



**ЛЕКЦИЯ**

**СТРОЕНИЕ И ФУНКЦИИ  
ЛИПИДОВ.**

**ПЕРЕВАРИВАНИЕ И  
ВСАСЫВАНИЕ ЛИПИДОВ.  
ОКИСЛЕНИЕ ЖИРНЫХ  
КИСЛОТ.**

# Классификация липидов по химической структуре:

## Липиды

### Производные жирных кислот

### Производные изопрена

Простые липиды

Сложные липиды

Производные полиеновых жирных кислот (простагландины)

Стерины (зоостерин)

Стериды (зоостерид)

Нейтральные жиры

Фосфолипиды

Гликолипиды

холестерин, желчные кислоты, стероидные гормоны, терпеноиды, каротиноиды, витамин D

Ганглиозиды

Цереброзиды

Церебросульфаты

Воска

Глицерофосфолипиды (фосфатидилхолин, фосфатидилэтаноламин, фосфатидилсерин, фосфатидилинозитол,

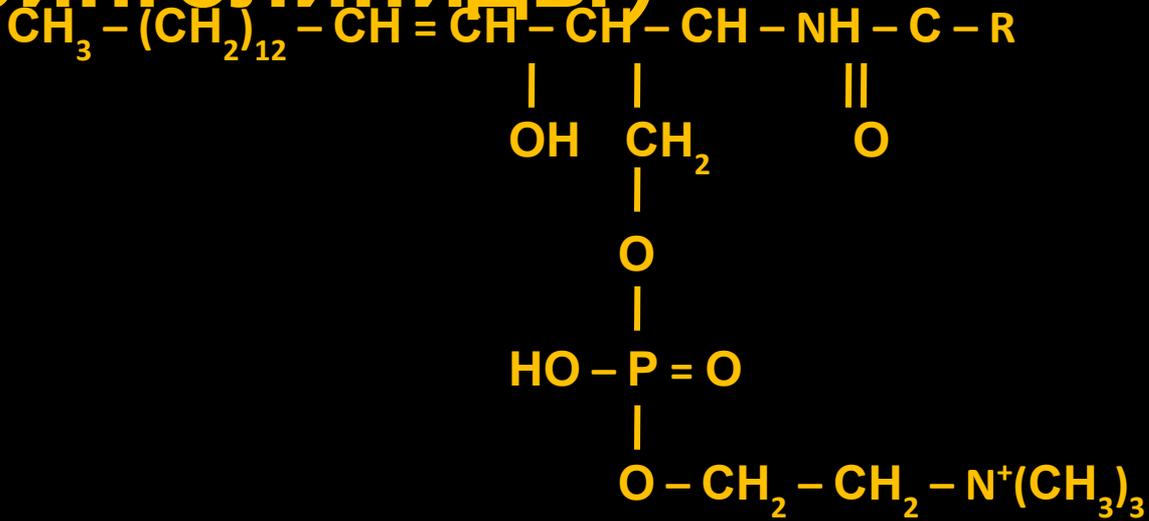
Сфинголипиды (сфингомиелин)

# Строение жирных кислот

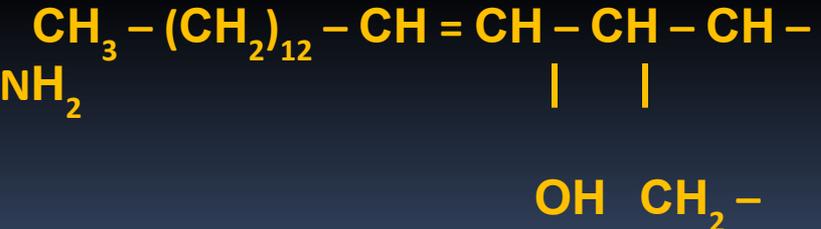
Название	Cn:m	Структура кислоты
<b>НАСЫЩЕННЫЕ</b>		
Пальмитиновая	C16:0	$\text{CH}_3 - (\text{CH}_2)_{14} - \text{COOH}$
Стеариновая	C18:0	$\text{CH}_3 - (\text{CH}_2)_{16} - \text{COOH}$
<b>МОНОЕНАСЫЩЕННЫЕ</b>		
Олеиновая	C18:1 $\Delta$ 9	$\text{CH}_3 - (\text{CH}_2)_7 - \text{CH}=\text{CH} - (\text{CH}_2)_7 - \text{COOH}$
<b>ПОЛИЕНАСЫЩЕННЫЕ</b>		
Линолевая	C18:2 $\Delta$ 9,12	$\text{CH}_3 - (\text{CH}_2)_4 - \text{CH}=\text{CH} - \text{CH}_2 - \text{CH}=\text{CH} - (\text{CH}_2)_7 - \text{COOH}$
Линоленовая	C18:3 $\Delta$ 9,12,15	$\text{CH}_3 - (\text{CH}_2)_7 - \text{CH}=\text{CH} - \text{CH}_2 - \text{CH}=\text{CH} - \text{CH}_2 - \text{CH}=\text{CH} - \text{CH}_2 - \text{COOH}$
Арахидиновая	C20:4 $\Delta$ 5,8,11,14	$\text{CH}_3 - (\text{CH}_2)_4 - \text{CH}=\text{CH} - \text{CH}_2 - \text{CH}=\text{CH} - \text{CH}_2 - \text{CH}=\text{CH} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}=\text{CH} - (\text{CH}_2) - \text{COOH}$

# Сфингофосфолипиды

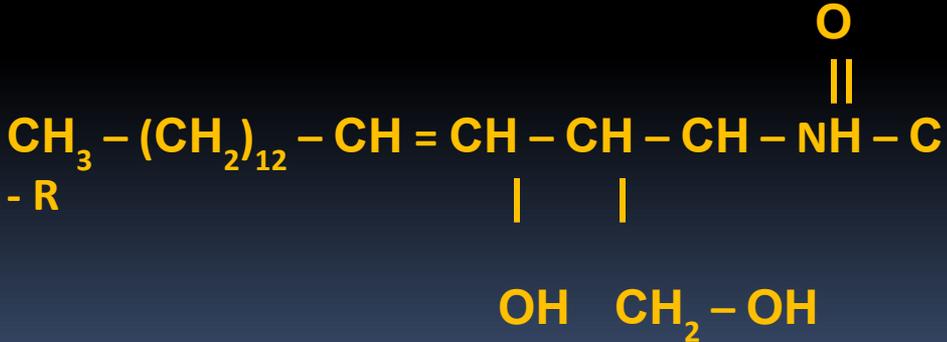
## (сфинголипиды)



## Сфингомиелин



ОН  
СФИНГОЗИН



ЦЕРАМИД

# Этапы расщепления и всасывания продуктов гидролиза :

1. Эмульгирование липидов;
2. Частичный ступенчатый гидролиз;
3. Мицеллообразование и всасывание продуктов гидролиза;
4. Активация и ресинтез липидов в энтероцитах;
5. Образование транспортных форм липидов (ХМ)

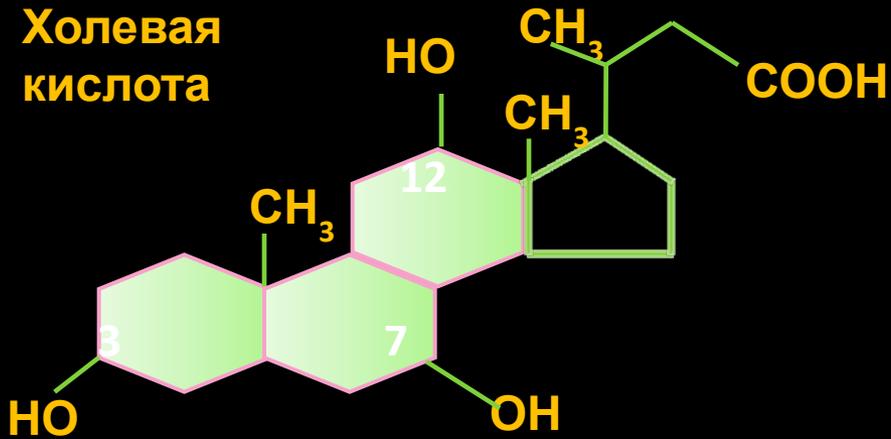
# Эмульгирование липидов

## Желчные кислоты:

Первичные: Холевая,  
Дезоксихолевая, хенодезоксихолевая

Вторичные:  
Литохолевая

Холевая  
кислота

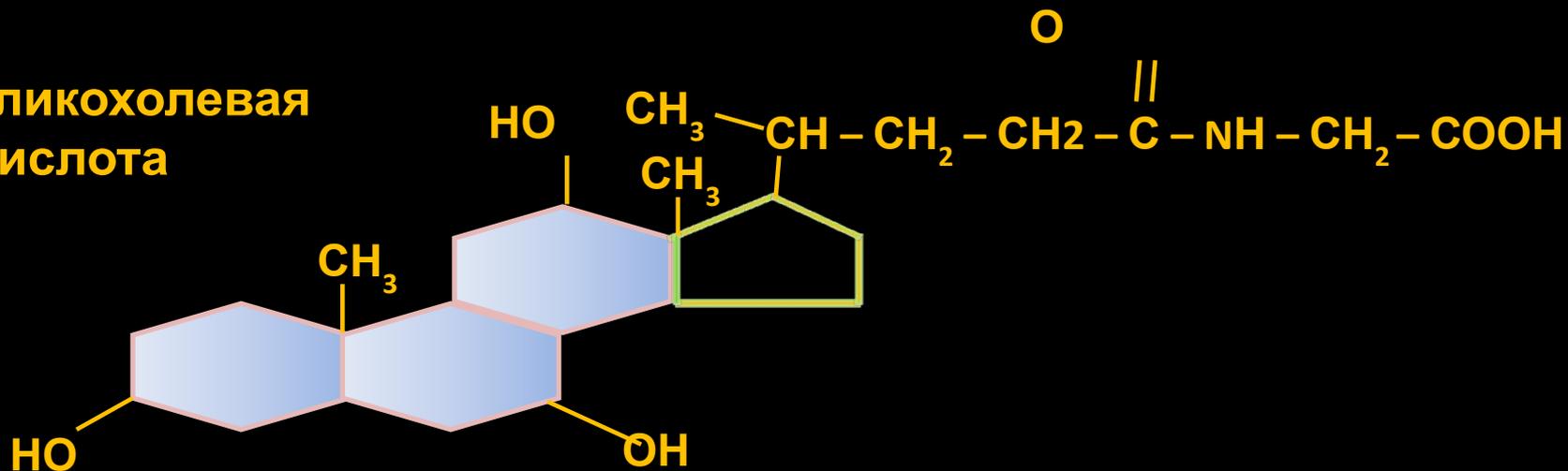


Хенодезоксихо-  
левая кислота

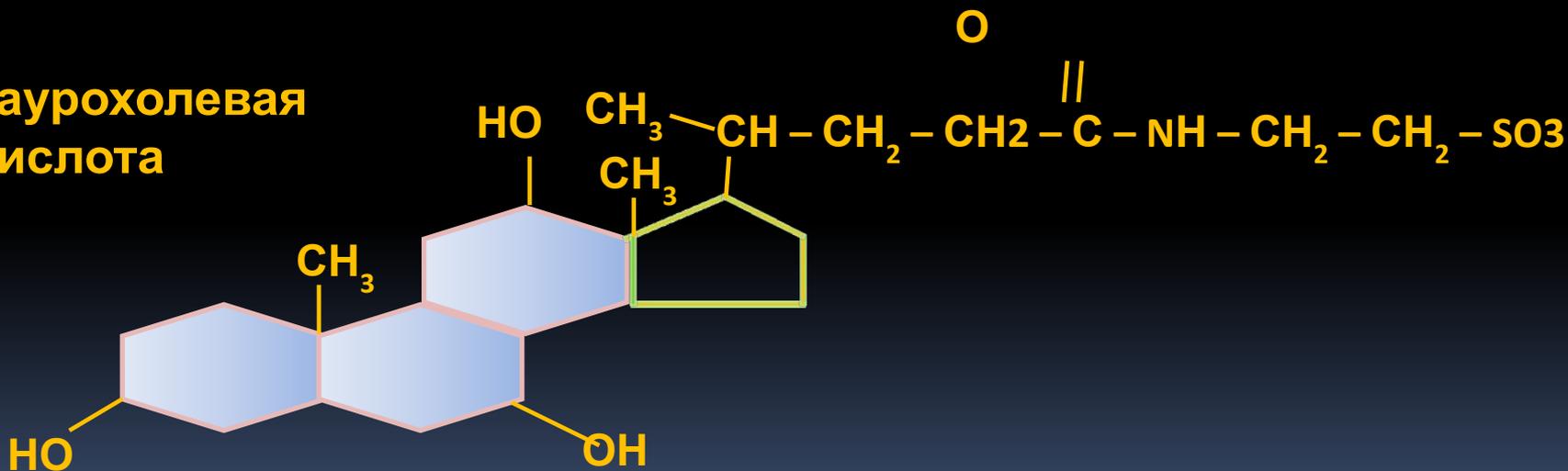


# Конъюгированные формы желчных кислот

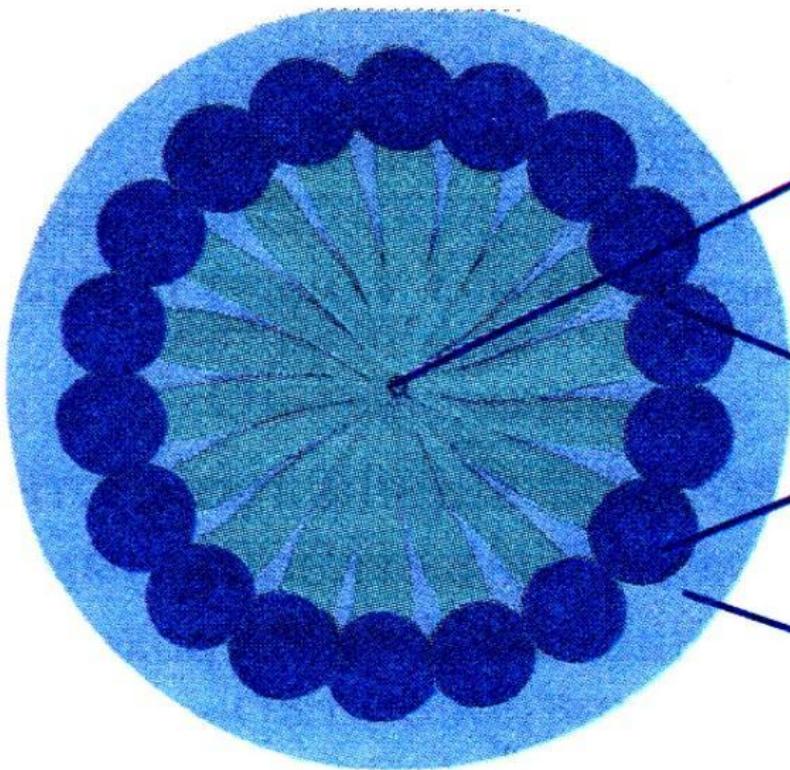
гликохолевая  
кислота



таурохолевая  
кислота



# Капелька эмульсии



Эмульсионная  
(мицеллярная)  
частица

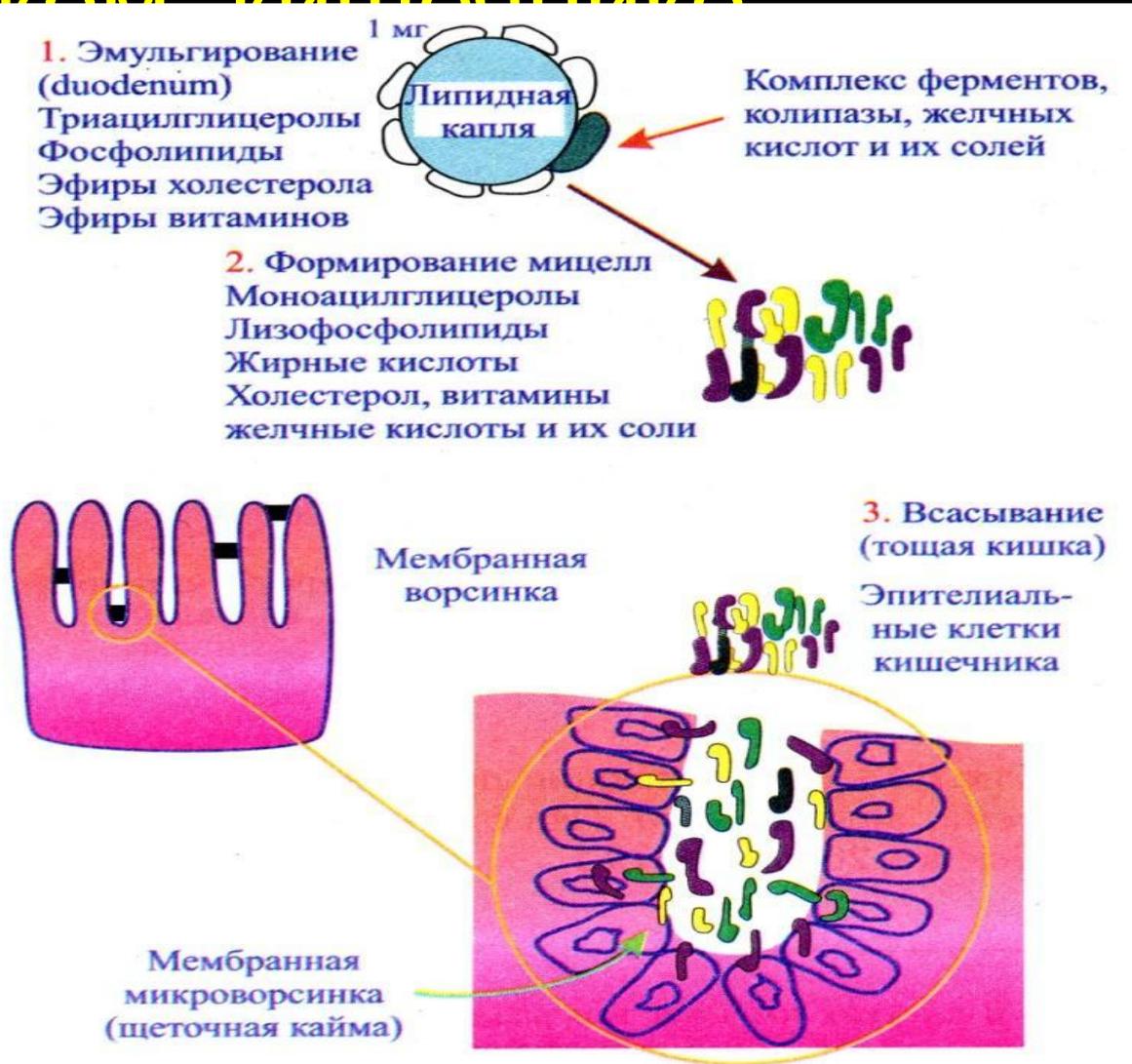
Гидрофильные  
участки желчных  
кислот

Водное  
окружение

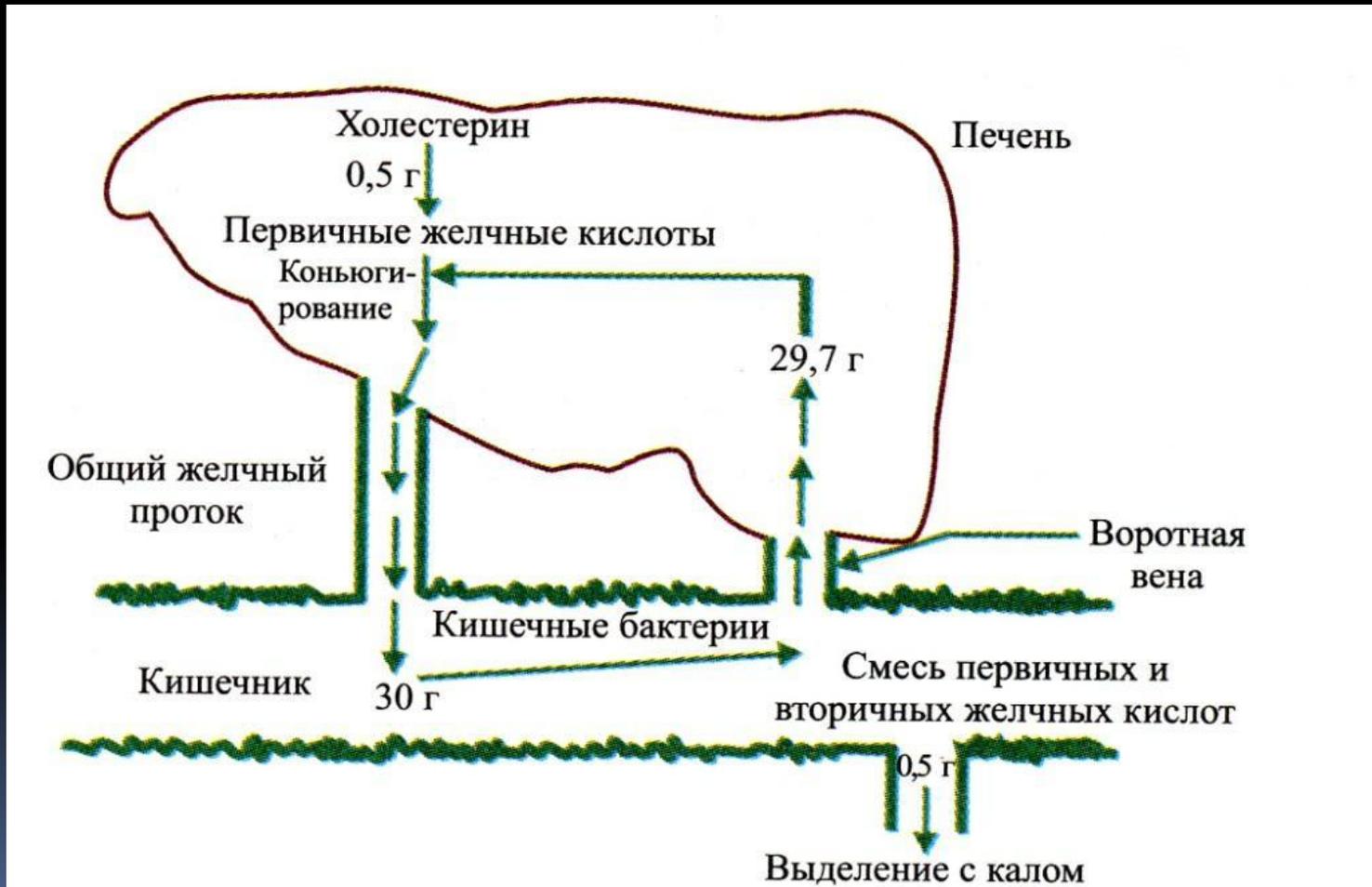
# Частичный, ступенчатый гидролиз



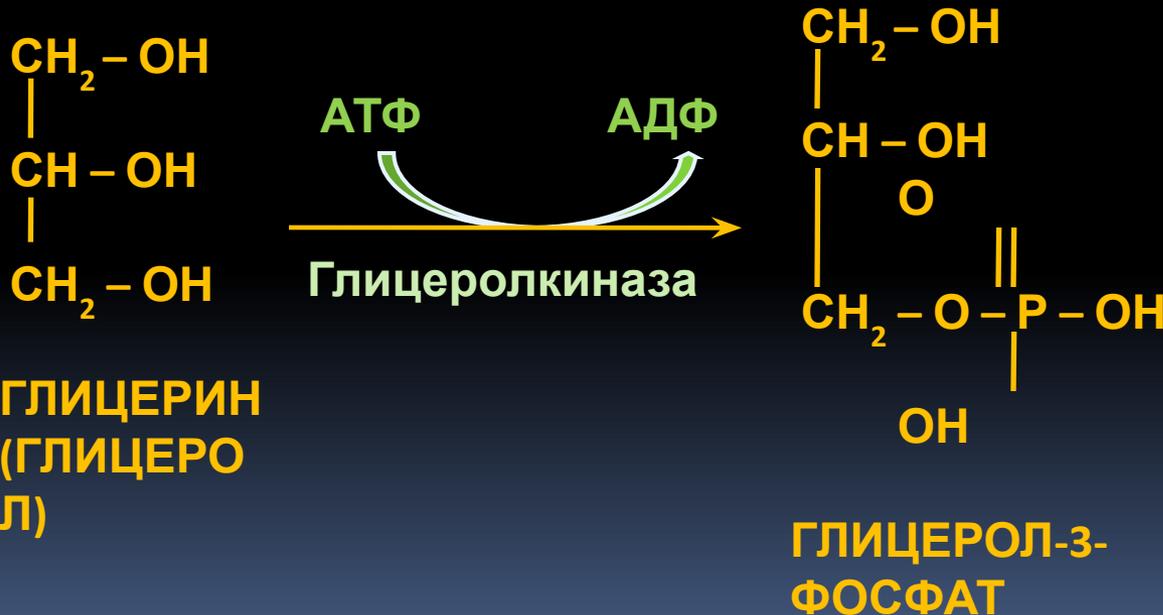
# Переваривание липидов в тонком кишечнике



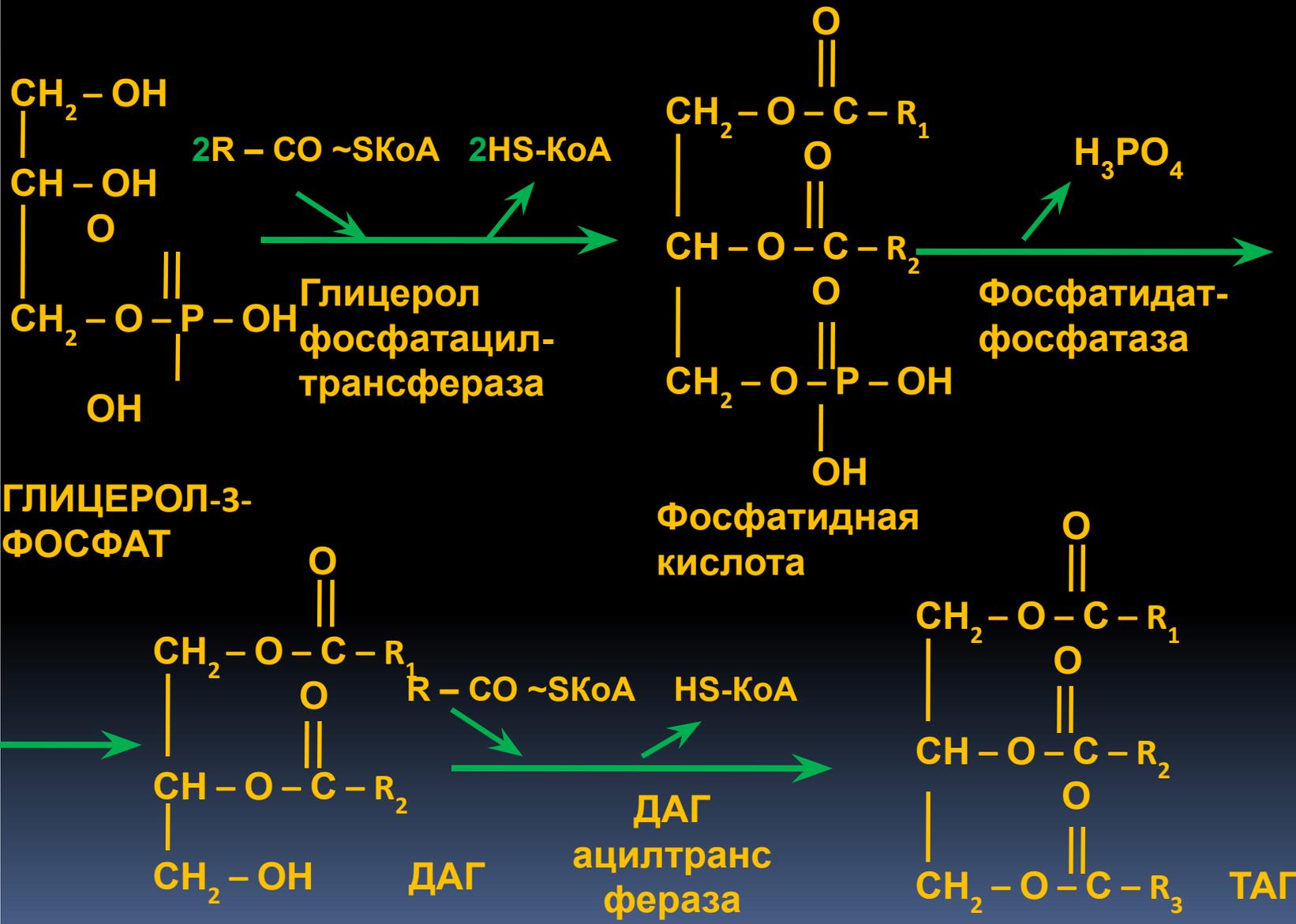
# Печеночно-кишечная рециркуляция желчных кислот



# Активация продуктов гидролиза

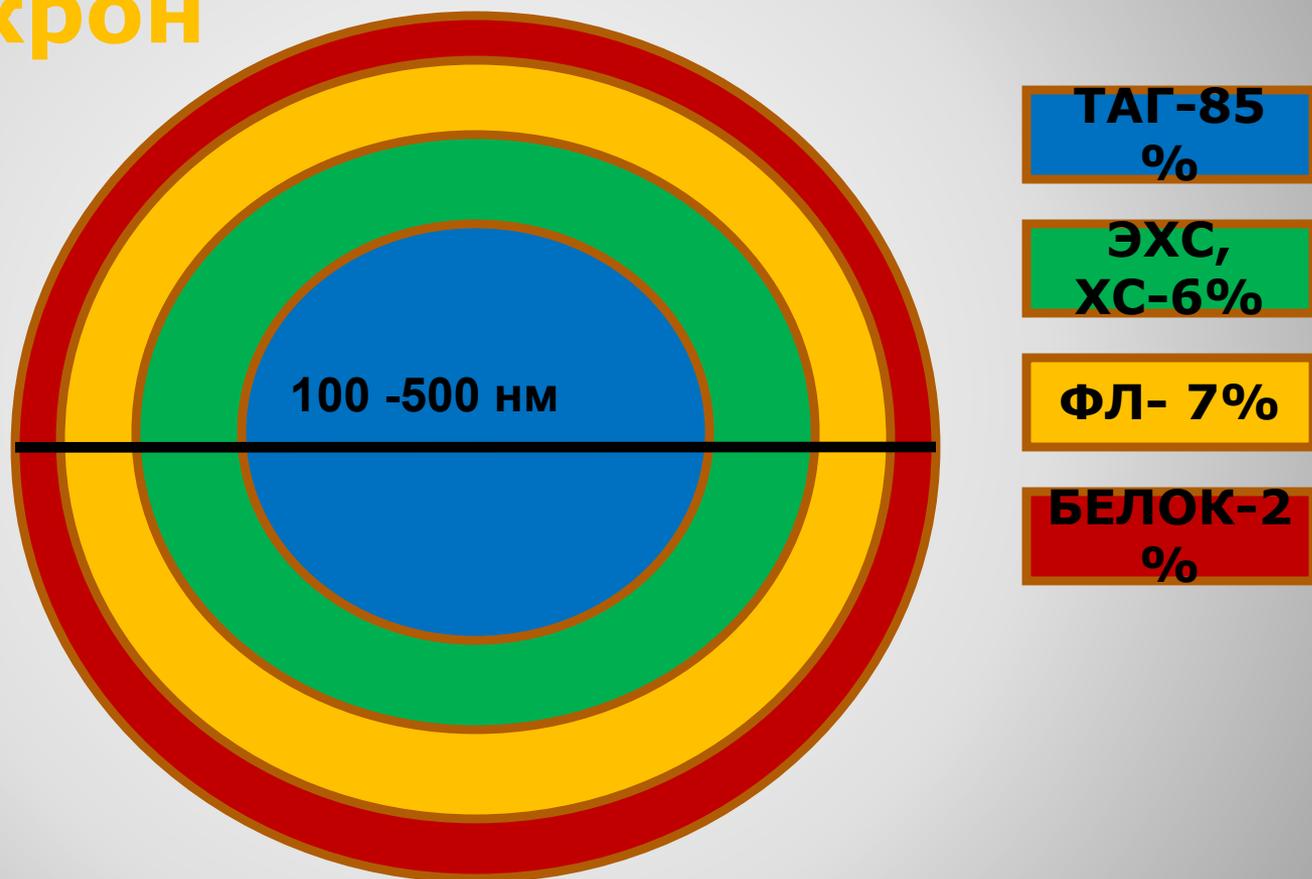


# Ресинтез продуктов гидролиза

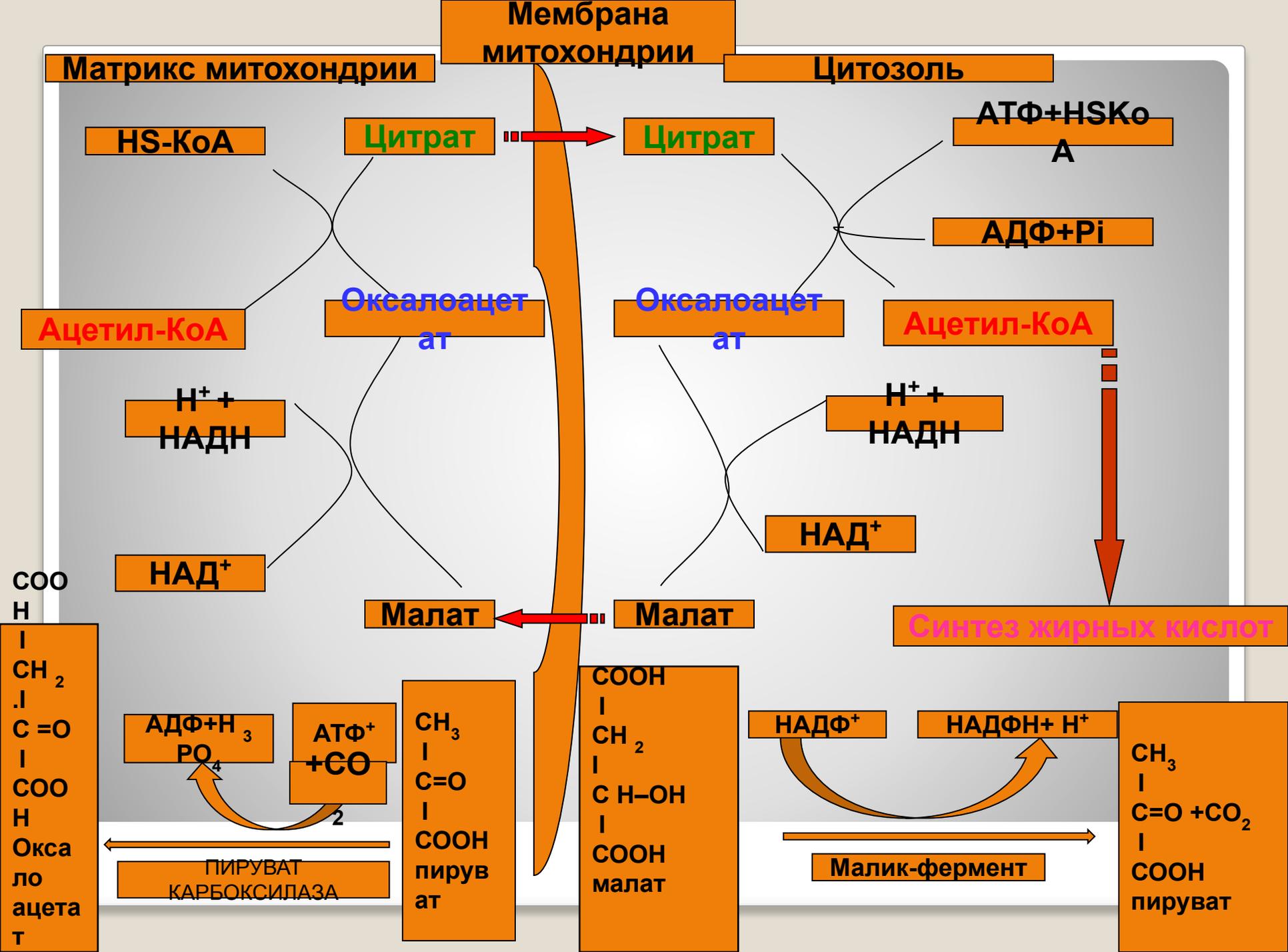


# Синтез высших жирных кислот

# Транспортная форма липидов - хиломикрон

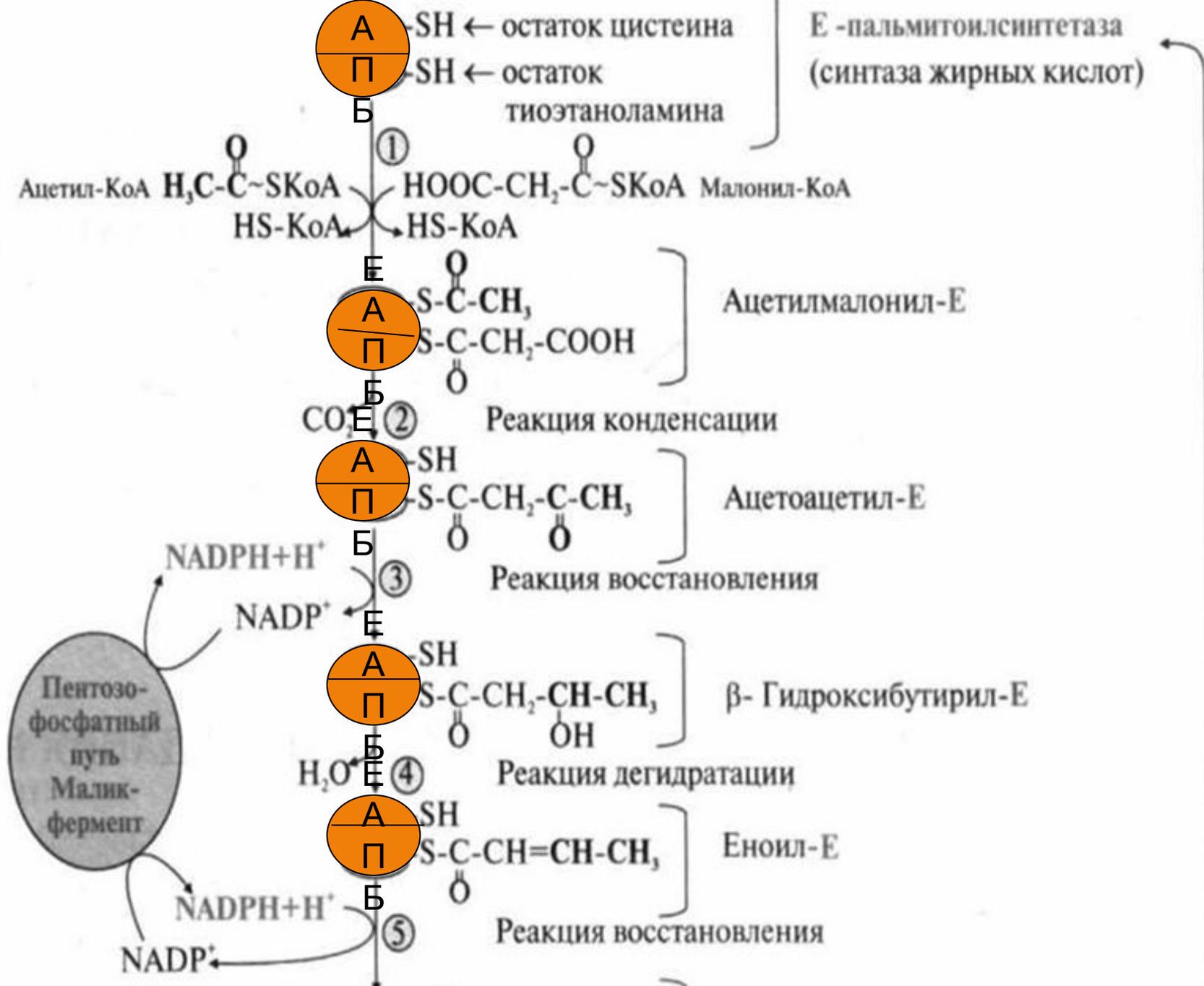


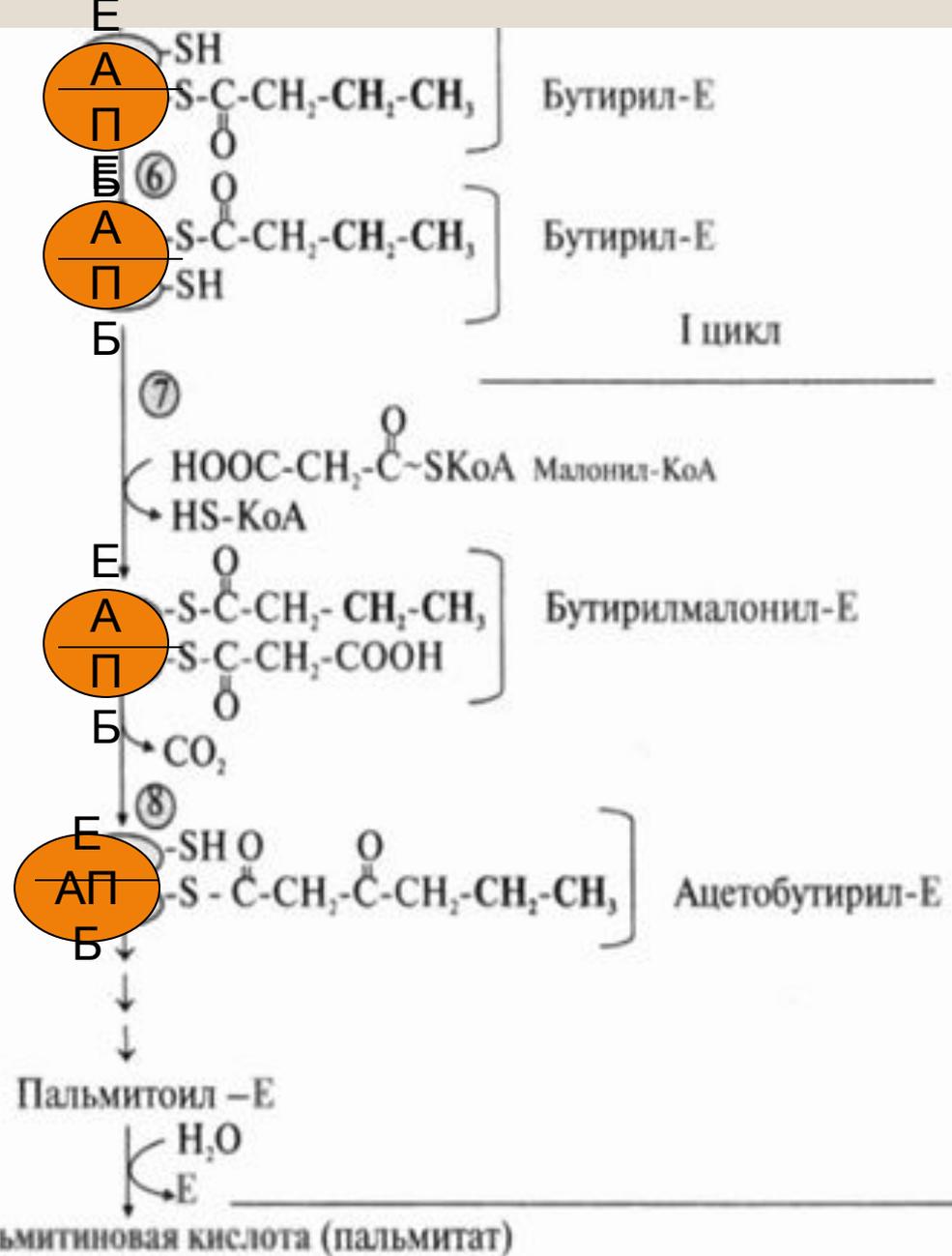
ТАГ - триацилглицерид;  
ЭХС - этерифицированный холестерин;  
ХС - холестерин; ФЛ - фосфолипиды;



# Образование малонил-КоА

- $\text{CO}_2 + \text{АТФ} + \text{биотин-фермент} \longrightarrow$   
карбоксибиотин-фермент +  $\text{АДФ} + \text{P}_i$
  - Карбоксибиотин-фермент +  $\text{CH}_3\text{-CO-SКоА}$
  - $\text{HOOC-CH}_2\text{-CO-SКоА} + \text{биотин-фермент} \longrightarrow$
- $\longrightarrow$  Малонил-Ко А





# ОКИСЛЕНИЕ ЖИРНЫХ КИСЛОТ

## 1. Подготовительный этап:

- активация жирной кислоты;
- транспорт жирной кислоты в матрикс митохондрий;

## 2. Окислительный этап ( $\beta$ -окисление);

- реакция дегидрирования
- реакция гидратации
- реакция дегидрирования
- тиолазная реакция

## 3. ЦТК (окисление ацетил КоА до $\text{CO}_2$ и $\text{H}_2\text{O}$ ).

# АКТИВАЦИЯ ЖИРНОЙ КИСЛОТЫ



ацил-КоА синтетаза

## Транспорт активной формы жирной кислоты в митохондрии

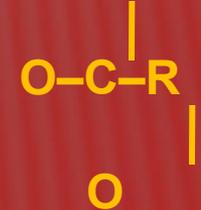
ЦИТОЗОЛЬ



Ацил-КоА

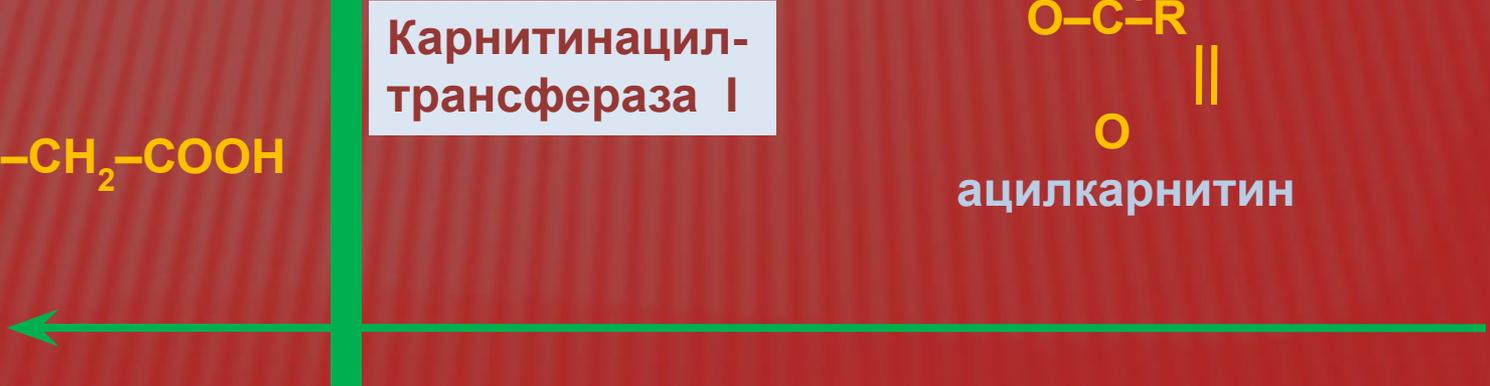


+



ацилкарнитин

Карнитинацил-  
трансфераза I



ОН

карнитин

Наружная мембрана

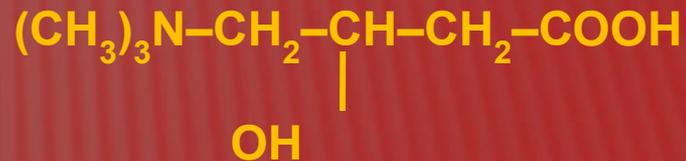
Матрикс  
митохондрий

HSKoA



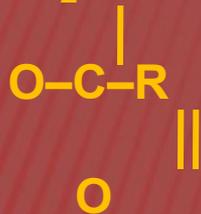
Ацил-КоА

+



карнитин

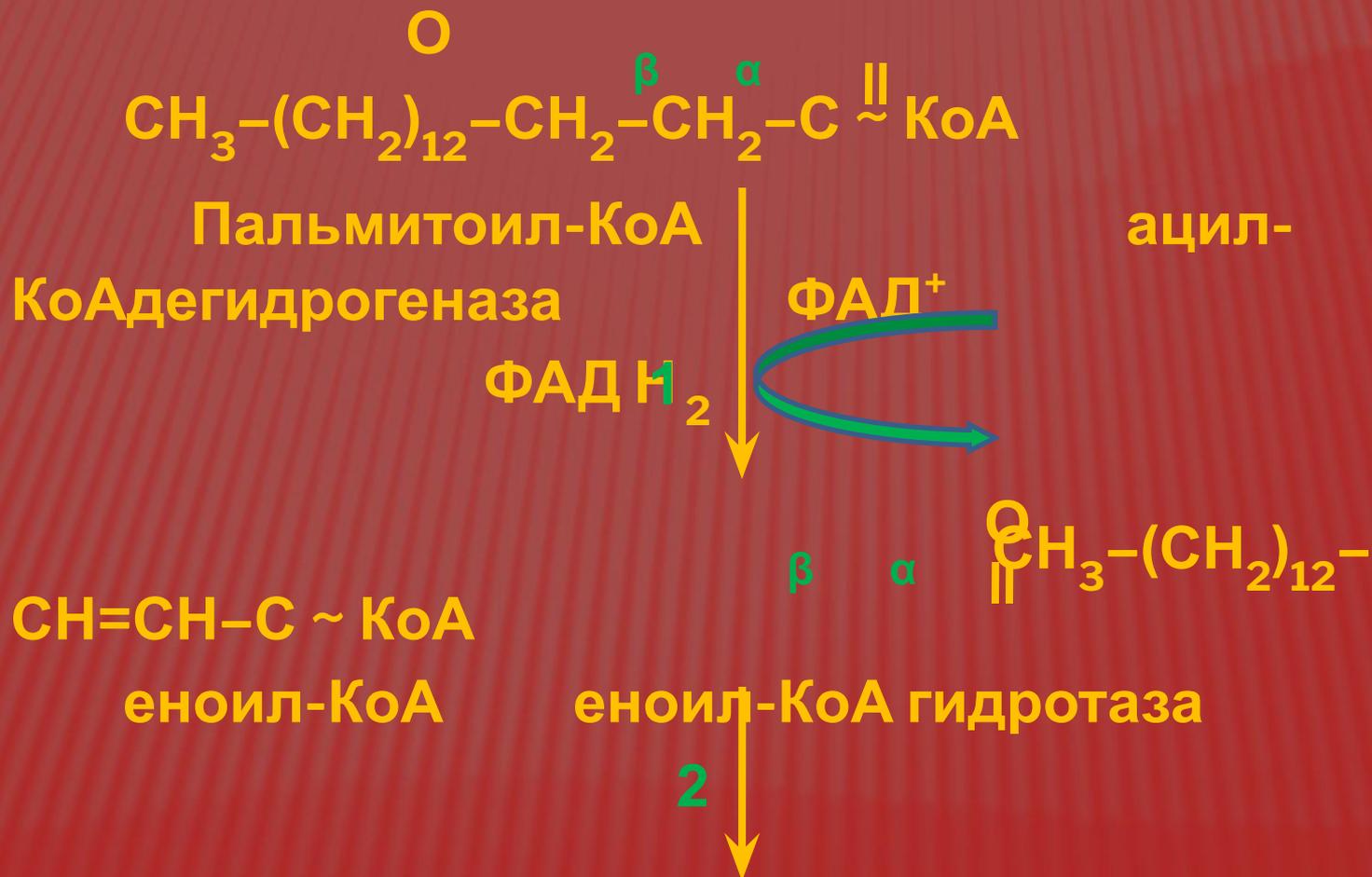
Карнитинацил-  
трансфераза II



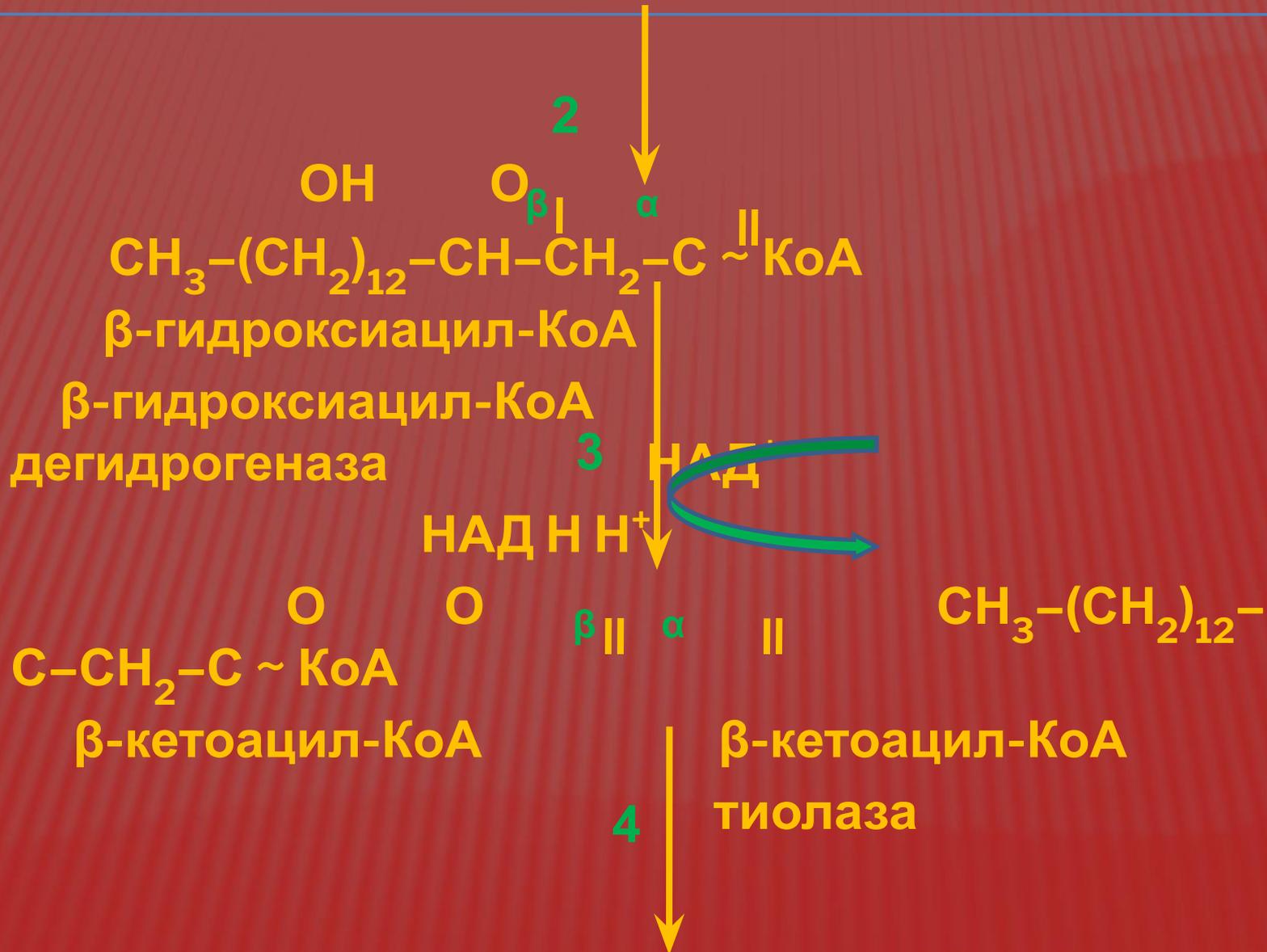
ацилкарнитин

Внутренняя  
мембрана

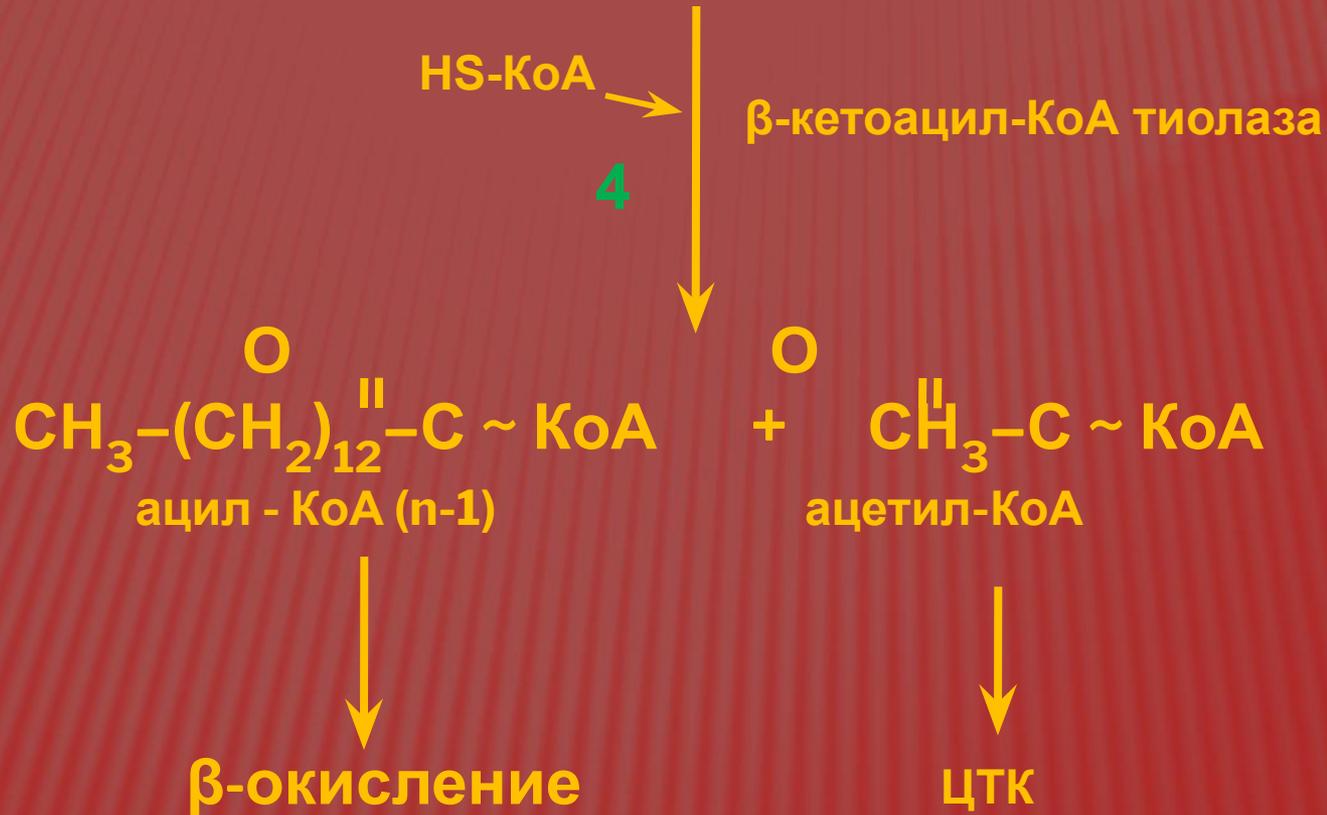
# В-ОКИСЛЕНИЕ ЖИРНЫХ КИСЛОТ



# β-ОКИСЛЕНИЕ ЖИРНЫХ КИСЛОТ



# β-ОКИСЛЕНИЕ ЖИРНЫХ КИСЛОТ



## Энергетический баланс

---

При каждом цикле  $\beta$ -окисления образуется 1 молекула ФАД $\cdot$ Н<sub>2</sub> и 1 молекула НАД $\cdot$ Н<sub>2</sub>. Всего за один цикл образуется 5 молекул АТФ (3 молекулы за счет НАД $\cdot$ Н<sub>2</sub> и 2 молекулы за счет ФАД $\cdot$ Н<sub>2</sub>).

При окислении пальмитиновой кислоты проходит 7 циклов  $\beta$ -окисления, что ведет к образованию  $5 \times 7 = 35$  молекул АТФ. В процессе  $\beta$ -окисления пальмитиновой кислоты образуется 8 молекул ацетил-КоА. Каждая из которых, сгорая в ЦТК, дает 12 молекул АТФ. Т.о., 8 молекул дадут  $12 \times 8 = 96$  молекул АТФ. Следовательно, при окислении пальмитиновой кислоты образуется  $35 + 96 = 131$  молекул АТФ. однако