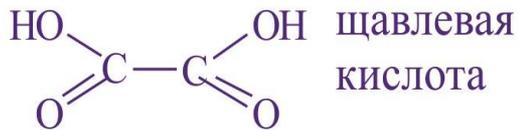
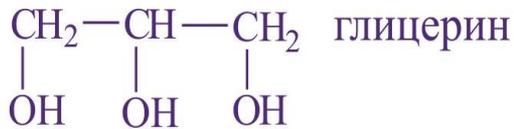


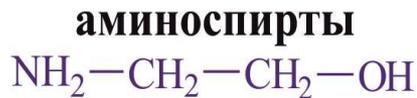
*Гетерофункциональные  
органические соединения*

# Соединения

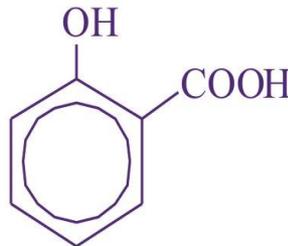
**Полифункциональные:**  
**2 и > функциональных групп**



**Гетерофункциональные:**  
**разные функциональные группы**



**производные бензола**

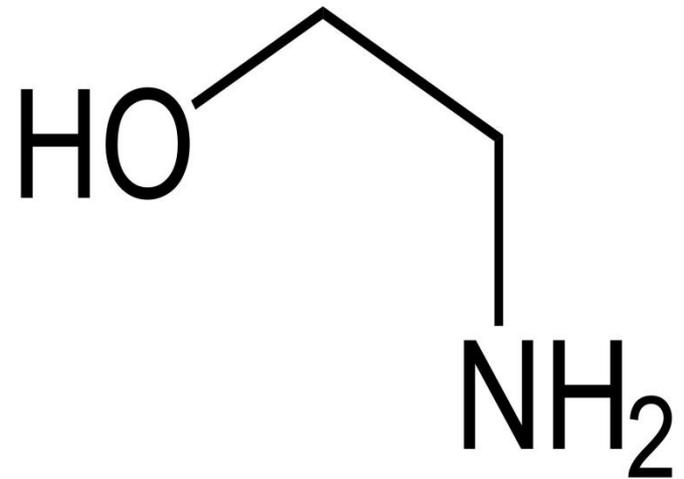
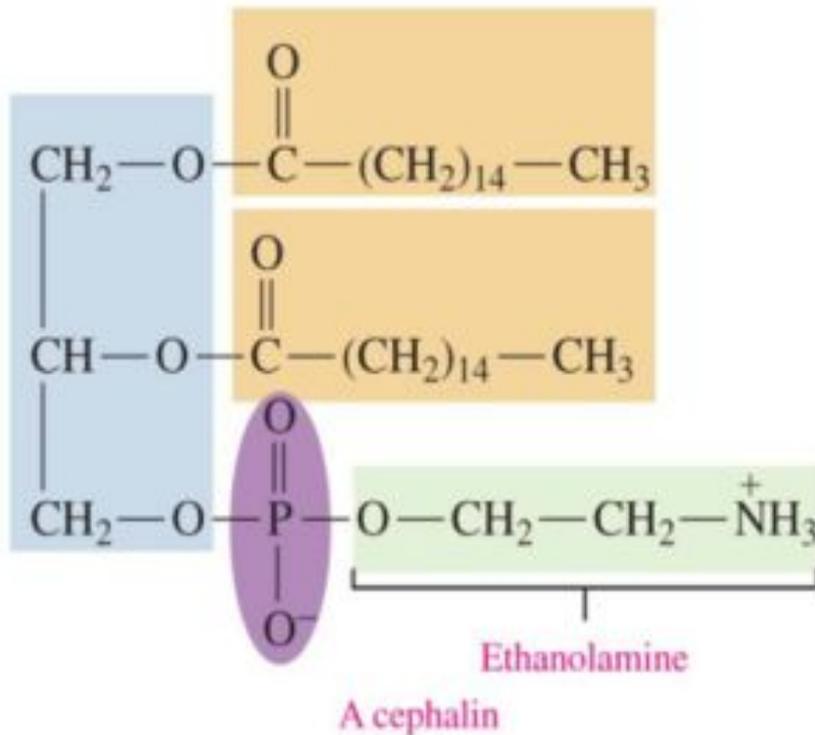


**Полигетерофункциональные:**  
**> 2 разных функциональных групп**



# Аминоспирты

Этаноламин (2-аминоэтанол, коламин) — простейший стабильный аминоспирт, является первичным амином и первичным спиртом.



В организме он образуется при декарбоксилировании аминокислоты серина. Дальнейшие пути превращений связаны либо с синтезом одного из фосфатидов — кефалина, являющегося фосфатидилэтанололамином, либо с превращением этаноламина в холин.

## Синтез холина



**Холин** входит в состав:

1. фосфатидилхолина – компонента клеточных мембран
2. ацетилхолина – нейромедиатора

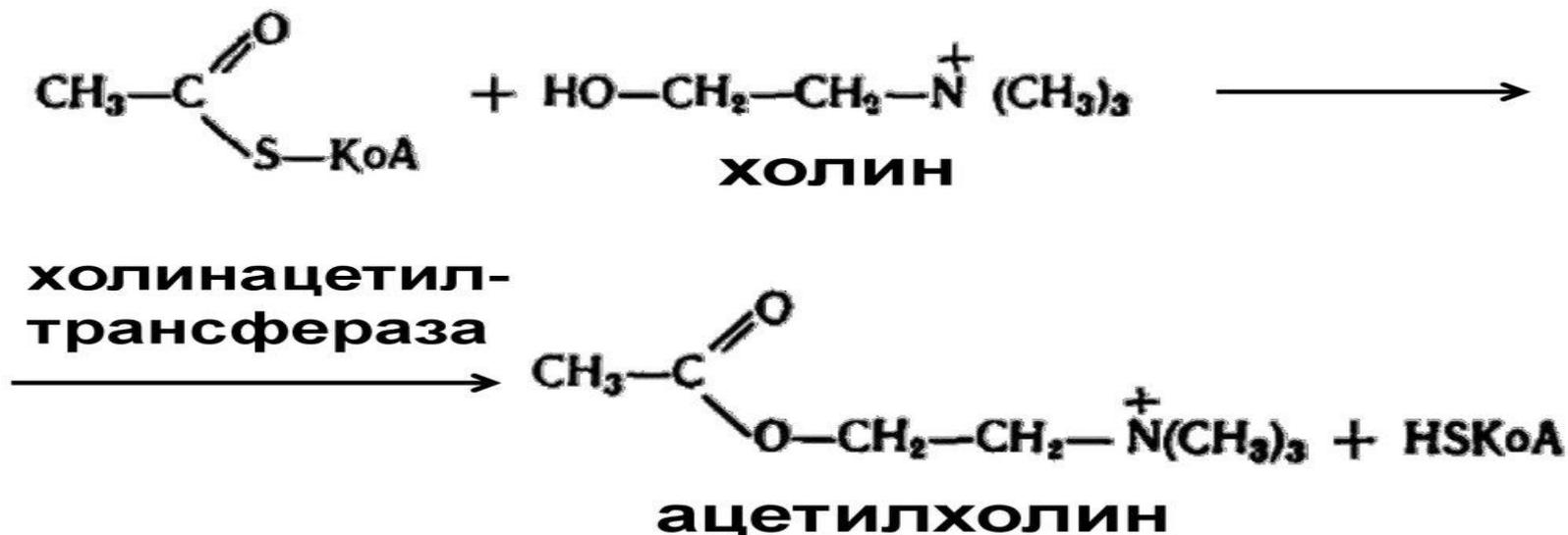
Холин — органическое соединение, четвертичное аммониевое основание, катион

2-гидроксиэтилтриметиламмония.

В организме из холина ферментом холин-ацетилтрансферазой синтезируется важнейший нейромедиатор-передатчик нервного импульса — ацетилхолин. Холин является важным веществом для нервной системы и улучшает память.

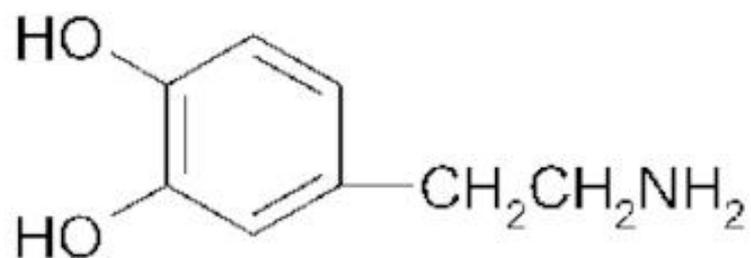
Входит в состав фосфолипидов (например, лецитина, сфингомиелина).

## Синтез ацетилхолина

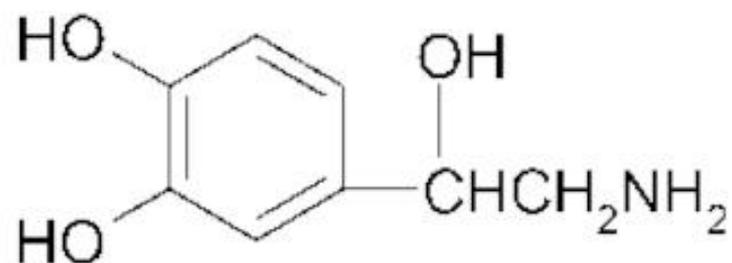


# Катехоламины

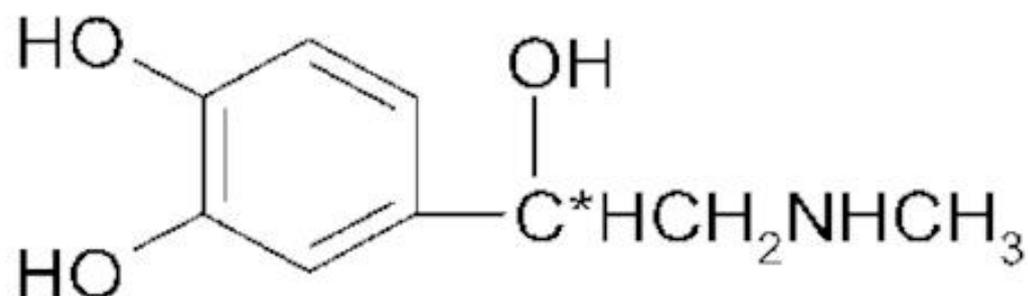
- дофамин



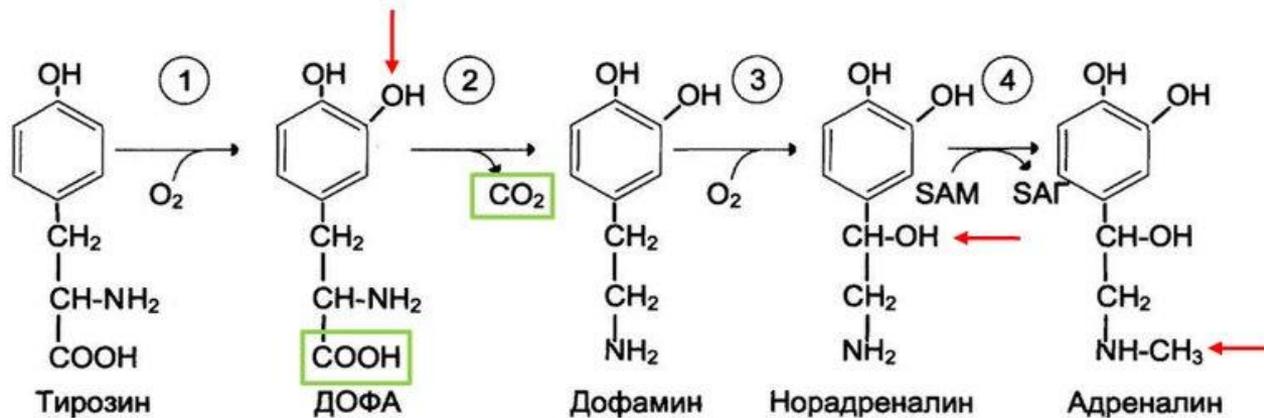
- норадреналин



- адреналин



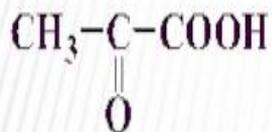
# Синтез адреналина



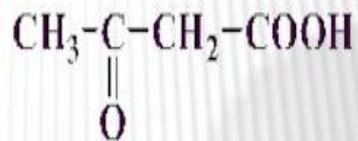
1. Гидроксилирование
2. Декарбоксилирование
3. Гидроксилирование
4. Метилирование

Во всех реакциях гидроксилирования используется  $H_4$ -БП (тетрагидробиоптерин)

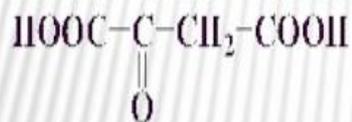
**Оксокислоты** – это гетерофункциональные соединения, содержащие карбонильную и карбоксильную группы.



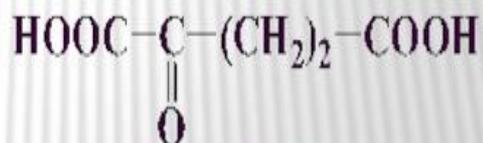
*пировиноградная кислота*



*ацетоуксусная кислота*

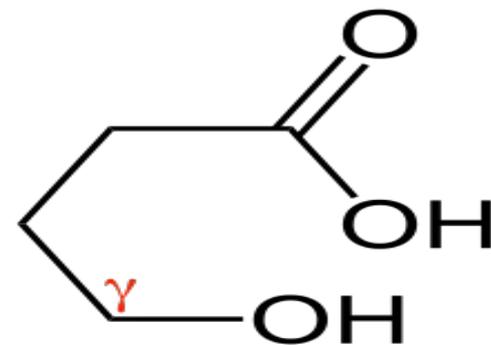
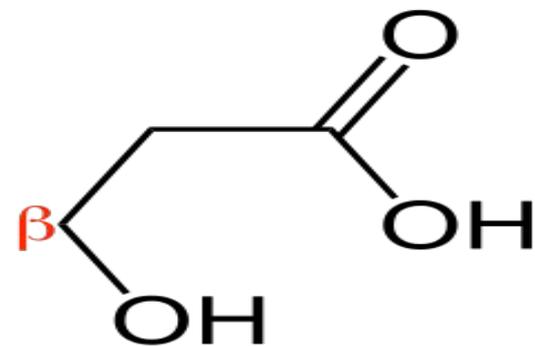
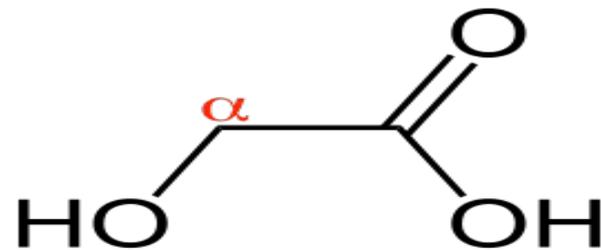


*щавелевоуксусная кислота*



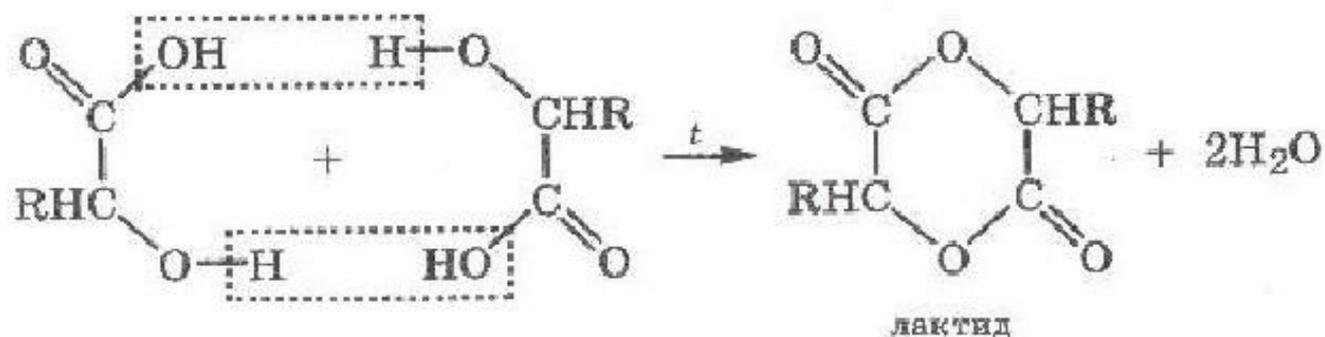
*кетоглутаровая кислота*

## *Гидроксикислоты*

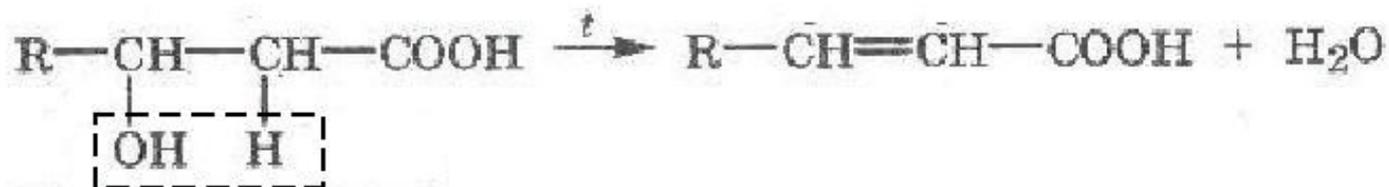


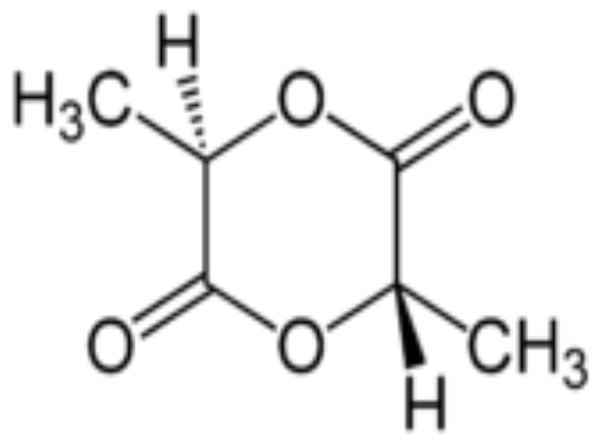
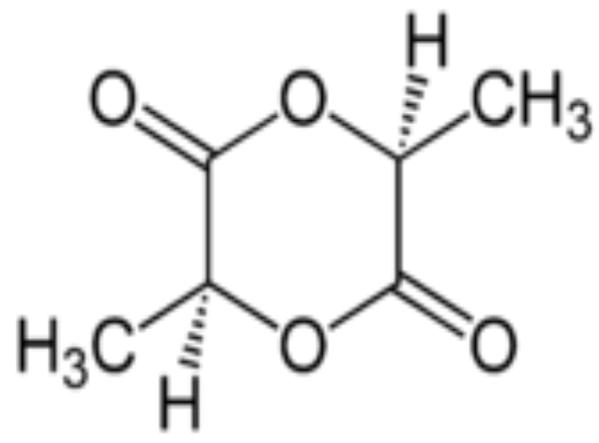
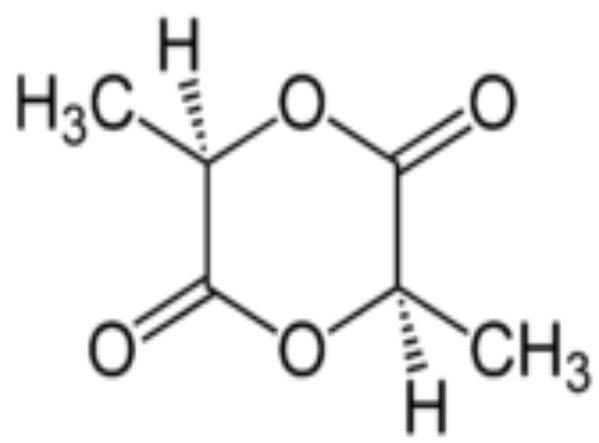
## Специфические свойства

1. α-Гидроксикислоты дегидратируются **межмолекулярно**, с образованием *циклических сложных эфиров (лактидов)*

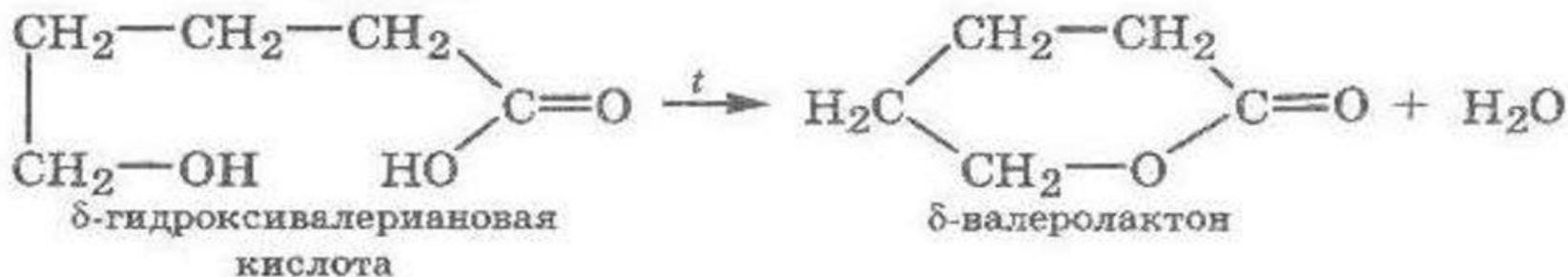
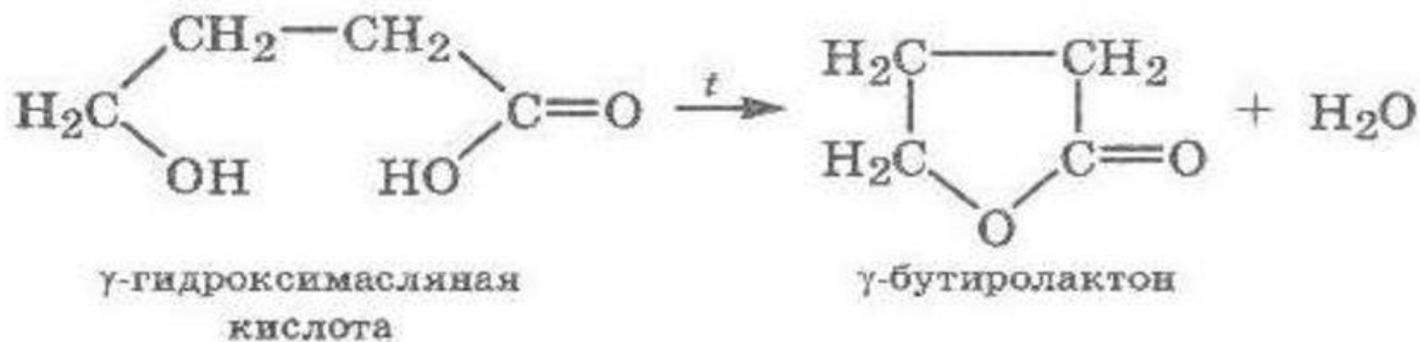


β-Гидроксикислоты дегидратируются **внутримолекулярно**, с образованием *непредельных кислот*.



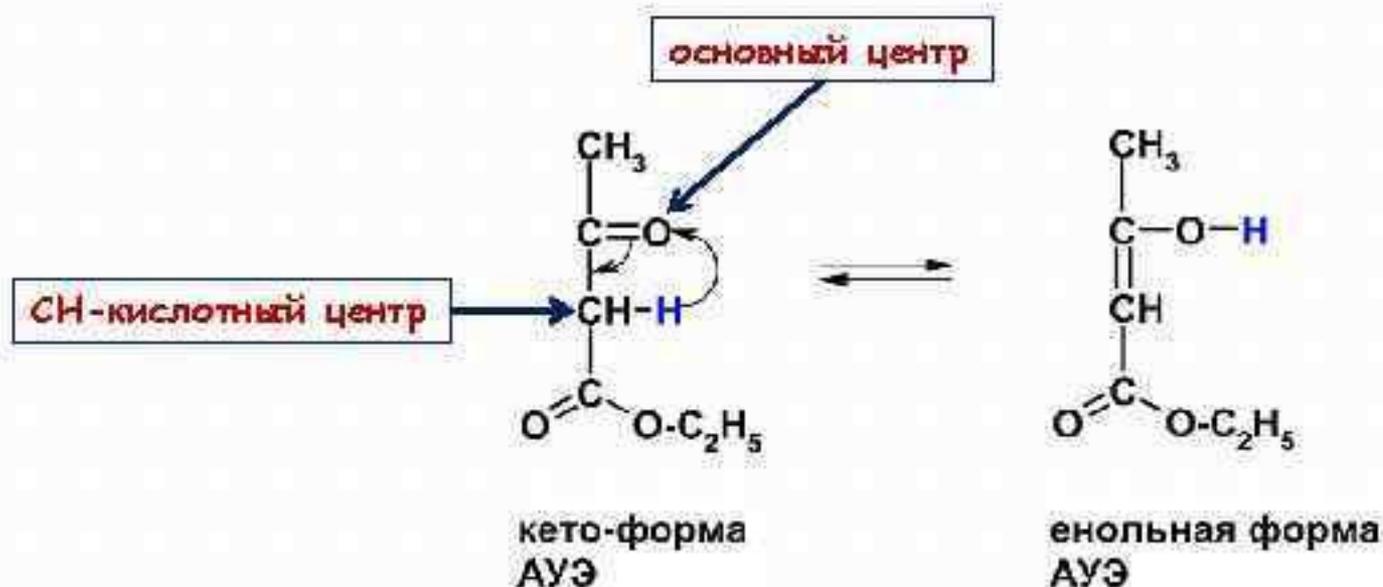


γ и δ-гидроксикислоты из-за близости –ОН и COOH – групп легко дегидратируются с образованием циклических внутренних сложных эфиров - **лактонов**



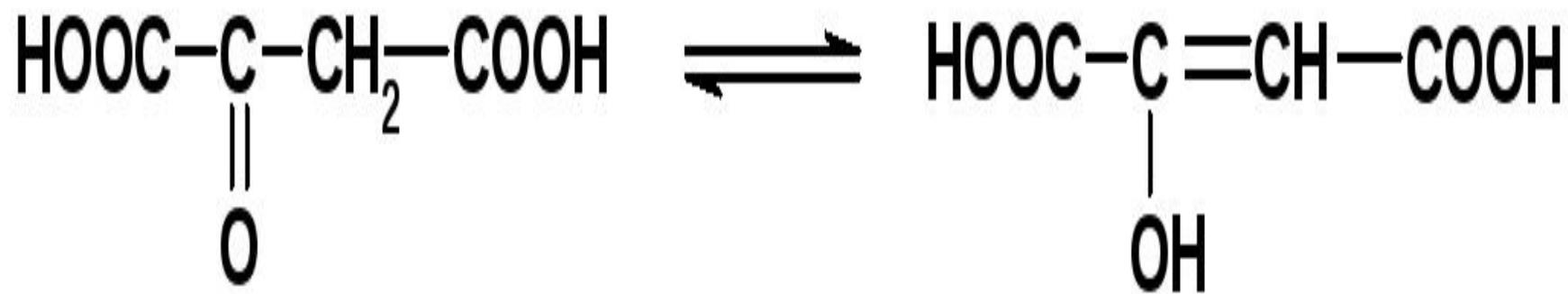
## Кето-енольная таутомерия ацетоуксусного эфира

Таутомерия - способность химических соединений существовать в виде двух или нескольких структурных изомеров, находящихся в равновесии



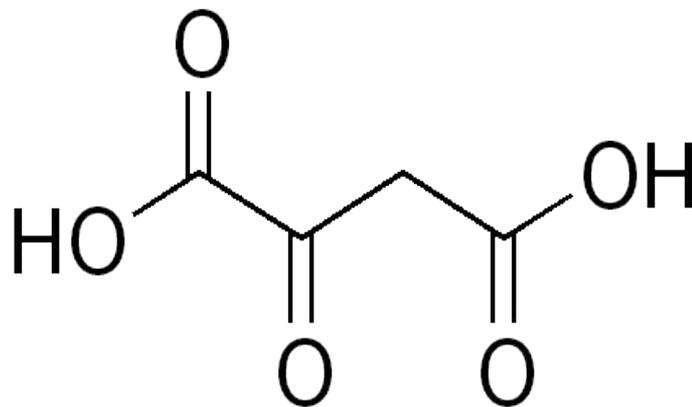
Прототропная таутомерия - перенос **протона** от одного атома к другому

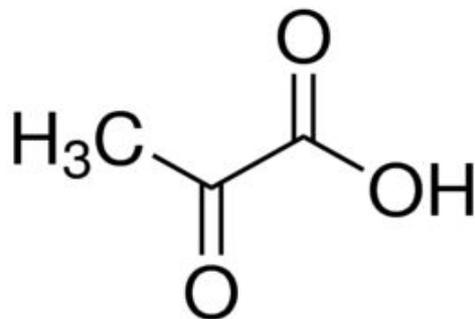
# ЩАВЕЛЕВОУКСУСНАЯ КИСЛОТА



кетонная форма (20%)

енольная форма (80%)



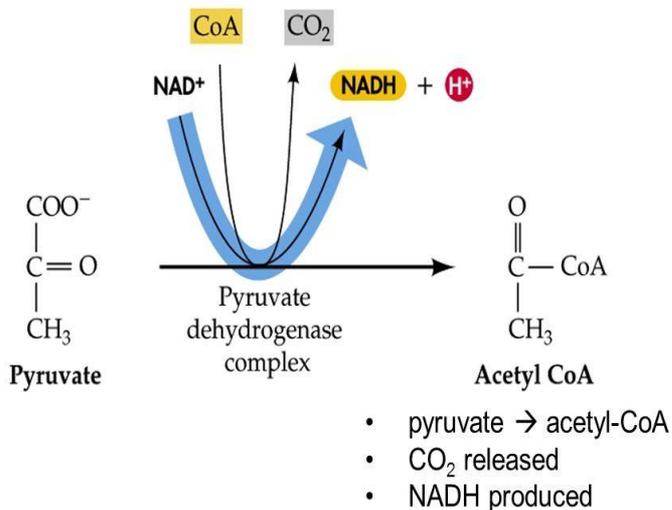


Пировиноградная кислота (альфа-кетопропионовая кислота) — простейшая кетокислота, занимает центральное место в превращениях углеводов, участвует в обмене аминокислот, важнейший продукт обмена веществ. ПВК- конечный продукт метаболизма глюкозы в процессе гликолиза.

В условиях достаточного поступления кислорода пировиноградная кислота превращается в ацетил-кофермент А. Он выступает в качестве основного субстрата для серии реакций, известных как цикл Кребса или цикл трикарбоновых кислот.

Если кислорода недостаточно, пировиноградная кислота подвергается анаэробному расщеплению с образованием молочной кислоты.

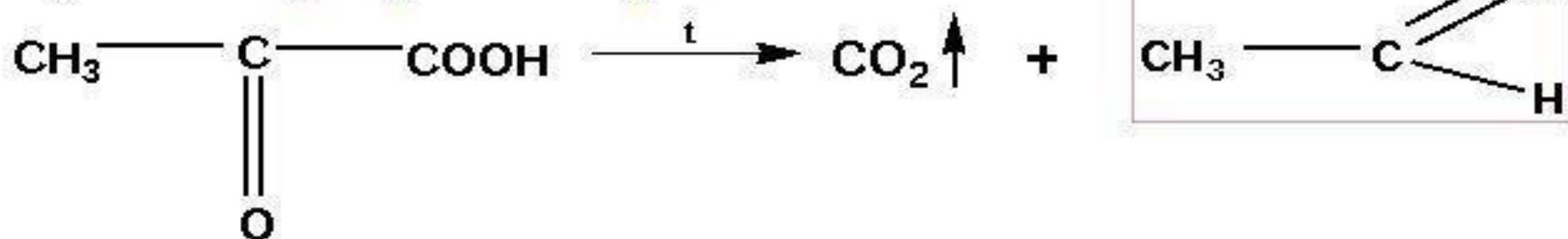
## Pyruvate Oxidation



## Специфические реакции пировиноградной кислоты

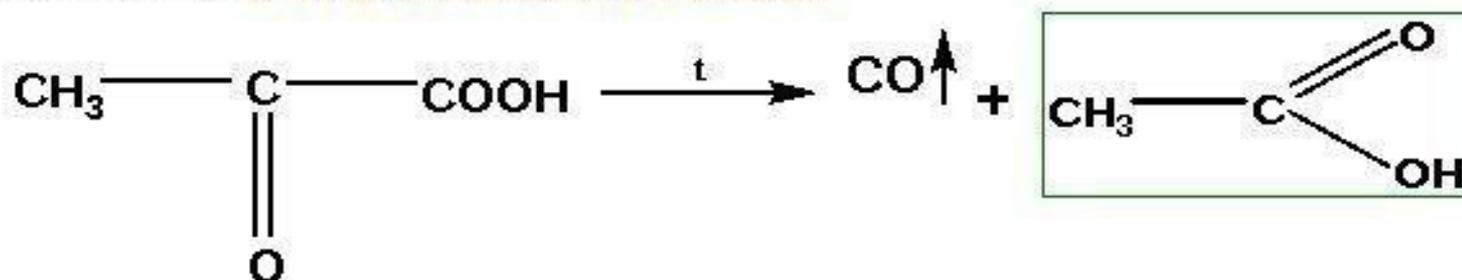
### ➤ Декарбоксилирование *in vitro*

При нагревании в присутствии  $H_2SO_4$  разбавленной протекает декарбоксилирование



### ➤ декарбонилирование *in vitro*

При нагревании в присутствии  $H_2SO_4$  концентрированной протекает декарбонилирование



## 4. Биологически важные классы гетерофункциональных соединений

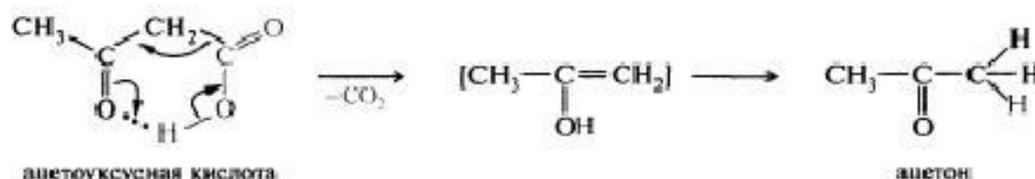
### Оксокислоты

#### β-Оксокислоты

- **Ацетоуксусная кислота**  $\text{CH}_3\text{C}(\text{O})\text{CH}_2\text{COOH}$  – представитель β-кетоникислот; образуется в процессе метаболизма высших жирных кислот.
- ❖ В свободном состоянии ацетоуксусная кислота – сиропообразная жидкость, при комнатной температуре медленно выделяющая  $\text{CO}_2$ .
- ❖ Как продукт окисления β-гидроксимасляной кислоты накапливается в организме у больных сахарным диабетом («ацетоновые» или «кетонные» тела).



- ❖ Большое значение в связи с вопросами таутомерии и двойственной реакционной способности имеет ее этиловый эфир

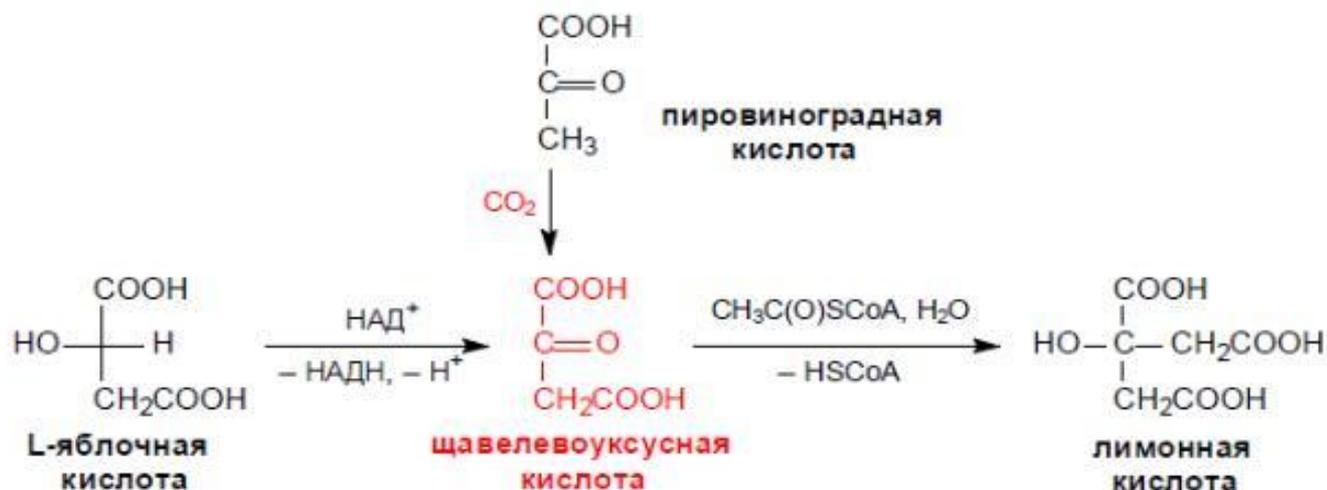


## 4. Биологически важные классы гетерофункциональных соединений

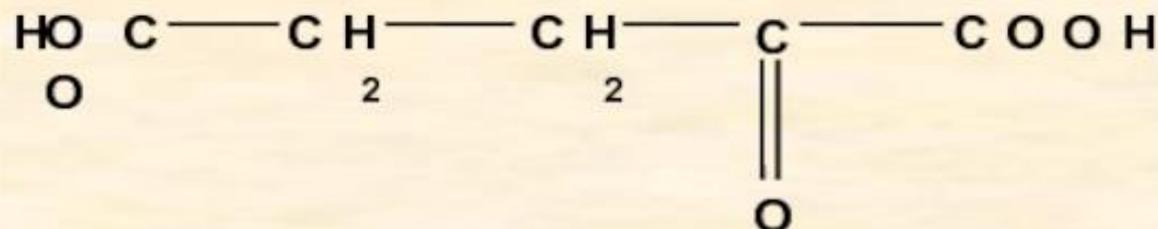
### Оксокислоты

#### β-Оксокислоты

- **Щавелевоуксусная кислота** (ЩУК)  $\text{HOOC-C(=O)-CH}_2\text{-COOH}$  одновременно является α- и β-кетокислотой; ее соли –
- ❖ Путем карбоксилирования пировиноградной кислоты ЩУК включается в цикл лимонной кислоты; в этом цикле она образуется при окислении L-яблочной кислоты и затем при конденсации с ацетилкоферментом А превращается в лимонную кислоту

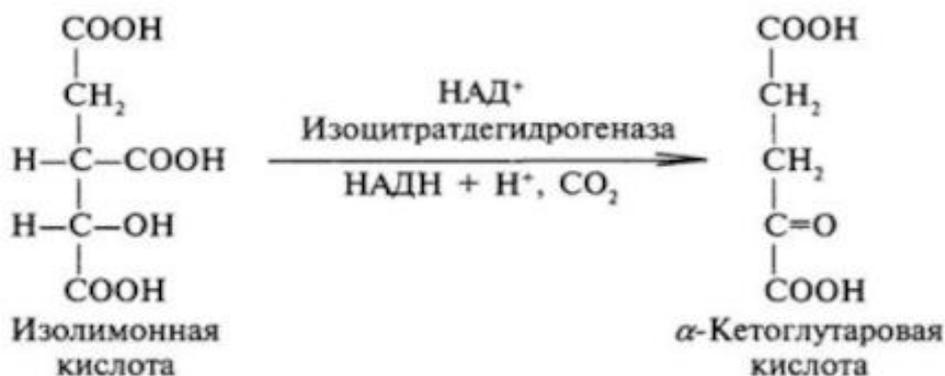


## $\alpha$ -оксоглутаровая кислота



2-оксопентандиовая  
кислота,  
 $\alpha$ -кетоглутаровая  
кислота

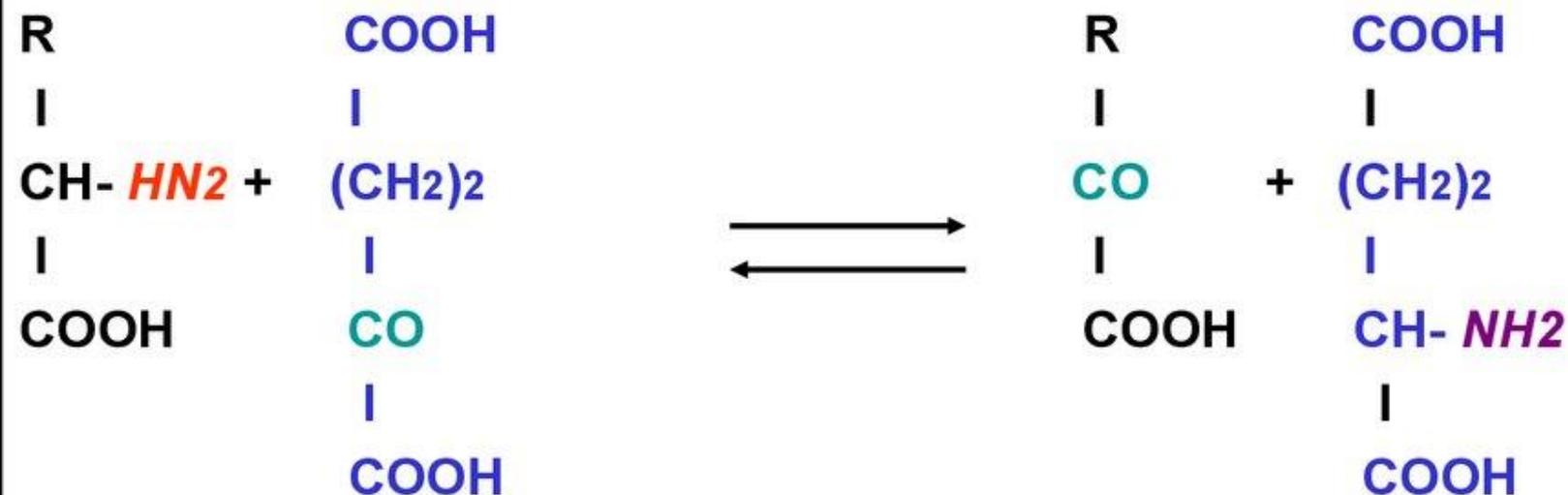
**Ключевой продукт цикла Кребса, образуется в результате декарбоксилирования изолимонной кислоты.**



$\alpha$ -Кетоглутарат — один из  
важнейших переносчиков аммиака в  
метаболических путях.

Аминогруппы от аминокислот  
прикрепляются к  $\alpha$ -кетоглутарату в  
реакции трансаминирования и  
переносятся в печень, попадая в  
ЦИКЛ МОЧЕВИНЫ.

## Трансаминирование

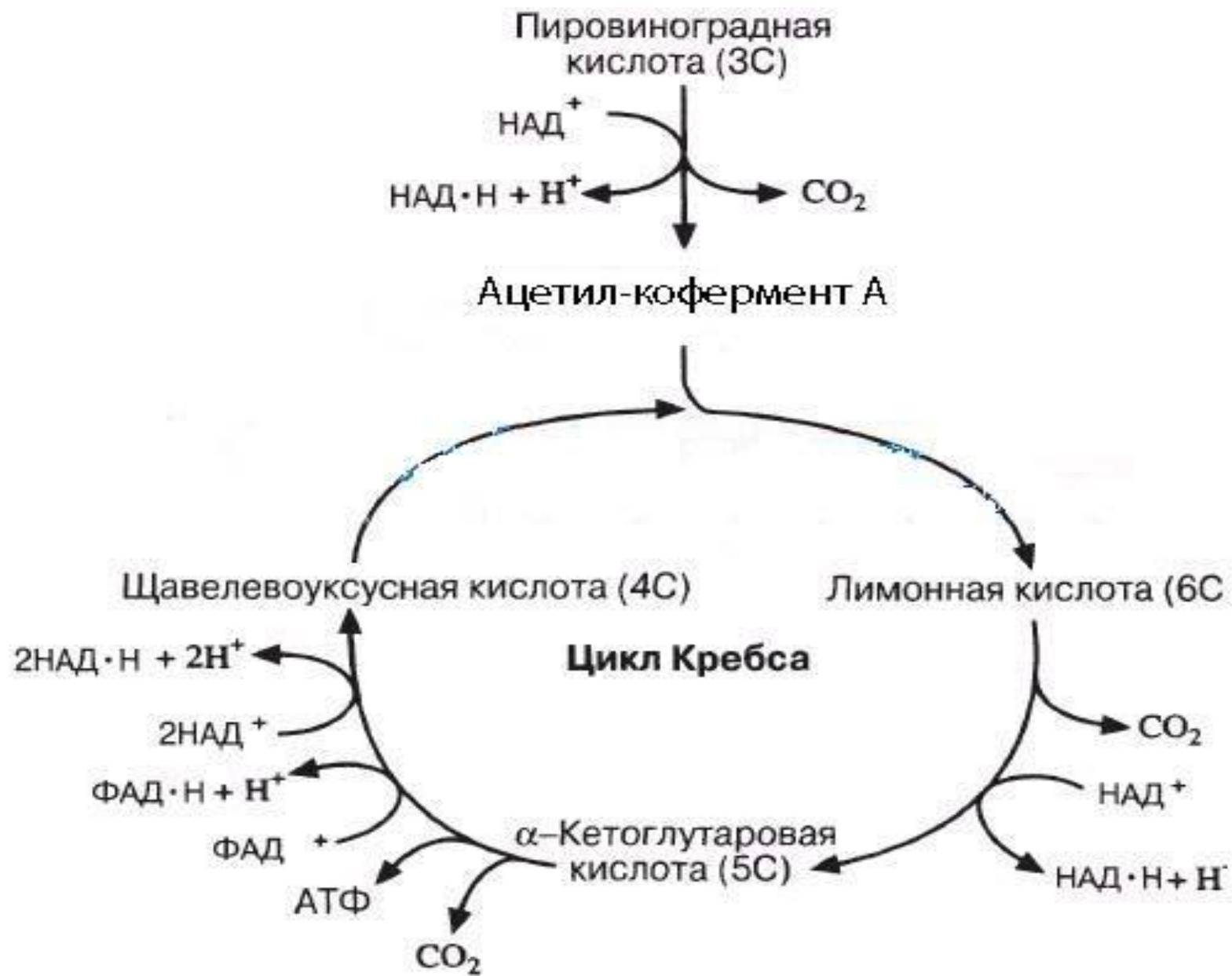


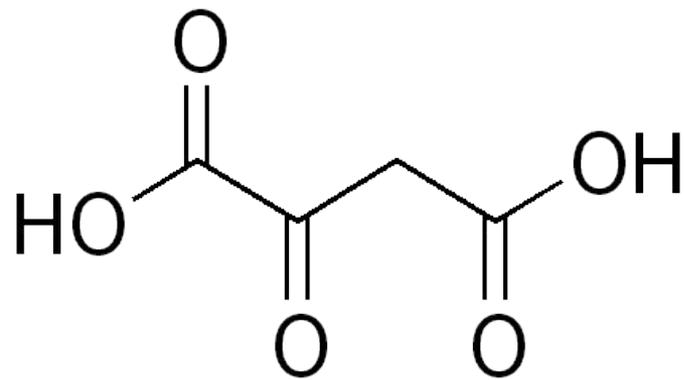
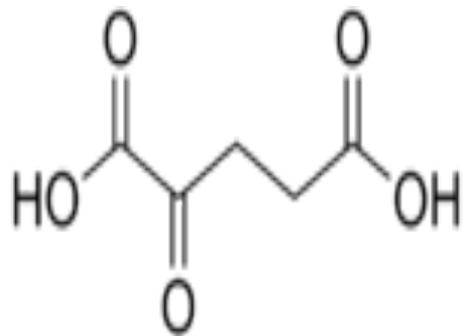
Трансаминированию подвергаются большинство аминокислот. Однако, основные доноры аминогрупп – **глу, асп, ала**;

Основные акцепторы аминогрупп **L-кетоглутаровая кислота** (превращается в глутаминовую),  
**щавелевоуксусная** (превращается в аспарагиновую),  
**пировиноградная** ( превращается в аланин).

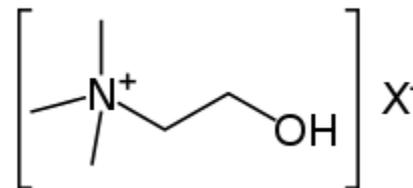
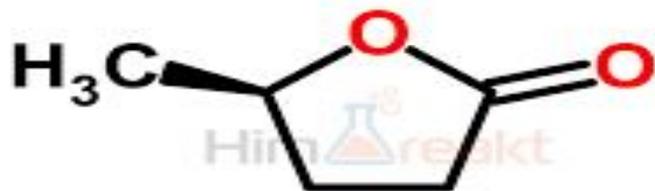
Конечный акцептор – **L-кетоглутаровая кислота**(коллекторная функция), которая превращается в глутаминовую.

Глутаминовая кислота – далее подвергается прямому окислительному дезаминированию





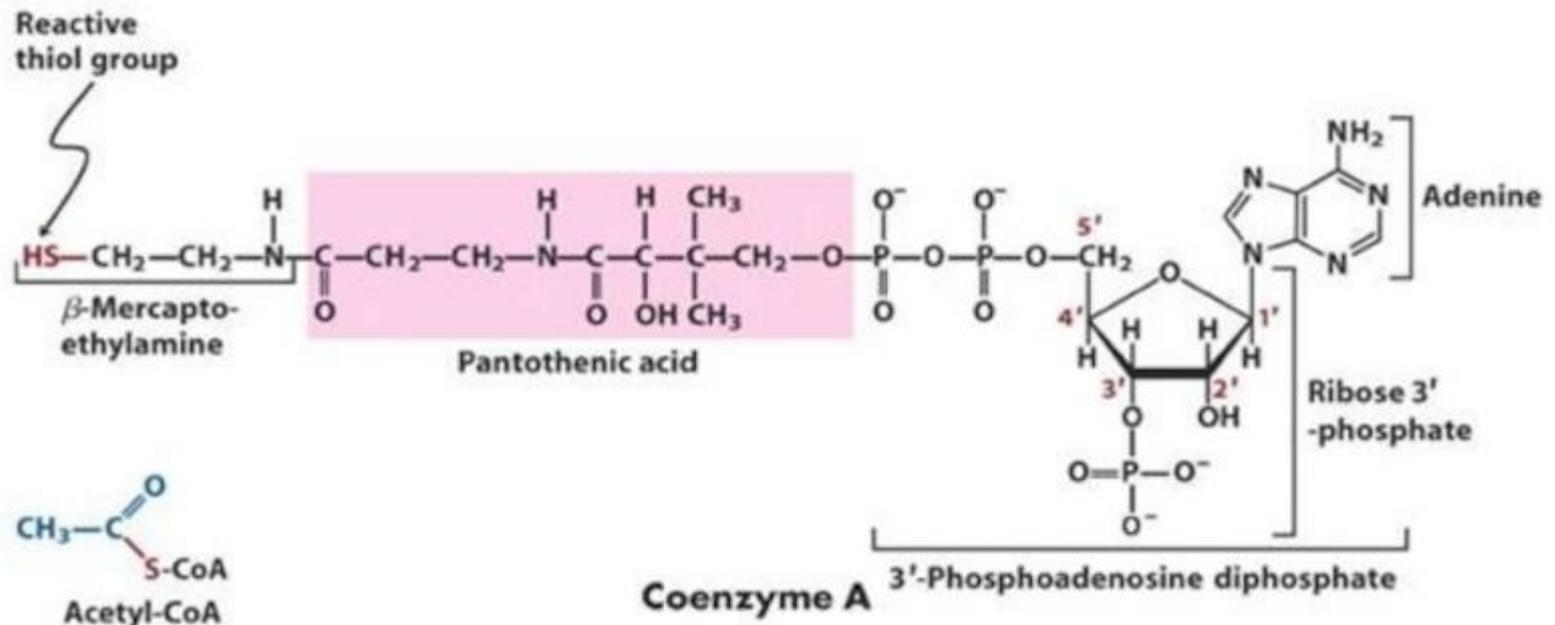
Спасибо за внимание!



## Тиоэфирная связь

$$\Delta G^{0'} = - 34 \text{ кДж/моль.}$$

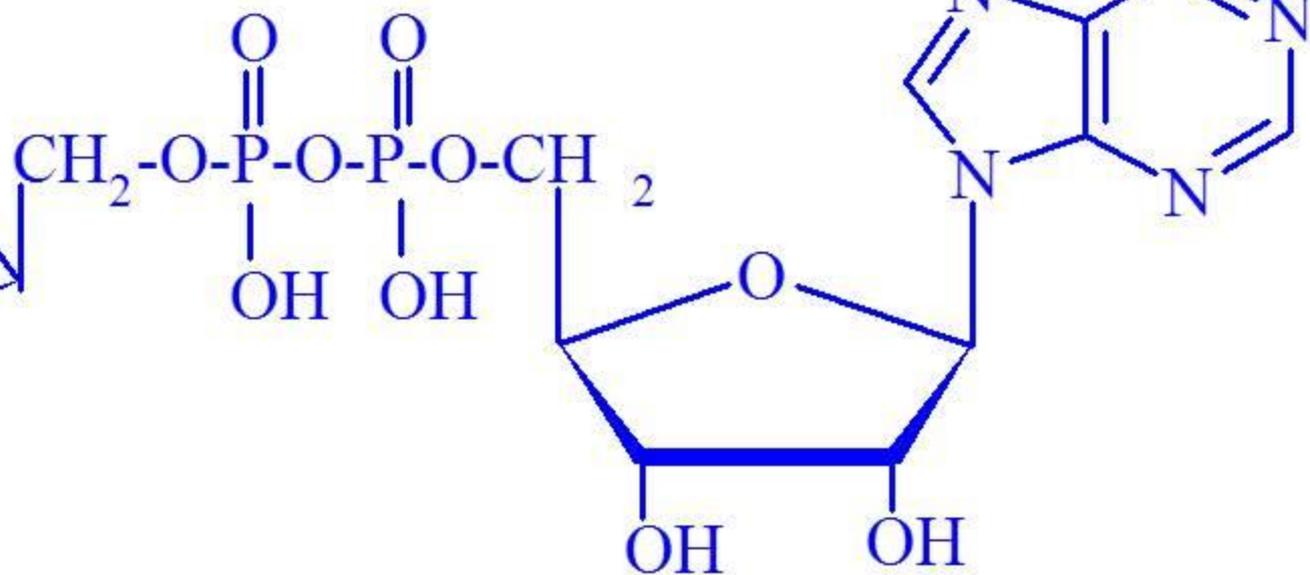
Представители: ацетил-КоА, сукцинил-КоА.



**НИКОТИНАМИД**



**аденин**



**Никотинамидадениндинуклеотид (НАД<sup>+</sup>)**



## S-аденозилметионин (SAM)

