

## ЛЕКЦІЯ № 1

Тема: Хімічні компоненти живого і структура речовини спадковості

План:

1. Предмет та задачі біології
2. Прості біологічні молекули та макромолекули
3. Структура ДНК та РНК
4. Особливості енергетики різних груп живих організмів
5. Макроергічні сполуки

### 1. Предмет і задачі біології.

Біологія (від грец. *біос* – життя, *логос* – наука) – наука про життя, його форми і закономірності розвитку.

Предметом її вивчення є різноманітність вимерлих та живих істот, їхня будова (від молекулярної до анатоμο-морфологічної), функції, походження, індивідуальний розвиток, еволюція, поширення, взаємини одне з одним та довкіллям.

Біологія досліджує загальні та конкретні закономірності, притаманні життю у всіх його проявах: обміні речовин та енергії, розмноженні, спадковості та мінливості, рості і розвитку, подразливості, саморегуляції, русі тощо.

У залежності від **об'єктів вивчення** в біології виділяють ряд напрямків:

- вірусологія;
- мікробіологія;
- ботаніка;
- зоологія;
- антропологія тощо.

У залежності від **структури, властивостей та проявів індивідуального життя** в біології виділяють:

- морфологію та анатомію (вивчають форми і будову організмів);
- фізіологію (аналізує функціонування живих організмів в залежності від зовнішніх і внутрішніх умов);
- генетику (вивчає закономірності спадковості і мінливості організмів);
- біологію розвитку (вивчає закономірності індивідуального розвитку – онтогенезу);
- еволюційне вчення (досліджує закономірності історичного розвитку органічного світу – філогенезу);
- екологію (вивчає життя організмів у зв'язку з умовами навколишнього середовища);
- біохімію та біофізику (вивчають реакції та фізико-хімічні процеси в живих організмах, а також хімічний склад і фізичну структуру біологічних систем на всіх рівнях їхньої організації);
- цитологія та гістологія (вивчають структуру і функції клітин та тканин);
- молекулярну біологію (вивчає життєві явища на молекулярному рівні).

### Рівні організації живих організмів:

Молекулярний	Початковий рівень організації живого. Предмет дослідження – молекули нуклеїнових кислот, білків, вуглеводів, ліпідів та інших біологічних молекул, що знаходяться в клітині.
Клітинний	Вивчення клітин, що виступають у ролі самостійних організмів (бактерії, найпростіші і деякі інші організми) і клітин, що складають багатоклітинні організми.
Тканинний	Клітини, що мають спільне походження і виконують подібні функції, утворюють тканини. Виділяють декілька типів тваринних і рослинних тканин, що володіють різними властивостями.
Органний	У організмів, починаючи з кишковопорожнинних, формуються органи (системи органів), часто з тканин різних типів.

Організм енний	Цей рівень представлений одноклітинними і багатоклітинними організмами.
Популяційно-видовий	Організми одного й того ж виду, спільно мешкають в певних ареалах, складають популяцію. Зараз на Землі налічують близько 500 тис. видів рослин і близько 1,5 млн. видів тварин.
Біогеоценотичний	Представлений сукупністю організмів різних видів, у тому або іншому ступені залежать один від одного.
Біосферний	Вища форма організації живого. Включає всі біогеоценози, пов'язані спільним обміном речовини перетворенням енергії.

## 2. Прості біологічні молекули та макромолекули

Живі організми складаються з тих самих хімічних елементів, що і об'єкти неживої природи. У живих організмах 98 % хімічного складу припадає на чотири елементи – карбон, кисень, нітроген та водень. Вони є основою органічних речовин (білків, жирів, вуглеводів, нуклеїнових кислот), що притаманні тільки живим організмам. Термін існування цих сполук обмежений, але жива матерія здатна до **самовідновлення** шляхом заміни структурних елементів, що зносилися, без припинення виконуваної функції. Хімічний склад живої природи, біологічну роль молекул і їх комплексів, а також їх перетворення у процесі життєдіяльності організмів вивчає **біохімія**.

До органічних речовин, які входять до складу живих організмів належать **прості** молекули з невеликою молекулярною вагою (амінокислоти, моносахариди, гліцерил, пірвіноградна кислота, молочна кислота) та **макромолекули** з високою молекулярною масою (полісахариди, білки, ліпіди, нуклеїнові кислоти).

Макромолекула – це велетенська молекула, побудована з багатьох одиниць, що повторюються (*мономерів*). Отже вона є *полімером*. Мономером білку є амінокислота, полісахариду – моносахариди, нуклеїнових кислот – нуклеотид, а ліпіди утворюються з невеликої кількості різних органічних сполук – гліцерилу та жирних кислот. **Найважливіші біополімери – білки та нуклеїнові кислоти.**

Особливу групу органічних речовин становлять біологічно-активні речовини: ферменти, гормони, вітаміни. Вони впливають на обмін речовин та енергії в організмі.

Розглянемо всі ці речовини.

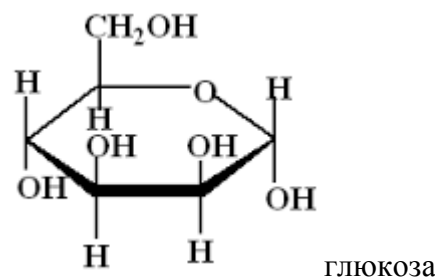
**ВУГЛЕВОДИ:** це речовини, що містять карбон та воду у такому співвідношенні:  $C_n(H_2O)_m$ , де n дорівнює 3 або більше.

У біосфері вуглеводів більше, ніж усіх органічних сполук у сукупності. У рослин на них припадає 80-90 % всієї маси рослин. У тварин – близько 2 % маси тіла, але в них значення вуглеводів дуже велике.

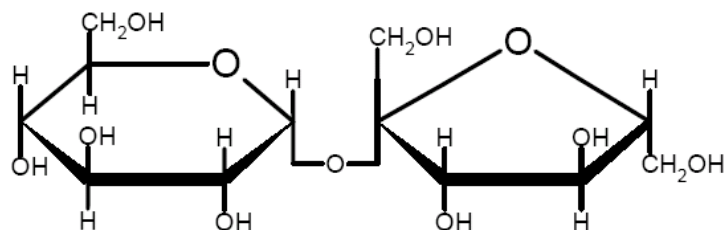
Вуглеводи утворюються під впливом енергії сонячного світла у зеленій рослині з  $CO_2$  та  $H_2O$ . Цей процес має назву **фотосинтез**.

Вуглеводи поділяються на три основні класи: моно-, ди-, полісахариди.

*Моносахариди* – це прості цукри: глюкоза, фруктоза, рибоза, дезоксирибоза. Моносахариди мають від 3 до 9 атомів карбону. Глюкоза і фруктоза мають по 6 карбонів. Вони солодкі, добре розчиняються у воді. Рибоза і дезоксирибоза – по 5 атомів карбону. Вони містяться у нуклеїнових кислотах – у РНК та ДНК відповідно.



*Дисахариди* – утворюються з двох молекул моносахаридів. Це лактоза (міститься у молоці), сахароза (буряковий або тростинний цукор), мальтоза (солодовий цукор)



сахароза

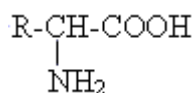
Полісахариди – вуглеводи, молекули яких складаються від одинадцяти до сотні і навіть тисяч залишків моносахаридів.

Полісахариди можуть складатись з однакових (*гомopolісахариди*) або різних залишків моносахаридів (*гетерopolісахариди*). Їх молекула може бути лінійна або розгалужена.

До групи полісахаридів, молекула яких складається із залишків одного моносахариди відносять найважливіші вуглеводи рослинного і тваринного походження – целюлоза, крохмаль і глікоген (тваринний крохмаль). Крохмаль – основне джерело енергії в клітинах рослин. Целюлоза – основний будівельний матеріал рослин. Крохмаль і целюлоза утворюються в процесі фотосинтезу.

**БІЛКИ:** високомолекулярні сполуки, які складаються з залишків амінокислот, що пов'язані між собою пептидними зв'язками. В організмі зустрічається понад 5 млн. типів білкових молекул. Така різноманітність забезпечується комбінацією лише 20 амінокислот. Кожний білок має постійний склад амінокислот та їх певну послідовність.

Загальний тип будови  $\alpha$ -амінокислот:



Біологічні функції білків надзвичайно різноманітні. Основні з них: будівельна (мембрани), захисна (антитіла), регуляторна (гормони, які регулюють обмін речовин), рухова (актин, міозин), транспортна (гемоглобін, сироватковий альбумін), ферментативна (здійснення біохімічних реакцій – синтез, розклад).

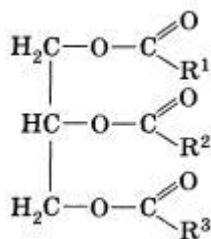
Всі ферменти – білки (але не всі білки – ферменти). **Ферменти** – це біологічні каталізатори. За їх допомогою прискорюються у тисячі разів хімічні реакції, що відбуваються в організмі.

**ЛІПІДИ** – це гетерогенна група сполук, безпосередньо або опосередковано пов'язаних із жирними кислотами. Їх загальною властивістю є 1) відносна нерозчинність у воді та 2) розчинність в неполярних розчинниках – ефірі, хлороформі, бензолі.

Ліпіди являються важливою складовою частиною харчових продуктів. Жир служить в організмі досить ефективним джерелом енергії. Він забезпечує теплоізоляцію, накопичуючись у підшкіряному шарі та біля певних органів. Досить великий вміст жиру у нервовій тканині. Ліпіди є одними із основних компонентів біологічних мембран і впливають на їх проникність, беруть участь у передачі нервового імпульсу та утворенні міжклітинних контактів.

До ліпідів відносяться жири, масла, воски та споріднені сполуки. Розглянемо жири.

**Жири** – це складні ефіри, що утворені залишками триатомного спирту гліцеролу та трьох вищих жирних кислот.



Кислоти, що входять до складу жирів мають нерозгалужений вуглеводний ланцюг з парним числом атомів карбону. Якщо в жирних кислотах немає подвійних зв'язків вони мають назву – *насичені* (пальмітинова, стеаринова).

$\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_{14}-\text{COOH}$  – пальмітинова кислота

$\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_{16}-\text{COOH}$  - стеаринова кислота

Якщо є – *ненасичені* (олеїнова, лінолева, арахідонова).

$\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_7-(\text{CH}_2=\text{CH}_2)-(\text{CH}_2)_7-\text{COOH}$  - олеїнова кислота

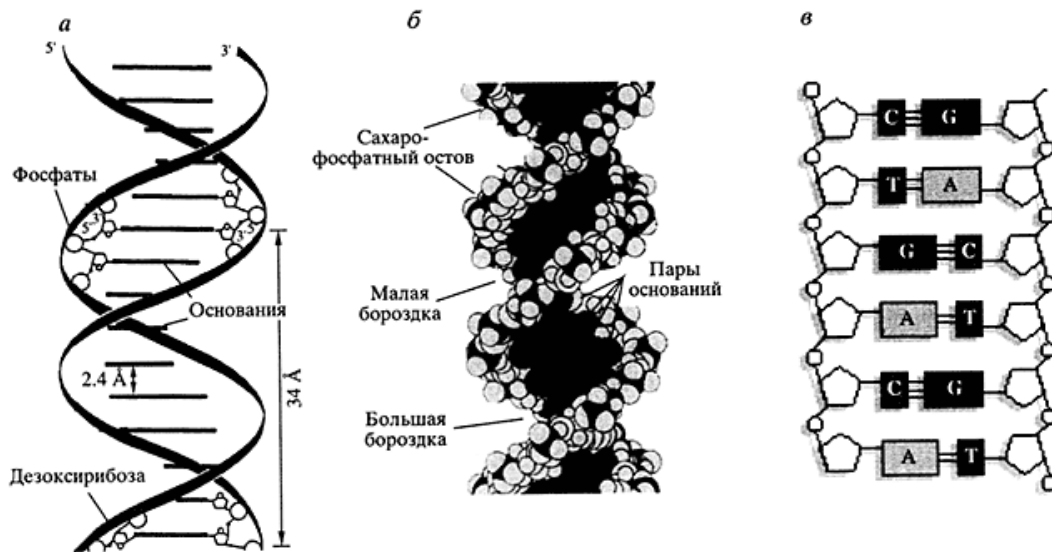
Рослинні жири мають залишки жирних кислот, які містять подвійні зв'язки. Вони рідкі і називаються оліями (соняшникова, кукурудзяна). Тваринні жири – тверді, вони містять жирні кислоти без подвійних зв'язків (свинячий жир, вершки).

### 3. Структура ДНК та РНК.

До нуклеїнових кислот належать: ДНК та РНК. Це високомолекулярні біополімери, мономерами яких є нуклеотиди. ДНК міститься у ядрі клітини та виконує функцію зберігання та передачі спадкової інформації. Довжини середньої ДНК близько 5 см. Але за допомогою білків-гістонів вона згортається і уміщується у ядрі. Молекули РНК значно коротші і є копіями окремих частин (генів) ДНК. Їх довжина не перевищує 0,01 мм.

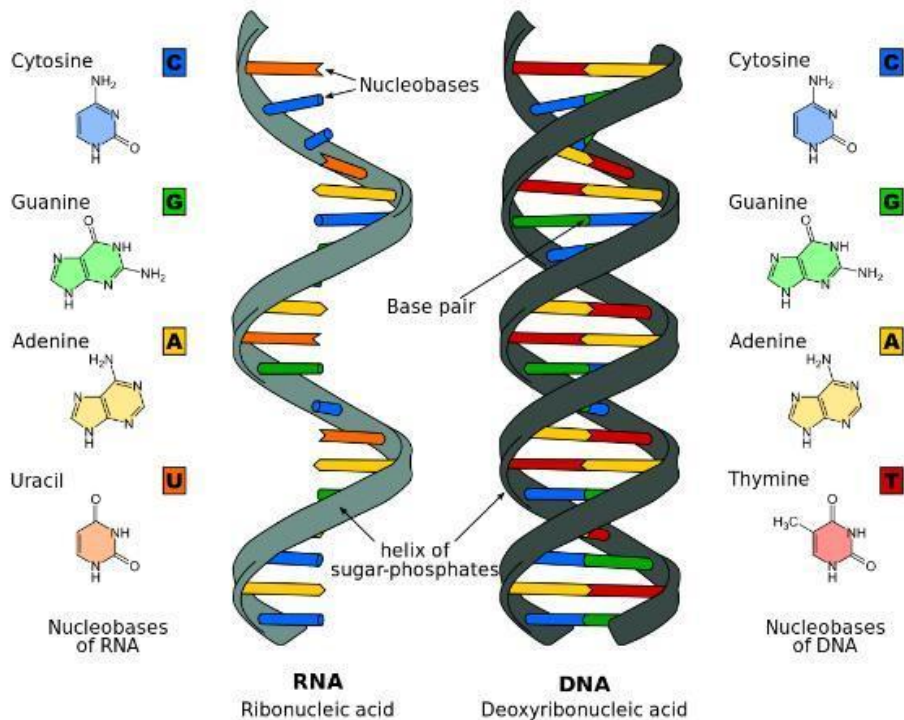
Розглянемо будову ДНК та РНК:

**ДНК**

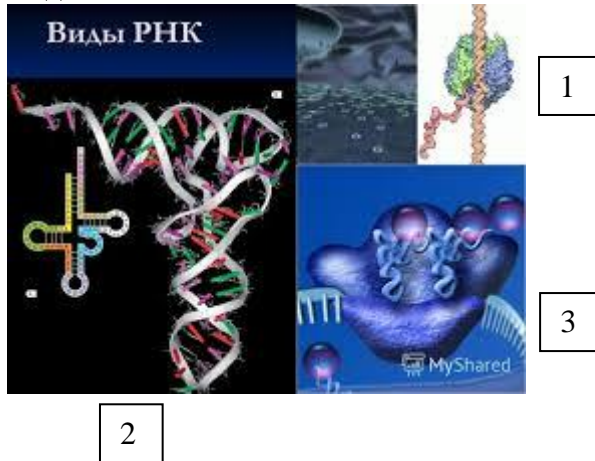


ДНК являє собою два спірально закручених антипаралельних ланцюги, які пов'язані між собою водневими зв'язками, які утворюються між азотистими основами.

Молекула РНК складається з одного ланцюга.



Види РНК:

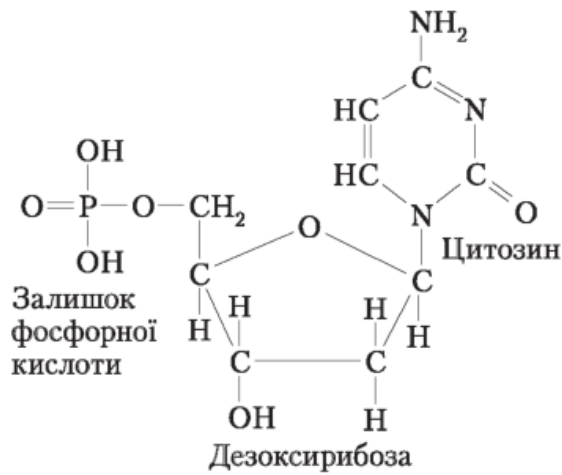


1 – матрична (інформаційна) РНК

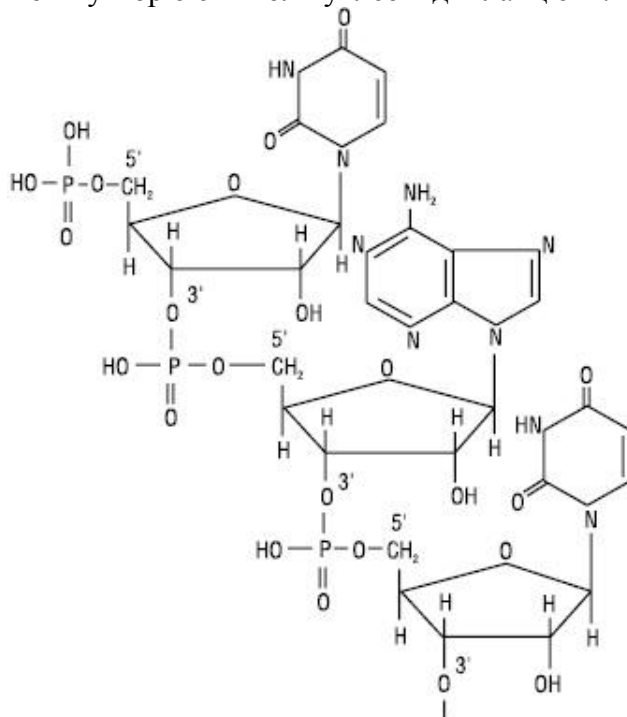
2 – транспортна РНК

3 – рибосомна РНК (у складі із білками утворює малу та великі субодиниці рибосоми)

Мономерами ДНК і РНК є **нуклеотиди**.



Вони утворюють полінуклеотидні ланцюги:



Фрагмент ланцюга РНК

#### 4. Особливості енергетики різних груп живих організмів.

Клітина – основна одиниця життя, вона безперервно працює для підтримки своєї структури, а тому потребує постійного надходження вільної енергії та постійному обміні речовин із зовнішнім середовищем.

Енергія:

1. Рослини (і деякі бактерії) отримують енергію у вигляді сонячного світла. **Фотосинтез** – процес синтезу органічних сполук із  $\text{CO}_2$  і  $\text{H}_2\text{O}$  на світлі за участю фотосинтетичних пігментів.
2. Тварини, гриби і більшість бактерій, не здатні до фотосинтезу: їх життєдіяльність цілком і повністю залежить від органічної речовини і кисню, які продукуються рослинами. Запасена у вигляді зв'язків молекул АТФ енергія витрачається організмами на здійснення різних видів роботи: синтез органічних сполук, транспорт речовин, рух, тощо. Частина енергії при цьому розсіюється у вигляді тепла.

Речовини:

Речовини, що надходять ззовні, організми або перетворюють і включають до складу свого тіла, або витрачають на хімічні реакції (наприклад, кисень – на дихання).

3. Виключення з геліоцентричного погляду на глобальний потік енергії представляють деякі види бактерій, які живуть за рахунок неорганічних процесів, таких як відновлення двоокису вуглецю до метану або окиснення сульфідів водню. *Деякі з цих «хемолітотрофних» істот добре досліджені (наприклад, метаногенні бактерії, що живуть у шлунку корів), але величезна їх кількість невідома навіть фахівцям-мікробіологам. Більшість хемолітотрофів облюбували на рідкість незатишні життєві середовища, які дуже важко досліджувати – позбавлені кисню, занадто кислі або занадто гарячі.*

#### Обмін речовин

У живих організмах будь-який процес супроводжується передачею енергії. Енергію визначають як здатність виконувати роботу.

**Обмін речовин і енергії** – це сукупність фізичних, хімічних і фізіологічних процесів перетворення речовин і енергії в живих організмах, а також обмін речовинами та енергією між організмом і навколишнім середовищем.

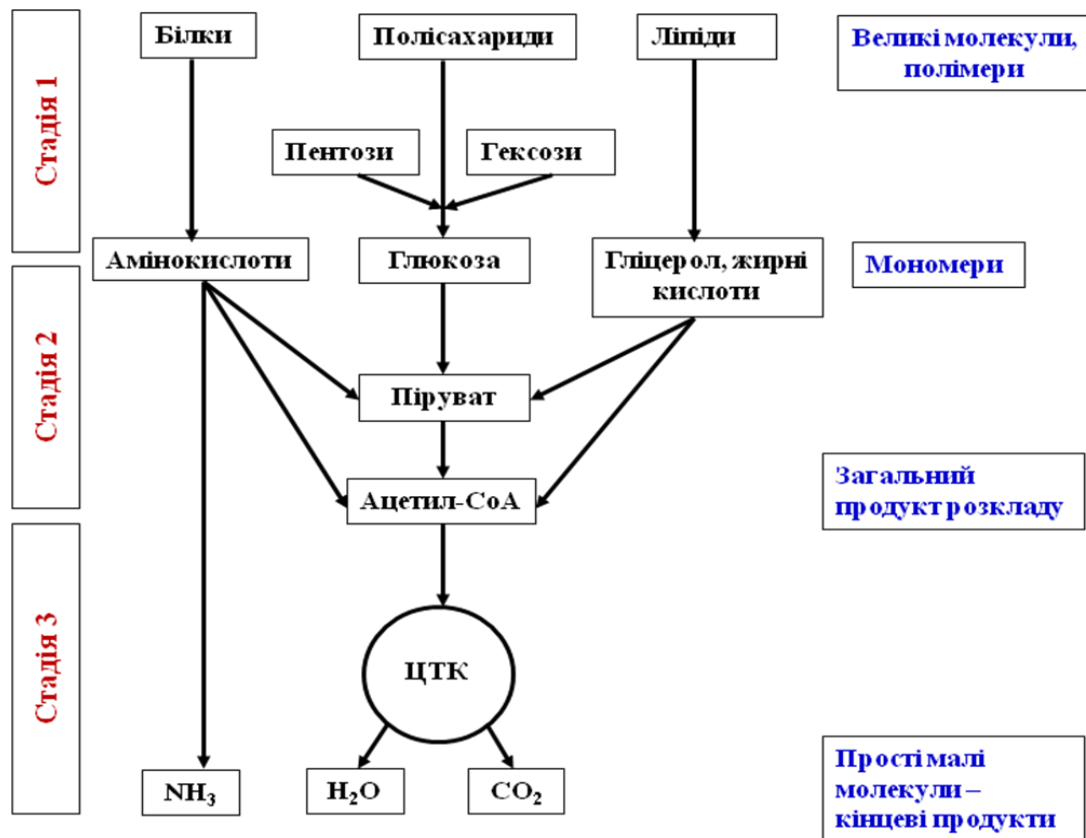
*Обмін речовинами у живих організмів полягає в надходженні із зовнішнього середовища різних речовин, у перетворенні і використанні їх у процесах життєдіяльності та у виділенні утворених продуктів розпаду в навколишнє середовище.*

Всі перетворення речовин та енергії, що відбуваються в організмі, об'єднані загальною назвою – **метаболізм** (обмін речовин). метаболізм можна розділити на два взаємопов'язані, але різноспрямовані процеси: анаболізм (асиміляція) і катаболізм (дисиміляція).

**Анаболізм** – це сукупність процесів біосинтезу органічних речовин (компонентів клітини та інших структур органів і тканин). Він забезпечує зростання, розвиток, оновлення біологічних структур, а також накопичення енергії (синтез макроергів). Анаболізм полягає в хімічній модифікації і перебудові потрапляючих з їжею молекул в інші більш складні хімічні молекули. Наприклад, включення амінокислот у синтезовані клітиною білки відповідно до інструкції, що міститься в генетичному матеріалі даної клітини.

**Катаболізм** – це сукупність процесів розщеплення складних молекул до більш простих речовин з використанням частин з них у якості субстратів для біосинтезу і розщепленням іншої частини до кінцевих продуктів метаболізму з утворенням енергії. До кінцевих продуктів метаболізму відносяться вода (у людини приблизно 350 мл на день), двоокис вуглецю (близько 230 мл/хв.), оксид вуглецю (0,007 мл/хв.), сечовина (близько 30 г/день), а також інші речовини, що містять нітроген (приблизно 6 г/день).

Білки, ліпіди та полісахариди є основними складовими частинами їжі. Щоб клітини могли їх використовувати вони повинні розщепитися на менші за розміром молекули. Ферментативний розпад (катаболізм) поділяється на 3 стадії:



Глюкоза – головне джерело енергії. В результаті послідовного ряду реакцій окиснення, глюкоза перетворюється в різні похідні цукрів і в остаточному підсумку розкладається до  $\text{CO}_2$  і  $\text{H}_2\text{O}$ . при цьому вивільнюється енергія, яка запасується в формі двох важливих сполук: АТФ і NADH.

Розщеплення глюкози йде у два етапи: гліколіз і цикл Кребсу. **Гліколіз** полягає в неповному окисненні глюкози до двох молекул пірвіноградної кислоти (ПВК). Він протікає у цитоплазмі і складається із ряду реакцій.

У результаті утворюється 8 молекул АТФ. ПВК у подальшому вступає до циклу Кребса, який протікає в матриці мітохондрій при наявності кисню.

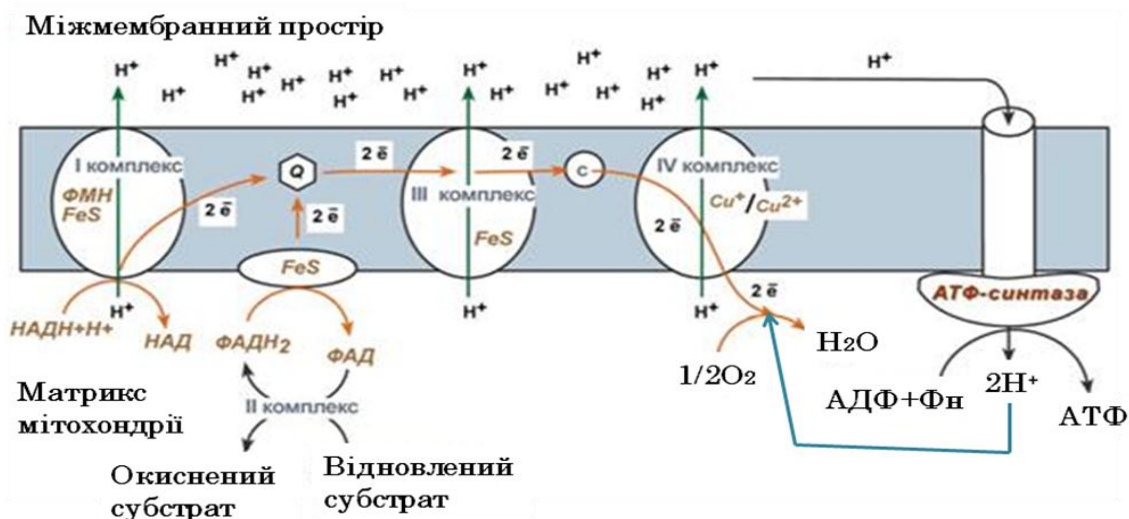
В умовах неповного задоволення потреби організму в кисні (при інтенсивних фізичних навантаженнях) пірвіноградна кислота приєднує водень від відновленої форми НАД, перетворюючись у молочну кислоту:

При цьому утворюється 2 АТФ.

Другий етап має назву **циклу три карбонових кислот (або циклу Кребса)**. Він полягає в аеробному окисненні залишків пірвіноградної кислоти (у виді ацетильних радикалів) до кінцевих продуктів окиснення – вуглекислоти і води.

Спочатку ПВК, вступаючи до циклу Кребса, перетворюється в ацетил-КоА:

У ході окиснення ацетил-КоА в циклі Кребса утворюється  $\text{CO}_2$  і переноситься водень на переносники НАД і ФАД. Всього в циклі Кребса, таким чином відновлюється 3 молекули НАД і 1 ФАД. Вони переміщуються до внутрішньої мембрани мітохондрій на дихальний ланцюг (ланцюг переносу електронів) і передають електрони на білки-переносники дихального ланцюга. Повний процес представляє собою **ланцюг послідовних окислювально-відновлювальних реакцій**, в ході яких здійснюється взаємодія між переносниками. Кожний проміжний переносник спочатку виступає в ролі акцептора електронів і протонів і з окисненого стану переходить у відновлену форму. Потім він передає електрон наступному переноснику і знову повертається в окиснений стан. На останній стадії переносник передає електрони кисню, який потім відновлюється до води. **Сукупність послідовних окислювально-відновлювальних реакцій має назву ланцюга переносу (транспорту) електронів, або дихальний ланцюг:**



**I комплекс** – НАДН-КоQ-оксидоредуктаза, або НАДН-дегідрогеназа;

**Q** – убіхінон (кофермент Q) – рухлива молекула-переносник

**II комплекс** – ФАД-залежна дегідрогеназа

**III комплекс** – КоQ-цитохром с-оксидоредуктаза

**с** – цитохром с – рухлива молекула-переносник

**IV комплекс** – цитохромоксидаза

**V комплекс** – АТФ-синтаза

У результаті при переносі гідрогену з НАДН<sub>2</sub> на дихальний ланцюг синтезується 3 АТФ, а ФАДН<sub>2</sub> – 2 АТФ. Таким чином при окисненні глюкози утворюється СО<sub>2</sub>, Н<sub>2</sub>О і АТФ, в якій акумульована енергія (в ході розщеплення АТФ ця енергія вивільнюється та використовується на синтез речовин, скорочення м'язів тощо).

Взагалі, при окисненні однієї молекули глюкози утворюється 38 АТФ:

- при анаеробному окисненні – 8 АТФ,
- при утворенні ацетил-КоА – 6 АТФ (по 3 АТФ на кожен ацетил-КоА),
- в циклі Кребса 24 (по 12 молекул на кожен молекулу ПВК)

## 5. Макроергічні сполуки.

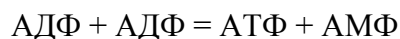
Макроергічні сполуки – органічні сполуки живих клітин, що містять багаті енергією, або, макроергічні, зв'язки. Утворюються в результаті фотосинтезу, хемосинтезу і біологічного окислення. До макроергічних сполук належать аденозинтрифосфорна кислота (АТФ), аденозиндифосфорна кислота (АДФ), креатинфосфат, розпад яких супроводжується звільненням вільної енергії, яка використовується клітинами для здійснення біосинтезу необхідних речовин, різних видів роботи і тощо.

Всі відомі важливі макроергічні сполуки містять фосфорильну (-РО<sub>3</sub>Н<sub>2</sub>) (або ацильну) групу і можуть бути описані формулою Х-У, де Х – атом азоту, а У – атом фосфору або вуглецю.

Найбільш значна з них – **аденозинтрифосфорна кислота, АТФ** – присутня в клітинах сполука, до складу якої входять аденін, рибоза і три фосфатні групи. Служить універсальним переносником і основним акумулятором хімічної енергії в живих клітинах.

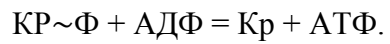
Поряд з АТФ до макроергічних сполук належать і інші нуклеозидтрифосфорні кислоти: гуанозинтрифосфат (ГТФ), урідинтрифосфат (УТФ), інозинтрифосфат (ІТФ) і тимідинтрифосфат (ТТФ), які грають роль постачальників енергії в різних біосинтетичних процесах і взаємоперетвореннях вуглеводів та ліпідів.

**Аденозиндифосфорна кислота, АДФ** – бере участь у міокіназних реакціях для відтворення АТФ:



**Креатинфосфат** – джерело м'язової енергії. Він перетворює АДФ в АТФ:





Запасів креатинфосфату в м'язовій клітині вистачає на роботу протягом декількох секунд (5-6 секунд): наприклад спринт (45 м) і виконання важкоатлетичних вправ (ривок і підйом).

*Основні шляхи утворення АТФ в організмі:*

1. Анаеробне окиснення (гліколіз, окиснення без кисню).
2. Аеробне окиснення (цикл три карбонових кислот, цикл Кребсу, кисневе окиснення).
3. Окислювальне фосфорилування (на внутрішній мембрані мітохондрій).