



## *Кафедра биологической и общей химии*

Строение и переваривание липидов. Классификация и роль жирных кислот.

Нутриомика. Липофильных соединений. Бета-окисление жирных кислот.

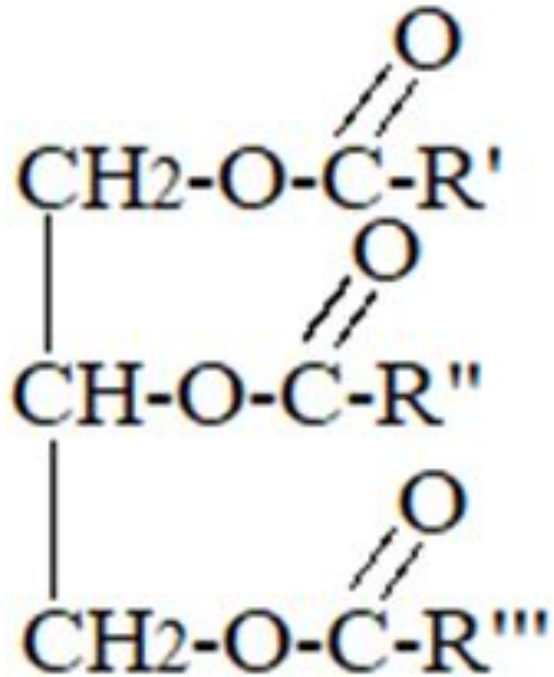
# ЛИПИДЫ

- Липиды- гидрофобные соединения клеток и тканей, которые могут быть экстрагированы неполярными органическими растворителями.
- 1 класс: ТГ триглицериды = 3-ацилглицериды = жиры
- 2 класс: глицерофосфолипиды
- 3 класс: сфинголипиды



- 4 класс: холестерол и его сложные эфиры
- 5 класс: ВЖК (С6-С22)

# ТРИАЦИЛГЛИЦЕРИДЫ

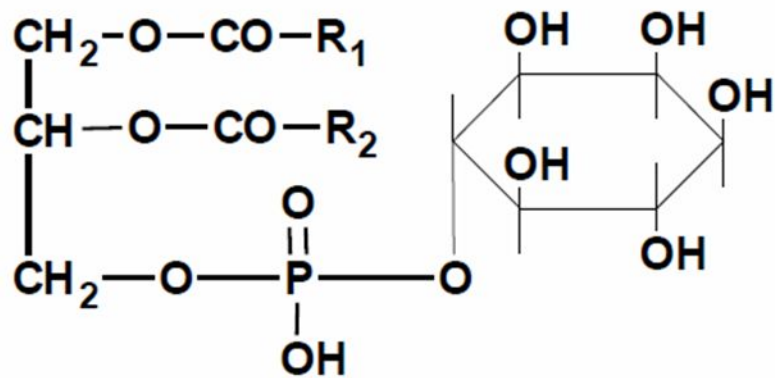


Роль ацилглицеридов в организме:

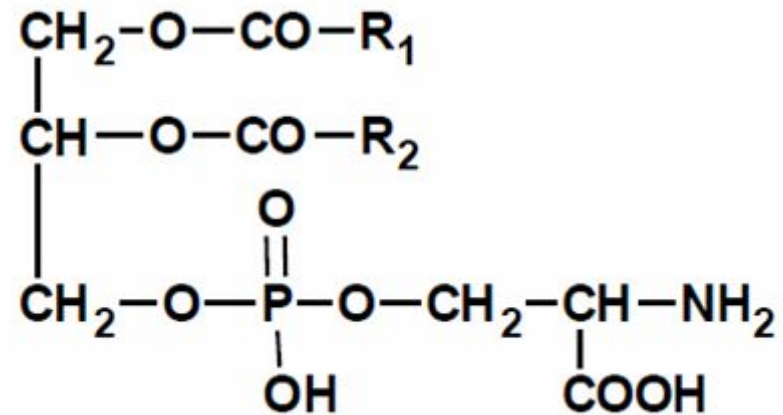
- 1) Основная: Резервная или запасаящая в состав мембран не входят в отличие от запасов гликогена – нет, поэтому ожирение
- 2) Механическая
- 3) Терморегуляторная
- 4) МАГ – амфифильные вещества (ПРОМЕЖУТОЧНЫЕ ВЕЩЕСТВА В ОБМЕНЕ ацилглицеридов)
- 5) ДАГ – ВТОРИЧНЫЕ МЕССЕНДЖЕРЫ

# Структура глицерофосфолипидов

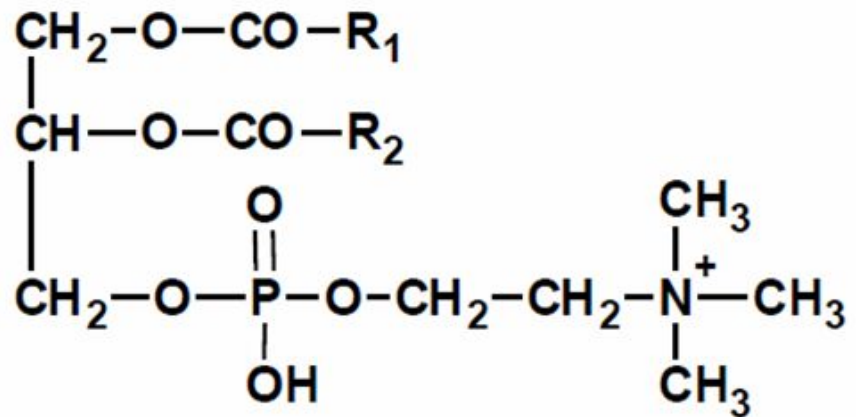
- Глицерин + фосфорная группа + аминокислота



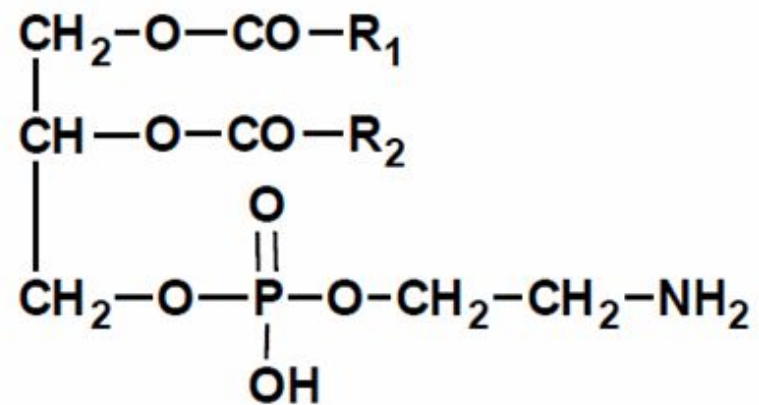
Фосфатидилинозитол



Фосфатидилсерин

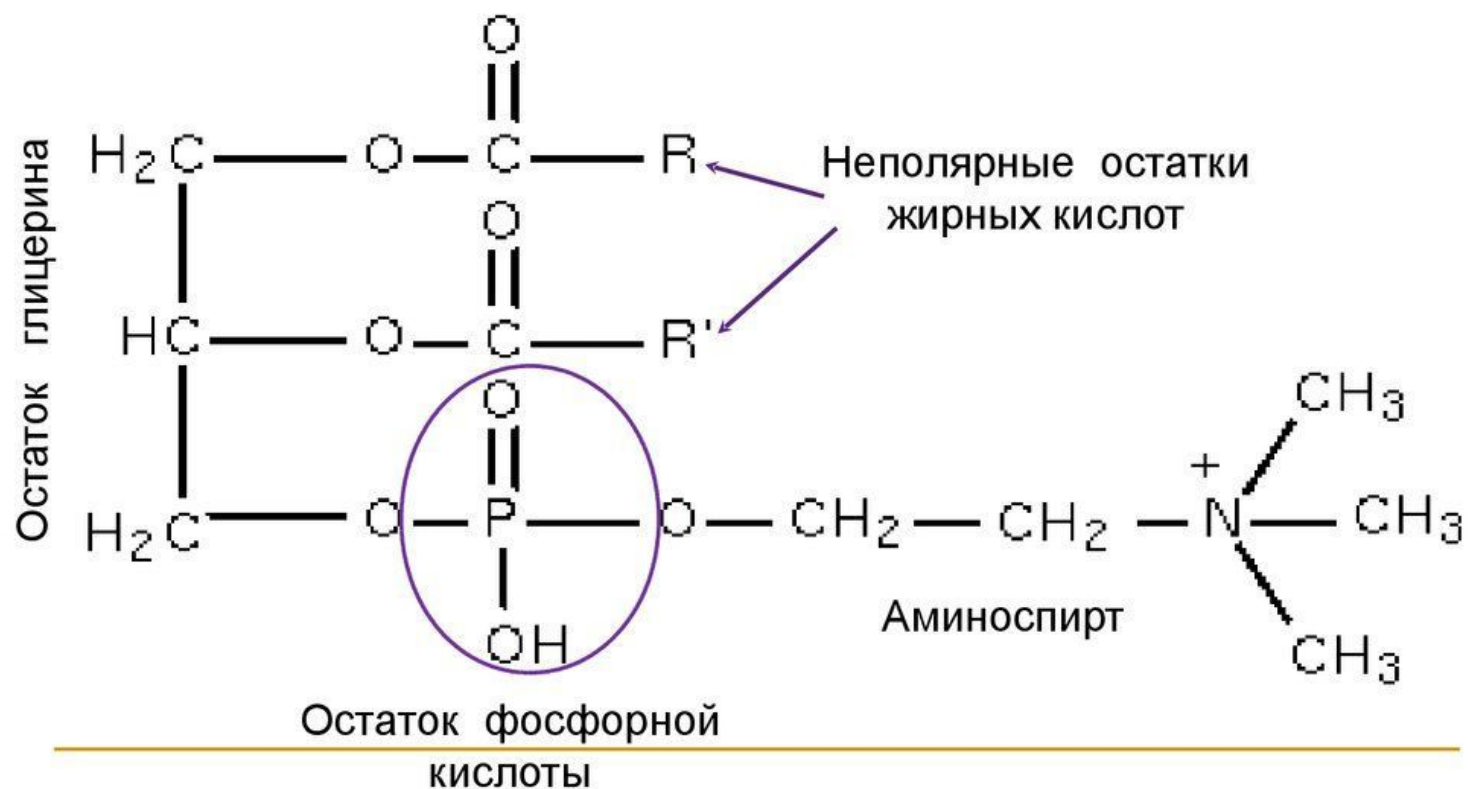


Фосфатидилхол  
ин

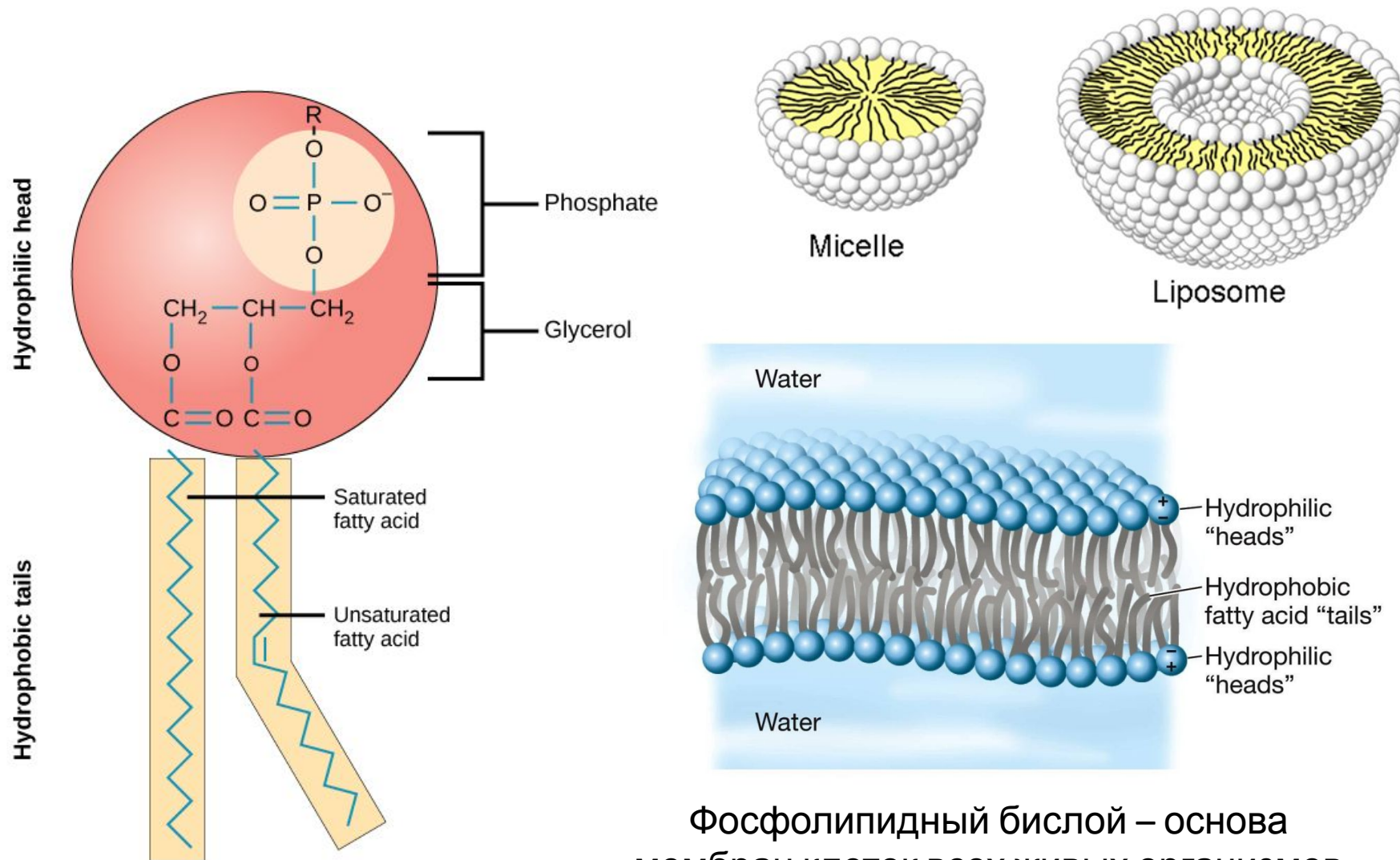


Фосфатидилэтанолам  
ин

## Фосфатидилхолин (лецитин)



# Функции фосфолипидов



Фосфолипидный бислой – основа мембран клеток всех живых организмов

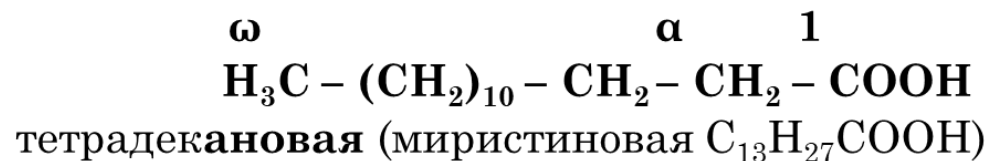
<b>ФЛ</b>	<b>Основа клеточных мембран Многие обладают свойствами БАВ</b>
Фосфатидилхолин (лецитин)	Составляет ~50% суммы всех ФЛ клетки. Формирование, развитие и функционирование ЦНС, репарация, один из основных материалов печени, транспортное средство питательных веществ, витаминов и лекарств, антиоксидант, антиатерогенный фактор. Дипальмитиллецитин – составляющая сурфактанта легких
Фосфатидилэтаноламин (кефалин)	Предшественник в синтезе фосфатидилхолина
Фосфатидилсерин	Дифференцировка нейронов, регенерация, синтез и секреция нейромедиаторов, проведение нервного импульса
Фосфатидилинозитол	Фосфатидилинозитолдифосфат - предшественник вторичных посредников трансмембранной передачи сигнала (ДАГ + ИФ <sub>3</sub> )
Лизофосфолипиды	Лизолецитин - продукт отщепления от лецитина одной молекулы жирной кислоты во втором положении. Наибольшее количество отмечается в крови и надпочечниках. Регулирует проницаемость биологических мембран, сосудов, вызывает гемолиз эритроцитов, снижает чувствительность сердца к ацетилхолину.



Фосфатидная кислота	Промежуточное соединение в синтезе ТАГ и ФЛ
Фосфатидилглицеролы	Кардиолипин (дифосфатидилглицерол) участвует в процессах тканевого дыхания и окислительного фосфорилирования
Плазмалогены	В структурном отношении родственны фосфатидилэтаноламину, но в положении С1 имеют простую эфирную связь, образованную альдегидом ЖК. Участвуют в клеточном обмене полиненасыщенных ЖК
Сфингомиелин	Содержит холин. Высокое содержание в нервной ткани
Гликолипиды	Внешняя поверхность ЦПМ, межклеточные взаимодействия, рецепторы, определяют группу крови (ABO). Высокое содержание в нервной ткани

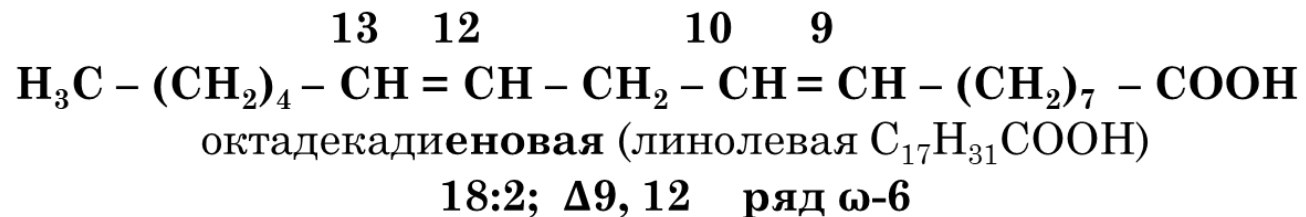
# Высшие жирные кислоты

**Насыщенные:**  $C_n H_{2n+1} COOH$



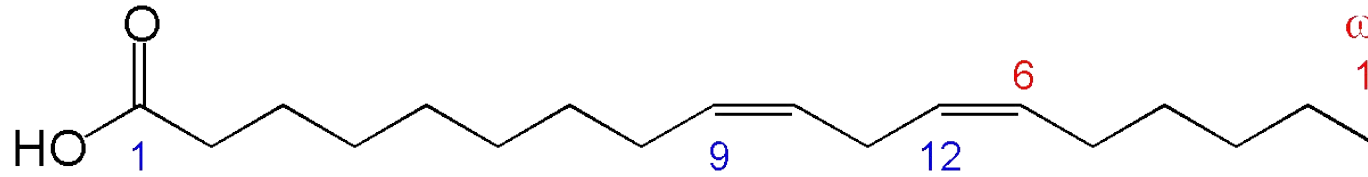
**Ненасыщенные:**  $C_n H_{(2n+1)-2m} COOH$

$m$  – количество двойных связей (моно-, полиеновые)

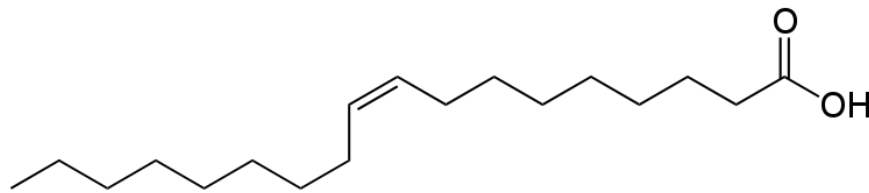


- в природных жирах – четное число атомов С (12 – 24)
- природные полиеновые ЖК имеют цис-конфигурацию

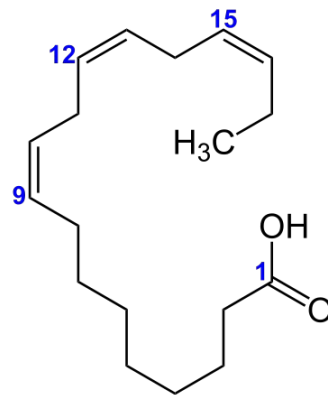
# Ненасыщенные жирные кислоты



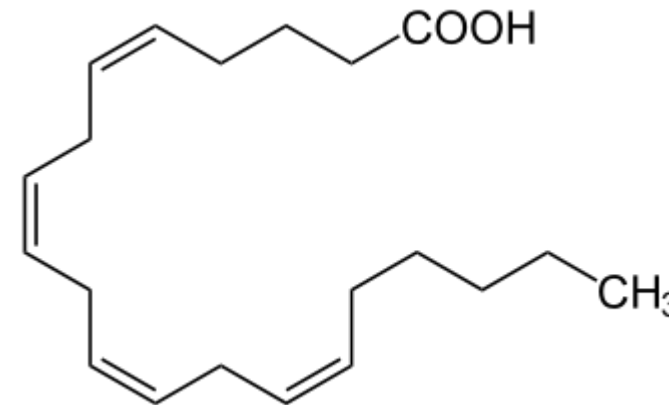
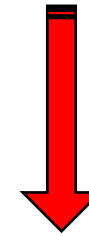
Линолевая кислота (C<sub>17</sub>H<sub>31</sub>COOH)



Олеиновая кислота (C<sub>18</sub>H<sub>34</sub>O<sub>2</sub>)



Леноленовая кислота (C<sub>18</sub>H<sub>30</sub>O<sub>2</sub>)



Арахидоновая кислота (C<sub>20</sub>H<sub>32</sub>O<sub>2</sub>)

ЖК	Число атомов углерода, число и положение двойных связей	Распространение Содержание в жировой ткани, % Биологическая роль
пальмитоолеиновая	<b>16:1</b> ; $\Delta 9$ $\omega$ -7	почти во всех жирах, 5%
олеиновая	<b>18:1</b> ; $\Delta 9$ $\omega$ -9	почти во всех жирах, 46%
линолевая	<b>18:2</b> ; $\Delta 9,12$ $\omega$ -6	растительные масла, 10%, <b>незаменимая ЖК (вит. F)</b>
$\alpha$ -линоленовая	<b>18:3</b> ; $\Delta 9,12,15$ $\omega$ -3	растительные масла (льняное), <b>незаменимая ЖК (витамин F)</b>
арахидоновая (эйкозотетраеновая)	<b>20:4</b> ; $\Delta 5,8,11,14$ $\omega$ -6	растительные масла (арахисовое), <b>условно незаменимая ЖК</b> (синтез из линолевой и $\gamma$ - линоленовой), предшественник эйкозаноидов
тимнодоновая (эйкозопентаеновая)	<b>20:5</b> ; $\Delta 5,8,11,14,17$ $\omega$ -3	рыбий жир, <b>эффективный антитромботический фактор</b>



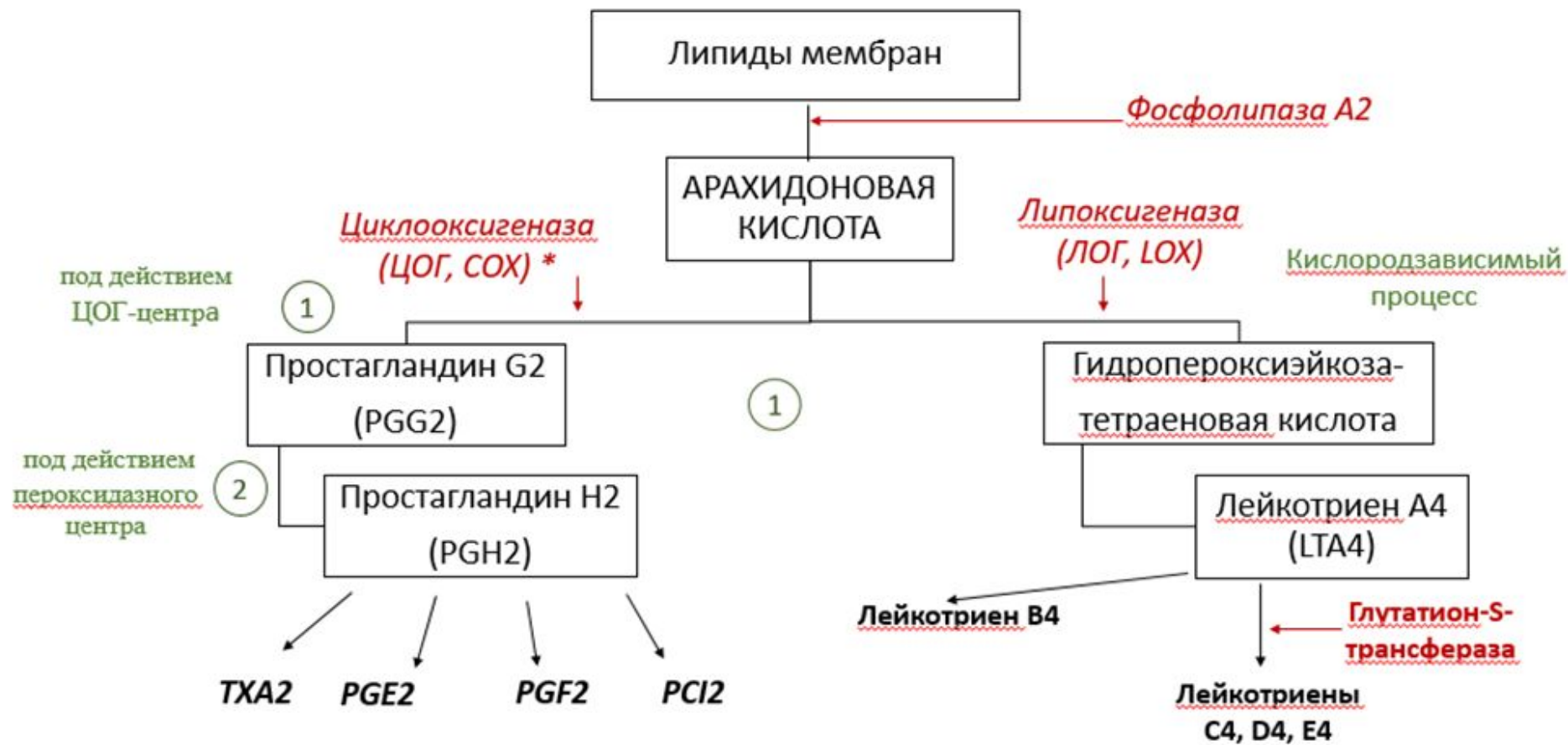
ПГЕ2 две двойные связи

ПГЕ3 три двойные связи

} Противоположные эффекты

Образование (на примере арахидоновой кислоты)

Эйкозапентаеновая антагонист арахидоновой



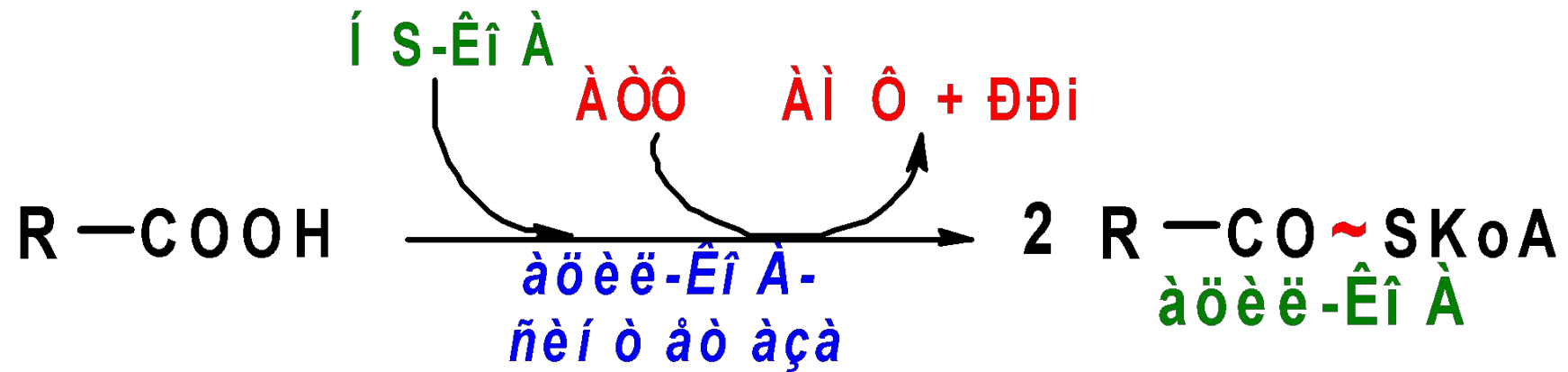
\*Фермент циклооксигеназа (ЦОГ, COX) имеет два активных центра: циклооксигеназный (1) и пероксидазный (2)

## Синтез эйкозаноидов из омега-6 и омега-3 жирных кислот

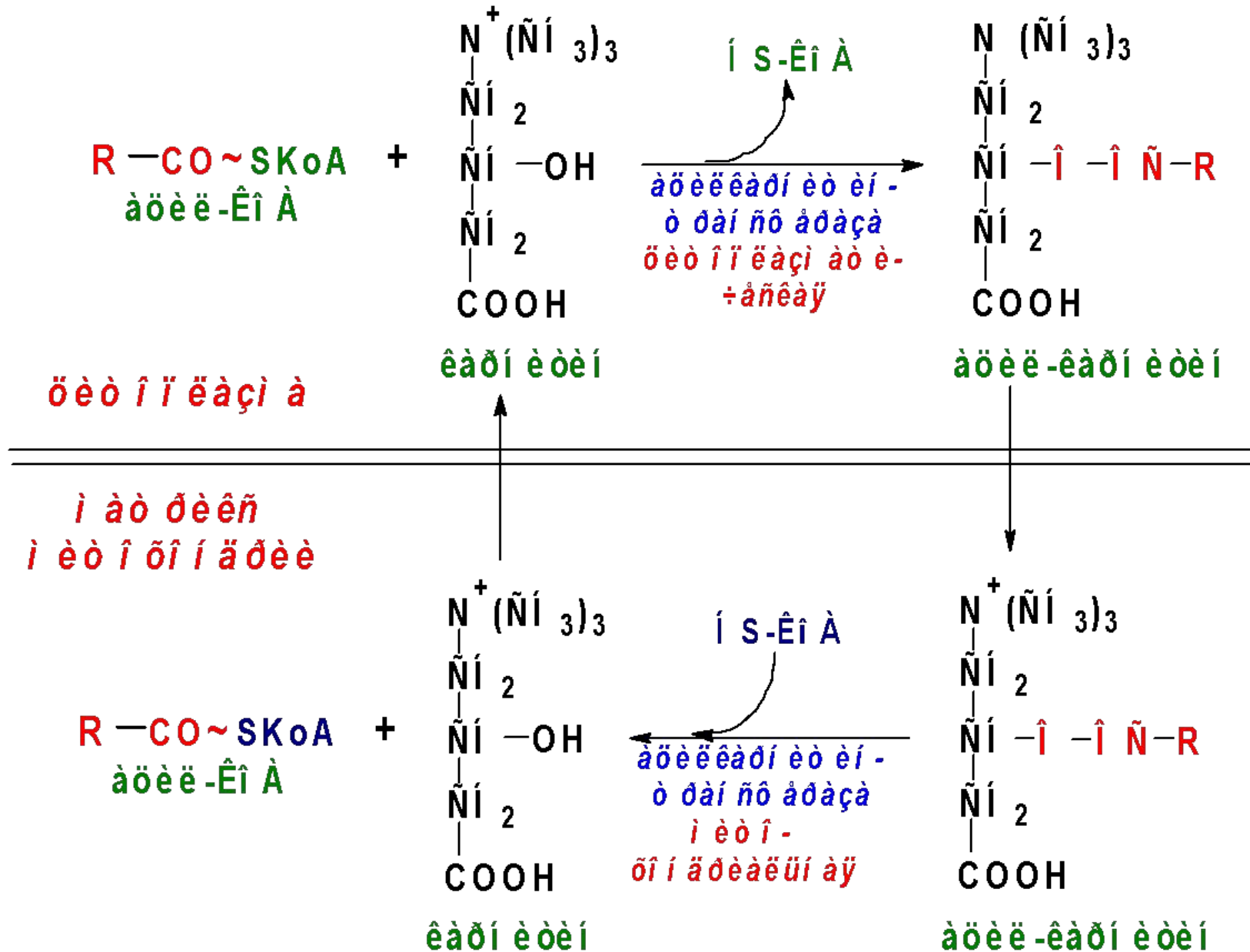




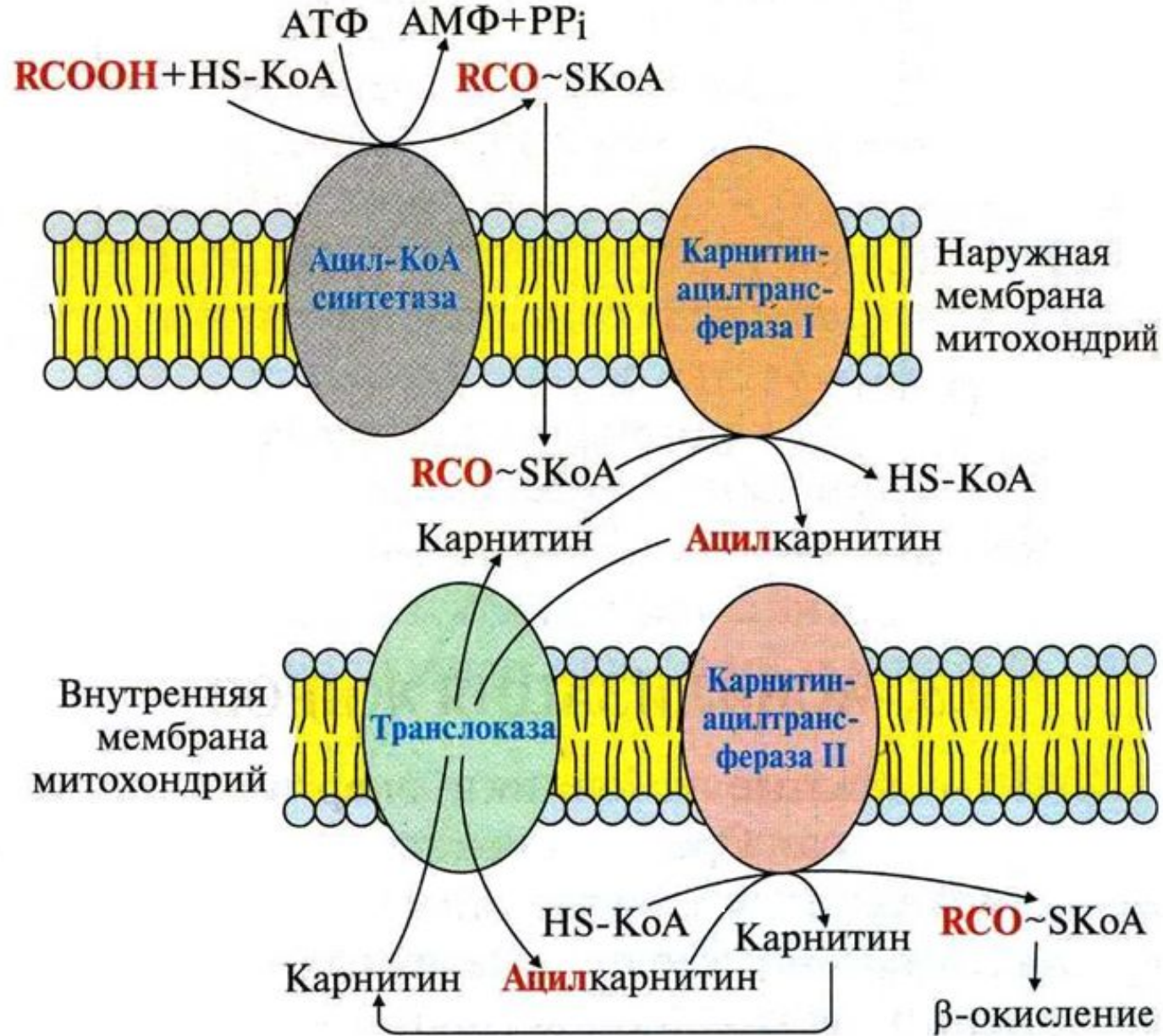
# Активация жирных кислот



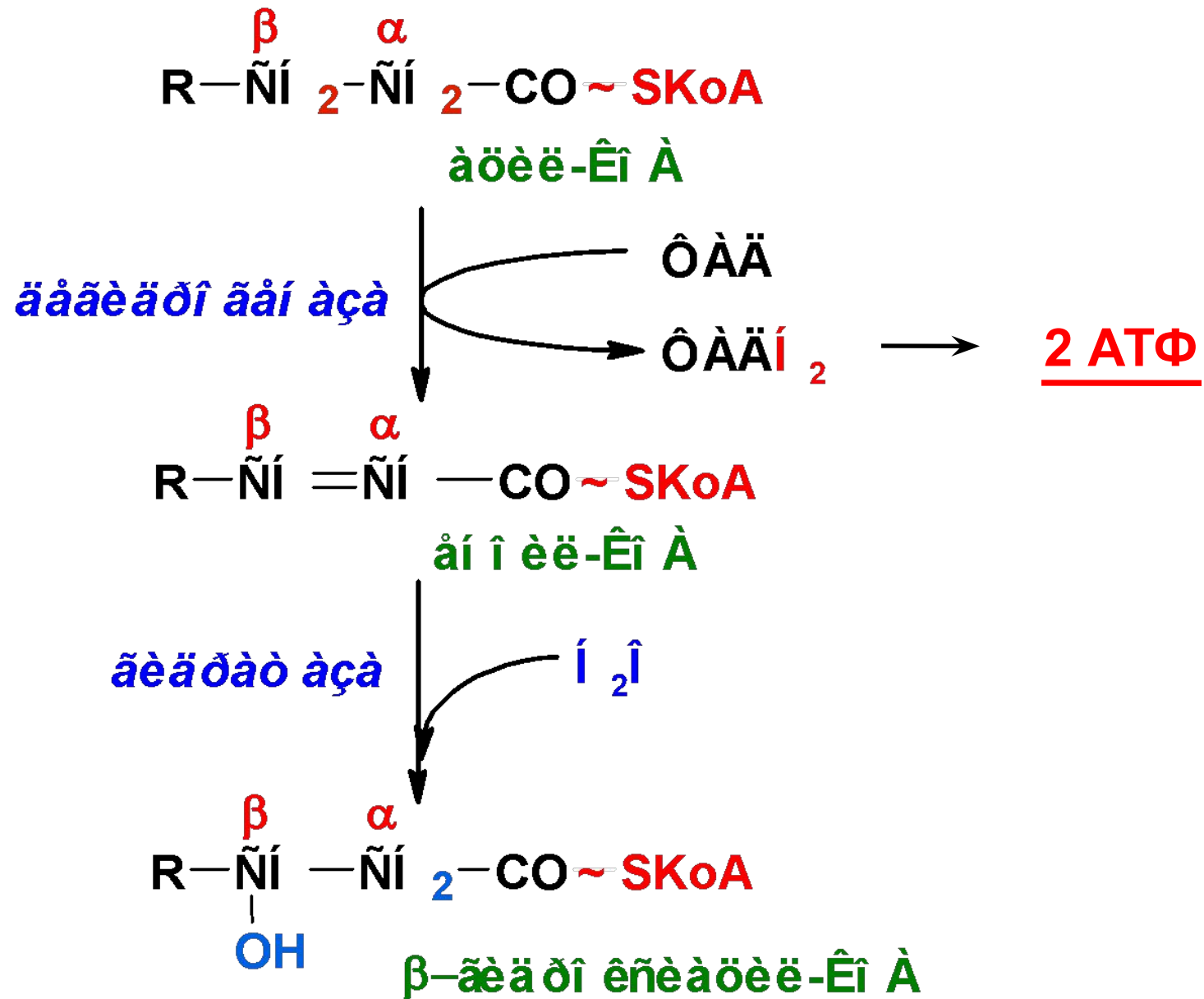
# ТРАНСПОРТ ЖИРНЫХ КИСЛОТ В МИТОХОНДРИИ

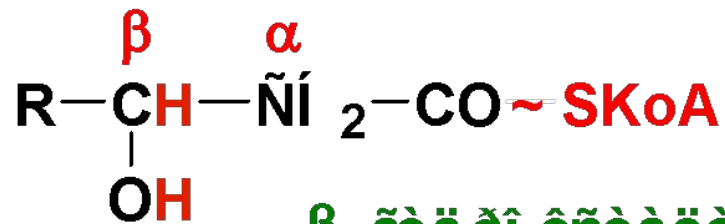


# Транспорт жирных кислот в митохондрии



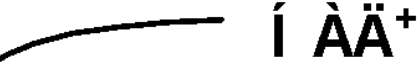
# β-ОКИСЛЕНИЕ ЖИРНЫХ КИСЛОТ



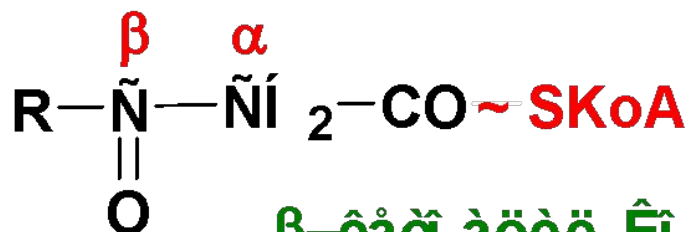


$\beta$ -окисление - Эта

активация

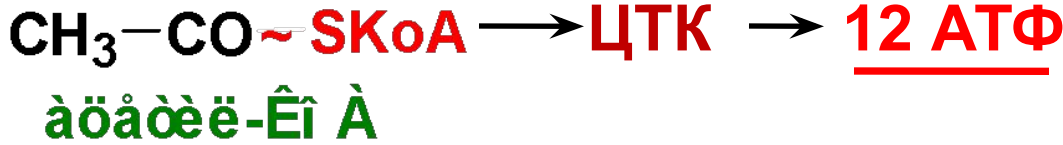


3 АТФ



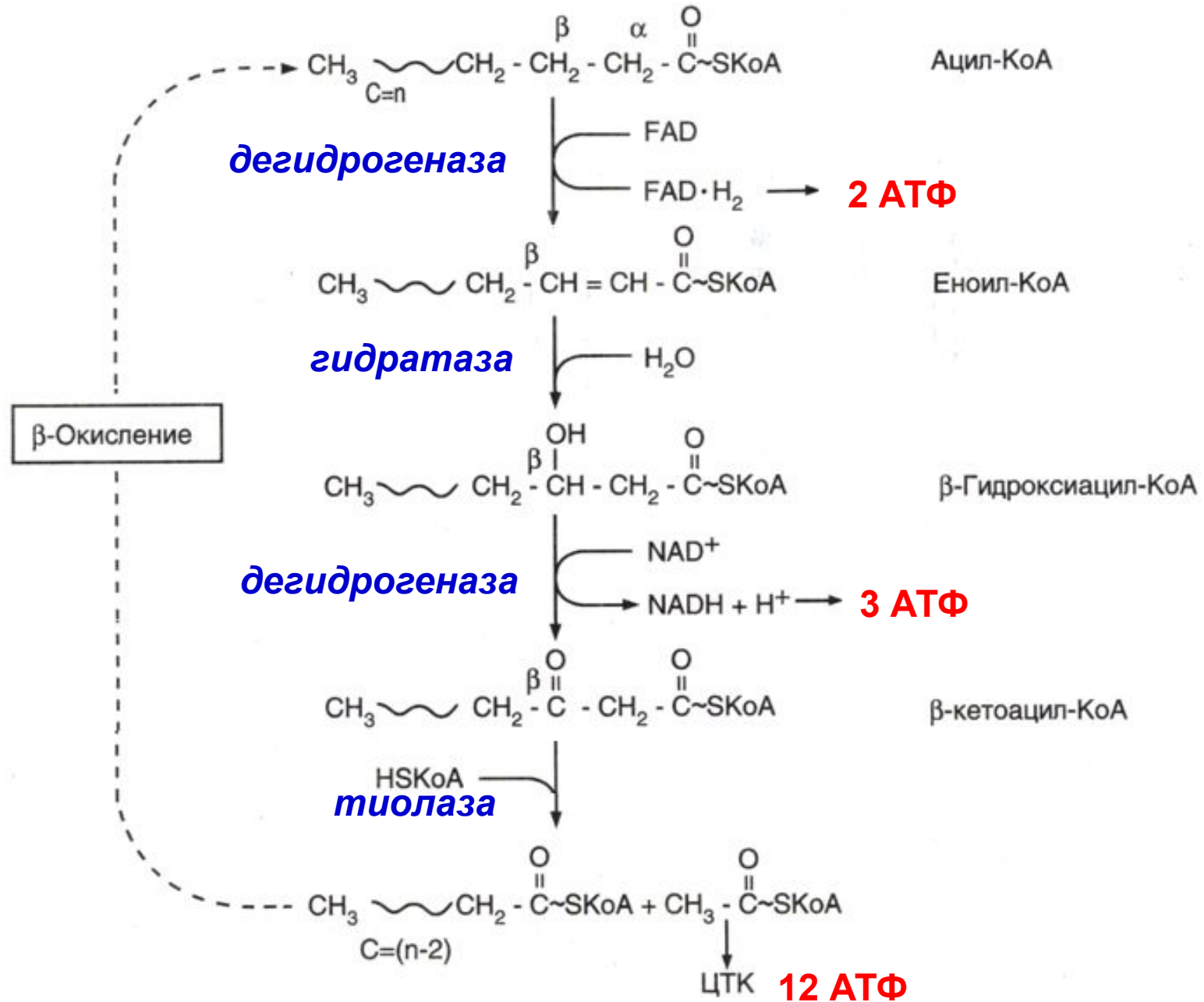
$\beta$ -окисление - Эта

активация



следующий цикл  $\beta$ -окисления

# ОБЩАЯ СХЕМА ЦИКЛА $\beta$ -ОКИСЛЕНИЯ ЖИРНЫХ КИСЛОТ



# ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ВЫХОД $\beta$ -ОКИСЛЕНИЯ

$$\text{энергетический выход} = \left[ n/2 \cdot 12 + (n/2 - 1) \cdot 5 \right] - 1, \text{ где}$$

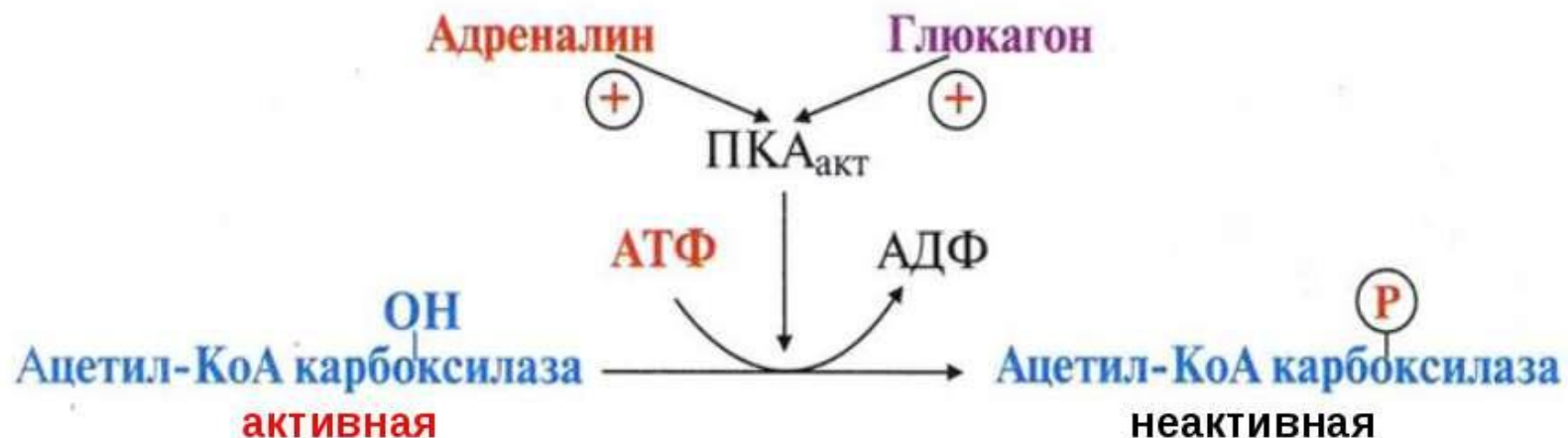
- $n$  – количество С-атомов в жирной кислоте;
- $n/2$  – количество молекул ацетил-КоА, образованных в процессе  $\beta$ -окисления;
- $12$  – количество АТФ, синтезирующихся при окислении ацетил-КоА в ЦТК;
- $(n/2 - 1)$  – количество циклов  $\beta$ -окисления;
- $5$  – количество молекул АТФ, образованных в каждом цикле за счёт двух реакций дегидрирования;
- $1$  – затрата 1 молекулы АТФ на активацию жирной кислоты

# Окисление ненасыщенных жирных кислот





# РЕГУЛЯЦИЯ БИОСИНТЕЗА И ОКИСЛЕНИЯ ЖИРНЫХ КИСЛОТ



фосфорилирование ацетил-КоА карбоксилазы приводит к снижению:

- скорости образования малонил-КоА;
- концентрации малонил-КоА в цитозоле,

поэтому в печени:

↓ синтез жирных кислот

↑ скорость  $\beta$ -окисления