

Лекция 10.

МЕХАНИЗМ ДЫХАНИЯ

Вопросы темы:

1. Сущность и значение дыхания.
2. Окисление субстрата.
3. Дыхательная цепь и окислительное фосфорилирование.
4. Роль дыхания в обмене веществ

Аккумулятивная при фотосинтезе в органических веществах энергия становится доступной для жизнедеятельности в процессе дыхания (аэробные организмы) или брожения (анаэробные организмы).

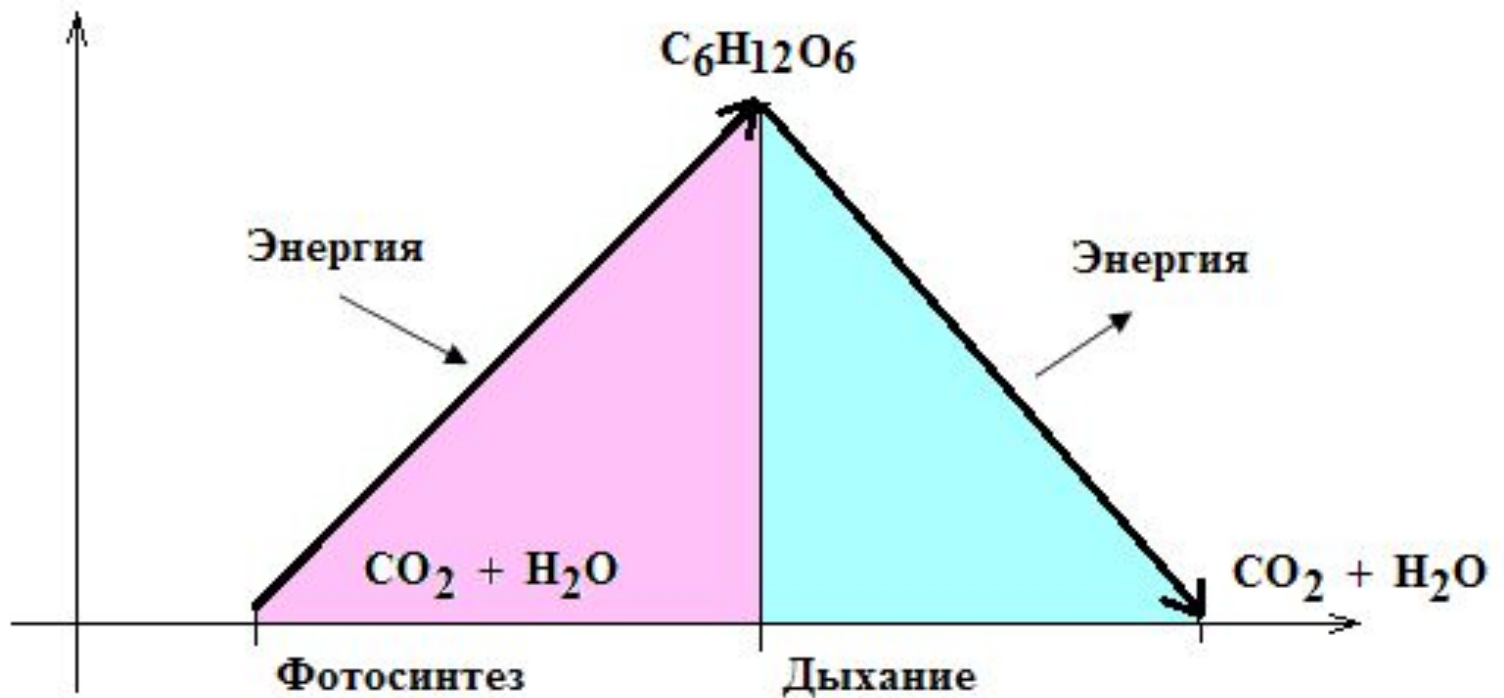
ДЫХАНИЕ - процесс аэробного окисления клетками растения питательных органических веществ до CO_2 и H_2O с целью получения энергии и метаболитов, необходимых для жизнедеятельности.

ОБЩЕЕ УРАВНЕНИЕ ДЫХАНИЯ



Связь фотосинтеза и дыхания

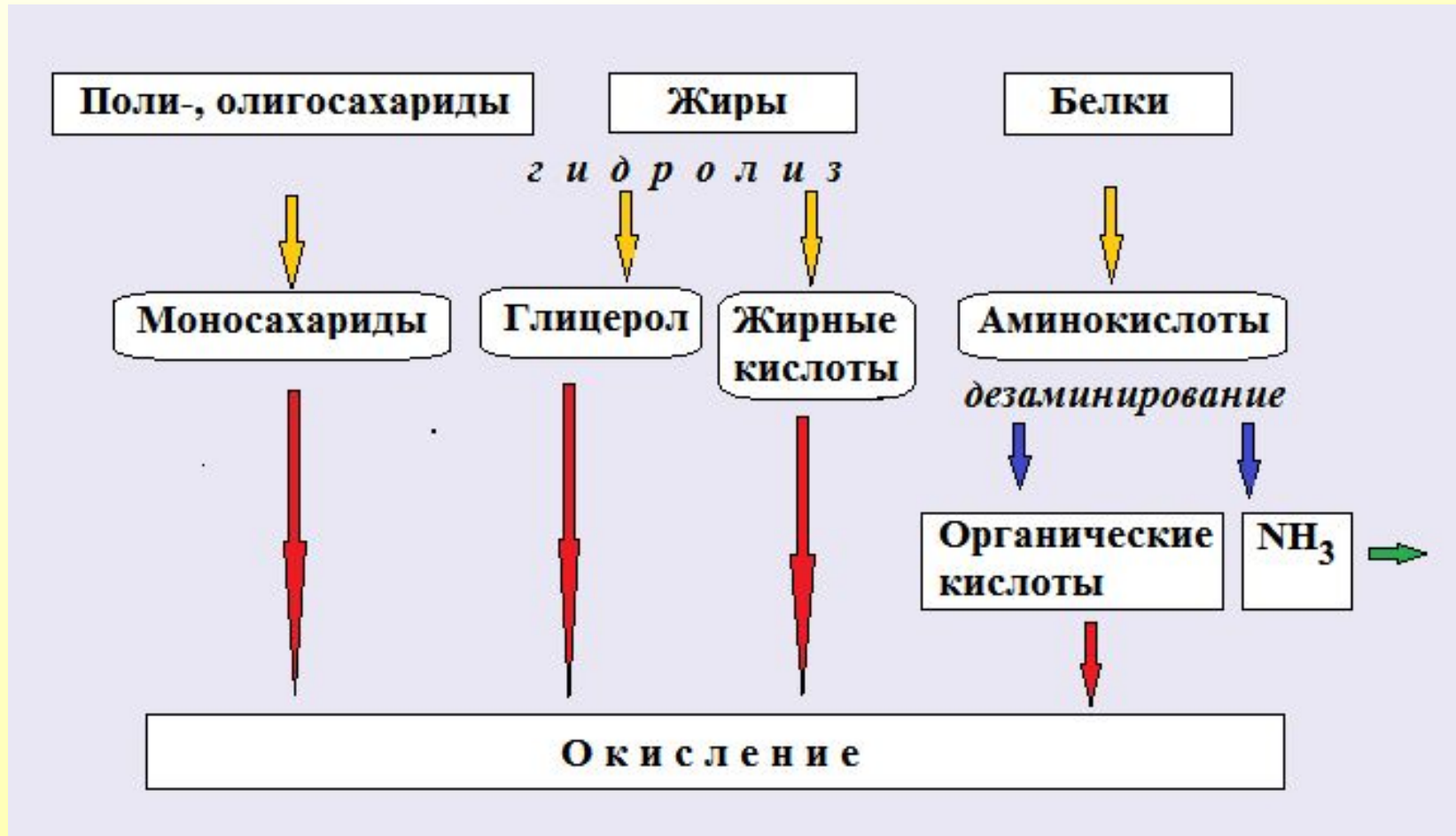
Уровни энергии



СУБСТРАТЫ ДЫХАНИЯ

- **УГЛЕВОДЫ:**
 - ПОЛИСАХАРИДЫ;
 - ОЛИГОСАХАРИДЫ;
 - МОНОСАХАРИДЫ.
- **ЖИРЫ (МАСЛА).**
- **БЕЛКИ.**

Превращения сложных органических веществ при их использовании в процессе дыхания



Значительный вклад в изучение
механизма дыхания внесли русский
и немецкий биохимики В.И.
Палладин и Г. Виланд (1912 г.)

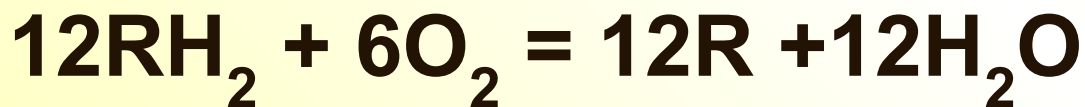
Стадии дыхания

(по В.И.Палладину)

1. Окисление субстрата



2. Окисление восстановленных акцепторов водорода (RH_2) и окислительное фосфорилирование



Пути окисления субстрата:

Пути окисления **углеводов**
(моносахаров):

- Гликолиз и цикл Кребса
- Пентозофосфатный цикл.

Окисление **жиров** и **белков** после их гидролиза идет отдельными путями также через цикл Кребса.

ИНТЕНСИВНОСТЬ ДЫХАНИЯ

$$I_{\text{д}} = \text{мг CO}_2 / \text{час} \cdot \Gamma$$

Дыхательный коэффициент

ДК – мольное соотношение выделенного при дыхании углекислого газа и поглощенного кислорода.

$$\text{ДК} = \text{CO}_2 / \text{O}_2$$

ДЫХАТЕЛЬНЫЙ КОЭФФИЦИЕНТ

ПРИ ОКИСЛЕНИИ:

УГЛЕВОДОВ $ДК=1;$

ЖИРОВ $ДК<1;$

ОРГАНИЧЕСКИХ К-Т $ДК>1.$

КПД ДЫХАНИЯ

КПД дыхания – это количество полезной энергии, выраженное в процентах от общей энергии питательных веществ, использованных на дыхание.

$$\text{КПД} = E_{\text{пол}} / E_{\text{общ}} \times 100, \%$$

ФИЗИОЛОГИЧЕСКАЯ РОЛЬ ДЫХАНИЯ

- 1. ПОЛУЧЕНИЕ ЭНЕРГИИ;**
- 2. ПОЛУЧЕНИЕ ХИМИЧЕСКИ
АКТИВНЫХ МЕТАБОЛИТОВ;**
- 3. ОКИСЛЕНИЕ ВРЕДНЫХ ВЕЩЕСТВ;**
- 4. ОБРАЗОВАНИЕ МЕТАБОЛИЧЕСКОЙ
ВОДЫ.**

ВОПРОС 2

Окисление субстрата

Окисление субстрата



Окисление происходит без непосредственного участия кислорода – *анаэробно*.

Протоны и электроны (водород)

переносятся от субстрата на коферменты НАД[±] и ФАД (субстрат окисляется, коферменты восстанавливаются).

Часть энергии субстрата передается восстановленным коферментам, часть используется на субстратное фосфорилирование (образование АТФ), остаток энергии излучается в виде тепла

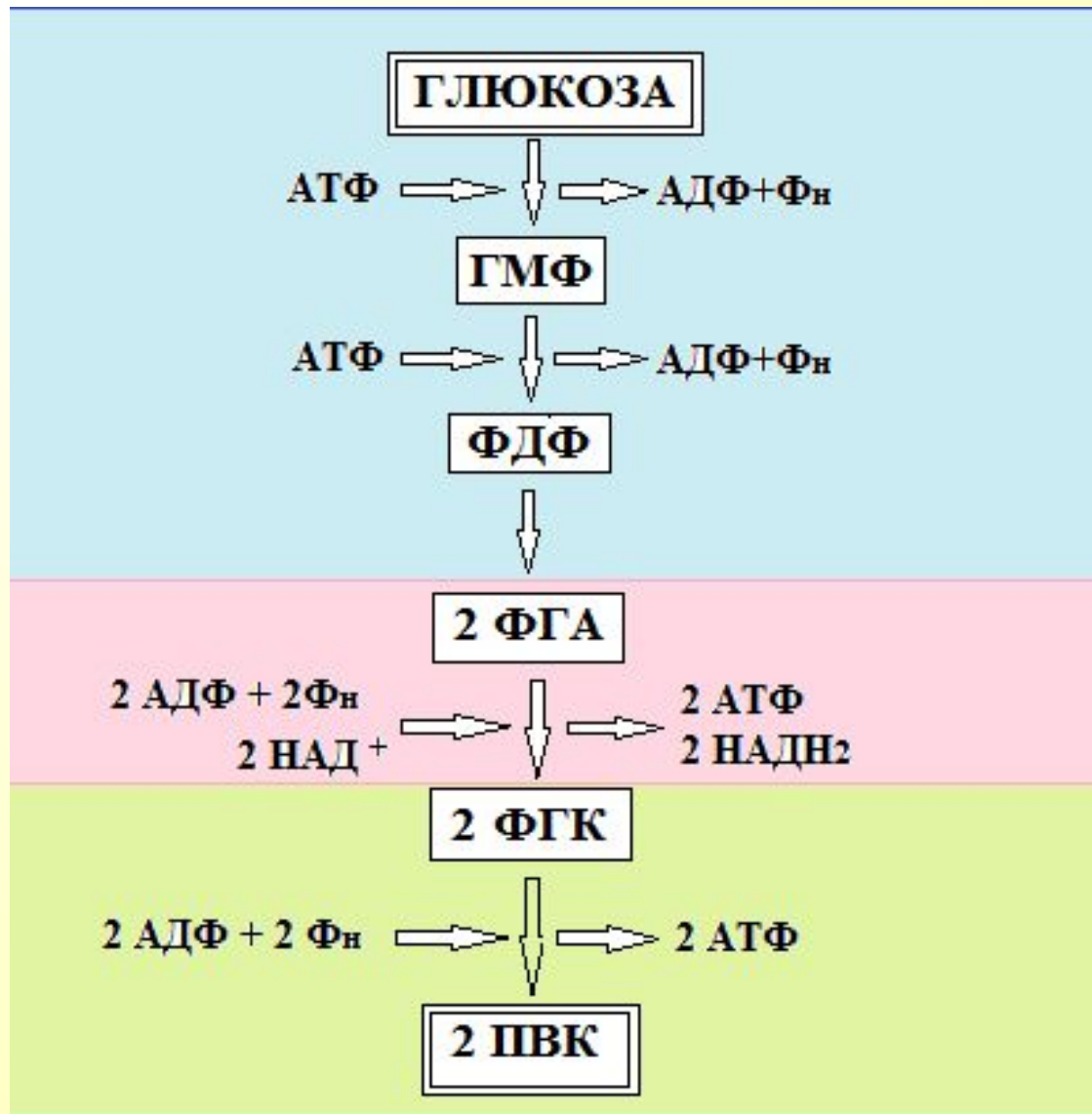
**Процесс окисления углеводов
(глюкозы) происходит
последовательно вначале в
процессе гликолиза, затем в
цикле Кребса.**

ГЛИКОЛИЗ – процесс анаэробного окисления глюкозы до пировиноградной кислоты (ПВК).

ЭТАПЫ ГЛИКОЛИЗА

1. Фосфорилирование глюкозы и ее расщепление на 2 молекулы **ФГА**;
2. Окисление **ФГА** до **ФГК**, первое субстратное фосфорилирование и восстановление НАД^+ ;
3. Превращение **ФГК** в **ПВК** и второе субстратное фосфорилирование.

Схема гликолиза

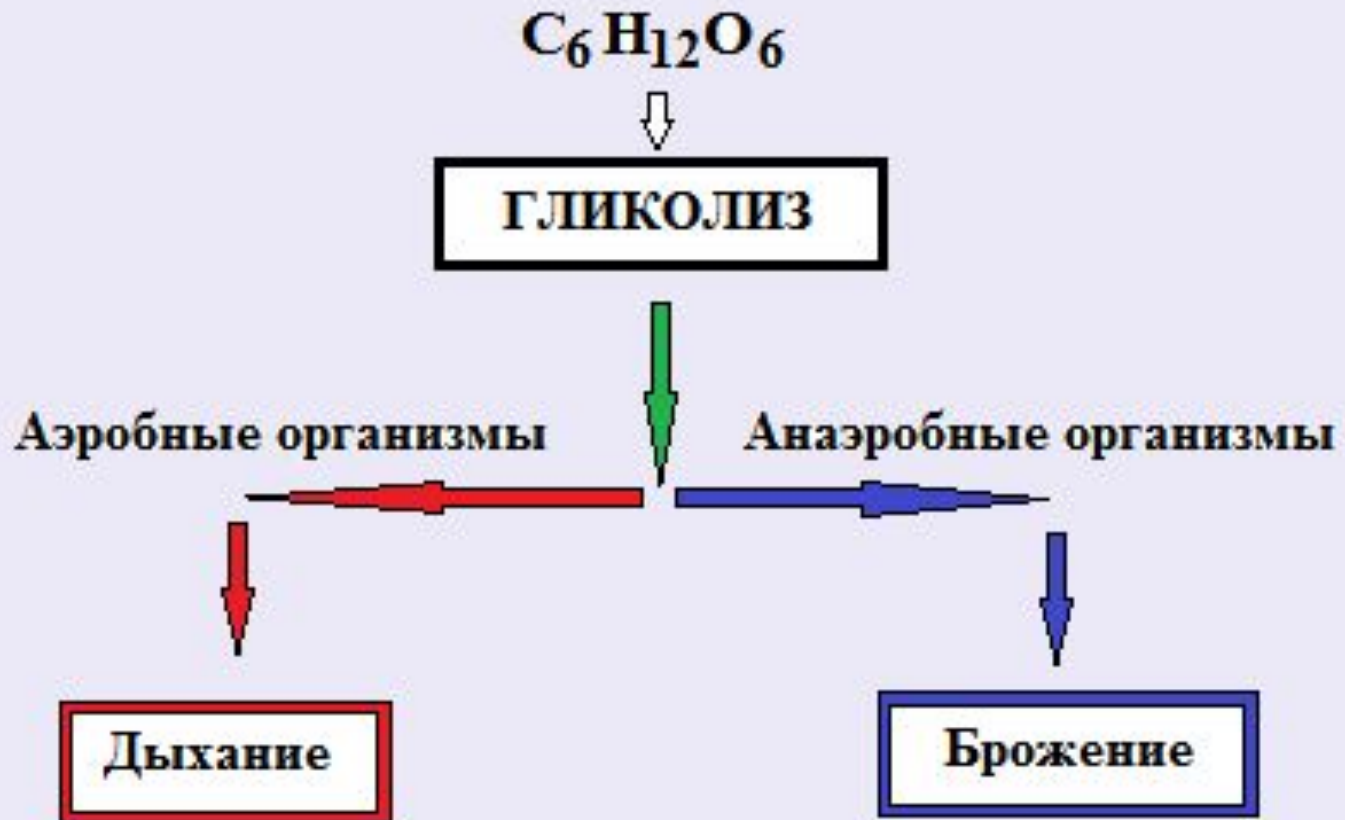


***Локализация* реакций гликолиза –
цитоплазматический матрикс, ядро.**

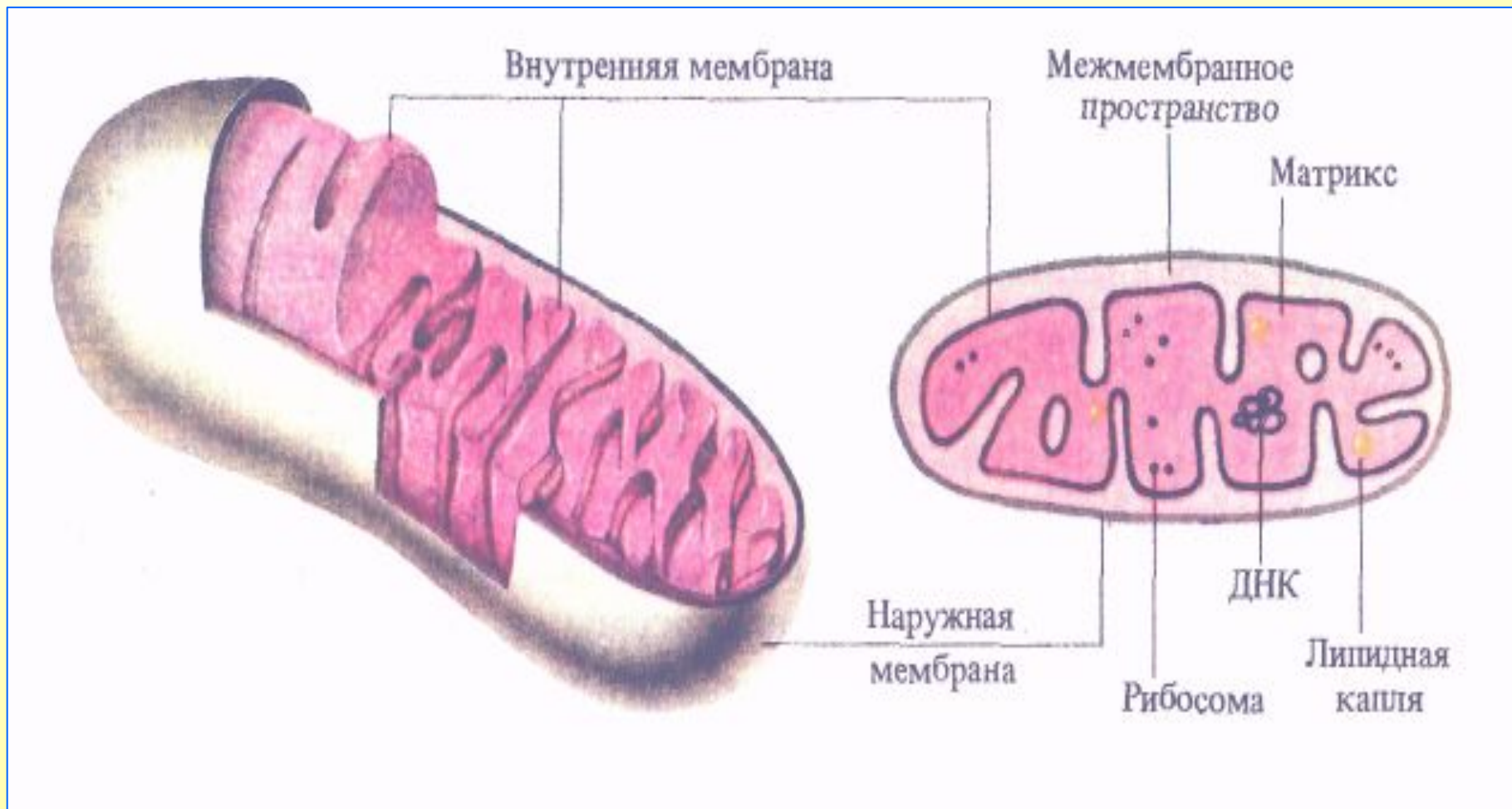
**Энергетический выход гликолиза
на 1 моль глюкозы: 2 моля АТФ и 2
моля НАДН₂.**

Этап гликолиза – общий для процессов дыхания и брожения.

Связь дыхания с брожением (по С.П.Костычеву)



ПВК из цитоплазматического матрикса клетки транспортируется в митохондрию.



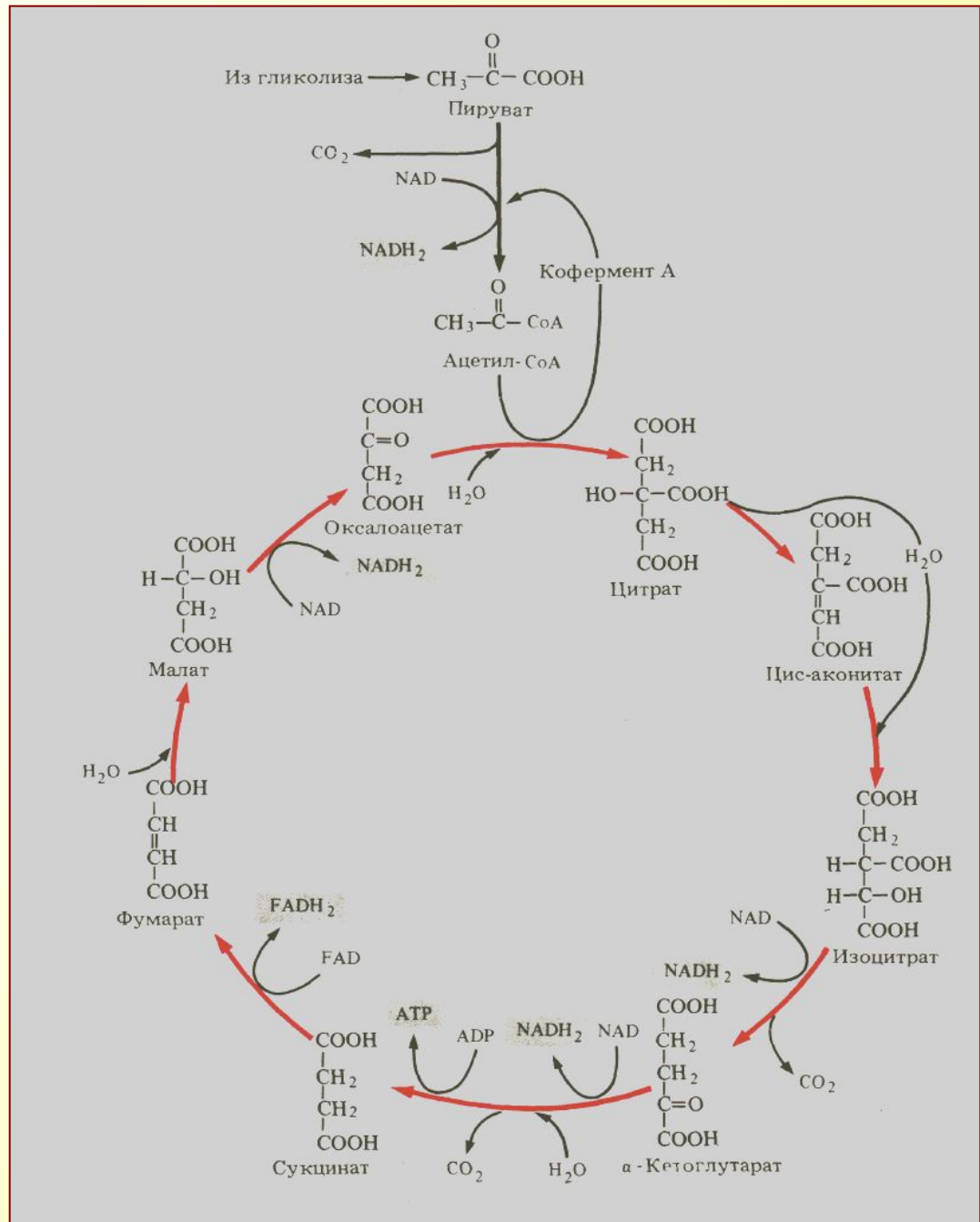
Окисление и декарбоксилирование ПВК.
Образование ацетил-КоА.



Ацетил-КоА – в цикл Кребса.

Окисление ПВК и ацетила происходит без участия кислорода. Водород переносится на коферменты НАД⁺ и ФАД, которые восстанавливаются до НАДН₂ и ФАДН₂. Часть энергии используется на субстратное фосфорилирование АДФ.

ЦИКЛ КРЕБСА



**Энергетический выход процесса окисления и декарбоксилирования ПВК в митохондриях:
4НАДН₂, 1ФАДН₂, 1АТФ.**

При декарбоксилировании образуется 3 молекулы СО₂.

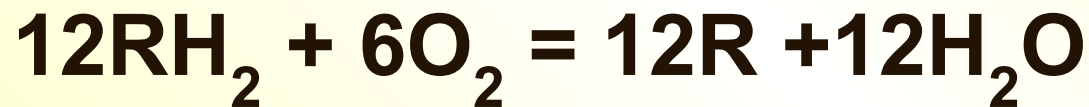
Цикл Кребса – центральное звено метаболизма клетки.

Ацетил-КоА – исходное вещество для синтеза многих органических соединений клетки.

Гликолиз – анаэробный этап, цикл Кребса – аэробный этап.

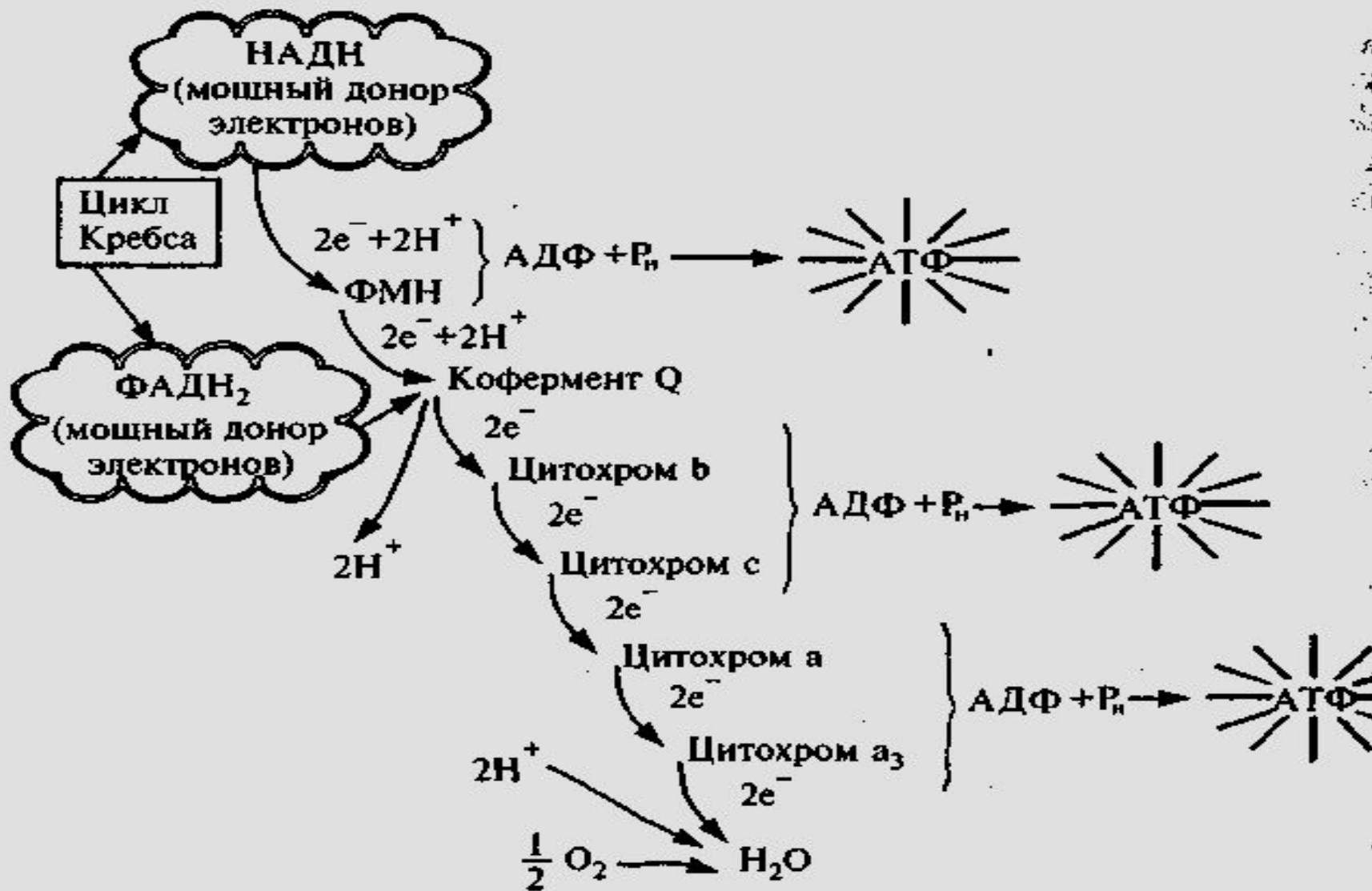
Вопрос 3.
**Дыхательная цепь и
окислительное
фосфорилирование**

На второй стадии дыхания происходит окисление в дыхательной цепи восстановленных акцепторов водорода НАДН₂, ФАДН₂ и окислительное фосфорилирование.



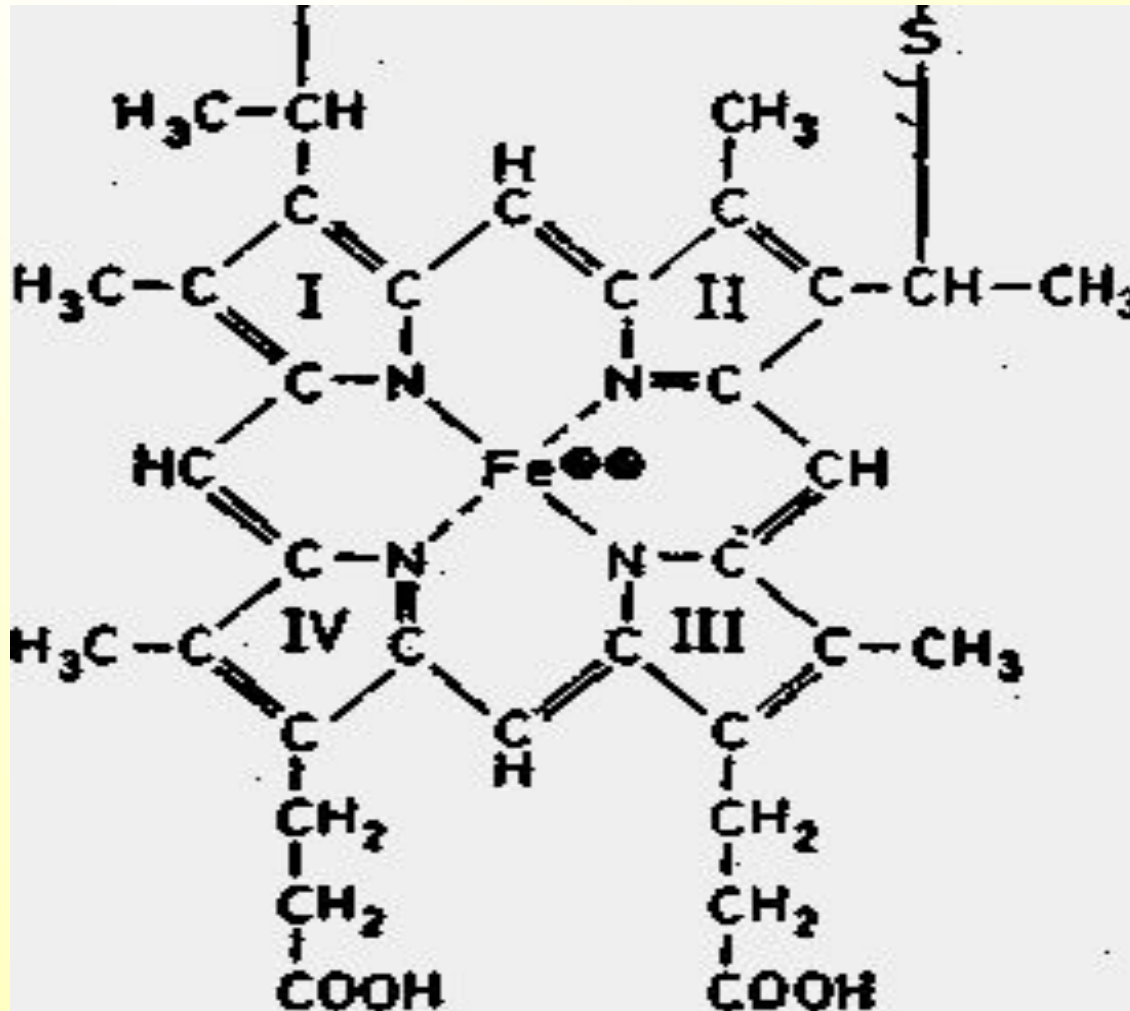
Дыхательная, или электрон-транспортная цепь – это совокупность молекул органических веществ-переносчиков электронов, локализованных на мембранах крист митохондрий.

ДЫХАТЕЛЬНАЯ ЦЕПЬ



ЦИТОХРОМ

Основная молекулы – порфириновое ядро



При окислении НАДН₂ и ФАДН₂ водород (электроны и протоны) передаются к кислороду по ЭТЦ.

Процесс фосфорилирования АДФ, сопряженный с переносом электронов в дыхательной цепи митохондрий, называется *окислительным фосфорилированием*.

**Коэффициент полезного действия дыхания
в расчете на 1 моль глюкозы**

Гликолиз: 2АТФ+2НАДН₂;

Цыкл Кребса: 2АТФ+8НАДН₂+2ФАДН₂;

$$\Sigma \text{АТФ} = 4\text{АТФ} + 10\text{НАДН}_2 * 3\text{АТФ} + 2\text{ФАДН}_2 * 2\text{АТФ} = 38\text{АТФ}.$$

$$\text{КПД} = \frac{38\text{АТФ} \times 41,87\text{кДж}}{2842\text{кДж}} \times 100 = 55,4\%$$

2842 – энергия 1 моля глюкозы.

Вопрос 4.
**Роль дыхания в обмене
веществ**

При дыхании образуется большое число метаболитов – продуктов неполного окисления.

- ПОЛИСАХАРИДОВ КЛЕТОЧНОЙ ОБОЛОЧКИ;
Они используются для синтеза:**
- НУКЛЕОТИДОВ И НУКЛЕИНОВЫХ КИСЛОТ;**
- ВЕЩЕСТВ ВТОРИЧНОГО ОБМЕНА (ЛИГНИН, ДУБИЛЬНЫЕ ВЕЩЕСТВА, ФЛАВОНОИДЫ, ТЕРПЕНОИДЫ);**
- ГОРМОНОВ (АУКСИН, ГИББЕРЕЛЛИН, ЦИТОКИНИН, АБСЦИЗОВАЯ КИСЛОТА) и др.**

Дыхание является источником энергии для обеспечения процессов синтеза.

Роль дыхания в образовании веществ клетки



**В процессе дыхания осуществляются процессы
взаимопревращения запасных органических
веществ в клетке:**

- Углеводы (крахмал, олигосахара)**
- Жиры**
- Белки (в меньшей степени)**

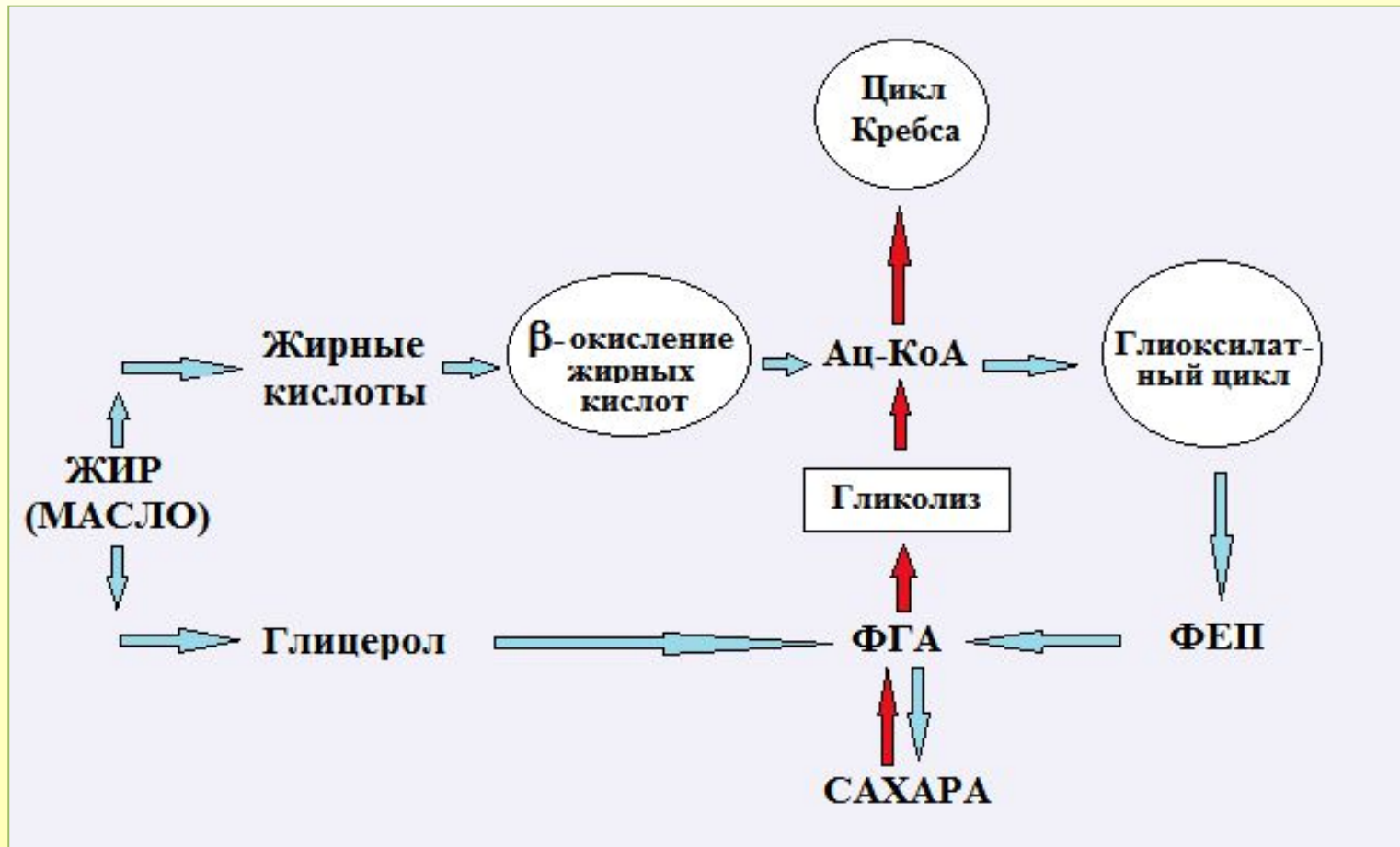
Источником запасных веществ является фотосинтез: ассимиляты транспортируются по флоэме в основном в виде сахарозы. В клетках они частично идут на образование энергии и метаболитов, частично откладываются в виде запасных веществ – крахмала и жиров.

При использовании запасных веществ они снова превращаются в растворимые углеводы.

СИНТЕЗ ЖИРОВ



Превращение жиров в сахара



**Динамика накопления и превращение
запасных веществ в древесных растениях
на протяжении года:**

осень – крахмал;

зима – сахара, жиры;

весна – сахара, крахмал.