнська спадковість пов'язана з цитоплазмою, вона одержала назву позаядерної, або цитоплазматичної.

■ Види генів

Структурні	Регуляторні
Кодують структуру білків і рибонуклеїнових кислот	1. Є місцем поєднання ферментів та інших біологічно активних сполук. 2. Впливають на активність структурних генів. 3. Беруть участь у процесах реплікації ДНК і транскрипції

Тема 7. Закономірності мінливості

Усі живі організми розвиваються в тісному взаємозв'язку один з одним і з оточуючим довкіллям. Різні фактори середовища (світло, температура, волога, склад ґрунту та ін.) впливають на організми,

викликаючи в них зміну зовнішніх та внутрішніх ознак. Таким чином, організм має не тільки спадковість, яка поставляє матеріал для еволюції і селекції, але і мінливість.

Мінливість — здатність організмів змінювати свої ознаки і властивості.

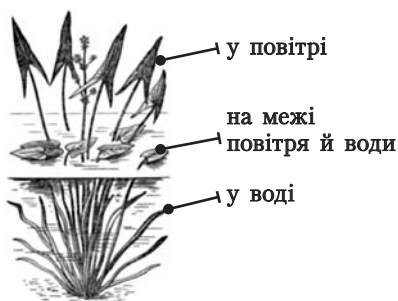
Види мінливості		
Модифікаційна (фенотипова, неспадкова, масова)	Генотипова (спадкова)	
	Мутаційна (генотипова, спадкова, індивідуальна)	Комбінативна
	Зміни — мутації	Зміни — рекомбінації

МОДИФІКАЦІЙНА МІНЛИВІСТЬ

Зміни фенотипу, що виникли під впливом довкілля, але не зачіпають генотипу й не передаються

іншим поколінням, називаються модифікаціями, а така мінливість — модифікаційною.

■ Властивості модифікацій



**Модифікації форми
листіків стрілолиста**

Ступінь вираження модифікації залежить від інтенсивності та тривалості дії чинника

Модифікації не успадковуються

Модифікації можуть зникати протягом життя особини, якщо припиняється дія факторів, які їх викликали

Модифікації, які виникають на ранніх етапах онтогенезу, можуть зберігатися протягом усього життя особини, але не успадковуються

Модифікації спрямовані на пристосування організмів до змін дії тих чи інших факторів

■ Норма реакції

Різні ознаки організму в різній мірі змінюються під впливом зовнішніх умов. Межі, у яких можлива зміна

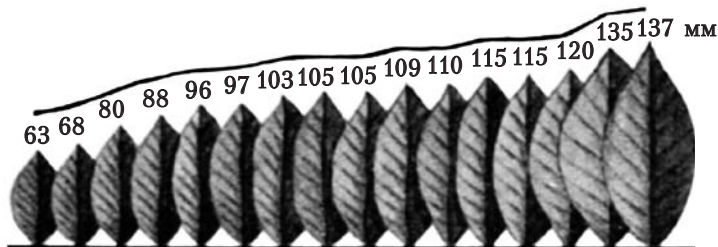
ознак у даного генотипу, називаються нормою реакції.

Норма реакції	
Вузька	Широка
Ознаки, що мають першорядне значення для процесів життєдіяльності	Ознаки не мають особливого значення для організму

■ Варіаційний ряд

Для вивчення мінливості певної ознаки складають варіаційний ряд: послідовність кількісних показників певної ознаки (варіант), розта-

шованих у порядку їхнього зростання чи зменшення. Довжина варіаційного ряду свідчить про розмах модифікаційної мінливості.



Розподіл варіант у варіаційному ряді зображають у вигляді варіаційної кривої. Варіаційна крива — це графічне вираження кількісних показників мінливості певної ознаки, яке ілюструє як розмах цієї

мінливості, так і частоту, з якою зустрічаються окремі варіанти. За допомогою варіаційної кривої можна встановити середні показники та норму реакції тієї чи іншої ознаки.

МУТАЦІЙНА МІНЛИВІСТЬ

Мутації — дискретні зміни генетичного матеріалу. Х. Гуго де Фріз увів

термін «мутація» (зміна) і провів перші дослідження цього процесу.

■ Властивості мутацій

Мутації виникають раптово, стрибкоподібно
Мутації — рідкі події
Мутації успадковуються, тобто стійко передаються з покоління в покоління
Мутації неспрямовані: мутувати може будь-яка ділянка, викликаючи зміни як незначних, так і життєво важливих ознак
Одні й ті самі мутації можуть виникати повторно
За своїм проявом мутації можуть бути як корисними, так і шкідливими та нейтральними, як домінантними, так і рецесивними

■ Значення мутацій

Мутації — джерело спадкової мінливості організмів, яке постачає матеріал для природного та штучного добору
Мутації широко використовуються в селекції тварин, рослин та мікроорганізмів
Штучні мутації використовуються при розробці генетичних методів боротьби зі шкідниками і хворобами цінних для людини видів

■ Мутагени

Мутагени — це фактори (речовини, температура, випромінювання то-

що), що викликають мутації. Мутації можна викликати штучно.



Різні види організмів і навіть різні особини одного виду відрізняються індивідуальною чутливістю до мутагенів.

Проте:
1) частота мутацій зростає, якщо дія мутагену сильніша й триваліша;
2) для мутагенів не існує нижньої межі їхньої дії.

■ Класифікація мутацій

Типи мутацій за рівнем виникнення		
Генні (точкові)	Хромосомні	Геномні
Зміни окремих генів: — заміни азотистих основ; — випадання або додавання нових основ	Зміни структури хромосом: нестачі — втрата кінцевої ділянки хромосоми делеція — втрата ділянки середньої частини хромосоми; дуплікація — повторення ділянки; інверсія — переверт ділянки хромосоми на 180 °; транслокація — обмін ділянками між негомолігичними хромосомами	Зміна кількості хромосом організму: анеуплоїдія — зміна кількості хромосом, не кратна гаплоїдному набору; поліплоїдія — зміна кількості хромосом, кратна гаплоїдному набору

Типи мутацій за походженням	
Спонтанні	Індуковані
Виникають без наявних причин	Виникають під впливом мутагенних факторів (мутагенів)

Типи мутацій за місцем виникнення	
Генеративні	Соматичні
Виникають у гаметах і виявляються у наступних поколіннях	Виникають у соматичних клітинах, виявляються в цьому організмі. Можуть передаватися нащадкам при вегетативному розмноженні

Типи мутацій залежно від впливу на життєдіяльність організму			
Летальні	Сублетальні	Нейтральні	Корисні
Призводять до загибелі організму	Знижують життєздатність організму	За певних умов не впливають на організм	Підвищують життєздатність організму

Імовірність того, що мутація підвищить життєдіяльність, незначна. Але коли змінюються умови існу-

вання, нейтральні мутації можуть стати корисними для організму.

■ Закон гомологічних рядів спадкової мінливості

У 1920—1921 рр. М. І. Вавилов сформував закон гомологічних рядів

Види та роди, генетично близькі, характеризуються подібними рядами спадкової мінливості

Генетично близькі родичі мають спільне походження шляхом дивергенції від спільного предка. У родинях видів, що мають спільне походження, виникають і подібні мутації.

Закон гомологічних рядів дає можливість передбачити характер мінливості в споріднених видів, що полегшує пошук матеріалу для селекції



Микола Іванович Вавілов
(1887—1943)

ГЕНЕТИЧНІ ОСНОВИ СЕЛЕКЦІЇ ОРГАНІЗМІВ

Селекція — наука, що досліджує виведення нових та вдосконалення існуючих сортів культурних рослин, порід тварин і штамів мікроорганізмів, що відповідають потребам людини і суспільства.

Сорт, порода, штам — це штучно створені людиною різновиди рослин, тварин та мікроорганізмів, які мають визначні спадкові особливості: комплекс морфологічних і фізіологічних ознак, продуктивність і норму реакції.

М. І. Вавилов зазначив, що для успішної роботи селекціонеру слід вивчати і враховувати:

- 1) вихідну сортову і видову різноманітність рослин і тварин;
- 2) спадкову мінливість (мутації);
- 3) роль середовища в розвитку і прояві досліджуваних ознак;
- 4) закономірності успадкування при гібридизації;
- 5) форми штучного добору, спрямовані на виділення й закріплення бажаних ознак

■ Основні методи селекції



■ Механізм штучного добору за Ч. Дарвіном

- Виділення окремих особин з ознаками, що цікавлять людину
- Добір особин, що успадкували від батьків бажані для людини ознаки
- Розмноження особин з корисними ознаками
- Розвиток бажаної ознаки, її закріплення

■ Форми штучного добору

Масовий	Індивідуальний
Виділення з вихідного матеріалу цілої групи особин, що мають бажані для селекціонера ознаки	Виділення окремих особин із цікавими для селекціонера ознаками й одержання від них нащадків

■ Форми гібридизації

Внутрішньовидова (у межах одного виду)	
Споріднене схрещування (інбридинг)	Неспоріднене схрещування (аутбридинг)
Схрещування організмів, що мають безпосередніх спільних предків. Використовують для одержання чистих ліній. Підвищується гомозиготність	Гібридизація організмів, що не мають тісних родинних зв'язків. Часто спостерігається явище гетерозису — «гібридної сили». Підвищується гетерозиготність
Міжвидова (між особинами різних видів)	
Гібридизація особин, які належать до різних видів, родів, із метою поєднання в гібридів цінних спадкових ознак: Жито × пшениця ⇒ тритікале Кобила × осел ⇒ мул	



а б в
Гетерозис кукурудзи за продуктивністю

а), в) — лінії батьків, б) — гібрид.

Найчастіше міжвидові гібриди безплідні. Уперше методику подолання безплідності міжвидових гібридів у рослин розробив у 1924 р. російський учений Г. Д. Карпеченко. Схрещуючи редьку з капустою, він подвоїв число хромосом у гібри-

да. Ця рослина не була схожа ні на редьку, ні на капусту. Віддалена гібридизація широко застосовується у плодівництві: І. В. Мічурін одержав у такий спосіб гібриди ожини і малини, сливи і терну та ін.

Гібриди рослин можна розмножувати вегетативно, чого не можна робити з тваринами. Розмножують складні міжвидові гібриди і методами клітинної інже-

нерії. Новий організм можна одержати з окремих гібридних соматичних клітин. Цій метод називається клонуванням.

■ Особливості рослин як об'єктів селекції

Особливості рослин
Висока плідність (велике число нащадків)
Крім статевого розмноження, характерне також вегетативне
Притаманне явище поліплоїдії
Невимогливі до умов середовища
Не вимагають великих економічних витрат

■ Методи селекції рослин

Висока плідність, численність потомства дозволяють використовувати метод масового добору
Наявність видів, що самозапилюються, дає можливість вивести чисту лінію шляхом застосування індивідуального добору
Завдяки вегетативному розмноженню можна тривалий час зберігати гетерозиготну комбінацію, соматичну мутацію
Впливаючи на проростання насіння хімічними речовинами, випромінюванням вдається одержувати матеріал для добору
Поліплоїдія — один зі шляхів поліпшення сортів культурних рослин

Значний внесок у розвиток селекції рослин зробили селекціонери-генетики: І. В. Мічурін, Г. Д. Карпеченко, М. В. Цицин, М. М. Лук'яненко, В. Н. Ремесло, В. С. Пустовойт. Вони вивели

високоврожайні сорти цукрових буряків, гречки, бавовнику, високопродуктивні кубанські сорти пшениці, українські сорти Миронівська-808, Юбілейна-50, Харківська-63 та ін.

■ Особливості тварин як об'єктів селекції

Нечисленність потомства
Значна тривалість життя
Роздільностатеві (утруднює інбридинг)
Тільки статеве розмноження
Необхідна гомозиготність чистих ліній досягається за рахунок близькородинного схрещування, що веде до інбредної депресії
Складні взаємини з довкіллям у зв'язку з наявністю нервової системи
Кожний об'єкт являє собою значну селекційну цінність
Значні економічні витрати на утримання

■ Методи селекції тварин

Не застосовується масовий добір, з огляду на співвідносну мінливість
Визначення якості плідників за показниками нащадків; вивчення родоводу
Штучне запліднення, одержання цінних порід великої рогатої худоби в штучних умовах («у пробірці»). Потім ембріон пересаджують у матку самки іншої породи для подальшого розвитку. У такий спосіб можна одержати значну кількість нащадків із важливими практичними властивостями

■ Особливості мікроорганізмів та їх селекції

Не мають типового статевого процесу
Гаплоїдні, що дає можливість мутаціям виявлятися вже в першому поколінні нащадків
Швидкі темпи розмноження дають можливість одержувати велику кількість клітин — нащадків

■ Основні напрямки сучасної біотехнології

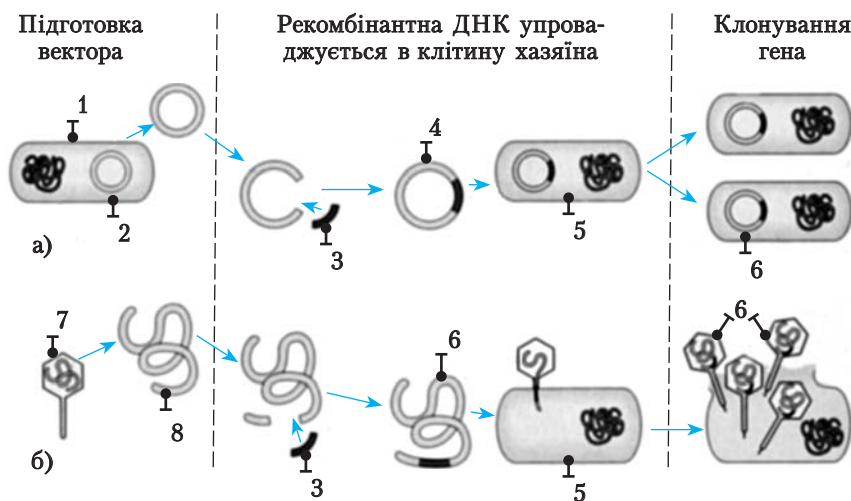
Біотехнологія — це сукупність промислових методів, що застосовують для виробництва різних речовин із

використанням живих організмів, біологічних процесів чи явищ.

■ Основні напрямки біотехнології

Промислова мікробіологія	Перетворення парафінів у кормовий білок у процесі життєдіяльності мікроорганізмів, виробництва антибіотиків та інших лікарських речовин
Інженерна ензимологія	Одержання і використання чистих ферментів і ферментних препаратів
Генна інженерія	Штучне конструювання молекул ДНК (генів)
Клітинна інженерія	Культивування клітин і тканин вищих організмів

■ Клонування генів



Клонування генів з використанням: а) бактерій, б) вірусів:

1 — бактерія; 2 — плазмід; 3 — чужорідний ген; 4 — рекомбінантна плазмід; 5 — клітина хазяїна;
6 — рекомбінантна ДНК; 7 — вірус; 8 — вірусна ДНК

РОЗДІЛ IV. ОСНОВИ ЕКОЛОГІЇ

Тема 1. Екологічні умови існування організмів

Екологія — галузь знань, що вивчає взаємозв'язок організмів та їх груп з навколишнім середовищем. Термін «екологія» запропонував німецький природодослідник

Е. Геккель у 1866 р. для визначення «загальної науки про зв'язок організмів із оточуючим середовищем». Як самостійна наука екологія відокремилась з початку XX ст.

МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ В ЕКОЛОГІЇ

Спостереження — короткочасне і тривале
Екологічна індикація — визначення стану та властивостей екосистем за видовим складом і співвідношенням між собою певних (еталонних) груп видів
Екологічний моніторинг — аналіз стану екосистем (локальний, регіональний, глобальний)
Математичне моделювання — прогнозування можливих варіантів перебігу подій, їх комбінування, попередження небажаних наслідків

ЕКОЛОГІЧНІ ФАКТОРИ

Екологічні фактори — це умови навколишнього середовища, що мають вплив на функціонування живих організмів.

■ Екологічні фактори

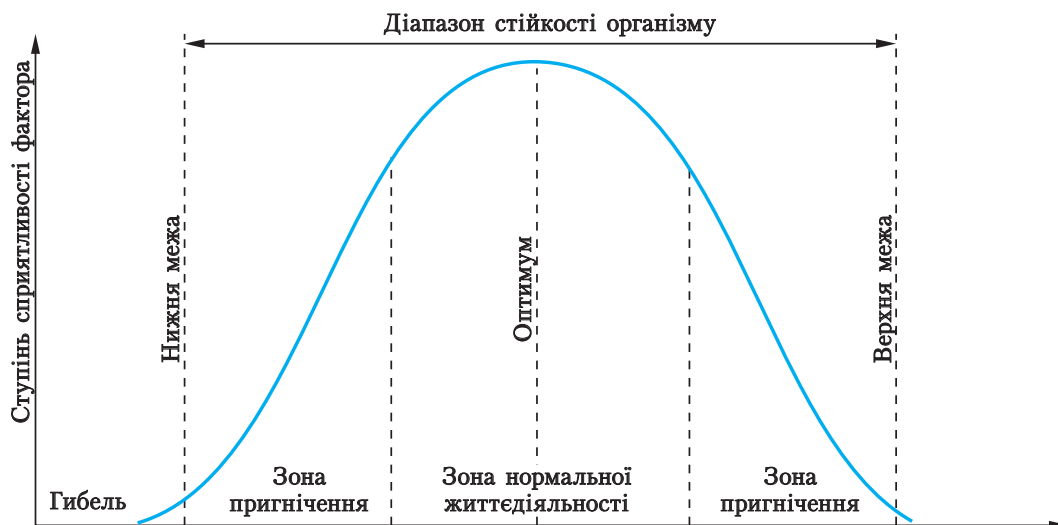
Абіотичні	Компоненти та властивості неживої природи: температура, освітленість, вологість, тиск тощо
Біотичні	Різні форми взаємодії між особинами в популяціях та між популяціями в угрупованнях
Антропогенні (антропічні)	Свідоме та несвідоме втручання людини в природні процеси

■ Закономірності впливу екологічних факторів на живі організми

Правило екологічної індивідуальності	Не існує двох близьких видів, подібних за своїми адаптаціями
Правило відносної незалежності адаптацій	Добра пристосованість організму до дії певного чинника не означає такої самої доброї пристосованості до інших
Закон оптимуму	Кожний фактор позитивно впливає на організм лише в певних межах

Вплив факторів

Оптимальний (оптимум)	Інтенсивність фактора найбільш сприятлива для життєдіяльності того чи іншого організму
Обмежувальний	Значення фактора виходить за межі витривалості (мінімуму та максимуму). Визначає територію розселення виду
Межа витривалості (мінімум та максимум)	Границі, за якими існування організму неможливе



Температура

Температура — важливий екологічний фактор. Температурні межі існування організмів — від -50 до

$+95$ °C, оптимальна температура від $+15$ до $+30$ °C.

Тварини	
Пойкілотермні (холоднокровні)	Гомойотермні (теплокровні)
Температура тіла непостійна, залежить від температури оточуючого середовища	Температура тіла постійна, не залежить від температури оточуючого середовища
З настанням холодів впадають у сплячку або набувають стану анабіозу	Можуть переносити несприятливі умови в активному стані



Анабіоз — стан організму, при якому життєві процеси тимчасово припиняються або так уповільнюються, що зникають усі видимі прояви життя.

■ Світло

Світло — основне джерело енергії на Землі. У формі сонячної радіації воно забезпечує всі життєві процеси на Землі. Довготривале діяння світла (фотоперіод) — це потужний

стимул активності організмів. Фотоперіодизм — реакція організму на зміну дня і ночі, що виявляється в коливаннях інтенсивності фізіологічних процесів.



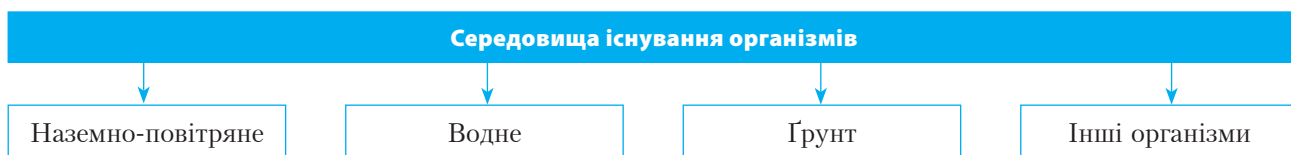
■ Волога

Рослини			
Гідрофіти	Гігрофіти	Мезофіти	Ксерофіти
Живуть у водному середовищі	Рослини надлишково вологих місць	Рослини достатньо вологих місць	Рослини сухих місць

Вода відіграє виключну роль у підтриманні життя на Землі.

Тварини			
Водні	Вологолюбні	Сухолюбні	Посуhostійкі
Живуть тільки у водному середовищі	Вода потрібна для певних процесів життєдіяльності — розмноження, дихання тощо	Живуть на суходолі, здатні переносити нетривалу недостачу води	Живуть у місцях з недостатньою вологістю, використовують метаболічну воду

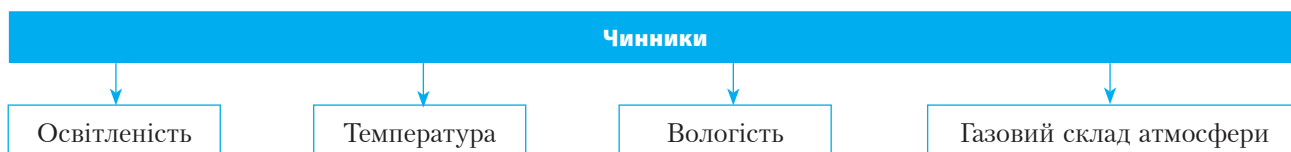
ОСНОВНІ СЕРЕДОВИЩА ІСНУВАННЯ ОРГАНІЗМІВ



■ Наземно-повітряне середовище

Наземно-повітряне середовище дуже різноманітне за проявом чинни-

ків, які впливають на особливість життєдіяльності організмів



■ Водне середовище

Водне середовище значно відрізняється від наземно-повітряного: велика густина, менше кисню,

значні перепади тиску, різні типи водойм відрізняються солоністю, швидкістю течії тощо.

Екологічні групи жителів водойм	Характеристика
Планктонні організми (планктон)	Живуть у товщі води і не здатні протистояти течіям
Бентосні організми (бентос)	Прикріплені до дна водойми, пересуваються по дну, заглиблюються у його товщу
Перифітонні організми (перифітон)	Живуть на різних субстратах у товщі води
Нейстонні організми (нейстон)	Живуть на межі двох середовищ: водного та повітряно-наземного, використовуючи силу натягу водної плівки

■ Особливості ґрунту як середовища існування

Вологість зазвичай вища, ніж вологість повітря

Порівняно невелика амплітуда добових та сезонних коливань температур

Вміст вуглекислого газу значно вищий, а кисню — дещо нижчий, ніж в атмосфері

■ Живі організми як середовище існування

Живі організми як середовище існування докорінно відрізняються від інших середовищ. Якщо на організми, які живуть на поверхні істот (ектопаразити), впливають

фактори зовнішнього середовища, то на тих, які живуть усередині організму хазяїна (ендопаразити), ці фактори безпосередньо не впливають. Середовище тут стабільне.

Тема 2. Природні угруповання організмів. Екосистеми

ВИДИ

Вид — сукупність особин, подібних між собою за будовою, функціями, місцем у біогеоценозі (екологічна ніша), що заселяють певну частину біосфери (ареал), вільно схрещуються між собою в природі, дають

плідних нащадків і не гібридизуються з іншими видами.
Вид — основна структурна і таксономічна одиниця в системі живої природи. У природі види існують у формі популяцій.

■ Критерії виду

Характерні для виду ознаки та властивості називають критеріями виду. Для встановлення видової приналежності недостатньо вико-

ристати який-небудь один критерій; тільки їх сукупність правильно характеризує вид.

Критерій	Характеристика
Генетичний (це головний критерій)	Характерний для кожного виду набір хромосом, суворо визначене їх число, розміри та форма
Морфологічний	Подібність зовнішньої та внутрішньої будови особин
Фізіологічний	Подібність усіх процесів життєдіяльності в особин, перш за все — подібність розмноження
Географічний	Певний ареал, який займає вид у природі
Екологічний	Сукупність факторів довкілля, у якому існує вид

Існують види-двійники, які мають схожі морфологічний, фізіологічний, географічний критерії, але

розрізняються кількістю і будовою хромосом. Генетичний критерій вважають основним.

ПОПУЛЯЦІЇ

Популяція — сукупність особин одного виду, відносно ізольована від подібних сукупностей того самого виду, яка тривалий час займала певний простір та відтворювала себе протягом великої кількості поколінь. Популяція — форма існування виду, одиниця еволюції.

Популяція здатна тривалий час підтримувати свою чисельність завдяки розмноженню, обмінюватися генетичною інформацією та еволюціонувати. Популяція є основною природною одиницею існування, пристосування, відтворення та еволюції виду.

■ Показники, що характеризують популяції

Чисельність (кількість особин в її складі)
Суцільність (середня кількість особин на одиницю площі, об'єму)
Біомаса (маса особин на одиницю площі, об'єму)
Народжуваність (кількість особин, які народжуються за одиницю часу)
Смертність (кількість особин, які гинуть за одиницю часу)
Приріст (різниця між народжуваністю і смертністю)
Ареал (територія, яку займає популяція)

■ Особливості структури популяцій

Статева	Вікова	Просторова
Співвідношення особин різних статей	Залежить від співвідношення особин різного віку	Розподілення особин по території, яку вони займають

■ Просторова структура (за характером використання території)

Популяції осілих видів	Популяції кочових видів	Популяції мігруючих видів
Не переміщуються	Переміщуються на відносно не-далекі відстані	Закономірно змінюють місця існування, переміщуються на значні відстані

Просторова структура популяції має пристосувальний характер, оскільки дає можливість якомога

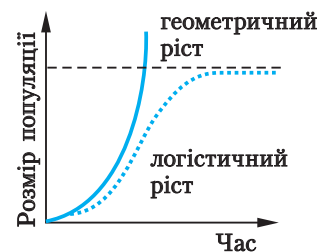
повніше використовувати ресурси середовища існування.

■ Популяційні хвилі (хвилі життя)

Сезонні	Несезонні
Обумовлені особливостями життєвих циклів або сезонними змінами кліматичних факторів (розмноження комах)	Обумовлені змінами різноманітних екологічних факторів: кліматичних, біотичних, антропогенних (нашесть сарани)

■ Приріст

Позитивний	Негативний
Інтенсивність народжуваності перевищує смертність	Смертність перевищує народжуваність

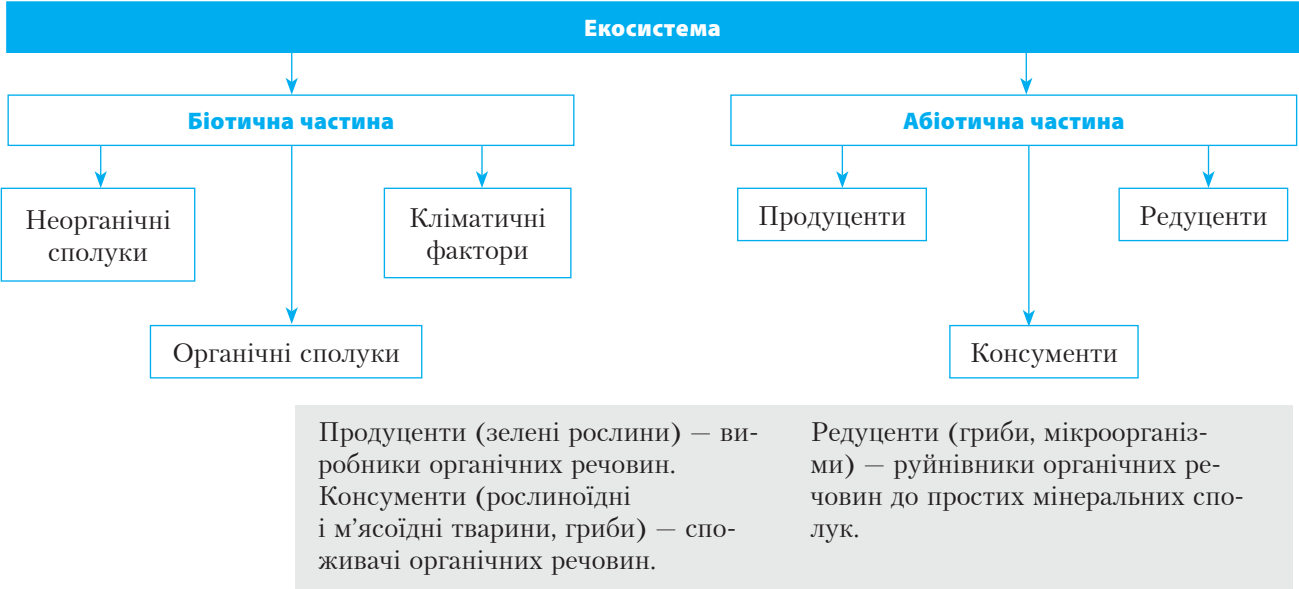


ЕКОЛОГІЧНІ СИСТЕМИ

Екосистема (біогеоценоз) — природна одиниця, яка складається з низки живих та неживих компонентів. У результаті їхньої взає-

модії створюється стабільна система, у якій постійно відбувається колообіг речовин.

■ Структура екосистеми



■ Характеристики екосистеми

Видове розмаїття — сукупність популяцій різних видів
Щільність популяцій — кількість особин, віднесена до одиниці площі, об'єму
Біомаса — загальна кількість органічної речовини (суха маса на одиницю площі, об'єму)
Біологічна продуктивність — швидкість утворення біомаси
Площа чи об'єм, який займає екосистема

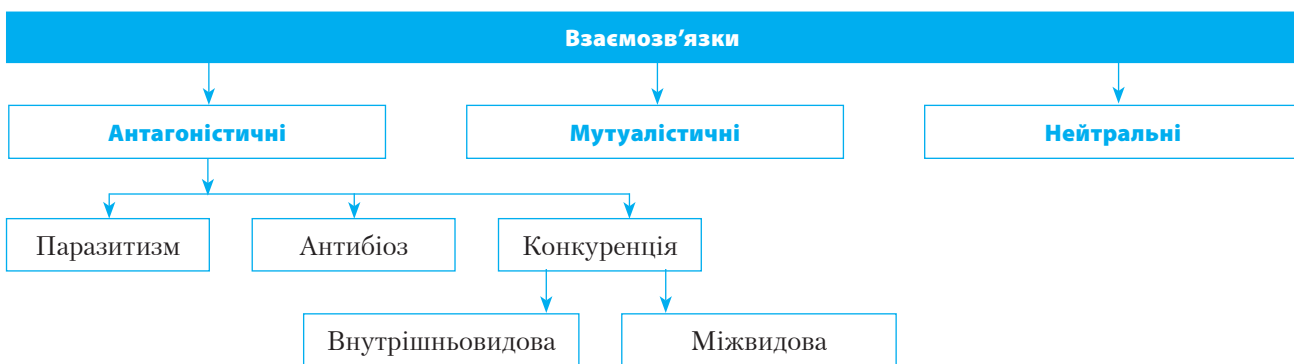
■ Властивості екосистем

Цілісність — у результаті взаємодій організмів між собою та факторами неживої природи виникають потоки енергії і колообіг речовин, які об'єднують їх у єдине ціле
Здатність до самовідтворення
Стійкість
Саморегуляція

Порушення взаємозв'язків в екосистемах може призвести до пору-

шення саморегуляції і небажаних наслідків.

■ Взаємозв'язки організмів в екосистемах



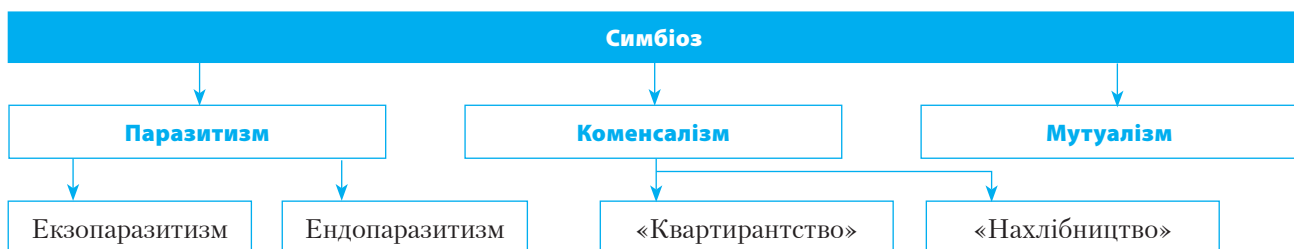
Симбіоз — усі форми співіснування різних видів.

Паразитизм — форма співжиття організмів різних видів, із яких один (паразит) живе за рахунок іншого (хазяїна).

Коменсалізм — форма співжиття між двома видами тварин, коли

один із них (коменсал) користується якимись перевагами за рахунок іншого (хазяїна), не завдаючи йому шкоди.

Мутуалізм — форма співжиття організмів, при якій кожний із організмів, що живуть разом, приносить іншому певну користь.

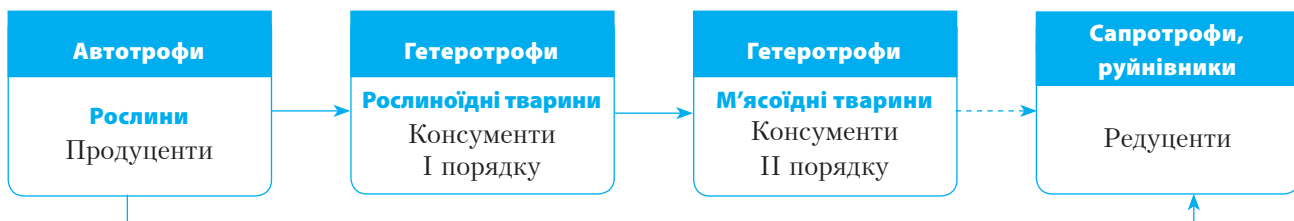


■ Ланцюги живлення

У природі відбувається безперервний колообіг біогенних речовин, необхідних для життя: хімічні речовини добуваються автотрофами з навколишнього середовища й знову до нього потрапляють в основному через гетеротрофів. У процесі еволюції в екологічних

системах склались певні ланцюги живлення.

Ланцюг живлення — це послідовність взаємозв'язаних видів, які послідовно добувають органічну речовину та енергію із початкової поживної речовини, кожна попередня ланка є поживною для наступної.



Екологічна піраміда

Коли тварина з'їдає рослину, більша частина енергії, яка міститься в цій їжі, розсіюється у вигляді тепла і тільки незначна частка використовується для синтезу тваринних тканин. Якщо цю тварину з'їдять інші тварини, відбудеться подальша втрата енергії у вигляді тепла і т. ін.

В екологічних системах у процесі еволюції в ланцюгах живлення визначилась важлива закономірність, що отримала назву екологічної піраміди: кожний наступний рівень харчування має масу в 10 разів меншу за попередній.



Кожна ланка здатна використати лише 5–15 % (у середньому 10 %) енергії, тому типовий ланцюг живлення складається не більш ніж

із 4–6 взаємозв'язаних ланок. Кожна ланка ланцюга живлення — трофічний рівень.

Зміни екосистем

Причини змін екосистем

Зміни, викликані життєдіяльністю організмів

Фактори фізичного середовища

Жодна екосистема не існує одвічно, рано чи пізно вона змінюється іншою. Здатність до змін — одна з найважливіших властивостей екосистеми.

Сукцесії

Первинні

Починаються на позбавлених життя місцях

Вторинні

Розвиваються на місці сформованих екосистем після їх порушення

Сукцесія — послідовна, необоротна, спрямована заміна однієї екосистеми іншою.

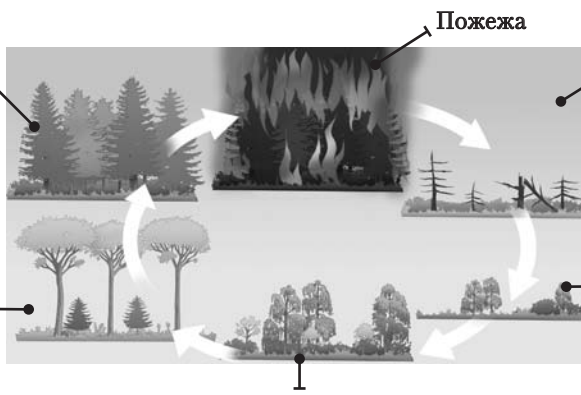
■ Послідовні зміни та рівновага

Якщо кліматичні умови та тип ґрунту визначають рослинність місцевості, то рослинність, у свою чергу, впливає на ґрунт і в невеликих масштабах також на клімат. Ця взаємодія приводить до стану рів-

новаги (клімаксу) між рослинністю, кліматом і ґрунтом певної зони. Будь-яка зміна в одному із цих факторів започатковує ланцюгову реакцію послідовних екологічних змін, метою якої є відновлення рівноваги.

Ялини витісняють ялиці, що не можуть рости в затінку. Через 500 років після пожежі відновлюється первісний ялиновий ліс

Протягом 150 років берези витісняються ялицями; ялини можуть рости в затінку ялиць



Пожежа

Уже за рік на місці пожежі виростають трави, які люблять світло

Незабаром з'являються пагони беріз та осик, що потребують багато світла й швидко ростуть

Через 60 років утворюється березовий ліс, під захистом якого ростуть і ялиці

Приклад послідовності екологічних змін після пожежі в ялиновому лісі

■ Агроценози

Агроценоз — це штучна екосистема, угруповання рослин, тварин, грибів та мікроорганізмів, створене для отримання сільськогосподарської продукції, яке регулярно підтримується людиною.

Штучні екосистеми характеризуються такими самими показниками, що і природні. Вони мають таку саму структуру, тільки обов'язковою ланкою живильного ланцюга є людина.

■ Порівняння природних та штучних екосистем

Біоценоз	Агроценоз
Діє природний добір (виживають найпристосованіші до умов існування організми)	Діє штучний добір (зберігаються організми з великою продуктивністю)
Основне джерело енергії — Сонце	Крім сонячної енергії присутнє інше джерело — добрива, зрошення тощо
Колообіг речовин здійснюється повністю	Колообіг не відбувається
Велике різномайття видів організмів	Кількість видів обмежена двома-трьома видами
Саморегуляція	Регулюються і контролюються людиною
Різна продуктивність	Значна продуктивність

БІОСФЕРА ТА ЇЇ МЕЖІ



Володимир Іванович
Вернадський
(1863–1945)

Біосфера — оболонка Землі, яку населяють живі організми. Біогеоценоз є елементарною структурою біосфери. Сама біосфера складається

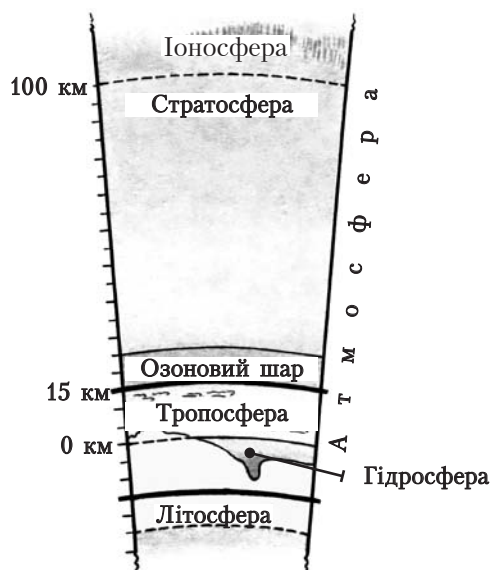
із сукупності всіх біогеоценозів і розглядається як велика екологічна система.

У 1875 р. австрійський геолог Е. Зюсс запропонував поняття біосфери.

Учення про біосферу як особливу частину Землі, населену живими організмами, створив український учений В. І. Вернадський.

Біосфера не утворює окремої оболонки Землі, а є частиною геологічних оболонок земної кулі, заселе-

них живими організмами, займає верхню частину літосфери, всю гідросферу та нижній шар атмосфери.



Геологічні оболонки Землі

У глиб літосфери організми можуть проникати на відносно незначні глибини. Проникнення живих істот у глиб літосфери обмежене високою температурою гірських порід і підземних вод на глибинах 1,5–15 км.

Поширення організмів у атмосфері обмежене озоновим екраном, бо вище нього все живе гине під дією космічного випромінювання.

РОЛЬ ЖИВИХ ОРГАНІЗМІВ У ПЕРЕТВОРЕННІ БІОСФЕРИ

До складу біосфери входять живі і неживі компоненти. Жива речовина, за В. І. Вернадським,— су-

купність усіх живих організмів планети на даний момент існування.

■ Властивості живої речовини

Жива речовина характеризується величезною енергією, яка міститься в ній і здатна виробляти роботу
Швидкість перебігу хімічних реакцій у живій речовині завдяки участі ферментів у тисячі, а іноді в мільйони разів більша, ніж при виробництві речовин суто хімічними методами
Індивідуальні хімічні сполуки, які входять до складу живої речовини, стійкі тільки в живих організмах
Живій речовині притаманна рухливість. Завдяки різним формам руху жива речовина здатна заповнювати собою увесь можливий простір («усюдність» життя). Цей процес В. І. Вернадський назвав тиском («напором») життя
Жива речовина має значно більше морфологічне та хімічне різноманіття, ніж нежива
Жива речовина представлена в біосфері у вигляді окремих організмів, розміри яких коливаються від 20 нм у бактерій до 100 м у рослин (діапазон більше 10 ⁹)
Індивідууми ніколи не перебувають у вигляді окремих популяцій організмів одного виду, вони завжди входять до складу екосистеми
Жива речовина існує у формі безперервного чергування поколінь, що сприяє її оновленню
Жива речовина здатна до еволюційного процесу, завдяки якому відбувається порушення абсолютного копіювання попередніх поколінь. Ця здатність дозволяє живій речовині пристосуватися до зміни умов існування
Жива речовина, на відміну від неживої, постійно виробляє роботу, виконує певну функцію

■ Функції живої речовини

Функція	Процеси, які відбуваються
Енергетична	Проявляється у засвоєнні живою речовиною переважно сонячної енергії та передачі її по трофічних ланцюгах. В основі лежить фотосинтетична діяльність зелених рослин
Газова	Здійснення енергетичної функції супроводжується виділенням і поглинанням кисню, вуглекислого газу та деяких інших газоподібних речовин. Завдяки газовій функції сформувався сучасний склад повітря
Концентраційна	Проявляється у вилученні та виборчому накопиченні живими організмами хімічних елементів оточуючого середовища. У результаті концентраційної діяльності організмів відбувається накопичення покладів корисних копалин
Окисно-відновна	Полягає в хімічному перетворенні речовин, що містять атоми зі змінним ступенем окиснення. Окисно-відновні реакції лежать в основі будь-якого виду біологічного метаболізму
Деструкційна	Обумовлює процес розкладання організмів після їхньої смерті до мінеральних сполук, які через автотрофну ланку знову втягуються в біологічний колообіг

КОЛООБІГ РЕЧОВИН У БІОСФЕРІ

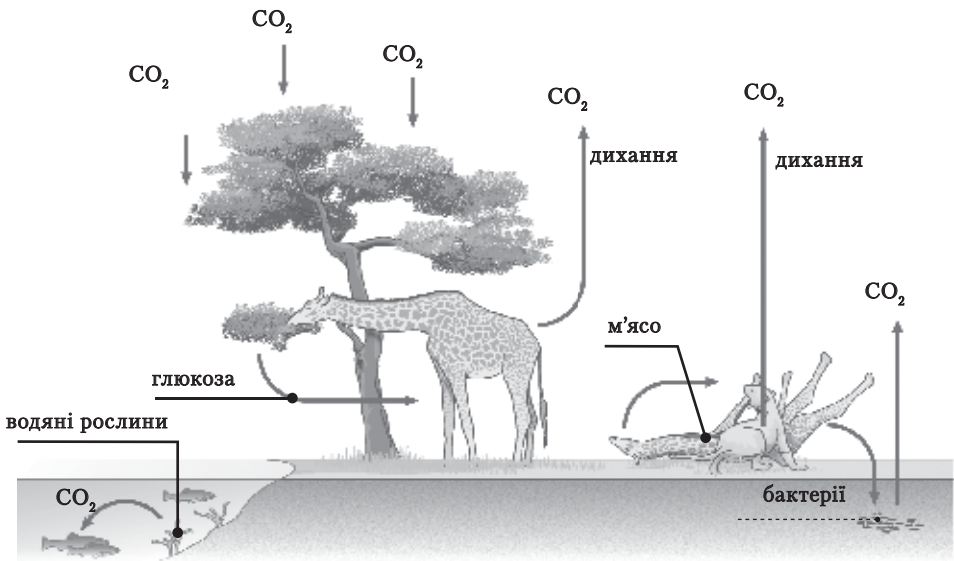
Здійснення функцій живої речовини пов'язані з міграцією атомів у процесі колообігу речовин у біосфері. Та частина міграції

хімічних елементів, яка відбувається за участю живих організмів, називається біогенною, а поза ними — абіогенною.

■ Цикл Карбону

Атом Карбону входить до атмосферного карбон діоксиду (неорганічна форма). Рослина поглинає його своїм листям і там уключає в процес фотосинтезу, після чого цей елемент увійде до молекули глюкози (органічна форма), яка є однією зі складових тіла рослини. Трав'яниста тварина споживає цю рослину й у такий спосіб пере-

міщує атом Карбону. Далі тварину з'їдає хижак, переносячи атом Карбону до свого тіла. Там цей елемент входить до складу тканин тварини доти, доки вона не загине. Потім організми-руйнівники перетворюють частину трупа на карбон діоксид і виділяють його в атмосферу.



■ Цикл Оксигену

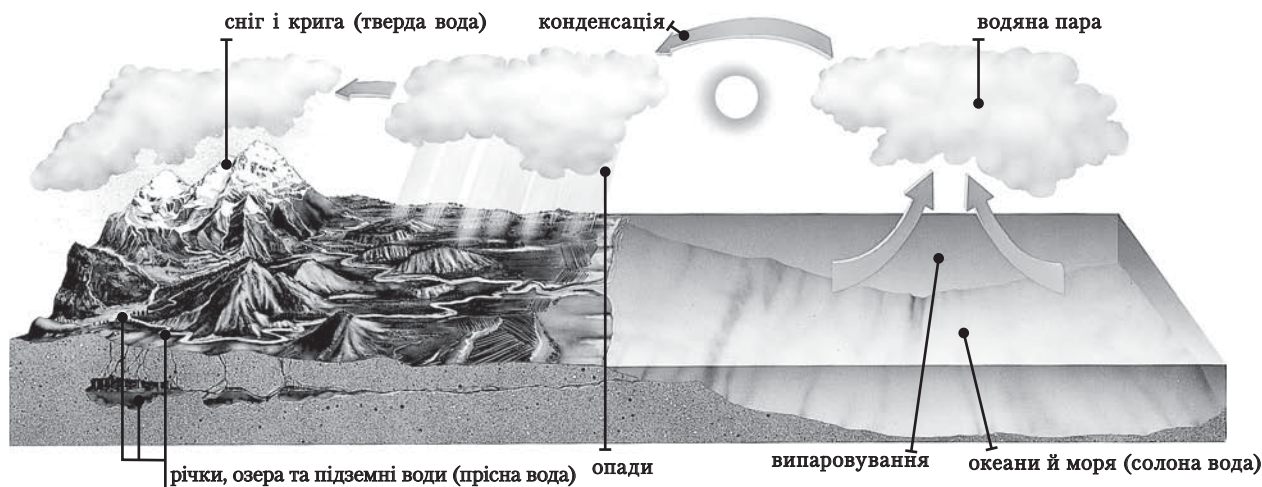
Природний цикл цього елемента протилежний циклові Карбону. У результаті фотосинтезу в середовищі вивільняється кисень. Диха-

ючи, тварини сполучають Оксиген і Карбон і виділяють вироблений ними карбон діоксид.

■ Цикл води

Вода має велике значення для живих істот. У водному середовищі зародилось життя на Землі. Усі хімічні реакції, які відбуваються в організмі, вимагають присутності води. Вона створює незамінне середовище для здійснення обміну речовин (метаболізму), від виробництва глюкози в рослинах

до перетравлювання їжі або регулювання температури тіла. Водойоми — середовище існування багатьох видів тварин, рослин та мікроорганізмів. Вода також здійснює безперервний цикл у природі, який відбувається дуже активно як поза організмами, так і в їхньому тілі.



■ Цикл Фосфору

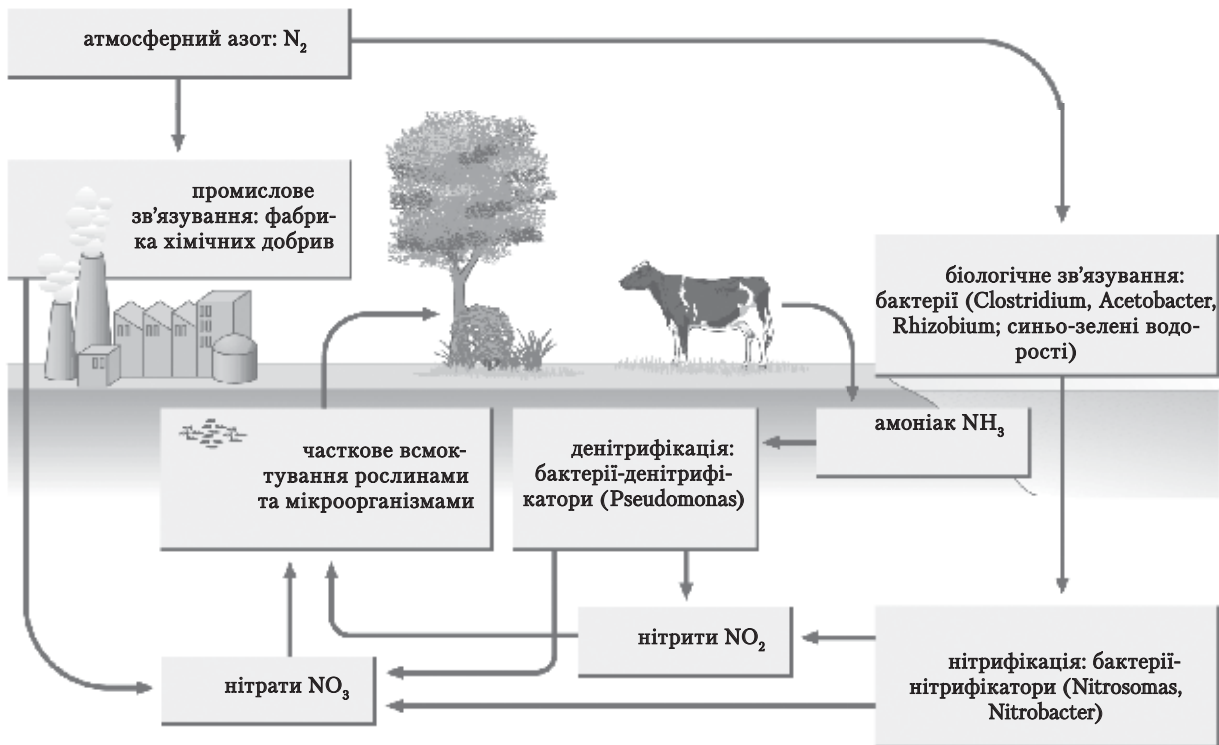
Фосфор — це елемент, який у природному середовищі накопичується в мінеральній формі. Він вивільняється, коли слабо окислена вода започатковує низку хімічних реакцій із гірськими породами й утворює певні сполуки. Останні можуть увійти до складу ґрунту (і будуть використані рослинами) або досягти моря, де стануть частиною тіла водоростей, передусім фітопланктону. Опинившись у складі матерії живих організмів, Фосфор переходить з одного рівня на інший завдяки ланцюгам живлення і не вивіль-

няється в середовище доти, доки труп цих істот не розкладуться. У живих організмах Фосфор перебуває у фундаментальних сполуках, входячи до складу ДНК, РНК, АДФ клітин. Морські птахи виділяють з екскрементами дуже багато Фосфору, тому пташиний послід становить важливе джерело добування цього елемента. Накопичуючись, екскременти та трупи птахів утворюють гуано, котре застосовують як добриво. Фосфат присутній у воді у формі молекули ортофосфату (PO_4^{-3}).

■ Цикл Нітрогену

До складу земної атмосфери входить велика кількість Нітрогену у вигляді газу азоту, що має формулу N_2 (78 %). Але Нітрогеном, який перебуває в цій формі, не можуть скористатися ані рослини, ані тварини; він придатний лише для деяких бактерій і морських водоростей, що перетворюють його на амоніак (NH_3). Останнім рослини теж не мо-

жуть послуговуватися, і тоді бактерії іншої групи перетворюють його на нітрати (NO_3) — єдину форму Нітрогену, яку можуть уживати рослини для свого розвитку. Вони інкорпорують його у свої тканини, й у цьому вигляді Нітроген може перейти до тіла травоядних тварин, які живляться рослинами, а потім — до хижаків і так далі.



■ Діяльність людини та стан біосфери

Людство — частина біосфери, із якої воно бере всі засоби для існування. Перетворююча діяльність людини в біосфері настільки велика, що може бути порівняна лише з грандіозними геологічними процесами. У зв'язку з цим В. І. Вернадський писав, що людство, пізнаючи закони природи, удосконалюючи техніку, своєю пра-

цею створює вищу стадію існування біосфери — ноосферу, або сферу розуму. Людина далеко не завжди розумно підходить до використання природних скарбів нашої планети. У результаті нераціональної діяльності людини лише протягом кількох останніх сторіч безслідно знищено багато видів тварин і рослин.

РОЗДІЛ V. ІСТОРИЧНИЙ РОЗВИТОК ОРГАНІЧНОГО СВІТУ

Тема 1. Основи еволюційного вчення

Поняття «еволюція» означає поступовий, закономірний перехід з одного стану в інший.

Термін «еволюція» ввів у біологію швейцарський натураліст Ш. Бонне (1762 р.).

СТАНОВЛЕННЯ ЕВОЛЮЦІЙНИХ ПОГЛЯДІВ

■ Додарвіновський період

Завдяки працям Арістотеля і його учнів виникли зачатки порівняльної анатомії та ембріології, вчення про відповідність організмів, ідея градації. На особливу увагу заслуговує розробка загальних принципів класифікації, яку він застосував до тварин, а його учень Теофраст — до рослин. В Арістотеля вид не мав значення головної систематичної одиниці.

Величезну роль у накопиченні наукових фактів відіграли Великі географічні відкриття. Період накопичення знань про різноманітні рослини і тварин увійшов у науку як описовий, інвентаризаційний період. Накопичення фактичного матеріалу висувало необхідність створення наукової термінології і системи рослин і тварин

Англійський біолог Джон Рей уперше звів вид до рангу біологічного поняття.

Були встановлені три особливості виду: 1) об'єднання багатьох особин; 2) морфологічна і фізіологічна подібність між ними; 3) здатність до спільного розмноження і відтворення потомства, яке зберігає подібність до батьківських форм

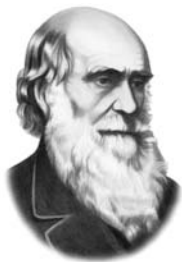
К. Лінней одержав світову відомість завдяки створеній ним системі рослин і тварин. Лінней установив реальність видів, чітко акцентував репродуктивну ізоляцію між ними, виявив їхню стабільність, підготував ґрунт для постановки проблеми про їхнє походження; здійснив реформу мови ботаніки, увів наукову термінологію



Карл Лінней
(1707–1778)

Ж. Б. Ламарк створив першу цілісну концепцію еволюції живої природи (ламаркізм). Згідно з гіпотезою Ламарка, еволюція — це процес надбання корисних ознак, які успадковуються нащадками. Види змінюються, але дуже повільно, тому непомітно. Еволюція носить прогресивний характер, тобто розвиток відбувається від простого до складного. Будь-яка мінливість спадкова й обумовлена впливом зовнішнього середовища. Рушійна сила еволюції — внутрішнє прагнення до досконалості. Підвищення організації живих істот від нижнього ступеня до вищого в процесі еволюції Ламарк назвав градацією

ОСНОВНІ ПОЛОЖЕННЯ ЕВОЛЮЦІЙНОГО ВЧЕННЯ ЧАРЛЬЗА ДАРВІНА



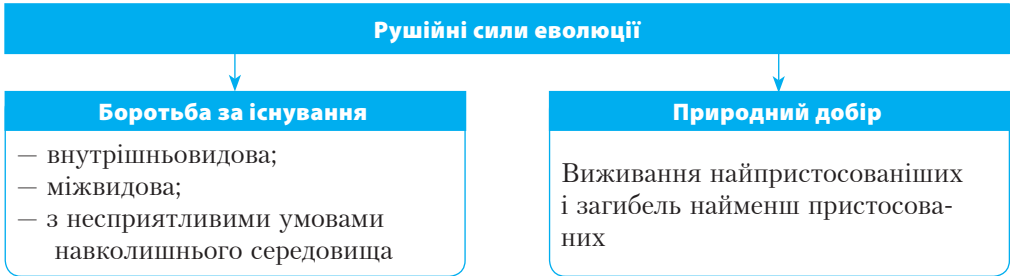
Чарлз Дарвін
(1809–1882)

Ч. Дарвін — англійський природознавець, основоположник теорії еволюції. Під час кругосвітньої подорожі (1831–1836) зібрав багатий науковий матеріал, що став основою його головної праці «проходження видів» (1859). Еволюція, за Ч. Дарвіном, полягає в безперервних пристосувальних змінах видів.

Основні положення вчення Ч. Дарвіна

Передумова еволюції: спадкова (індивідуальна) мінливість
Рушійні сили: боротьба за існування та природний добір
Еволюція — поступове ускладнення й підвищення організації живих істот (еволюція має прогресивний характер)

Мінливість		
Групова (неспадкова, визначена)	Індивідуальна (спадкова, невизначена)	Співвідносна (кореляційна)
Подібна зміна всіх особин потомства в одному напрямку внаслідок впливу певних умов	Поява різноманітних незначних відмінностей в особин одного сорту, породи, виду, якими, існуючи у схожих умовах, одна особина відрізняється від інших. Не виключена можливість і різних відхилень	Зміна структури або функції однієї частини нерідко обумовлює також певні зміни інших

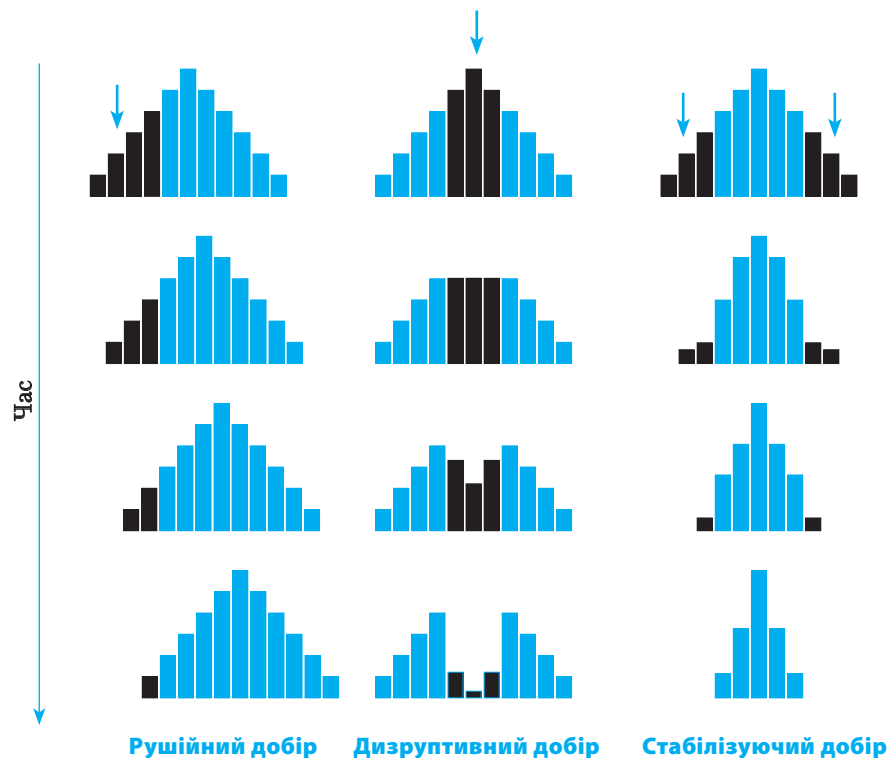


Природний добір

Ч. Дарвін дав таке визначення природного добору: «Збереження корисних відмінностей або змін і знищення шкідливих я назвав природним добром або переживанням найбільш пристосованих». Під природним добром розуміють здійснюваний у природі процес збереження й переважного розмноження в ряді поколінь особин, що мають корисні для їхнього життя і розвитку пристосувальні ознаки, що виникли в результаті різноспрямованості індивідуальної мінливості.

■ Форми природного добору

Рушійний добір (прямий, провідний)	Кожний вид складається не з абсолютно однакових особин. При тривалій зміні зовнішнього середовища в одному напрямку створюються умови, при яких окремі мутації виявляються корисними й зберігаються в ході добору. Обумовлює постійну зміну пристосувань видів відповідно до змін умов середовища
Стабілізуючий добір	У малозмінних умовах існування збільшується чисельність особин із середньою нормою реакції. Із покоління в покоління відтинаються крайні форми, а закріплюються організми з певною нормою реакції
Дизруптивний добір (розриваючий, спрямований проти проміжних форм)	Іноді умови зовнішнього середовища змінюються таким чином, що перевагу одержують крайні форми. Кількість таких форм швидко збільшується, що може привести до перетворення виду



■ Обставини, що сприяють природному добору

Кількість особин і їхня різноманітність
Частота мутацій
Інтенсивність розмноження
Частота зміни поколінь
Розміри ареалу і різноманітність умов життя в ньому
Ізоляція, що перешкоджає схрещуванню



Індустріальний меланізм

СИНТЕТИЧНА ТЕОРІЯ ЕВОЛЮЦІЇ

Синтетична теорія еволюції сформувалася на початку 40-х рр. XX ст. Вона являє собою вчення про еволюцію органічного світу,

розроблене на основі даних сучасної генетики, екології і класичного дарвінізму.

■ Основні положення синтетичної теорії еволюції

Матеріалом для еволюції служать, як правило, дуже дрібні зміни спадковості — мутації. Мутаційна мінливість — постачальник матеріалу для добору — носить випадковий і спрямований характер
Основним рушійним фактором еволюції є природний відбір, що виникає на основі боротьби за існування
Найменшою одиницею еволюції є популяція
Еволюція носить дивергентний характер, тобто один таксон може стати предком кількох дочірніх таксонів, але кожний вид має єдиний предковий вид, єдину предкову популяцію
Еволюція має поступовий і тривалий характер. Видоутворення як етап еволюційного процесу являє собою послідовну зміну однієї тимчасової популяції низкою наступних тимчасових популяцій
Вид складається з безлічі підвидів і популяцій. Однак відомо чимало видів з обмеженими ареалами, у межах яких не вдається відокремити самостійні підвиди, а реліктові види можуть складатися з єдиної популяції. Доля таких видів, як правило, недовговічна
Вид існує як цілісне й замкнуте утворення. Цілісність виду підтримується міграціями особин з однієї популяції до іншої, при яких спостерігається обмін генами
Оскільки основним критерієм виду є несхрещуваність з іншими видами (репродуктивна ізоляція), то цей критерій не стосується форм, у яких не спостерігається статевий процес
Макроеволюція йде лише шляхом мікроеволюції (ті самі передумови та рушійні сили)
Будь-який реальний таксон має монофілетичне (від одного предка) походження
Еволюція має неспрямований характер, тобто не йде у напрямку якої-небудь кінцевої мети
Еволюція має необернений характер. Організм (популяція, вид) не може повернутися до колишнього стану, вже здійсненому в низці його предків

МІКРОЕВОЛЮЦІЯ

Мікроеволюція — це сукупність еволюційних процесів, які відбуваються на рівні популяцій. Мікро-

еволюція закінчується утворенням нових видів.

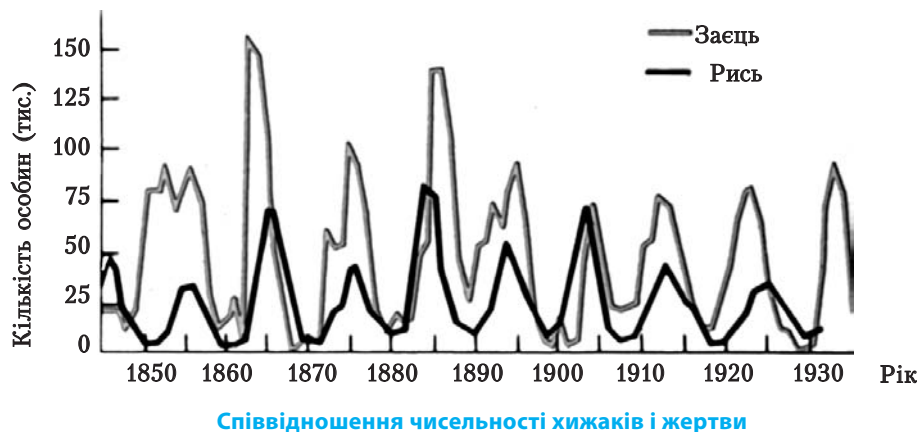
Відповідно до синтетичної теорії еволюції, у популяціях діють, крім основних факторів еволюції — мутацій, боротьби за існування й до-

бору,— і так звані елементарні фактори еволюції: хвилі життя, дрейф генів, ізоляція.

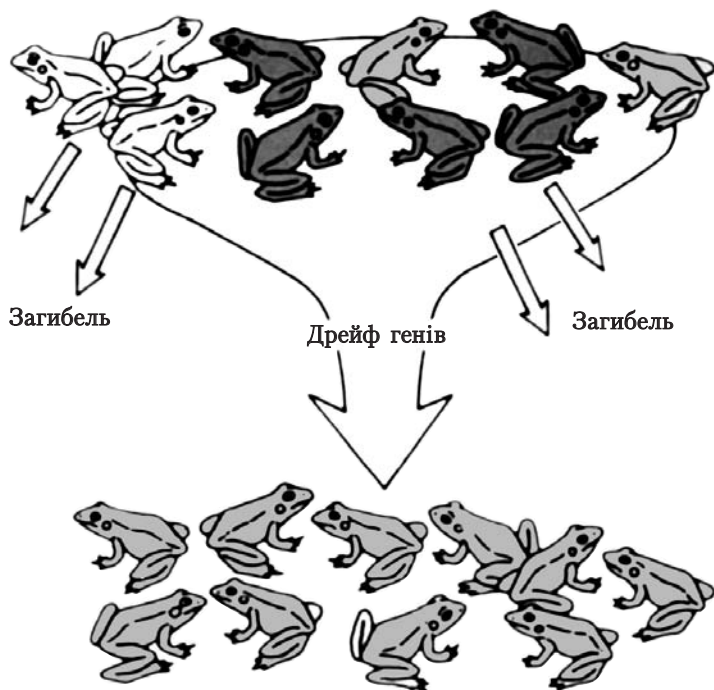
■ Популяційні хвилі

Хвилі життя (популяційні хвилі) — це періодичні коливання розмірів популяцій за числом особин (С. С. Четвериков). Причини цих коливань різноманітні, вони можуть бути біотичні та абіотичні (запаси їжі, кількість хижаків, конкурентів, кліматичні умови ро-

ку тощо). Після збільшення числа особин у популяції відбувається закономірне його зменшення і т. д. Хвилі життя самі по собі не викликають спадкової мінливості, але вони сприяють зміні частот алелів у популяціях.



■ Дрейф генів



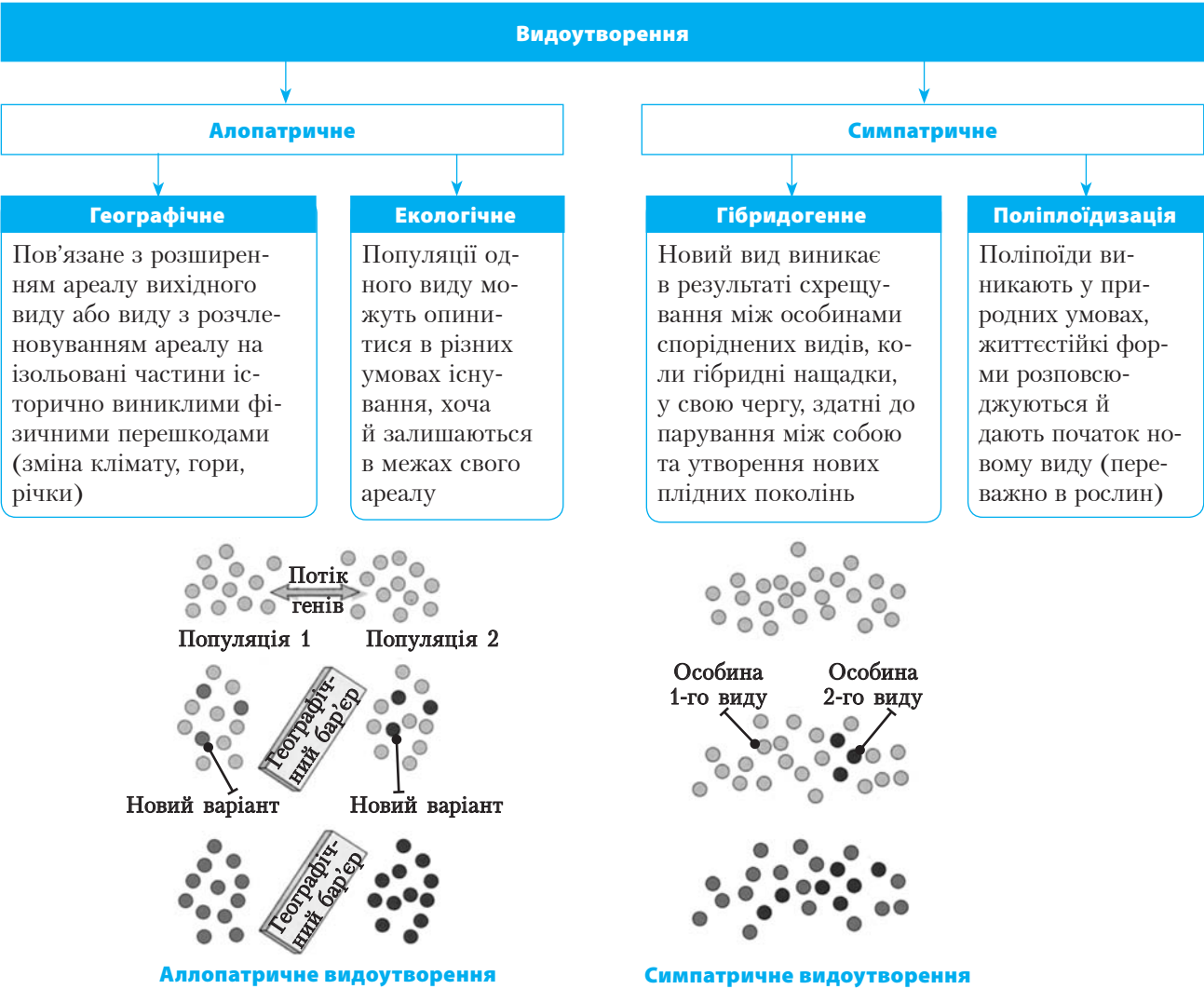
Дрейф генів відкрили С. Райт і Р. Фішер і незалежно від них М. П. Дубінін і Д. Д. Романов. Це випадкова зміна концентрації алелів у популяції. Стосується нечисленних популяцій. Випадкові події, наприклад передчасна загибель особини, що була єдиним власником якогось алеля, призведуть до зникнення цього алеля в популяції, і навпаки — частота алеля може випадково підвищитися. Дрейф генів є чинником, який поставляє матеріал для еволюції.

■ Ізоляція

Ізоляція — постійне обмеження вільного схрещування.

Типи ізоляції				
Географічна	Екологічна	Сезонна	Етологічна	Генетична
Пов'язана з територіальним розмежуванням груп	Потенційні партнери по спарюванню займають різні екологічні ниші й не зустрічаються	Терміни розмноження в потенційних партнерів настають не одночасно	Залежить від особливостей поведінки партнерів у період розмноження	Партнери мають істотні генетичні розходження

■ Видоутворення

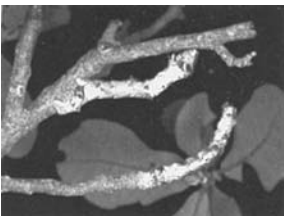


ПРИСТОСОВАНІСТЬ



Пристосованість видів не може бути абсолютною, вона завжди відносна й корисна лише в тих умовах середовища, в яких відбувався природний добір. Наприклад, форма тіла, органи дихання та інші особливості риб доцільні лише за умов життя у воді й зовсім не придатні при наземному існуванні.

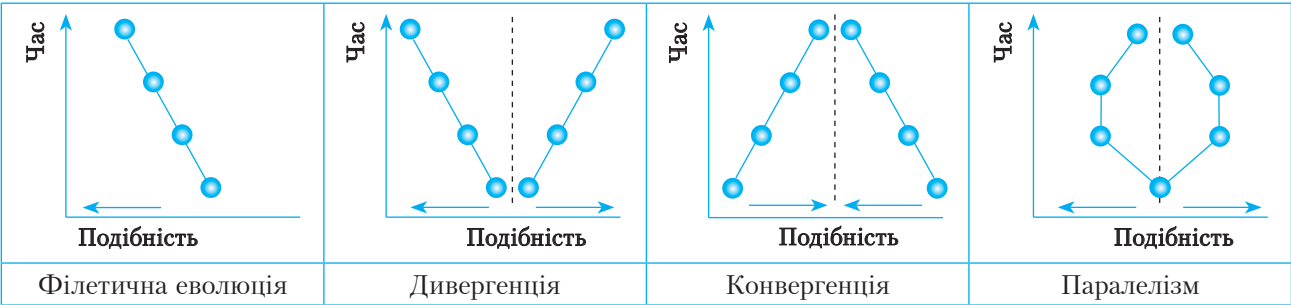
Пристосування ніколи не буває абсолютно досконалим. Отруйних змій поїдають їжаки, мангусти, деякі птахи. Відносність пристосування обумовлена й тим, що саме середовище змінюється, тому адаптації, вироблені в одних умовах існування, втрачають своє значення в інших.

Захисна форма тела	Застережливе забарвлення	Мімікрія
		
гусінь схожа на суху гілку	плями, що нагадують очі, на тілі гусені	оса
		
крила комах схожі на листок	яскраві жовті плями на тілі саламандри	Квітова муха

МАКРОЕВОЛЮЦІЯ

Макроеволюція — це надвидова еволюція, процес утворення з видів нових родів, із родів — нових родин і т. д. Вона відбувається в історично тривалі проміжки часу й недоступна безпосередньому вивченню.

Способи макроеволюції



Конвергентна еволюція форми тіла водних хребетних



Напрямки макроеволюції

Біологічний прогрес	Біологічний регрес
Зростання пристосованості організмів до навколишнього середовища (за О. М. Северцовим): збільшення чисельності; розширення ареалу; прогресивна диференціація — збільшення числа систематичних груп, що складають даний таксон	Зниження пристосованості до навколишнього середовища: зниження чисельності; звуження ареалу; поступове чи швидке зменшення видового різноманіття групи може призвести до вимирання

Шляхи досягнення біологічного прогресу

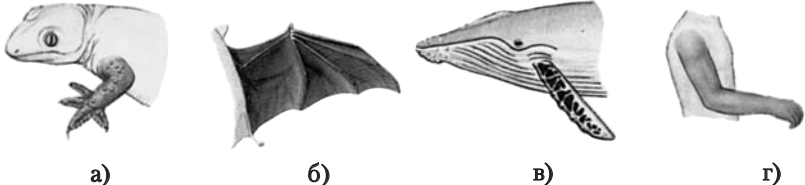
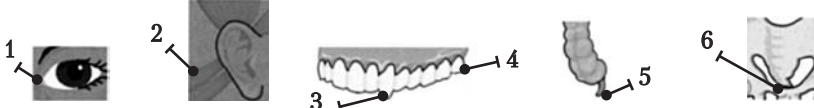
Ароморфоз (арогенез, морфофізіологічний прогрес)	Ідіоадаптація (алогенез)	Загальна дегенерація (катагенез)
Підвищення організації; розвиток пристосувань широкого значення; розширення ареалу	Розвиток пристосувань вузького значення; розширення ареалу	Різке спрощення будови та способу життя

ДОКАЗИ ЕВОЛЮЦІЇ

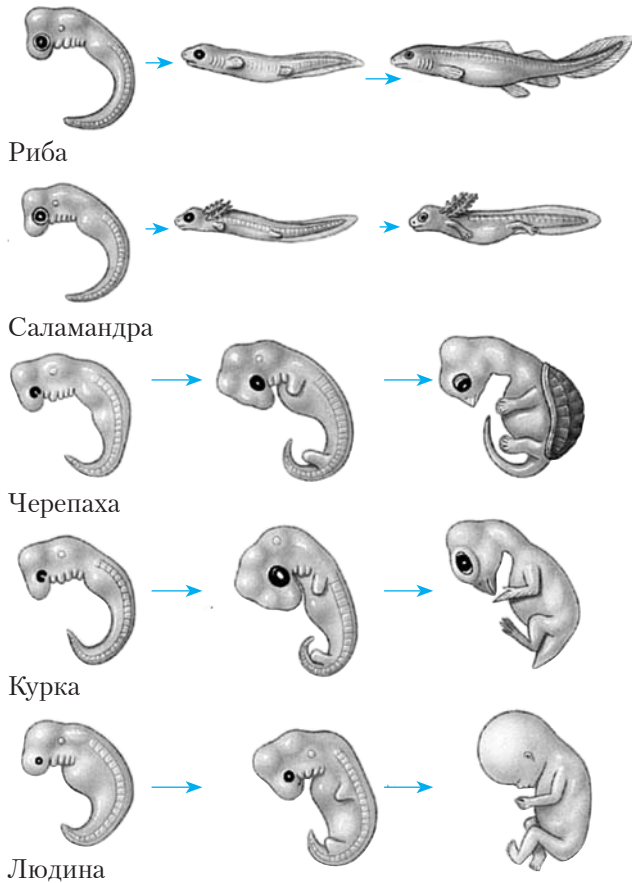
■ Порівняльно-анатомічні докази

Порівняння будови і процесів життєдіяльності. Завдяки дослідженням Т. Гекслі, К. Гегенбауера, О. О. Ковалевського та інших уче-

них були розроблені еволюційні поняття про гомології, аналогії, рудименти, атавізми.

Гомології — це відповідність загального плану будови органів різних видів, зумовлені їхнім спільним походженням	 а) б) в) г) Гомологічні органи: крило кажана (а), нога ящірки (б), плавник кита (в), рука людини (г)
Аналогії — це зовнішня подібність видів за будовою органів, які мають різне походження, проте виконують однакові функції	 а) б) в) Аналогічні органи: крила бабки (а), кажана (б), птаха (в)
Рудименти — це органи, недорозвинені чи спрощені у певних видів порівняно з подібними утворами предкових форм унаслідок втрати своїх функцій протягом філогенезу	 1 2 3 4 5 6 Рудиментарні органи людини: 1 — третє повікo, 2 — м'яз, рухаючий вухo, 3 — ікла, 4 — зуби мудрощi, 5 — апендикс, 6 — куприк
Атавізми — прояв у окремих представників виду рис, притаманних їхнім предкам	 а) б) в) Атавізми: а) волохата людина; б) багатососковість у людини; в) хвіст у хлопчика

■ Ембріологічні докази



Ембріональний розвиток хребетних

Біогенетичний закон: онтогенез — це коротке й швидке повторення філогенезу, або кожна особина у своєму індивідуальному розвитку (онтогенезі) повторює історію розвитку виду (філогенез), до якої вона належить (Е. Геккель, Ф. Мюллер, 1866 р.).

М. О. Северцов доповнив біогенетичний закон:

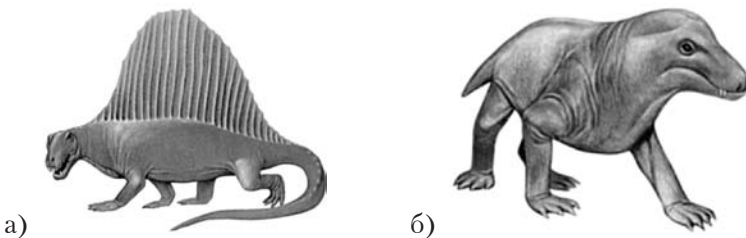
- 1) в онтогенезі звичайно повторюється будова не дорослих стадій предків, а їхніх зародків;
- 2) в онтогенезі можуть виникати спеціальні пристосування до тих умов, у яких розвиваються зародки;
- 3) в ембріонів можуть виникати мутації, які далі змінюють ознаки дорослої тварини

■ Палеонтологічні докази

Вивчаються викопні залишки вимерлих організмів і виявляються їхні подібність і відмінність із сучасними організмами. В одних

випадках вдалося встановити перехідні форми, в інших — філогенетичні ряди (ряди видів, що послідовно замінюють один одного).

Реконструйовані перші ссавці за знайденими залишками кісток:
а) диметродон, б) циногнатус (середина тріасового періоду)



Відбиток на камені археоптеріксу — перехідної форми між плазунами та птахами (150 млн років тому)

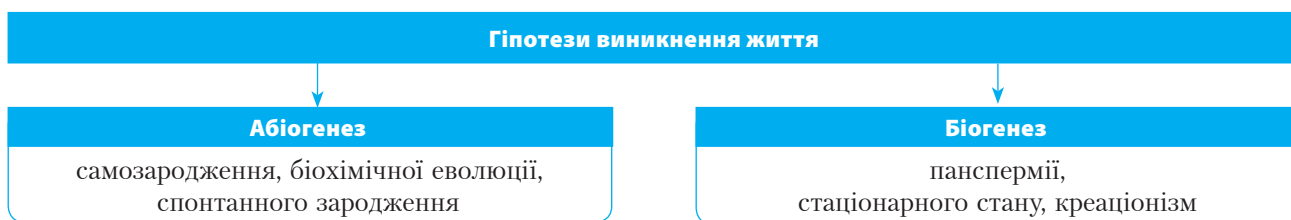


ЗАКОНОМІРНОСТІ ЕВОЛЮЦІЇ

Еволюція відбувається з різною швидкістю, у різні періоди
Еволюція організмів різних типів відбувається з різною швидкістю
Нові види утворюються не із високорозвинених і спеціалізованих форм, а навпаки, з відносно простих, неспеціалізованих форм
Еволюція не завжди йде від простого до складного
Еволюція торкається популяцій, а не окремих особин, і відбувається в результаті процесів мутування, диференціального відтворення, природного добору та дрейфу генів

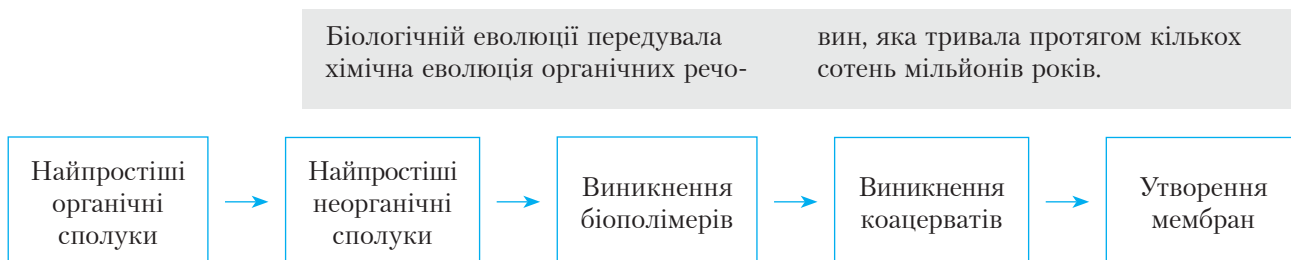
Тема 2. Історичний розвиток органічного світу

■ Гіпотези виникнення життя



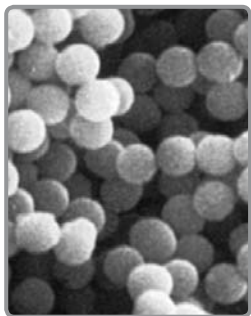
Гіпотеза	Суть гіпотези
I. Абіогенез	
Самозародження	Раптове виникнення складноорганізованих живих істот
Спонтанне зародження	Життя виникло неодноразово з речовин неживої природи
Біохімічна еволюція	Життя виникло як наслідок багатоетапних процесів, які підпорядковуються природним законам. Теорія Опаріна
II. Біогенез	
Панспермія	Життя занесене на нашу планету ззовні
Гіпотеза стаціонарного стану	Життя існувало завжди
Креаціонізм	Життя створене надприродною істотою в певний час

■ Біохімічна еволюція



Первинна атмосфера Землі складалась із вуглекислого газу, метану, аміаку, оксидів сірки, сірководню та водяної пари. Озонового шару не було, і до поверхні суходолу та Світового океану надходив потік космічного та ультрафіолетового сонячного випромінювання. Унаслідок підвищеної вулканіч-

ної активності у воді Світового океану й атмосферу потрапляли різноманітні хімічні сполуки. У морській воді в умовах випромінювання та проходження через них електричних розрядів (блискавки), утворювались деякі органічні сполуки.



Коацервати — скупчення нуклеотидів, амінокислот, невеликих ланцюжків з амінокислот, моносахаридів тощо, яке відокремлене від води поверхнею розділу. Протягом мільйонів років такі структури ускладнювались внаслідок включення до їх складу нових різноманітних білкових

молекул, завдяки вип'ячуванню окремих її ділянок усередину або назовні. Еволюційно закріплювались лише такі системи, які були здатні до саморегуляції й самовідродження. Це були перші живі організми — протобіоти.

Виникнення
саморегулюючих систем



Виникнення
живих організмів



Утворення
хлорофілу



Виникнення
дихання

Перші організми були анаеробними гетеротрофами. У той час коли метаболізм певних істот базувався на гліколізі, інші виробляли здатність використовувати атмосферний вуглекислий газ для утворення різних органічних речовин, треті навчилися фіксувати атмосферний азот.

Унаслідок зменшення запасу абіогенних органічних речовин виникла жорстока конкуренція, яка прискорила процес еволюції первинних гетеротрофів. Виключною подією стало виникнення фотосинтезу. Він звільнив життя від залежності від органічних сполук абіогенного походження. Перші фотосинтезуючі істоти одержували водень шляхом розщеплення органіки або сірководню, тобто фотосинтез був безкисневим.

Потім ціанобактерії засвоїли фоторозщеплення води. Побічним продуктом такого фотосинтезу стає кисень. Його накопичення в атмосфері привело до ускладнення життя первинних гетеротрофів. Деякі з них вимерли, інші знайшли середовище, де кисень відсутній, треті пішли шляхом, який привів до виникнення еукаріотичних клітин. Частина з них утворила симбіоз з аеробними істотами.

Частково первинні гетеротрофи поглинали аеробні клітини, не розщеплюючи, а зберігаючи їх як «енергетичні станції» — утворилися мітохондрії. Інша частина вступала в симбіоз з первинними фотосинтетиками, зберігаючи їх у вигляді хлоропластів. Такі симбіоти дали початок царству Рослини.

■ Докази єдності походження й розвитку живої матерії

Єдиний генетичний код у всіх організмів, наявність однакових механізмів матричного синтезу нуклеїнових кислот і білків
Клітина — єдина елементарна одиниця живого, схожий біохімічний склад клітин; наявність і од- нотипність будови органів
Походження живих клітин тільки з інших клітин
Процеси зберігання, передачі, реалізації та зміни генетичної інформації у всіх клітин універсальні
Наявність у багатьох типів тварин гомологічних органів та систем
Схожість зародків на ранніх стадіях розвитку
У людини (і деяких тварин) зустрічаються атавізми та рудименти
Палеонтологами знайдені перехідні форми
Серед класів є як примітивні, так і високорозвинені представники

■ Геохронологічна історія Землі

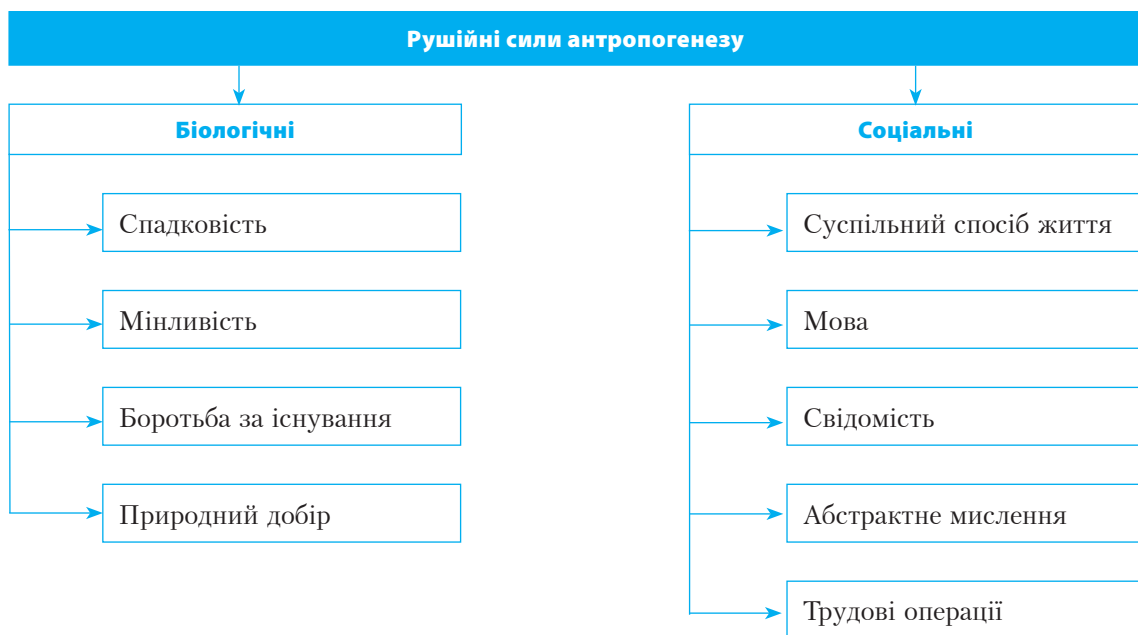
Період	Клімат і середовище	Розвиток органічного світу	
		Тварини	Рослини
Архейська ера			
—	Активна вулканічна діяльність. Анаеробні умови життя на невеликих глибинах морів	 Сліди життя незначні. Породи органічного походження вказують на існування бактерій і водоростей	
Протерозойська ера			
—	Поверхня планети являє собою голу пустелю. Клімат холодний. У кінці ери до складу атмосфери входить 1 % вільного кисню	Виникли всі типи безхребетних тварин. Широко розповсюджені найпростіші, кишковопорожнинні, губки. Поява первинних хордових — підтипу безчерепних	Розповсюджені переважно одноклітинні зелені водорості
Палеозойська ера			
Кембрійський	Холодний клімат змінюється сухим та теплим		
Ордовіцький		Процвітають морські безхребетні	Дуже поширені водорості
Силурійський	Спочатку сухий, а потім вологий із потеплінням клімат	Бурхливий розвиток коралів, трилобітів. Поява безщелепних хребетних — щиткових. Вихід рослин на сушу (псилофіти)	

Період	Клімат і середовище	Розвиток органічного світу	
		Тварини	Рослини
Архейська ера			
Кам'яно-вугільний	Рівномірно теплий і вологий клімат змінюється	Розквіт земноводних. Виникнення перших плазунів. Поява літаючих форм комах, павуків, скорпіонів	 Розквіт папороте-подібних. Пояси насінних папоротей
Пермський	Різка зональність клімату. Завершення гороутворення, відступ морів	Швидкий розвиток плазунів. Вимирання трилобітів	Зникнення кам'яно-вугільних лісів. Багата флора голонасінних
Мезозойська ера			
Тріасовий	Послаблення кліматичної зональності, посилення температурної різниці. Початок руху материків	Початок розквіту плазунів. Поява перших ссавців, справжніх кісткових риб	Розповсюдження папоротеподібних. Відмирання насінних папоротей
Юрський	Клімат, спочатку вологий, замінюється посушливим на екваторі. Рух континентів, формування Атлантичного океану	Панування плазунів. Поява археоптерикса. Процвітання головоногих молюсків	Панування голонасінних
Крейдовий	Похолодання клімату, збільшення площі Світового океану, нове підняття суші. Інтенсивне гороутворення	 Поява вищих ссавців і справжніх птахів, хоча зубаті птахи ще поширені. Переважають кісткові риби. Вимирання великих рептилій	Різде скорочення чисельності папоротей й голонасінних. Поява і поширення насінних
Кайнозойська ера			
Палеоген, неоген	Рівномірний теплий клімат. Інтенсивне гороутворення, рух континентів, обособлення Каспійського, Середземного, Чорного та Азовського морів	Розповсюджені кісткові риби. Вимирання численних форм головоногих молюсків. З'являються численні ряди ссавців, серед яких і примати. Поява парапитеків, дріопітеків	Панування покритонасінних. Склад флори наближується до сучасного
Антропоген	Неодноразові зміни потепління й охолодження	Поява і розвиток людини	Тваринний і рослинний світ набув сучасного вигляду

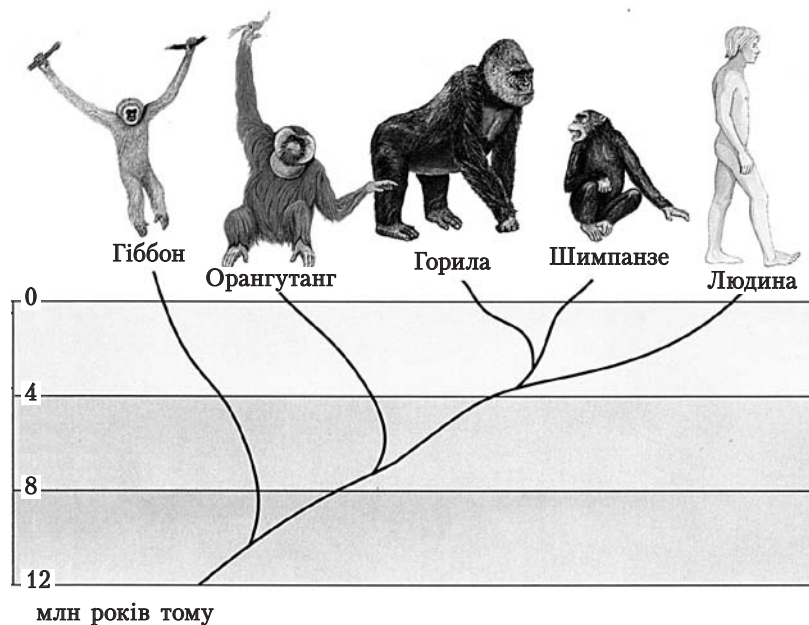
■ Антропогенез

Антропогенез — процес історико-еволюційного формування людини, первинного розвитку її трудової

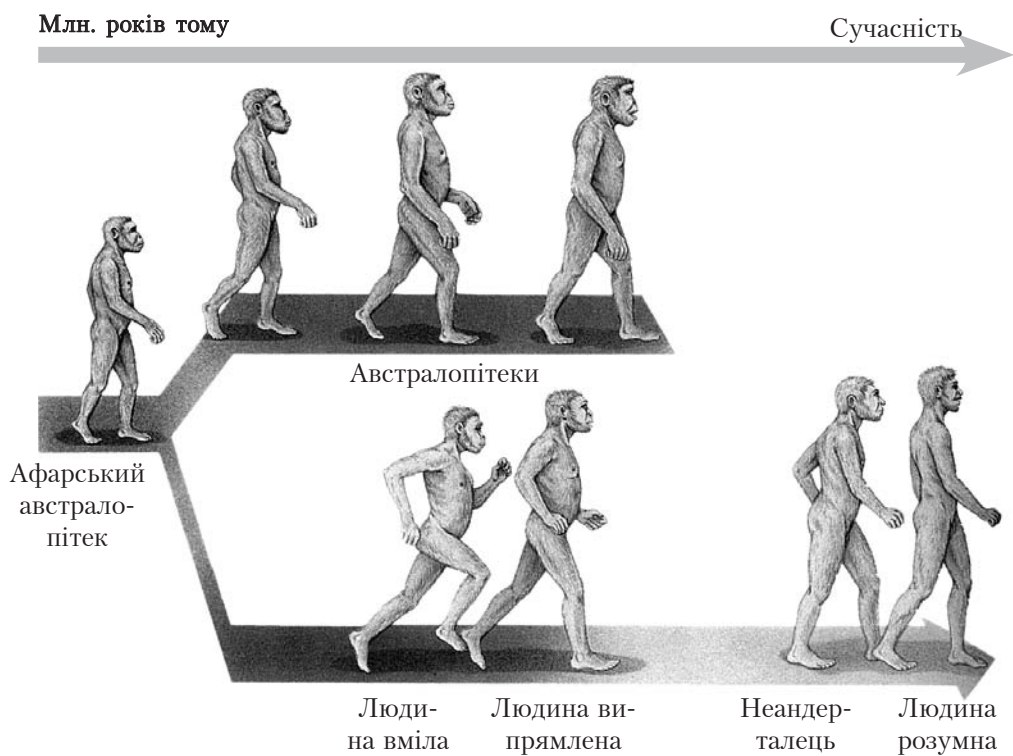
діяльності, мови, а також суспільства.



■ Родовід людини



■ Еволюційне дерево людини



Дріопітек	Австралопітек	Найдавніша людина	Прадавні люди	Кроманьйонець	Сучасна людина
Знаряддя праці відсутні	Використовують природні предмети як знаряддя праці	Виготовлення примітивних кам'яних знарядь	Ретельна обробка кам'яних знарядь, знаряддя з кісток	Виготовлення складного знаряддя праці	Виготовлення складних знарядь і механізмів
Стадний спосіб життя	Прямоходіння. Стадний спосіб життя. Відсутність мови. Використання вогню	Суспільний спосіб життя. Підтримання вогню	Родинна община. Постійне користування вогнем, вміння добувати його. Використовування печер для житла	Суспільство. Будівництво поселень. Поява звичаїв. Виникнення мистецтва, землеробства	Найвищі досягнення в науці, техніці, мистецтві