

# **Метаболизм веществ и энергии**

# Обмен веществ

---

- это комплекс биохимических и энергетических процессов, обеспечивающих использование пищевых веществ для нужд организма и удовлетворения его потребностей в пластических и энергетических веществах

# ЭТАПЫ ОБМЕНА ВЕЩЕСТВ

- 1. Пищеварение** - это переработка веществ корма в усвояемую форму. При этом начальные субстраты обмена теряют свою специфичность.
- 2. Всасывание** – оно протекает в стенках желудочно-кишечного тракта ,но наиболее важное значение играет слизистая тонкого отдела кишечника.
- 3. Анаболизм** – это синтез собственных веществ из более простых, которые поступают либо с кормом, либо из образующихся в процессе катаболизма.
- 4. Катаболизм** – это окислительный распад собственных веществ организма в клетках или поступающих с кормом.
- 5. Выведение конечных продуктов обмена,** протекает с затратой энергии.



# ОБМЕН ЭНЕРГИИ

---

Обмен веществ тесно связан с обменом энергии. Энергия тратится на всех этапах обмена, а освобождается только на 4, в процессе катаболизма. Энергию все живое берет из внешней среды.

**фототрофы** синтезируют органические вещества за счёт энергии света;

Процесс фототрофного питания называется **фотосинтезом**. Фототрофы – это растения и некоторые бактерии (в том числе синезелёные водоросли). К хемотрофам относятся многие бактерии.

Организмы, живущие за счет неорганических источников углерода (например, углекислого газа), называются **автотрофами**.

## Хемотрофы

Синтезируют органические вещества за счёт энергии химических связей.

Хемосинтезирующие бактерии получают энергию от различных химических реакций – окисления водорода, серы, железа, аммиака и других веществ.

# Этапы энергетического обмена



Первая стадия  
подготовительная

Вторая стадия  
бескислородное окисление

Третья стадия  
кислородное окисление

Проходит в  
пищеварительном тракте или  
в пищеварительных вакуолях

Проходит в цитоплазме  
клеток

Проходит в митохондриях

Биополимеры  
распадаются до  
мономеров: белки до  
аминокислот,  
полисахариды до  
моносахаридов, липиды  
до глицерина и жирных  
кислот

В результате процессов  
окисления без участия  
кислорода (гликолиза,  
спиртового брожения и пр.)  
мономеры биополимеров  
распадаются на более  
простые соединения  
(молочная кислота, этиловый  
спирт, ацетон, уксусная  
кислота и т.д.)

Дальнейшее окисление  
веществ с участием  
кислорода до конечных  
продуктов – углекислого  
газа и воды

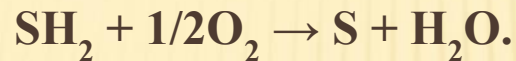
Энергия рассеивается в  
виде тепла

Энергия используется на  
синтез АТФ (при окислении  
одной молекулы глюкозы  
синтезируется 2 молекулы  
АТФ)

Энергия используется на  
синтез АТФ (при окислении  
одной молекулы глюкозы  
синтезируется 36 молекул  
АТФ)



Катаболизм органических веществ в тканях сопровождается потреблением кислорода и выделением  $\text{CO}_2$ . Этот процесс называют **тканевым дыханием**. Кислород в этом процессе используется как акцептор водорода от окисляемых (дегидрируемых) веществ (субстратов), в результате чего синтезируется вода. Процесс окисления можно представить следующим уравнением:



Различные окисляемые органические вещества (S-субстраты) представляют собой метаболиты катаболизма, их дегидрирование является экзергоническим процессом. Энергия, освобождающаяся в ходе реакций окисления, либо полностью рассеивается в виде тепла, либо частично тратится на фосфорилирование АДФ с образованием АТФ. Организм превращает около 40% энергии, выделяющейся при окислении, в энергию макроэргических связей АТФ. Большинство организмов в биосфере использует этот способ или очень сходный с ним (в качестве терминального акцептора водорода может быть не кислород, а другое соединение) как основной источник энергии, необходимый для синтеза внутриклеточной АТФ. Таким путем клетка превращает химическую энергию питательных веществ, поступивших извне, в энергию, утилизируемую на разные виды работы.

Реакция дегидрирования и способ превращения выделившейся энергии путем синтеза АТФ — это энергетически сопряженные реакции. Синтез АТФ из АДФ называется **окислительным фосфорилированием**.

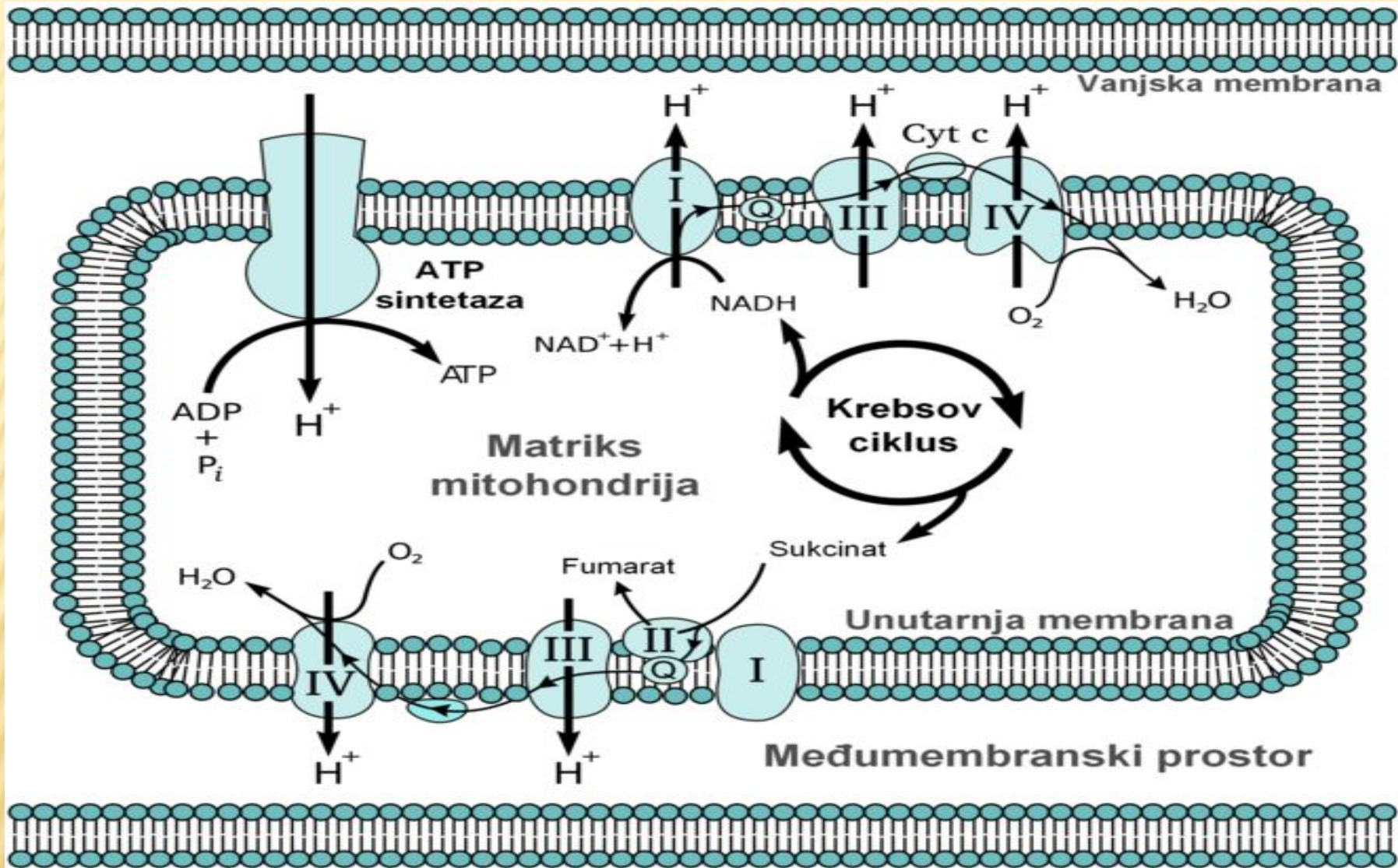


рис. 1. Окислительное фосфорилирование



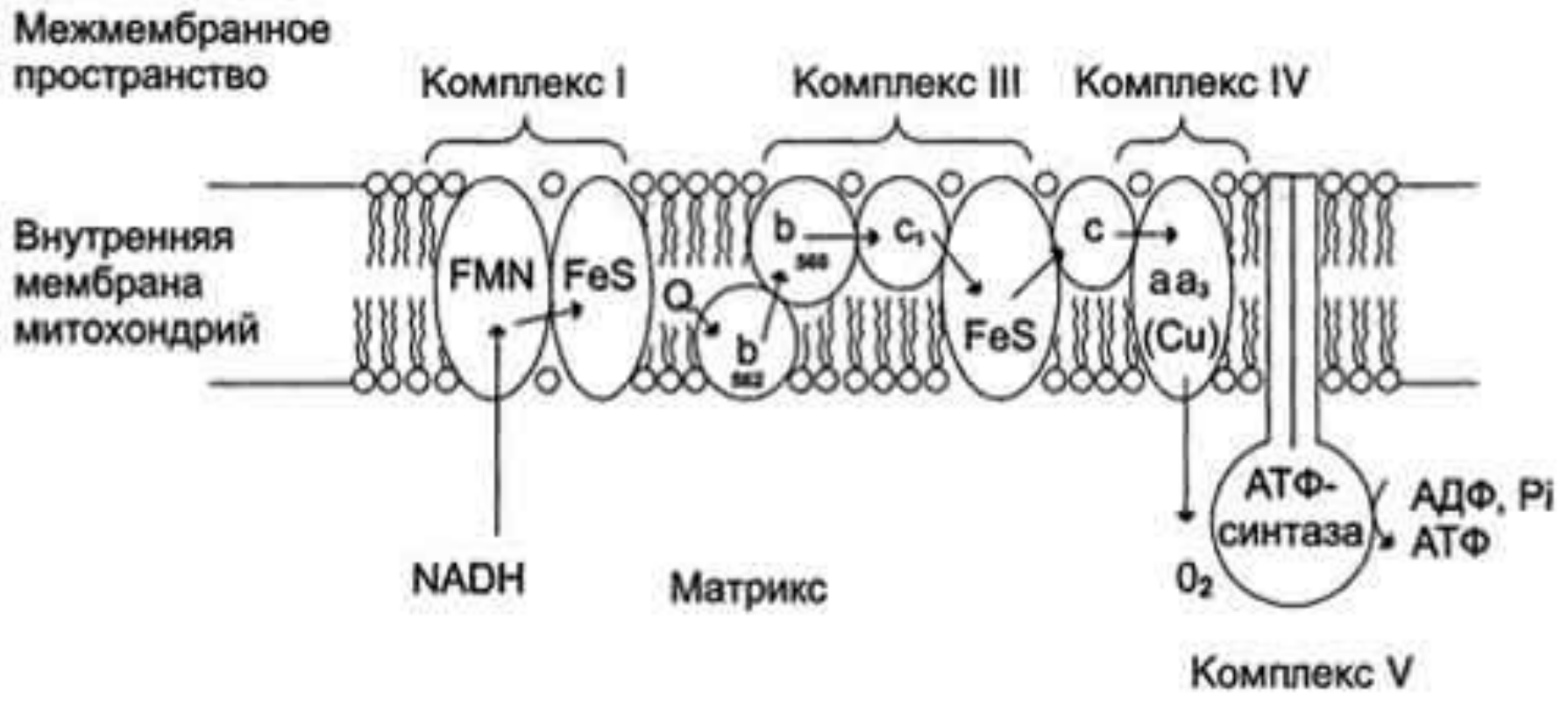
# ЦЕПЬ ПЕРЕНОСА ЭЛЕКТРОНОВ — ЦПЭ

---

Указанное выше уравнение для окислительно-восстановительной реакции представляет собой обобщенную форму, так как изображает процесс окисления субстратов как **прямое дегидрирование**, причем кислород выступает в роли непосредственного акцептора водорода. На самом деле кислород получает электроны иным образом. Существуют промежуточные переносчики при транспорте электронов от исходного донора электронов  $\text{SH}_2$  к терминальному акцептору —  $\text{O}_2$ . Полный процесс представляет собой цепь последовательных окислительно-восстановительных реакций, в ходе которых происходит взаимодействие между переносчиками.

Каждый промежуточный переносчик вначале выступает в роли акцептора электронов и протонов и из окисленного состояния переходит в восстановленную форму. Затем он передает электрон следующему переносчику и снова возвращается в окисленное состояние. На последней стадии переносчик передает электроны кислороду, который затем восстанавливается до воды. Совокупность последовательных окислительно-восстановительных реакций называется цепью переноса (транспорта) электронов, или **дыхательной цепью**.





**Рис.2. Митохондриальная цепь переноса электронов:**

I, III и IV — высокомолекулярные комплексы, расположенные во внутренней мембране митохондрий; комплекс II — сукцинатдегидрогеназа, в отличие от других FAD-зависимых дегидрогеназ локализована во внутренней мембране митохондрий, но на рисунке не представлена. Цитохром c — низкомолекулярный гемсодержащий белок, обладающий подвижностью в липидном слое мембраны митохондрий. Белки FeS содержат негеминовое железо и входят в состав ферментных комплексов I, II и III. Кофермент Q — небелковый компонент ЦПЭ.

# ЦЕПЬ ПЕРЕНОСА ЭЛЕКТРОНОВ — ЦПЭ

---

Промежуточными переносчиками в дыхательной цепи у высших организмов являются коферменты:  $\text{NAD}^+$  (никотинамид-адениндинуклеотид), FAD и FMN (флавинадениндинуклеотид и флавинмононуклеотид), кофермент Q (CoQ), семейство гемсодержащих белков — цитохромов (обозначаемых как цитохромы b,  $c_1$ , c, a,  $a_3$ ) и белки, содержащие негеминовое железо. Все участники этой цепи организованы в четыре окислительно-восстановительных комплекса (рис. 5), связанные убихиноном (CoQ) и цитохромом c.



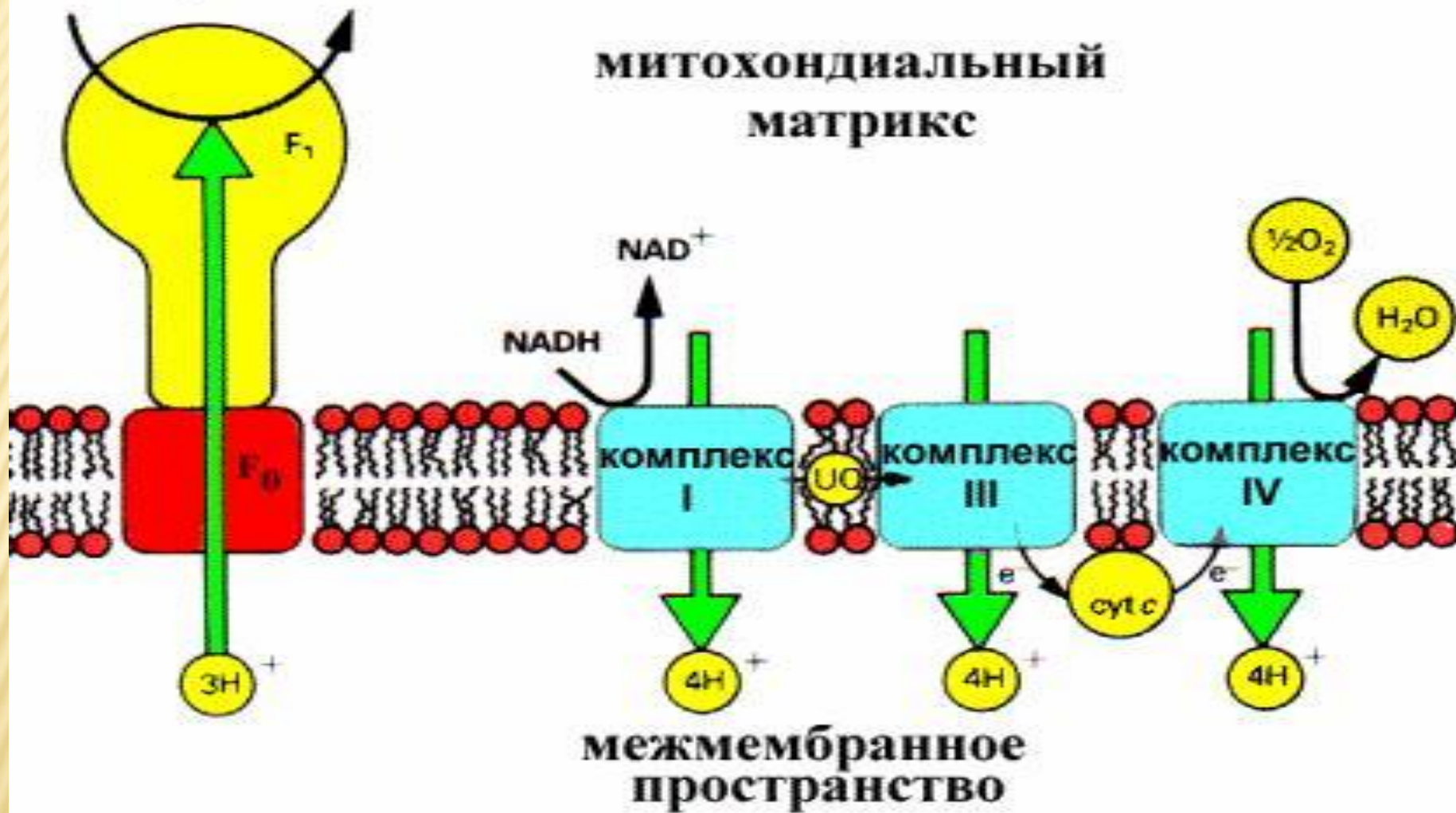
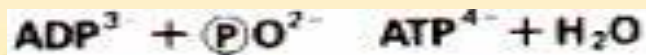
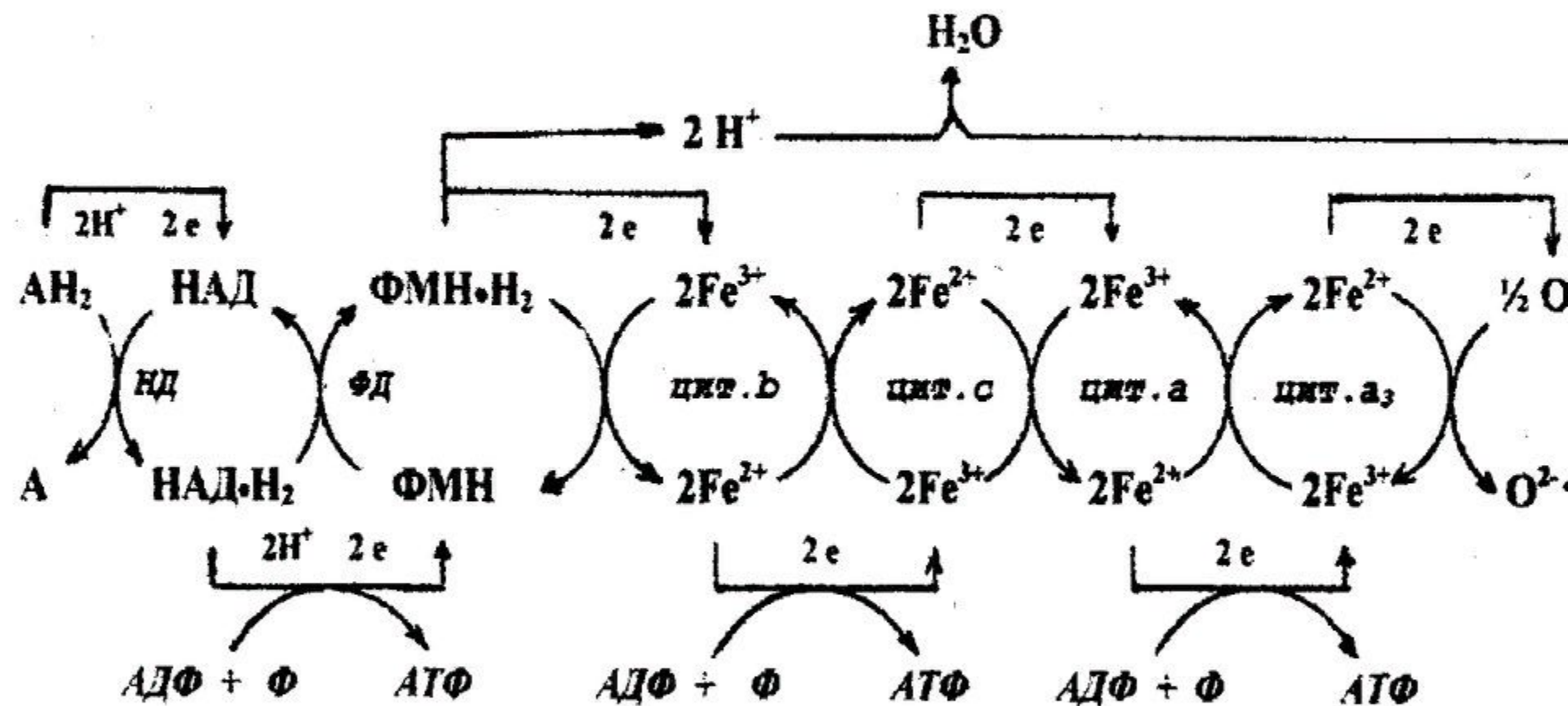


Рис.5. Сопряжение цепи транспорта электронов и фосфорилирования АДФ посредством протонного градиента

Процесс начинается с переноса протонов и электронов от окисляемого субстрата на коферменты  $\text{NAD}^+$  или  $\text{FAD}$ . Это определяется тем, является ли дегидрогеназа, катализирующая первую стадию,  $\text{NAD}$ -зависимой или  $\text{FAD}$ -зависимой.  $\text{NAD}$ -зависимая дегидрогеназа катализирует реакции окисления непосредственно субстрата (первичная дегидрогеназа).  $\text{NAD}^+$  является коферментом и выполняет роль акцептора водорода (рис. 3).  $\text{FAD}$ -зависимая дегидрогеназа также выполняет функцию первичной дегидрогеназы. Кофермент  $\text{FAD}$  является акцептором водорода от субстрата. Если процесс начинается с  $\text{NAD}^+$ , то следующим переносчиком будет  $\text{NADH}$ -дегидрогеназа, коферментом которой является  $\text{FMN}$ .



# Схема дыхательной цепи



Тип участвующей дегидрогеназы зависит от природы субстрата. Но каким бы ни был исходный субстрат, электроны и протоны от флавинов переносятся к коферменту Q, а дальше пути электронов и протонов расходятся.

Электроны с помощью системы цитохромов достигают кислорода, который затем, присоединяя протоны, превращается в воду.



---

**Спасибо за внимание**