**Лекція 9 - 10**

**Тема 2.Біоенергетика**.

1. Окислювально-відновні процеси.
2. Шляхи утворення АТФ та інших макроергічнихсполук.
3. Окисне фосфорилювання.
4. Ланцюг переносу водню та електронів.
5. Мітохондрії, структура й енергетичні функції.
6. **Окислювально-відновні процеси.**

Окисно-відновні реакції – це хімічні процеси, при яких відбуваються змінення ступенів окиснення у атомів одного чи декількох елементів. Як приклад природних окисно-відновних реакцій можна навести процеси фотосинтезу, дихання та метаболізму, що відбуваються в живих організмах. У промисловості на основі окисно-відновних процесів базується безліч технологічних операцій, а саме: добування металів, виробництво кислот, лугів, солей та інших неорганічних і органічних сполук.

Окисно-відновні реакції є невід’ємною складовою частиною електрохімічних процесів (електроліз, робота гальванічних елементів, акумуляторів, хемотронів тощо). Однак, крім позитивного, окисно-відновні реакції можуть інколи мати і негативне значення і бути причиною великих збитків. Наприклад, корозія металів, лісові пожежі, утворення шкідливих і токсичних речовин внаслідок згоряння палива при роботі ТЕЦ і двигунів внутрішнього згоряння, виробництві певних речовин.

Під час окисно-відновних реакцій змінюється валентний стан взаємодіючих атомів завдяки перерозподілу електронної густини при утворенні хімічних зв’язків, а це спричиняє зміну ступенів окиснення атомів. Ступінь окиснення – це умовний заряд атома в молекулі, який визначається, виходячи з припущення, що молекула складається з одноатомних іонів. Знак заряду гіпотетичного іона встановлюється з урахуванням полярності ковалентного зв’язку та зміщення спільних електронних пар у бік атома більш електронегативного елемента, який набуває від’ємного ступеня окиснення, а атом з меншою електронегативністю – додатного.

Доречно згадати поняття «електронегативність». Електронегативність χ – це величина, що характеризує здатність атома одного елемента зміщувати у свій бік від атома іншого елемента електронну густину зв’язку, що хімічно сполучає обидва атоми.

1. **Шляхи утворення АТФ та інших макроергічнихсполук.**

**Макроергічні сполуки**- це біомолекули, що мають зв’язки, стандартна вільна енергія гідролізу яких складає -15 -5 ккал/моль. Такі зв’язки називаються макроергічними і позначаються символом ~ (тильда). Існують макроергічні сполуки з такими макроергічними зв’язками:

1)    фосфоангідридним (АТФ (ΔG°=-7,3-6,6 ккал/моль); ЦТФ, ГТФ, УТФ, цАМФ (ΔG°=-11,9 ккал/моль);
2)    фосфогуанідиновим (креатинфосфат (ΔG°=-10,3 ккал/моль);
3)    енолфосфатним (фосфоенолпіруват (ΔG° 14,8 ккал моль),
4)    тіоефірним (ацетил-КоА (ΔG°-7,7 ккал/моль), сукциніл-КоА тощо.

Основною макроергічною сполукою живих організмів є молекула АТФ, яка містить два макроергічні зв’язки.


Макроергічні сполуки утворюються в реакціях катаболізму, а енергія гідролізу їх макроергічних зв’язків використовується для синтезу нових сполук (жирні кислоти, холестерин, глікоген, фосфоліпіди тощо), або безпосередньо АТФ (фосфоенолпіруват,         1,3-дифосфогліцерат креатинфосфат). Такий шлях синтезу АТФ за рахунок енергії макроергічних сполук називається субстратным фосфорилуванням Основним шляхом утворення АТФ у тваринних організмах є окислювальне фосфорилування, яке відбувається в мітохондріях.
Вивільнення хімічної енергії відбувається за умов гідролізу АТФ та АДФ або переносу макроергічних фосфатних груп на інші акцептори:


**Зворотне перетворення АДФ в АТФ за участю неорганічного фосфату (ФН), тобто фосфорилювання АДФ до АТФ вимагає відповідних витрат хімічної енергії:**


Відповідно до цих енергетичних закономірностей, циклічні перетворення АТФ в АДФ зв’язують процеси, що генерують ~ Ф, з процесами, що споживають ~ Ф. Таким чином, у всіх біологічних системах АТФ є основною сполукою, яка передає енергію від екзергонічних до ендергонічних процесів (біохімічних реакцій та фізіологічних функцій).
Схема спряження екзергонічних (А—В) з ендергонічними (С—D) реакціями через систему АТФ — АДФ подана на рис.


1. **Окисне фосфорилювання.**

**ОКИСНЮВАЛЬНЕ ФОСФОРИЛЮВАННЯ**— процес біосинтезу аденозинтрифосфорної кислоти (АТФ) з аденозиндифосфорної кислоти (АДФ) та фосфату неорганічного (Фн) за рахунок енергії окиснення молекул різних органічних речовин у живих клітинах за допомогою спеціальних ферментів або ферментних систем. Буває О.ф., пов’язане безпосередньо з окиснювальним перетворенням тієї чи іншої органічної молекули, яке називають субстратним фосфорилюванням (відбувається при гліколізі або в циклі трикарбонових кислот), а головним чином — О.ф. на рівні дихального ланцюга мітохондрій. В останньому випадку синтез АТФ здійснюється ферментним комплексом — АТФ-синтетазою, яка може каталізувати і зворотну реакцію — розщеплення АТФ з виділенням енергії.

Робота дихального ланцюга мітохондрій клітини пов’язана з переносом електронів уздовж, а протонів — через внутрішню мембрану, яка містить низку ферментів оксидоредуктаз, а також допоміжні фактори, до кисню — кінцевого акцептора відновних еквівалентів (е та Н+) — з утворенням води. Відновні еквіваленти надходять від відновлених форм коферментів (часто від НАД·Н) та поступово пересуваються (е) уздовж дихального ланцюга від більш електронегативної ланки до більш електропозитивної; при цьому на деяких ділянках ланцюга енергія окиснення використовується АТФ-синтетазою для утворення АТФ. Останнє відбувається при перенесенні протонів із міжмембранного простору мітохондрій через АТФ-синтетазу назад до матриксу.

Роз’єднувачі О.ф. сприяють витрачанню протонного потенціалу в обхід АТФ-синтетази; вони є переносниками протонів, катіонів або інших іонів через мембрану і поділяються на протонофори та інші іонофори. До перших належать 2,4-динітрофенол, похідні бензимідазолу та фенілгідразону, а також саліцилати, дикумарин, фенілін тощо. Іонофори здатні зв’язувати певні іони (К+, Na+ та ін.) і переносити їх через мембрани, порушуючи їх ізолюючий бар’єр.

Антибіотик валіноміцин утворює з іонами К+ комплекс, який легко проходить через внутрішню мембрану мітохондрій. Іонофор граміцидин є антибіотиком з бактеріостатичною і бактерицидною дією. Він полегшує проникнення крізь мембрану К+ і Na+, при цьому діє на клітини як мікроорганізмів, так і хворого, тому препарат слід застосовувати лише зовнішньо.

1. **Ланцюг переносу водню та електронів.**

**Електронтранспортний ланцюг** (також відомий під назвою «електронно-транспортний ланцюжок», «ланцюжок електронної передачі») — біохімічні реакції, виробництва [АТФ](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D0%A2%D0%A4), основного «палива» [клітини](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%BB%D1%96%D1%82%D0%B8%D0%BD%D0%B0_%28%D0%B1%D1%96%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%B3%D1%96%D1%8F%29), необхідного для її роботи. Тільки два джерела енергії доступні до живих організмів: [окислювально-відновлювальні реакції](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9E%D0%BA%D0%B8%D1%81%D0%BB%D1%8E%D0%B2%D0%B0%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D0%BE-%D0%B2%D1%96%D0%B4%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D0%BB%D1%8E%D0%B2%D0%B0%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D1%96_%D1%80%D0%B5%D0%B0%D0%BA%D1%86%D1%96%D1%97) і сонячне світло ([фотосинтез](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A4%D0%BE%D1%82%D0%BE%D1%81%D0%B8%D0%BD%D1%82%D0%B5%D0%B7)). Організми, які використовують окислювально-відновлювальні реакції для отримання АТФ називаються [хемотрофами](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A5%D0%B5%D0%BC%D0%BE%D1%82%D1%80%D0%BE%D1%84%D0%B8). Організми, які використовують сонячне світло для отримання АТФ називаються [фототрофами](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A4%D0%BE%D1%82%D0%BE%D1%82%D1%80%D0%BE%D1%84%D0%B8). Як хемотрофи, так і фототрофи використовують електронні транспортні ланцюжки для перетворення енергії на АТФ.

Дихальний ланцюг мітохондрій



Комплекси дихального ланцюга

* Комплекс I ([НАДН-дегідрогеназний комплекс](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9D%D0%90%D0%94%D0%9D-%D0%B4%D0%B5%D0%B3%D1%96%D0%B4%D1%80%D0%BE%D0%B3%D0%B5%D0%BD%D0%B0%D0%B7%D0%BD%D0%B8%D0%B9_%D0%BA%D0%BE%D0%BC%D0%BF%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%81%22%20%5Co%20%22%D0%9D%D0%90%D0%94%D0%9D-%D0%B4%D0%B5%D0%B3%D1%96%D0%B4%D1%80%D0%BE%D0%B3%D0%B5%D0%BD%D0%B0%D0%B7%D0%BD%D0%B8%D0%B9%20%D0%BA%D0%BE%D0%BC%D0%BF%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%81)) окиснює НАДН, відбираючи в нього два електрони та переносячи їх на розчинний в ліпідах убіхінон, який всередині мембрани дифундує до комплексу III. Водночас, комплекс I перекачує 2 протони та 2 електрони з матриксу в міжмембранний простір мітохондрії.
* Комплекс II (Сукцинатдегідрогеназа) не перекачує протони, але забезпечує вхід у ланцюг додаткових електронів завдяки окисненню сукцинату.
* Комплекс III (Цитохром-bc1-комплекс) переносить електрони з убіхінону на два водорозчинних цитохроми c, розміщених на внутрішній мембрані мітохондрії. Убіхінон передає 2 електрони, а цитохроми за один цикл переносять по одному електрону. Водночас туди також переходять 2 протони убіхінону та перекачуються комплексом.
* Комплекс IV (Цитохром c оксидаза) каталізує перенесення 4 електронів з 4 молекул цитохрому на O2 та перекачує водночас 4 протони в міжмембранний простір. Комплекс складається з цитохромів a й a3, які, окрім гему, містять йони міді.

Кисень, що поступає в мітохондрії з крові, зв'язується з атомом заліза в гемі цитохрому a3 в формі молекули O2. Кожен із атомів кисню приєднує по два електрони та два протони й перетворюється в молекулу води.

1. **Мітохондрії, структура й енергетичні функції.**

**Мітохондрія** (від [грец.](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%93%D1%80%D0%B5%D1%86%D1%8C%D0%BA%D0%B0_%D0%BC%D0%BE%D0%B2%D0%B0) μιτος або mitos — «нитка» та κουδριον або khondrion — «гранула») — двомембранна [органела](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9E%D1%80%D0%B3%D0%B0%D0%BD%D0%B5%D0%BB%D0%B0), наявна у більшості [клітин](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%BB%D1%96%D1%82%D0%B8%D0%BD%D0%B0) [еукаріот](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%95%D1%83%D0%BA%D0%B0%D1%80%D1%96%D0%BE%D1%82%D0%B8)[[1]](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D1%96%D1%82%D0%BE%D1%85%D0%BE%D0%BD%D0%B4%D1%80%D1%96%D1%8F#cite_note-mitosomes-1). Мітохондрії іноді називають «клітинними електростанціями», тому що вони перетворюють молекули поживних речовин на енергію у формі [АТФ](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D0%A2%D0%A4) через процес відомий як [окисне фосфорилювання](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9E%D0%BA%D0%B8%D1%81%D0%BD%D0%B5_%D1%84%D0%BE%D1%81%D1%84%D0%BE%D1%80%D0%B8%D0%BB%D1%8E%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D1%8F). Типова еукаріотична клітина містить близько 2 тис. мітохондрій, які займають приблизно одну п'яту її повного об'єму. Мітохондрії містять так звану [мітохондріальну ДНК](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D1%96%D1%82%D0%BE%D1%85%D0%BE%D0%BD%D0%B4%D1%80%D1%96%D0%B0%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D0%B0_%D0%94%D0%9D%D0%9A), незалежну від [ДНК](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%94%D0%9D%D0%9A), розташованої у [ядрі клітини](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%AF%D0%B4%D1%80%D0%BE_%D0%BA%D0%BB%D1%96%D1%82%D0%B8%D0%BD%D0%B8). Відповідно до загальноприйнятої [ендосимбіотичної теорії](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%95%D0%BD%D0%B4%D0%BE%D1%81%D0%B8%D0%BC%D0%B1%D1%96%D0%BE%D1%82%D0%B8%D1%87%D0%BD%D0%B0_%D1%82%D0%B5%D0%BE%D1%80%D1%96%D1%8F), мітохондрії походять від клітин [прокаріот](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D1%80%D0%BE%D0%BA%D0%B0%D1%80%D1%96%D0%BE%D1%82%D0%B8), родичів сучасних [протеобактерій](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D1%80%D0%BE%D1%82%D0%B5%D0%BE%D0%B1%D0%B0%D0%BA%D1%82%D0%B5%D1%80%D1%96%D1%97), які було захоплено іншими клітинами.

Мітохондрія оточена внутрішньою і зовнішньою мембранами, складеними з подвійного шару [фосфоліпідів](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A4%D0%BE%D1%81%D1%84%D0%BE%D0%BB%D1%96%D0%BF%D1%96%D0%B4%D0%B8) і [білків](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%91%D1%96%D0%BB%D0%BE%D0%BA). Ці дві мембрани схожі, проте, мають різні властивості. Зовнішня мембрана товщиною 7 нм гладенька, вона не утворює ніяких складок і виростів. Внутрішня мембрана утворює численні складки, спрямовані в порожнину мітохондрії, товщиною 7 нм. Через цю двомембранну організацію мітохондрія фізично розділена на 5 відділів. Це зовнішня мембрана, міжмембранний простір (простір між зовнішньою і внутрішньою мембранами, 10 нм), внутрішня мембрана, кристи (сформовані складками внутрішньої мембрани) і матрикс (простір в межах внутрішньої мембрани). Мітохондрія має розміри від 1 до 10 [мікрон](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D1%96%D0%BA%D1%80%D0%BE%D0%BD) (μм).

### Зовнішня мембрана

Зовнішня мітохондріальна мембрана, що оточує всю органелу, має співвідношення фосфоліпідів до білків подібне до плазматичної мембрани еукаріот (близько 1:1 за вагою). Вона містить численні [інтегральні білки](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%86%D0%BD%D1%82%D0%B5%D0%B3%D1%80%D0%B0%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D1%96_%D0%BC%D0%B5%D0%BC%D0%B1%D1%80%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D1%96_%D0%B1%D1%96%D0%BB%D0%BA%D0%B8) — [порини](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%BE%D1%80%D0%B8%D0%BD%D0%B8), які мають відносно великий внутрішній канал (близько 2-3 [нм](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9D%D0%B0%D0%BD%D0%BE%D0%BC%D0%B5%D1%82%D1%80)), що пропускає всі молекули від 5000 [Да](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D1%82%D0%BE%D0%BC%D0%BD%D0%B0_%D0%BE%D0%B4%D0%B8%D0%BD%D0%B8%D1%86%D1%8F_%D0%BC%D0%B0%D1%81%D0%B8) та менше[[2]](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D1%96%D1%82%D0%BE%D1%85%D0%BE%D0%BD%D0%B4%D1%80%D1%96%D1%8F#cite_note-Alberts-2). Більші молекули можуть перетнути зовнішню мембрану тільки за допомогою [активного транспорту](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D0%BA%D1%82%D0%B8%D0%B2%D0%BD%D0%B8%D0%B9_%D1%82%D1%80%D0%B0%D0%BD%D1%81%D0%BF%D0%BE%D1%80%D1%82). Зовнішня мембрана також містить [ферменти](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A4%D0%B5%D1%80%D0%BC%D0%B5%D0%BD%D1%82), залучений в такі різноманітні активності як подовження [жирних кислот](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%96%D0%B8%D1%80%D0%BD%D1%96_%D0%BA%D0%B8%D1%81%D0%BB%D0%BE%D1%82%D0%B8), [окиснення](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9E%D0%BA%D0%B8%D1%81%D0%BD%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D1%8F) [адреналіну](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D0%B4%D1%80%D0%B5%D0%BD%D0%B0%D0%BB%D1%96%D0%BD) і [біодеградація](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%91%D1%96%D0%BE%D0%B4%D0%B5%D0%B3%D1%80%D0%B0%D0%B4%D0%B0%D1%86%D1%96%D1%8F) [триптофану](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D1%80%D0%B8%D0%BF%D1%82%D0%BE%D1%84%D0%B0%D0%BD).

### Міжмембранний простір

Міжмембранний простір — це простір між зовнішньою та внутрішньою мембраною мітохондрії. Його товщина становить близько 10-20 нм. Оскільки зовнішня мембрана мітохондрії проникна для невеликих молекул та іонів, їх концентрація в периплазматичному просторі мало відрізняється від їхньої концентрації в цитоплазмі. Для транспортування великих білків, навпаки, необхідні специфічні сигнальні пептиди; тому білкові компоненти периплазматичного простору та цитоплазми відрізняються. Одним із білків, що містяться у периплазматичному просторі, є [цитохром c](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A6%D0%B8%D1%82%D0%BE%D1%85%D1%80%D0%BE%D0%BC_c) — один з компонентів дихального ланцюга мітохондрій.

### Внутрішня мембрана



Зображення крист в мітохондрії печінки пацюка

*Докладніше:*[*Внутрішня мембрана мітохондрій*](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D0%BD%D1%83%D1%82%D1%80%D1%96%D1%88%D0%BD%D1%8F_%D0%BC%D0%B5%D0%BC%D0%B1%D1%80%D0%B0%D0%BD%D0%B0_%D0%BC%D1%96%D1%82%D0%BE%D1%85%D0%BE%D0%BD%D0%B4%D1%80%D1%96%D0%B9)

Внутрішня мітохондріальна мембрана містить білки з чотирма видами функцій[[2]](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D1%96%D1%82%D0%BE%D1%85%D0%BE%D0%BD%D0%B4%D1%80%D1%96%D1%8F#cite_note-Alberts-2):

1. Білки, що проводять окиснювальні реакції респіраторного ланцюжка.
2. [АТФ-синтаза](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D0%A2%D0%A4-%D1%81%D0%B8%D0%BD%D1%82%D0%B0%D0%B7%D0%B0), яка виробляє в матриці [АТФ](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D0%A2%D0%A4).
3. Специфічні транспортні білки, які регулюють проходження [метаболітів](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%B5%D1%82%D0%B0%D0%B1%D0%BE%D0%BB%D1%96%D1%82) між матрицею і цитополазмою.
4. Системи імпорту білків.

Внутрішня мембрана містить більше 100 різних поліпептидів і має дуже високе співвідношення фосфоліпідів до білків (більше, ніж 3:1 за вагою, тобто, приблизно 1 білок на 15 молекул фосфоліпідів). Додатково, внутрішня мембрана багата на фосфоліпід [кардіоліпін](https://uk.wikipedia.org/w/index.php?title=%D0%9A%D0%B0%D1%80%D0%B4%D1%96%D0%BE%D0%BB%D1%96%D0%BF%D1%96%D0%BD&action=edit&redlink=1), який є зазвичай характеристикою [бактерійних](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%91%D0%B0%D0%BA%D1%82%D0%B5%D1%80%D1%96%D1%97) плазматичних мембран. На відміну від зовнішньої мембрани, внутрішня мембрана не містить [поринів](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%BE%D1%80%D0%B8%D0%BD%D0%B8) і тому практично непроникна; майже всі іони і молекули потребують спеціальних мембранних транспортних білків для потрапляння із міжмембранного до матриксу чи назад. Крім того, через внутрішню мембрану підтримується [мембранний потенціал](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%B5%D0%BC%D0%B1%D1%80%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D0%B8%D0%B9_%D0%BF%D0%BE%D1%82%D0%B5%D0%BD%D1%86%D1%96%D0%B0%D0%BB).

Внутрішня мембрана має численні складки — [кристи](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D1%80%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%B0) —, які збільшують поверхню внутрішньої мембрани та її здатність виробляти АТФ. У типової мітохондрії [печінки](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%B5%D1%87%D1%96%D0%BD%D0%BA%D0%B0), наприклад, площа внутрішньої мембрани, зокрема, крист, приблизно вп'ятеро перевищує площу зовнішньої мембрани. Мітохондрії клітин, які мають вищі потреби в АТФ, наприклад, м'язових клітин, містять більше крист, ніж типова мітохондрія печінки.

### Мітохондріальний матрикс

Матрикс — простір, обмежений внутрішньою мембраною. Матрикс містить надзвичайно сконцентровану суміш сотень ферментів, на додаток до спеціальних [мітохондріальних рибосом](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D1%96%D1%82%D0%BE%D1%85%D0%BE%D0%BD%D0%B4%D1%80%D1%96%D0%B0%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D0%B0_%D1%80%D0%B8%D0%B1%D0%BE%D1%81%D0%BE%D0%BC%D0%B0), [тРНК](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D0%A0%D0%9D%D0%9A) і декількох копій мітохондріальної ДНК. Головні функції ферментів включають окиснення [пірувата](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D1%96%D1%80%D1%83%D0%B2%D0%B0%D1%82) і [жирних кислот](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%96%D0%B8%D1%80%D0%BD%D1%96_%D0%BA%D0%B8%D1%81%D0%BB%D0%BE%D1%82%D0%B8), та [цикл трикарбонових кислот](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A6%D0%B8%D0%BA%D0%BB_%D1%82%D1%80%D0%B8%D0%BA%D0%B0%D1%80%D0%B1%D0%BE%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D0%B8%D1%85_%D0%BA%D0%B8%D1%81%D0%BB%D0%BE%D1%82)[[2]](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D1%96%D1%82%D0%BE%D1%85%D0%BE%D0%BD%D0%B4%D1%80%D1%96%D1%8F#cite_note-Alberts-2).

Мітохондрії мають свій власний [генетичний матеріал](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%93%D0%B5%D0%BD%D0%B5%D1%82%D0%B8%D1%87%D0%BD%D0%B8%D0%B9_%D0%BC%D0%B0%D1%82%D0%B5%D1%80%D1%96%D0%B0%D0%BB) і системи для виробництва власної [РНК](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A0%D0%9D%D0%9A) і білків (Див. [синтез білків](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%B8%D0%BD%D1%82%D0%B5%D0%B7_%D0%B1%D1%96%D0%BB%D0%BA%D1%96%D0%B2)). Ця нехромосомна ДНК кодує нечисленні мітохондріальні [пептиди](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%B5%D0%BF%D1%82%D0%B8%D0%B4%D0%B8) (13 у людини), що використовуються у внутрішній мітохондріальній мембрані разом з білками що кодуються [генами](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%93%D0%B5%D0%BD) [клітинного ядра](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%BB%D1%96%D1%82%D0%B8%D0%BD%D0%BD%D0%B5_%D1%8F%D0%B4%D1%80%D0%BE).