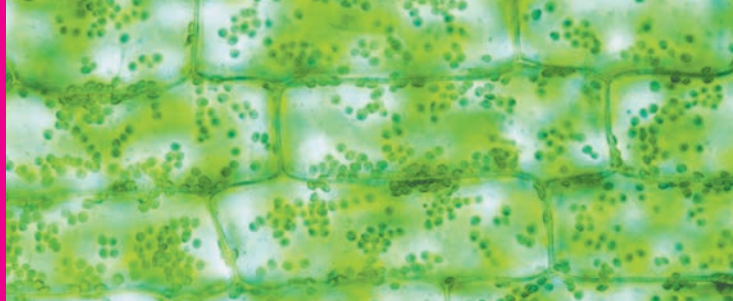
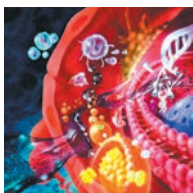


## Тема 3



# Принципи функціонування клітини

## 14 Обмін речовин та енергії

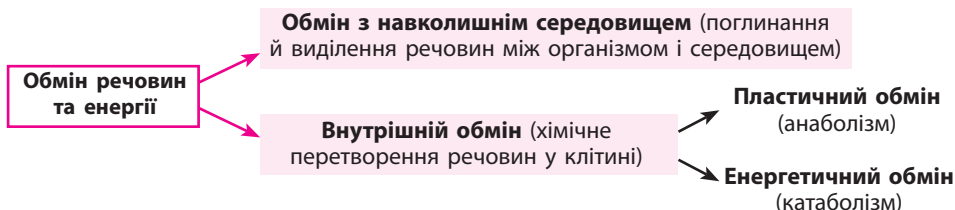


*Повторіть визначення системи, яке ви вивчали раніше. Пригадайте, чому живі організми можна вважати системами. Повторіть те, що ви вчили про обмін речовин в організмі людини.*

### Обмін речовин. Типи обміну

Клітина є одним цілим, біологічною системою, елементи якої об'єднано спільним обміном речовин і перетворенням енергії. **Обмін речовин** — це сукупність хімічних реакцій, які відбуваються в клітинах і потрібні для підтримання життя. Обмін речовин у клітині можна умовно поділити на два етапи — обмін із навколишнім середовищем і внутрішній обмін, або метаболізм (мал. 14.1). Під час обміну з навколишнім середовищем рослини, наприклад, поглинають воду, вуглекислий газ, мінеральні речовини тощо, а виділяють кисень, воду та інші речовини.

Метаболізм можна визначити як закономірний порядок перетворення речовин та енергії в клітині, спрямований на її ріст, життєдіяльність та самовідтворення. Метаболізм будь-якої клітини складається з двох типів обміну або взаємопов'язаних комплексів реакцій. Це реакції пластичного (анаболізм) та енергетичного (катаболізм) обміну.



Мал. 14.1. Схема обміну речовин та енергії в живих організмах

## Особливості пластичного та енергетичного обміну

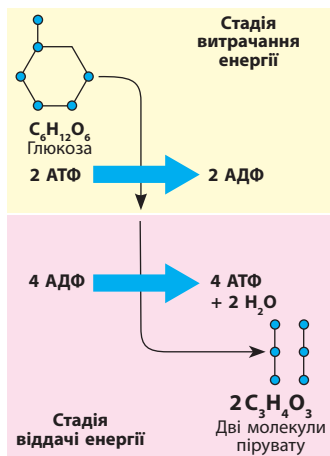
Тип обміну	Пластичний (анаболізм)	Енергетичний (катаболізм)
Що відбувається	За рахунок енергії макроергічних зв'язків відбувається синтез складних органічних сполук із більш простих попередників	Розщеплення складних органічних сполук на простіші
Які перетворення енергії відбуваються	$АТФ \rightarrow АДФ + \Phi + \text{Енергія}$ Молекули АТФ, які містять макроергічні зв'язки, розпадаються на молекули АДФ і ортофосфатної кислоти ( $\Phi$ ). При цьому виділяється енергія, яка використовується для синтезу органічних сполук	$АДФ + \Phi + \text{Енергія} \rightarrow АТФ$ Енергія, яка виробляється під час окиснення органічних речовин, використовується для утворення молекули АТФ з молекул АДФ і ортофосфатної кислоти
Результат	Утворення органічних молекул, потрібних для життєдіяльності клітини	Енергія, яка виділяється, запасується клітиною у формі макроергічних зв'язків низки сполук (наприклад, АТФ)

## Основні етапи енергетичного обміну

Розщеплення органічних речовин у ході енергетичного обміну відбувається в кілька етапів. Воно може починатися ще за межами організму, як, наприклад, у павуків, для яких характерне зовнішнє травлення. Але основні процеси катаболізму відбуваються в клітинах.

## Особливості перебігу окремих етапів енергетичного обміну

Етапи розщеплення органічних речовин	Що відбувається	Де відбувається
Підготовка стадія енергетичного обміну	Макромолекули розщеплюються до мономерів. Утворюються молекули глюкози	Навколишнє середовище, травний тракт (ротова порожнина, шлунок, кишечник)
Перший етап клітинного дихання (анаеробний). Гліколіз та бродіння	Безкисневий етап розщеплення. Молекули глюкози розщеплюються до проміжних сполук: $C_6H_{12}O_6 \rightarrow 2C_3H_4O_3 + 2H_2O + 2 АТФ$	Цитозоль
Другий етап клітинного дихання (аеробний). Киснєве розщеплення	Етап кисневого розщеплення. Проміжні сполуки окиснюються до низькомолекулярних речовин (вода, вуглекислий газ): $2C_3H_4O_3 + O_2 \rightarrow 6CO_2 + 4H_2O + 36 АТФ$	Мітохондрії



Мал. 14.2. Схема гліколізу

### Гліколіз та його значення

**Гліколіз** — це біохімічний процес, який зазвичай відбувається в усіх клітинах організму і є одним із джерел постачання АТФ для клітини. Крім того, у процесі гліколізу утворюються сполуки, які використовуються в наступних процесах клітинного дихання.

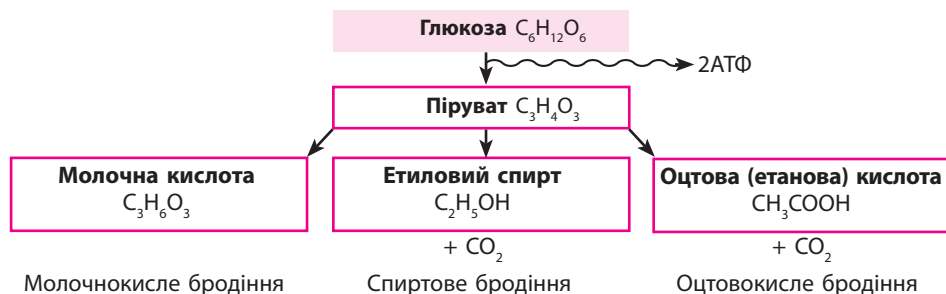
Процес гліколізу включає 10 біохімічних реакцій. У результаті цих реакцій утворюється дві молекули пірувату (пірвіноградної кислоти). Крім того, у процесі гліколізу витрачається дві й синтезується чотири молекули АТФ. Відповідно, з кожної молекули глюкози клітина отримує дві молекули пірувату і дві молекули АТФ (мал. 14.2).

Гліколіз не є аж таким енергетично вигідним процесом: дві молекули АТФ — це не дуже багато. Однак цей процес простий, надійний і дуже швидкий! Він виник ще на ранніх стадіях життя і зараз є одним з основних метаболічних процесів усіх живих організмів.

Великою перевагою гліколізу є те, що він не потребує кисню. Саме тому м'язи людини можуть працювати навіть в умовах нестачі кисню під час великих фізичних навантажень. Потрібну енергію вони отримують завдяки процесу гліколізу.

### Бродіння

**Бродіння** — це процес окиснення вуглеводів, який відбувається без участі кисню й дає змогу клітинам отримувати енергію у вигляді молекул АТФ. Першим етапом бродіння є гліколіз. А на наступному



Мал. 14.3. Типи бродіння

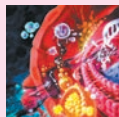
етапі, залежно від типу бродіння, з продукту гліколізу (пірувату) утворюються спирт, молочна та лимонна кислота або інші сполуки.

Залежно від того, які речовини утворюються, виділяють кілька різновидів бродіння (мал. 14.3). Спиртове бродіння характеризується утворенням молекул етилового спирту, води й вуглекислого газу. Під час молочнокислого бродіння продуктом процесу є молочна кислота, а оцтового — оцтова кислота.

### Значення процесів бродіння

Бродіння є надзвичайно важливим процесом як для природних процесів, так і для людини. У живій природі саме бродіння забезпечує енергією ті організми, які живуть у безкисневих умовах. І це не лише мікроби: для багатьох паразитів ця проблема також є актуальною. А виділення вуглекислого газу та метану в результаті процесів бродіння деякими організмами взагалі може мати наслідки для всієї планети. Вони належать до парникових газів, і підвищення їх концентрації в атмосфері може призвести до глобального потепління на планеті.

Людина використовує бродіння для отримання багатьох харчових продуктів: хліба, кефіру, ряжанки, йогурту тощо. Відбувається бродіння і в організмі людини. Під час великих навантажень унаслідок бродіння утворюється молочна кислота, яка призводить до болю у м'язах після фізичних вправ.



Обмін речовин є характерною рисою всіх живих організмів. Обмін речовин усередині організмів називають метаболізмом. Розрізняють два основні типи обміну — енергетичний (катаболізм) і пластичний (анаболізм).

Під час катаболізму складні органічні сполуки розщеплюються до простих. Енергія, яка при цьому виділяється, запасається у вигляді АТФ. Під час анаболізму з простих органічних речовин з витратами АТФ синтезуються складні органічні сполуки. Важливими складовими катаболізму є процеси гліколізу та бродіння.

# 15 Другий етап клітинного дихання



*Повторіть особливості будови мітохондрій, які ви вивчали в попередній темі. У клітинах яких організмів наявні мітохондрії? Навіщо вони потрібні? З курсу хімії пригадайте, що таке окиснення. Використовуючи матеріал попереднього параграфа, поясніть різницю між легенеvim і клітинним диханням.*

## Що таке клітинне дихання

**Клітинне дихання** — це сукупність реакцій окиснення органічних речовин киснем, які відбуваються в клітинах живих організмів. Слід відмітити, що клітинне дихання і легенеve дихання — це не одне й те саме. Легенеve дихання — це фізіологічний процес, унаслідок якого певні гази потрапляють із повітря в кров або з крові в повітря. А клітинне дихання — це біохімічний процес, сукупність хімічних реакцій у клітинах.

Клітинне дихання складається з двох етапів. Перший з них (гліколіз) відбувається в цитозолі, а другий (кисневий) — у мітохондріях.

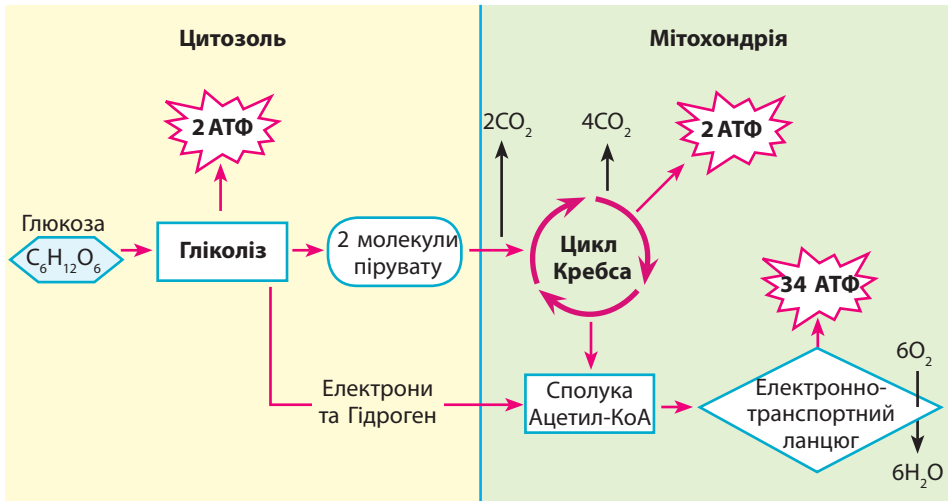
У рослин під час клітинного дихання окиснюються органічні речовини, синтезовані самою рослиною, у тварин і грибів — речовини, які організм отримує в результаті живлення або ті, що вони самі синтезують.

## Біохімічні процеси клітинного дихання

Загальною формулою біологічного окиснення є така:



У результаті першого етапу цього процесу (гліколізу), який відбувається в цитозолі, утворюється піруват (піровиноградна кислота). Він транспортується з цитозолу в матрикс мітохондрії, де з допомогою ферментів відбувається його окиснення до вуглекислого газу та води. Окиснення відбувається в кілька етапів, на кожному з яких виділяється енергія. Частина енергії виділяється у вигляді тепла (45 %), а 55 % запасається в АТФ.



Мал. 15.1. Схема клітинного дихання

### Ефективність клітинного дихання

Ключовим етапом клітинного дихання є цикл Кребса (цикл трикарбонових кислот). Саме в реакціях цього циклу утворюються сполуки, які є джерелом протонів і електронів для процесу окиснення. Клітинне дихання є надзвичайно ефективним процесом. Іще під час першого етапу клітинного дихання — гліколізу — з однієї молекули глюкози клітина отримує дві молекули АТФ, а на наступних етапах клітинного дихання до цих молекул додається ще 36 молекул (мал. 15.1).



Клітинне дихання — це біохімічний процес, який відбувається в мітохондріях. У ході цього процесу органічні речовини, утворені під час гліколізу, окиснюються киснем, який надходить до клітини з навколишнього середовища. Частина енергії, яка при цьому виділяється, запасється клітинами у вигляді молекул АТФ.

# 16 Фотосинтез.

## Значення фотосинтезу й дихання

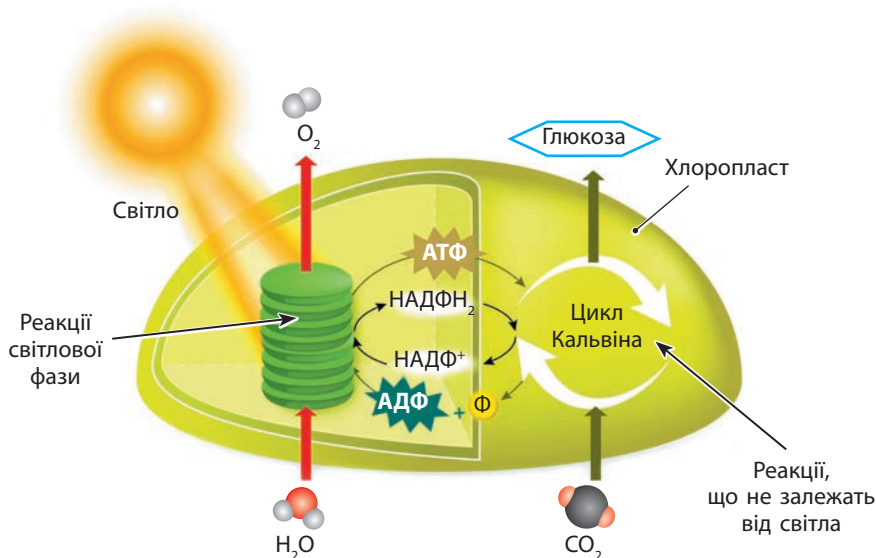


*Повторіть особливості будови пластид, які ви вивчали в попередній темі. У яких організмів у клітинах є пластиди? Навіщо вони потрібні? Пригадайте будову хлоропласта. Скільки мембран входить до його складу? Які структури утворює внутрішня мембрана хлоропласта?*

### Де відбувається фотосинтез

Фотосинтез — це процес утворення живими організмами органічних речовин з неорганічних з використанням енергії світла. Фотосинтез здійснюють як одноклітинні живі організми (ціанобактерії та водорості), так і багатоклітинні (водорості та наземні рослини). Фотосинтез може відбуватися в усіх частинах організму, що містять хлоропласти.

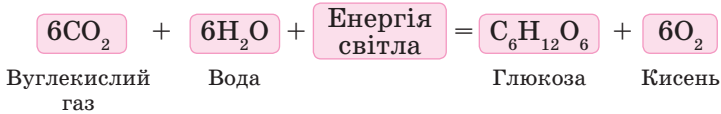
У клітинах рослин процес фотосинтезу відбувається в хлоропластах. Предками хлоропластів були прокаріотичні ціанобактерії. Ці



Мал. 16.1. Схема фотосинтезу

бактерії перетворилися на хлоропласти, коли утворили симбіоз із еукаріотичними клітинами і стали жити всередині них. Крім хлоропластів існують також інші типи пластид — хромопласти й лейкопласти. Але фотосинтез у них не відбувається.

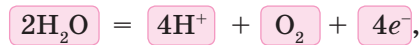
У результаті фотосинтезу з вуглекислого газу ( $\text{CO}_2$ ) й води ( $\text{H}_2\text{O}$ ) за допомогою сонячної енергії утворюються вуглеводи ( $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ ):



Цей процес складається з двох основних фаз — світлової і темної (мал. 16.1).

### Процеси світлової фази фотосинтезу

У ході світлової фази спочатку кванти світла вловлюються пігментом хлорофілом, який розташований на мембранах тилакоїдів. Енергія квантів переходить до електронів, які захоплюються молекулами-переносниками. Енергія цих електронів використовується в тилакоїдах для синтезу АТФ. Втрачені електрони замінюються електронами, які утворюються в результаті розщеплення (фотолізу) води під дією світла. Сумарне рівняння фотолізу води можна представити так:



де  $e^-$  — електрон.

Кисень виділяється як побічний продукт реакції, а протони  $\text{H}^+$  підхоплюються молекулами-переносниками НАДФ (нікотинамідаденіндинуклеотидфосфат). Приєднуючи до себе протони, вони стають акумуляторами енергії ( $\text{НАДФ} \cdot \text{H}_2$ ) і використовуються у темновій фазі для синтезу вуглеводів.

Таким чином, результатом світлової фази фотосинтезу є утворення кисню, синтез АТФ та відновлення НАДФ.

### Процеси темної фази фотосинтезу

Темнова фаза фотосинтезу відбувається в стромі хлоропластів. Сукупність реакцій, які задіяні в цьому процесі, називається циклом Кальвіна. В них за участі вуглекислого газу, що надходить ззовні, та продуктів світлової фази фотосинтезу  $\text{НАДФ} \cdot \text{H}_2$  і АТФ утворюються молекули глюкози.

Ця фаза називається темною не тому, що відбувається в темряві. У більшості рослин вона відбувається вдень. Така назва означає лише те, що світло безпосередньо не бере в ній участі.



## Біологічне значення та планетарна роль фотосинтезу

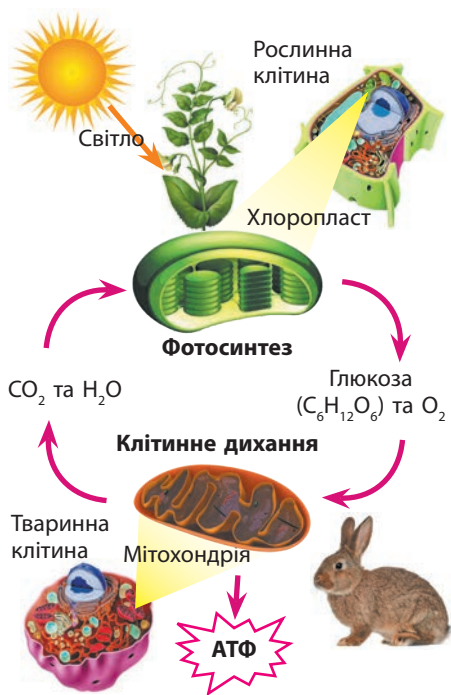
Процес фотосинтезу є основним способом утворення органічних речовин на нашій планеті. За рік фотосинтезуючі організми утворюють понад 150 млрд тонн органічних речовин. Фотосинтез також забезпечує надходження в атмосферу кисню (щорічно до 200 млрд тонн), який живі організми використовують у процесах дихання.

Наслідком фотосинтезу стало формування великої кількості корисних копалин.

Ще один наслідок фотосинтезу — озоновий шар. Він являє собою тонкий прошарок нашої атмосфери, що утворюється з кисню під дією сонячного випромінювання. Наявність цього шару різко знижує кількість ультрафіолетових променів, які надходять до поверхні планети. Це вберігає живі організми від можливих негативних наслідків (суттєво знижує ризик пошкодження молекул ДНК у клітинах).

## Біологічне значення та планетарна роль клітинного дихання

Фотосинтез є дуже важливим процесом не тільки для рослин, але і для інших живих організмів. Він постачає кисень, який організми можуть використовувати для вироблення енергії. Вона організмам потрібна постійно: навіть коли організм спить, у ньому відбувається безліч процесів. Утворюються нові речовини й руйнуються старі, відбувається процес росту й поділу клітин, серце продовжує гнати кров по судинах — усе це потребує витрат енергії, яка утворюється внаслідок процесу клітинного дихання. Саме завдяки клітинному диханню живим організмам вдається підтримувати високий рівень життєдіяльності. Наприклад, воно дозволяє тюленим і білим



Мал. 16.2. Взаємозв'язок фотосинтезу та клітинного дихання

ведмедам виробляти достатньо тепла, щоб виживати в суворих умовах Арктики.

Надзвичайно важливою є планетарна роль дихання. Зелені рослини безперервно виробляють кисень, і підтримувати його вміст в атмосфері на потрібному рівні можливо тільки завдяки процесам клітинного дихання (мал. 16.2). Якщо рівновага між виробництвом та споживанням кисню порушиться, то це може призвести до катастрофічних наслідків для всієї планети.

Як нестача, так і надлишок кисню в атмосфері призведе до масової загибелі організмів. Його нестача буде причиною задухи, а надлишок спричинить кисневе отруєння організмів.



Для того щоб забезпечити процес фотосинтезу молекулами вуглекислого газу ( $\text{CO}_2$ ), рослинам потрібно відкривати продири на листках. Але в жаркому кліматі це призводить до надмірних витрат ними води. Тому рослини з родин Товстянкові й Кактусові вночі накопичують цей газ у своїх клітинах у вигляді певних сполук, а вдень використовують його для фотосинтезу. Цей тип фотосинтезу має назву САМ-метаболізм (у перекладі з англійської — метаболізм за типом товстянкових).

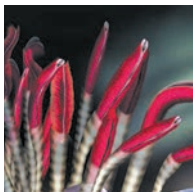


Фотосинтез відбувається у хлоропластах і складається з двох фаз – світлової і темної. У ході світлової фази кванти світла вловлюються пігментом хлорофілом, і їхня енергія використовується для синтезу АТФ.

У темній фазі фотосинтезу за рахунок АТФ та інших продуктів світлової фази відбувається фіксація молекул  $\text{CO}_2$  і утворюються молекули глюкози. Живі організми в процесі фотосинтезу кисень виробляють, а в ході клітинного дихання — споживають. Разом ці процеси забезпечують сприятливі умови для існування на Землі живих організмів.

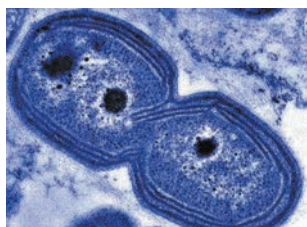
# 17

## Хемосинтез



У курсі біології рослин ви вивчали, зокрема, й бобові. Пригадайте, чому вирощування бобових підвищує родючість ґрунту. У попередньому параграфі ви розглянули особливості фотосинтезу. Звідки рослини беруть енергію для реакцій цього процесу?

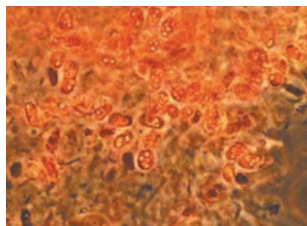
### Основні принципи й різновиди хемосинтезу



Нітрифікуючі бактерії



Сіркобактерії



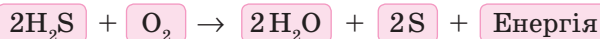
Залізобактерії

**Мал. 17.1.** Хемосинтезуючі мікроорганізми

**Хемосинтезом** називають процес утворення органічних речовин з неорганічних, який відбувається за рахунок енергії хімічних реакцій. Це реакції окиснення, які відбуваються у клітинах мікроорганізмів. Такий принцип роботи відрізняє хемосинтезуючі організми від фотосинтезуючих, оскільки останні використовують як джерело енергії сонячне проміння, а не хімічні реакції.

Хемосинтезуючі організми поділяють на групи за тими реакціями, які вони використовують. Для одержання енергії мікроорганізми можуть використовувати реакції окиснення водню або сполук Нітрогену, Феруму чи Сульфуру.

Наприклад:



### Хемосинтезуючі мікроорганізми

Нітрифікуючі бактерії (мал. 17.1) окиснюють амоніак та його сполуки до нітритів і нітратів. Зазвичай цей процес здійснюють два види бактерій. Перший окиснює амоніак до нітритів, а другий — нітрити до нітратів.

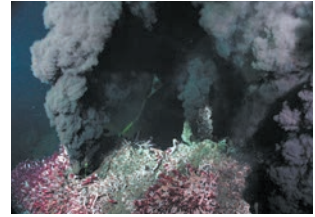
Залізобактерії здійснюють окиснення  $\text{Fe}^{2+}$  до  $\text{Fe}^{3+}$ . Унаслідок їхньої діяльності утворюється ферум(III) оксид  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ . Цю сполуку бактерії відкладають у своїй слизовій капсулі.

Сіркобактерії окиснюють сірководень до сірки і далі до солей сульфатної кислоти. Водневі бактерії використовують водень, який утворюється внаслідок розкладання залишків організмів іншими бактеріями. Цей водень вони окиснюють, а отриману енергію використовують для перетворення  $\text{CO}_2$  на метан та інші органічні сполуки.

### Біологічне значення і планетарна роль хемосинтезу

Хемосинтезуючі організми відіграють дуже важливу роль у колообігу таких елементів, як Нітроген, Сульфур і Ферум. Вони продукують органічні речовини там, де фотосинтез неможливий. Так, глибоко на дні океанів існують справжні «оази життя» навколо «чорних паліїв». «Чорні палії» — це підводні гарячі джерела, вода яких насичена сполуками Сульфуру. Сіркобактерії використовують ці сполуки для свого росту. А ними живляться інші живі організми (мал. 17.2).

Залізобактерії стали справжніми творцями корисних копалин. Більшість покладів залізних руд створено завдяки мільйонам років діяльності цих мікроорганізмів. А водневі бактерії живуть у ґрунтах і відіграють важливу роль у процесах перетворення речовин, які там відбуваються.



Скупчення живих організмів біля «чорного палія»



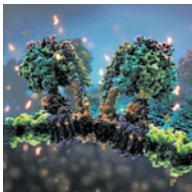
Результати життєдіяльності залізобактерій у водогонних трубах

**Мал. 17.2.** Наслідки діяльності хемосинтезуючих бактерій



Хемосинтезом називають процес утворення органічних речовин з неорганічних, який відбувається за рахунок енергії хімічних реакцій. Хемосинтезуючі організми поділяють на групи за тими реакціями, які вони використовують. Для одержання енергії мікроорганізми можуть використовувати реакції окиснення водню або сполук Нітрогену, Феруму чи Сульфуру. Ці мікроорганізми відіграють важливу роль у природі.

# 18 Синтетичні процеси у клітинах та організмах. Порушення обміну речовин



*У попередній темі ви вивчали органели клітин. Пригадайте, у яких органелах відбувається синтез органічних речовин. Повторіть визначення метаболізму і назвіть типи обміну, які притаманні клітині. Пригадайте, до яких наслідків може призвести нестача вітамінів у організмі людини. Чим між собою відрізняються автотрофи й гетеротрофи?*

## Основні синтетичні процеси в клітинах

Пластичний обмін — це утворення складних органічних речовин з більш простих. Саме в процесі пластичного обміну утворюються всі біополімери і клітинні структури живих організмів. Різновидами пластичного обміну є процеси фотосинтезу й хемосинтезу, оскільки під час них складні органічні речовини утворюються з неорганічних.

Для реакцій пластичного обміну своїх клітин як гетеротрофні, так і автотрофні організми використовують зовнішні джерела енергії та атоми Карбону. Різниця полягає в джерелах, з яких вони їх отримують. Автотрофи отримують Карбон з неорганічних речовин (вуглекислого газу) за рахунок енергії сонячного світла. А гетеротрофи — з органічних речовин інших живих організмів за рахунок окиснення частини цих речовин.

### Особливості перебігу окремих процесів анаболізму (пластичного обміну)

Процес	Що відбувається	Де відбувається
Фотосинтез	Синтез проміжних сполук із неорганічних речовин	Хлоропласти
Утворення моносахаридів амінокислот, жирних кислот тощо	Синтез мономерів із проміжних сполук	Хлоропласти, цитозоль
Утворення полімерів	Синтез білків, вуглеводів, ліпідів та нуклеїнових кислот із мономерів	Цитозоль, хлоропласти, мітохондрії, ендоплазматична сітка, ядро

## Схожість процесів обміну в різних організмів

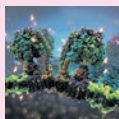
У клітинах рослин, тварин і грибів основні біохімічні процеси відбуваються однаково. Однаково відбуваються процеси клітинного дихання, у тому числі реакції гліколізу та циклу Кребса. В усіх організмах нуклеїнові кислоти і білки синтезуються за однаковою схемою. А в процесах цього синтезу задіяні однакові комплекси ферментів. Та й процеси регуляції є дуже схожими. І хоча такі біохімічні процеси не є абсолютно тотожними, але послідовність основних реакцій у всіх випадках є однаковою.

Учені вважають це наслідком того, що всі еукаріотичні клітини мають спільного предка, у клітинах якого всі ці біохімічні процеси вже відбувалися.

## Наслідки порушення обміну речовин

Порушення обміну речовин можуть виникати з різних причин. Наприклад, нестача вітамінів у їжі призводить до гіповітамінозів у людини, і тоді розвиваються такі захворювання, як рахіт, цинга або бері-бері. Нестача або надлишок певних хімічних елементів може призводити й до порушення обміну речовин у рослин. Найчастіше це призводить до зниження інтенсивності росту або пошкодження листків рослин.

Також порушення можуть виникати внаслідок генетичних змін — мутацій. З ними ви більш докладно ознайомитеся в наступних параграфах підручника.



Синтетичні процеси активно відбуваються в багатьох органелах клітин. Біохімічним процесом, який об'єднує їх між собою і з процесами енергетичного обміну, є цикл Кребса. Головні біохімічні процеси в клітинах різних організмів схожі між собою. А їх порушення призводить до важких наслідків.

## Узагальнюючі завдання до теми «Принципи функціонування клітини»

У завданнях 1–12 оберіть одну правильну відповідь.

- Місце, де відбувається процес гліколізу:
  - цитозоль
  - мітохондрії
  - пластиди
  - ядро
- У процесі гліколізу з однієї молекули глюкози утворюється:
  - одна молекула спирту
  - дві молекули спирту
  - одна молекула пірувату
  - дві молекули пірувату
- Макроергічною сполукою, яка утворюється в мітохондріях, є:
  - ДНК
  - целюлоза
  - глюкоза
  - АТФ
- Фотосинтез відбувається в органелі:
  - лейкопласт
  - хлоропласт
  - хромопласт
  - мітохондрія
- Гранулярна ендоплазматична сітка здійснює:
  - синтез ліпідів
  - синтез білків
  - розщеплення ліпідів
  - розщеплення білків
- У результаті фотосинтезу рослини:
  - поглинають кисень
  - утворюють глюкозу
  - виділяють вуглекислий газ
  - розщеплюють хітин
- Кількість фаз, на які поділяють процес фотосинтезу:
  - 1
  - 2
  - 3
  - 4
- Речовина, що НЕ утворюється внаслідок бродіння:
  - хлоридна кислота
  - молочна кислота
  - оцтова кислота
  - лимонна кислота
- Ферментні системи, які здійснюють біологічне окиснення, розташовані на мембранах органели:
  - лейкопласт
  - ядро
  - мітохондрія
  - вакуоля



**10** Кисень, який утворюється в процесі фотосинтезу, вилучається з молекули речовини:

- а) РНК
- б) глюкоза
- в) вуглекислий газ
- г) вода

**11** У результаті клітинного дихання тварини:

- а) утворюють вуглекислий газ
- б) виділяють кисень
- в) синтезують ліпіди
- г) здійснюють азотфіксацію

**12** Хемосинтез можуть здійснювати:

- а) залізобактерії
- б) покритонасінні
- в) мохи
- г) папороті

**13** Напишіть назви структур, у яких відбувається:

- а) світлова фаза фотосинтезу
- б) цикл Кребса
- в) гліколіз
- г) утворення еукаріотичних рибосом

**14** Установіть відповідність між біохімічними процесами та органелами, у яких вони відбуваються.

Процеси	Органели
1 біологічне окиснення	а) лізосома
2 фотоліз води	б) ендоплазматична сітка
3 синтез ліпідів	в) мітохондрія
	г) хлоропласт

**15** Розгляньте органелу, яка зображена на малюнку. Напишіть, які речовини в ній утворюються, а які розщеплюються.



**16** Розгляньте органелу, яка зображена на малюнку. Напишіть, які речовини в ній утворюються, а які розщеплюються.

