

**Лекция №12.**  
**"ОБМЕН ЛИПИДОВ, ПЕРЕВАРИВАНИЕ**  
**ЛИПИДОВ. ОКИСЛЕНИЕ ЛИПИДОВ"**

# План лекции

- 1. Переваривание липидов.
- 2. Внутриклеточный липолиз. Окисление жирных кислот.
- 3. Обмен глицерина.
- 4. Метаболизм кетоновых тел.

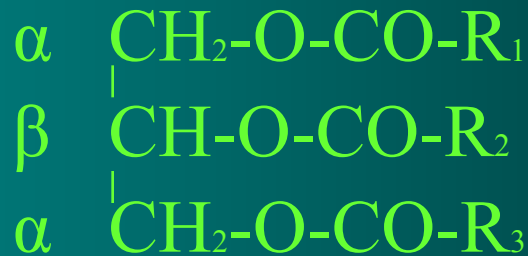
# Введение

- Липиды – разнородные по химическому строению вещества, характеризующиеся различной растворимостью в органических растворителях и, как правило, нерастворимые в воде.

## **ФУНКЦИИ:**

- |                              |                  |
|------------------------------|------------------|
| 1. Энергетика (1г=9,3 ккал); | . Теплоизоляция; |
| 2. Пластичность;             | . Депонирование; |
| 3. Транспортная;             | . Регуляторная.  |

# Общая структура липидов



R<sub>1</sub>, R<sub>3</sub> – насыщенные жирные кислоты;  
R<sub>2</sub> – ненасыщенные жирные кислоты;

R<sub>2</sub>:

C<sub>15</sub>H<sub>29</sub>COOH – пальмитоолеиновая; 1(CH=CH)

C<sub>17</sub>H<sub>33</sub>COOH – олеиновая; 1(CH=CH)

C<sub>17</sub>H<sub>31</sub>COOH – линолевая; 2(CH=CH)

C<sub>17</sub>H<sub>29</sub>COOH – линоленовая; 3(CH=CH)

C<sub>19</sub>H<sub>31</sub>COOH – арахидоновая; 4(CH=CH)

Простагландины (Пг)

Тромбоксаны (Тх)

Лейкотриены (Лт)

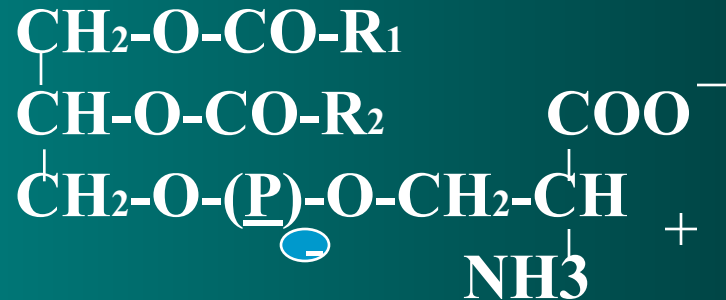
Простациклины (Пц)

(витамин F)

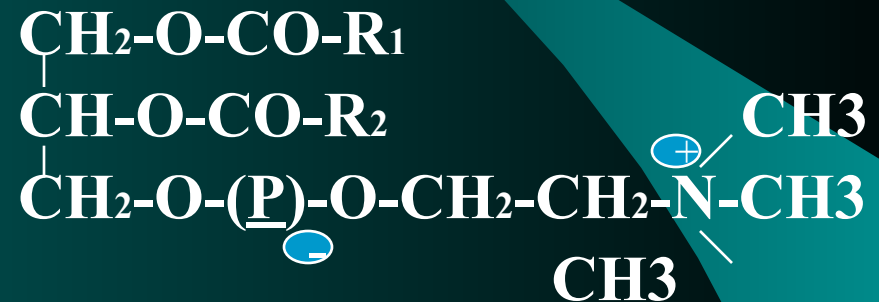
# Классификация липидов



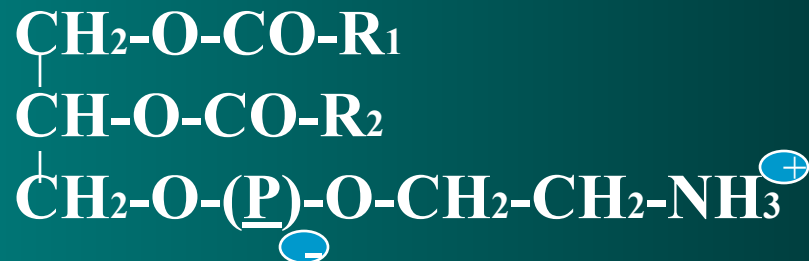
## Фосфатидилсерин



## Фосфатидилхолин



## Фосфатидилэтаноламин



## Ненасыщенные ЖК, входящие в состав триглицеридов растительных масел.

| Масло/кислота | Олеиновая<br>(C <sub>18</sub> 1 =) | Линолевая<br>(C <sub>18</sub> 2 =) | Линоленовая<br>(C <sub>18</sub> 3 =) |
|---------------|------------------------------------|------------------------------------|--------------------------------------|
| Горчичное     | 25 - 28                            | 14 - 20                            | 3                                    |
| Кукурузное    | 44 - 45                            | 41 - 48                            | -                                    |
| Льняное       | 13 - 29                            | 15 - 30                            | 44                                   |
| Оливковое     | 54 - 81                            | 15                                 | -                                    |
| Подсолнечное  | 24 - 40                            | 46 - 72                            | 1                                    |
| Рапсовое      | 20 - 25                            | 14                                 | 2 - 3                                |
| Соевое        | 20 - 30                            | 44 - 60                            | 5 - 14                               |
| Хлопчаточное  | 30 - 35                            | 42 - 44                            | 34 - 44                              |

# Переваривание липидов

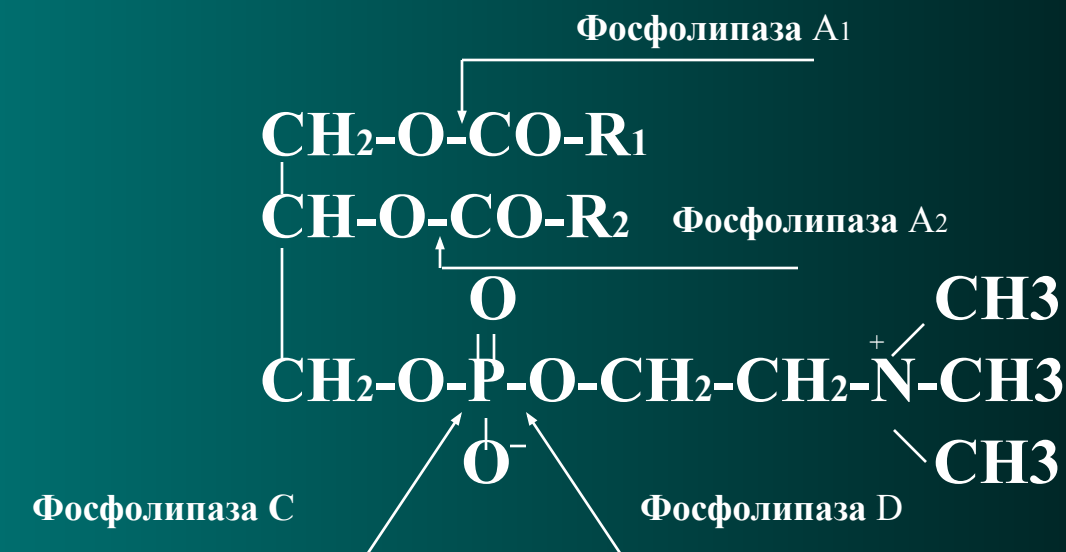
- Активация липазы поджелудочной железы



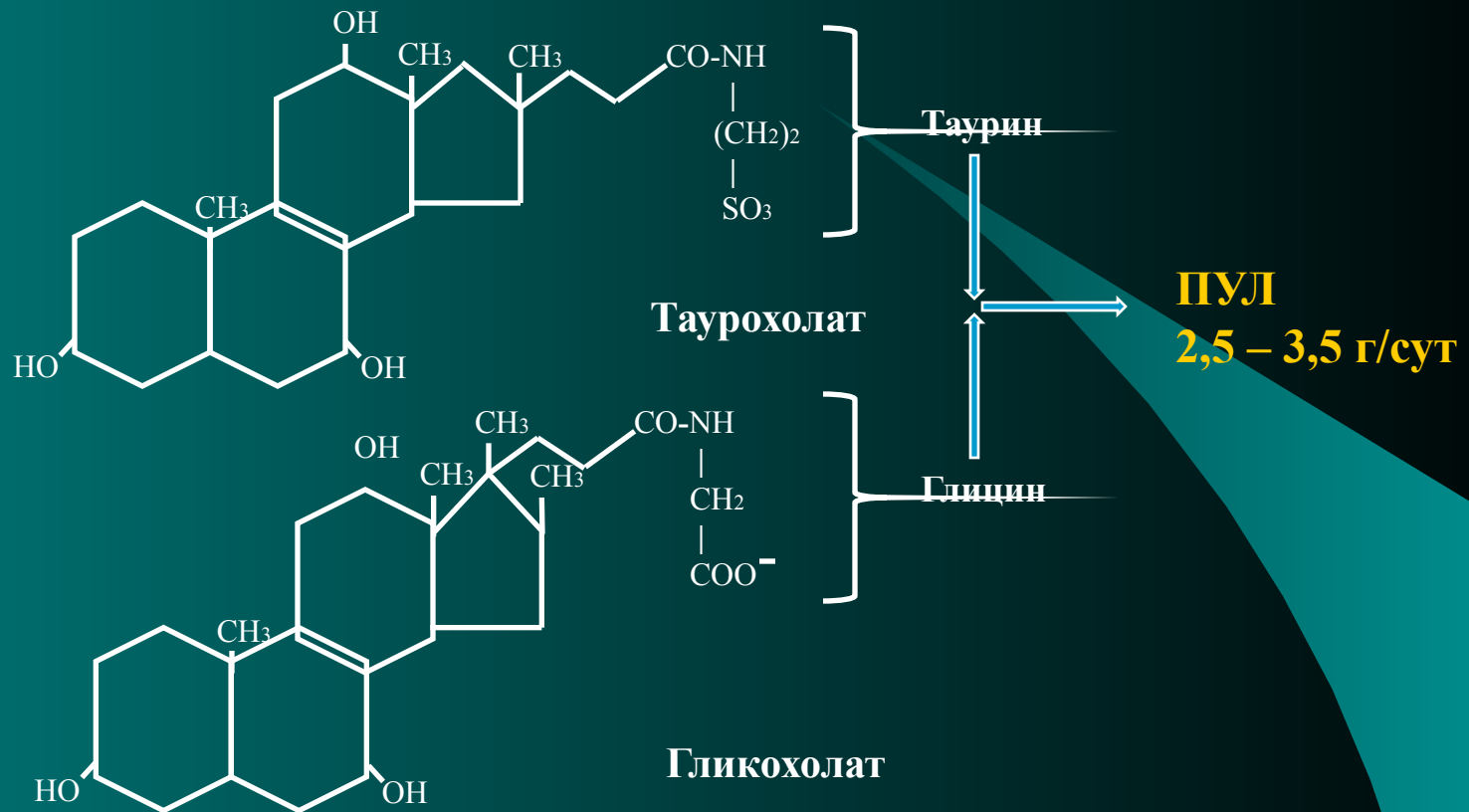
## ● Состав жёлчи

|                     |          |
|---------------------|----------|
| Желчные кислоты     | 50 – 70% |
| ФЛ                  | 20 – 25% |
| ХС                  | 5%       |
| Билирубин           | 2%       |
| Белки               | 1%       |
| Неорганические в-ва | <1,5%    |

## ● Переваривание фосфолипидов



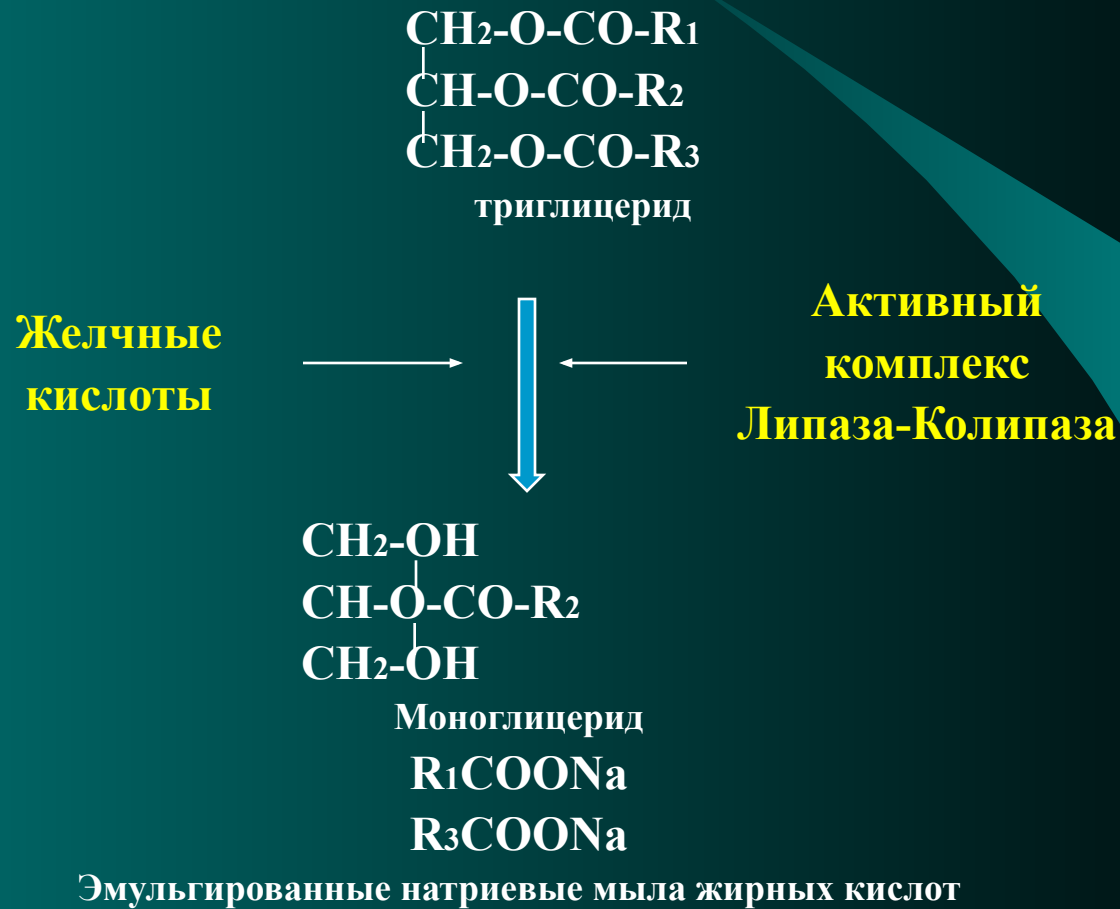
## ● Желчные кислоты



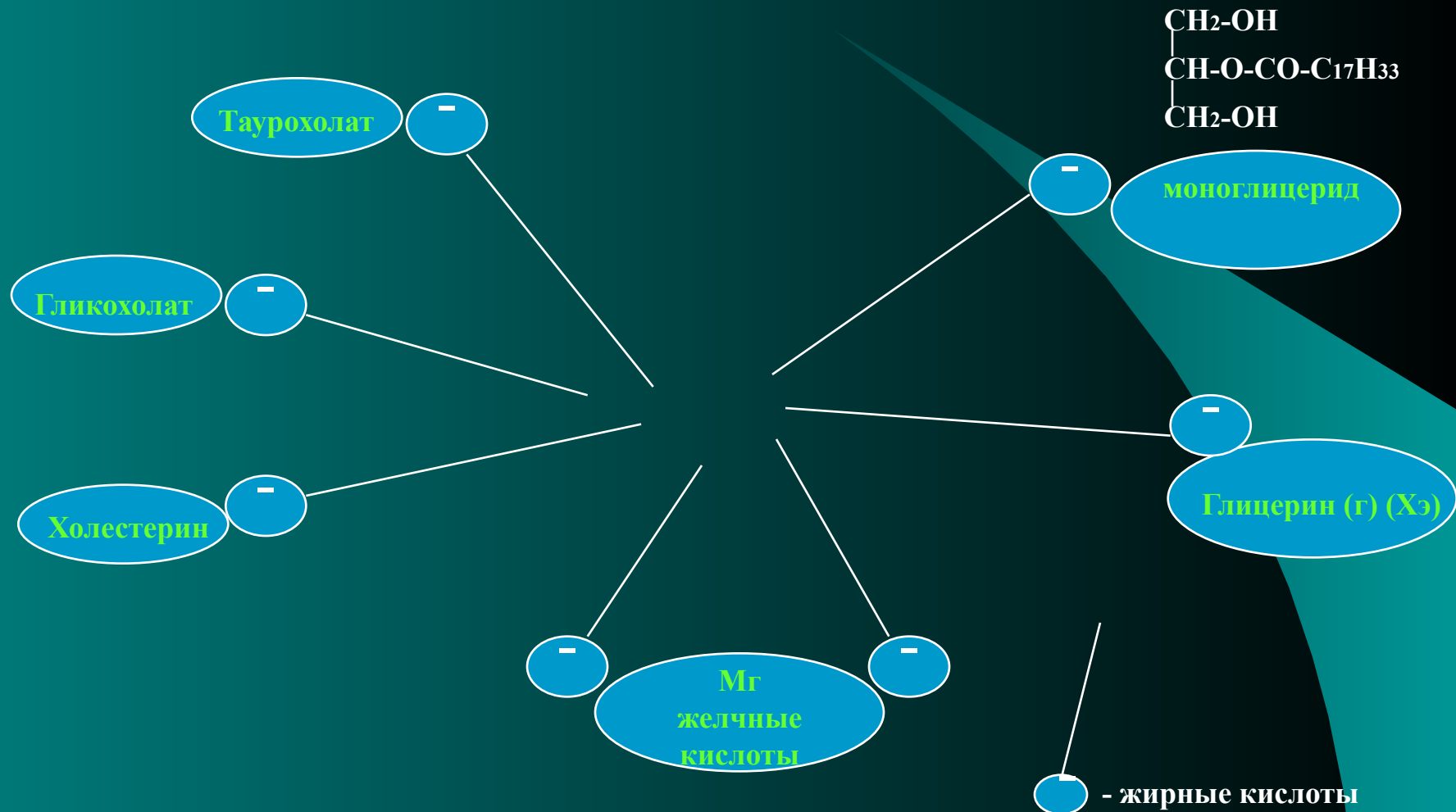
### БИОЛОГИЧЕСКАЯ РОЛЬ:

1. Эмульгирование жиров;
2. Активация липазы;
3. Образование мицелл для всасывания жирных кислот;

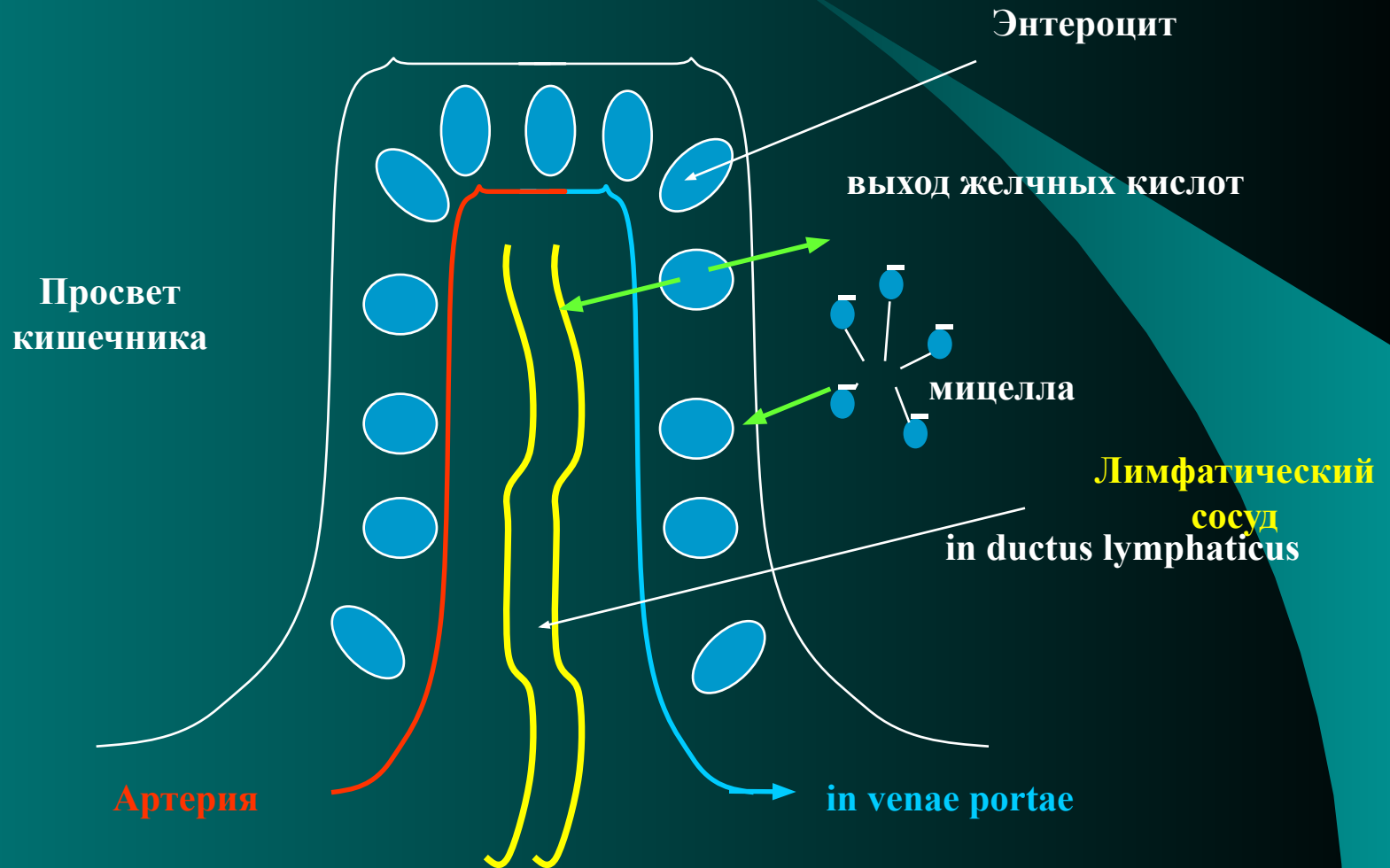
- Действие липазы на триглицериды  
(в сутки 100-120 гр)



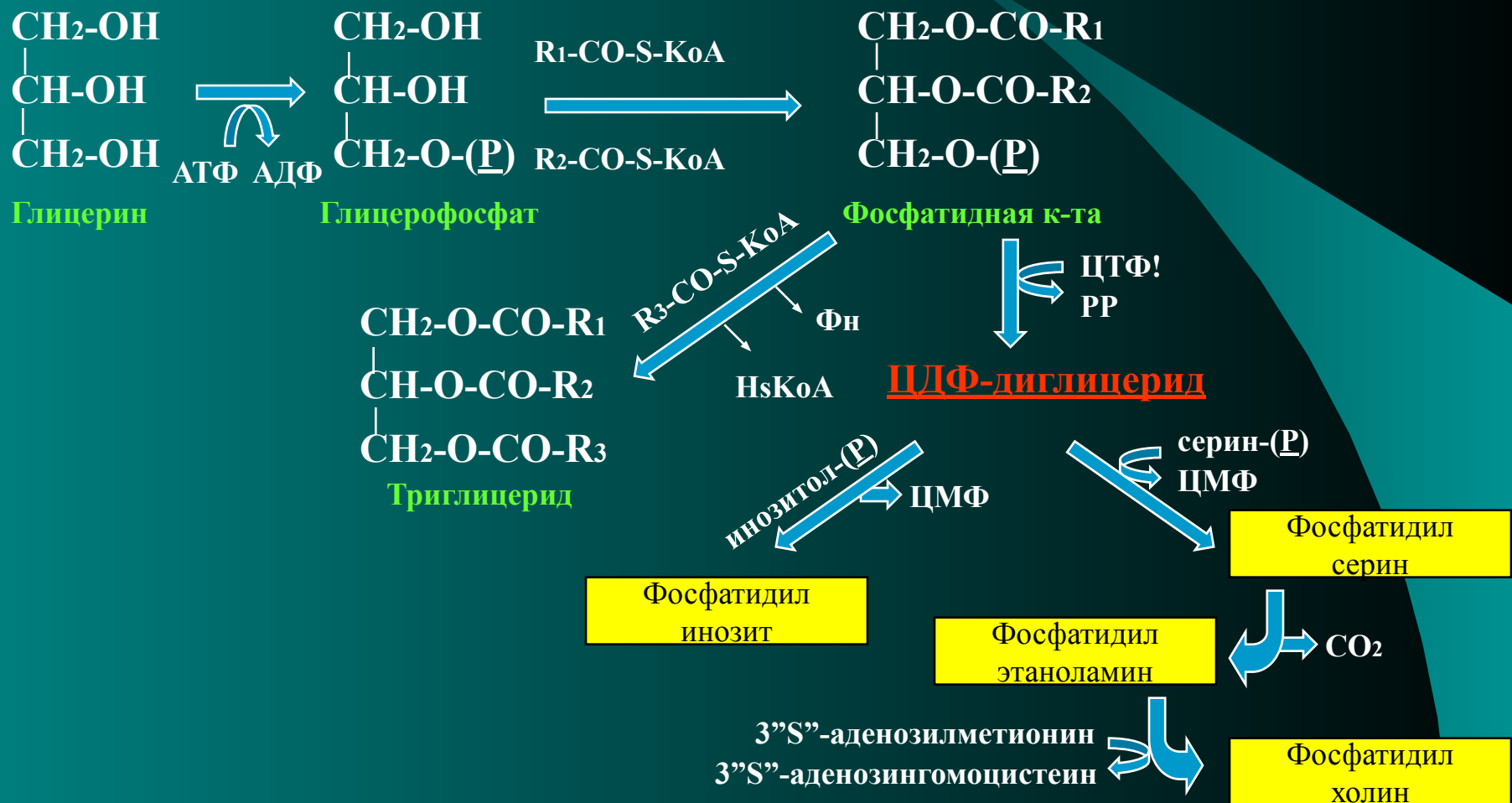
## ● Мицелла



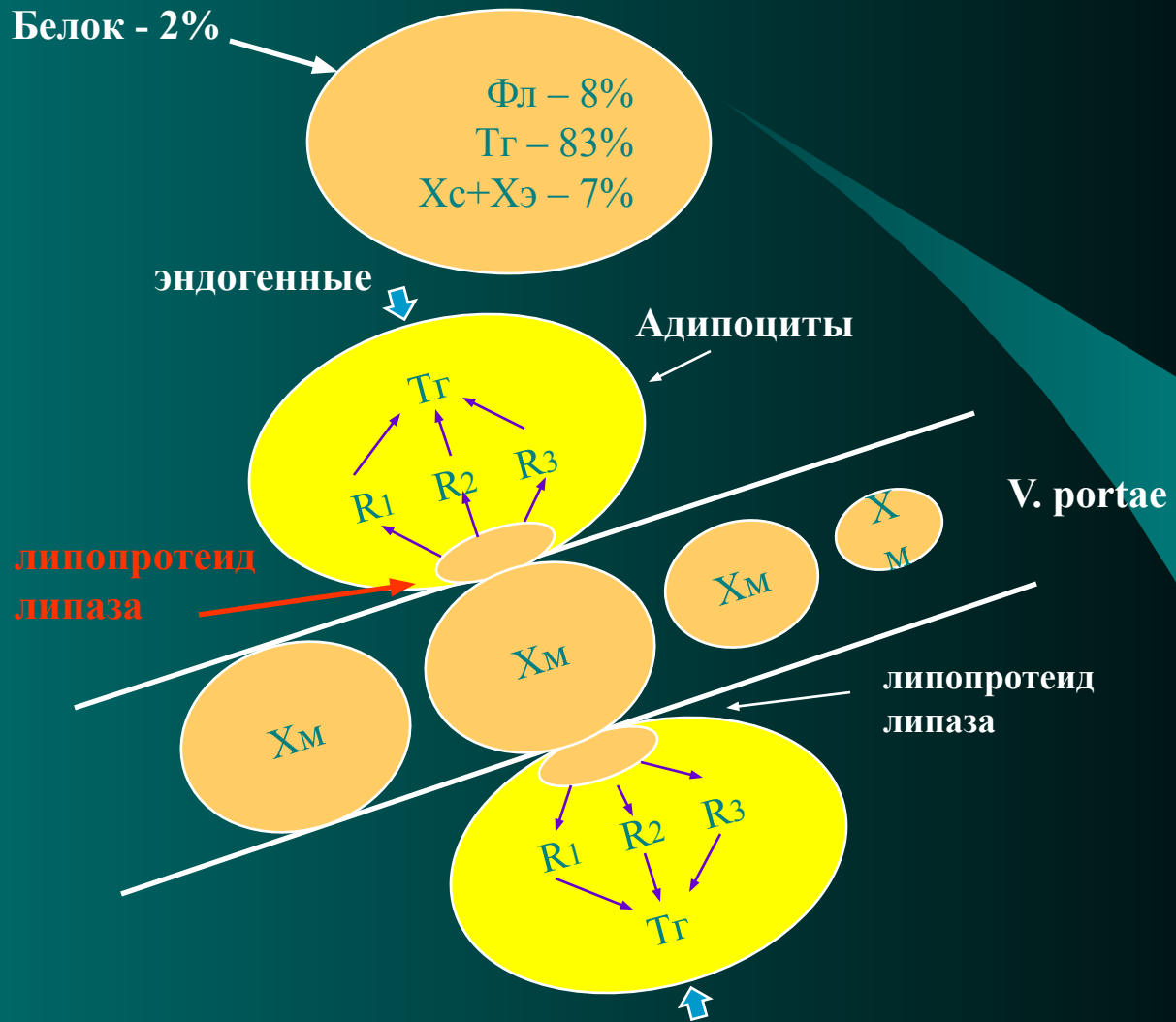
- Всасывание мицеллы. Кишечная ворсинка



# Ресинтез триглицеридов и фосфолипидов (в энтероцитах)

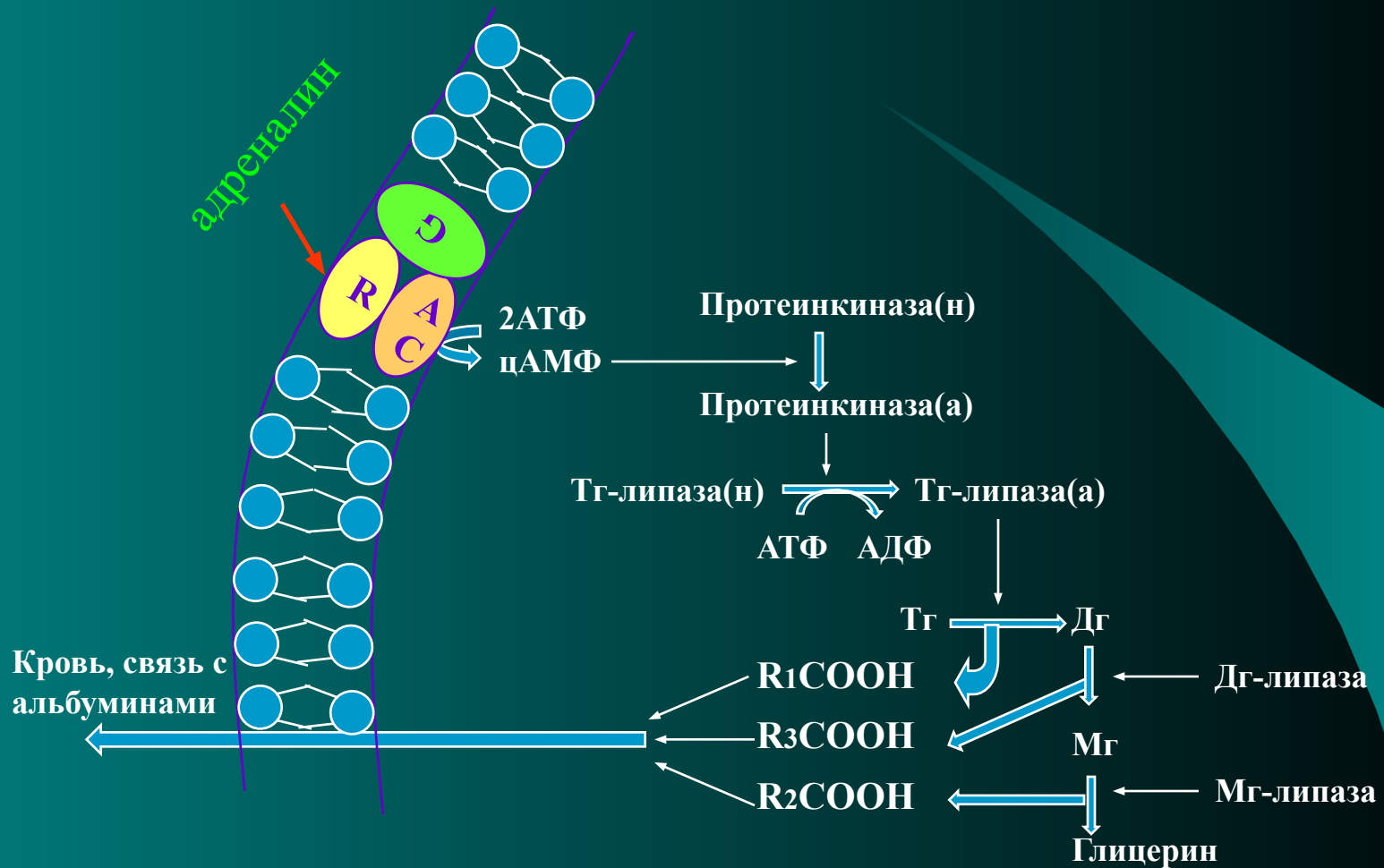


# ХМ-хиломикроны (липопротеид)



# Внутриклеточный липолиз

(гепатоциты, адипоциты, кардиомиоциты)

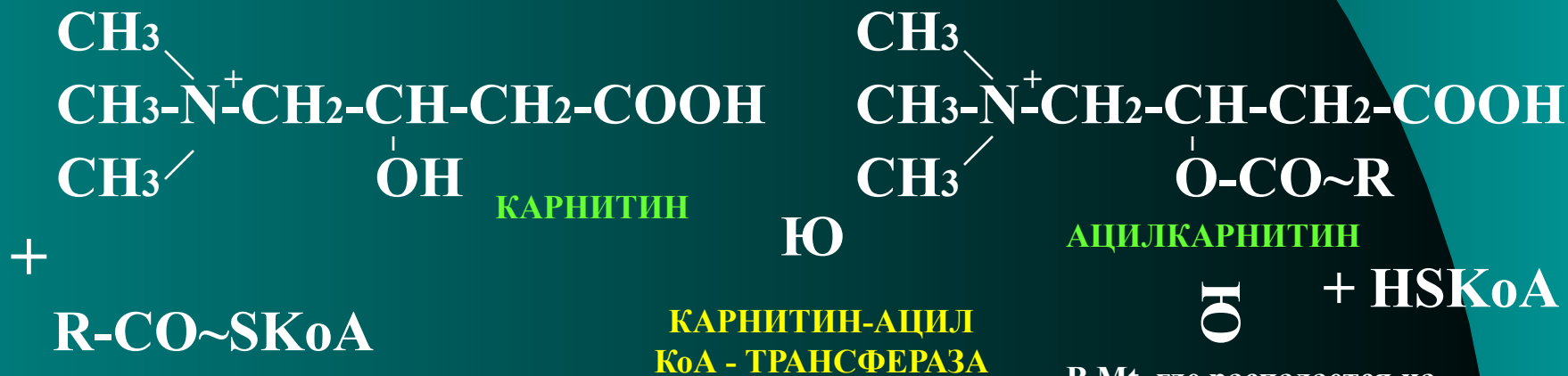


# Этапы $\beta$ -окисления

- I Активирование жирных кислот (цитозоль)

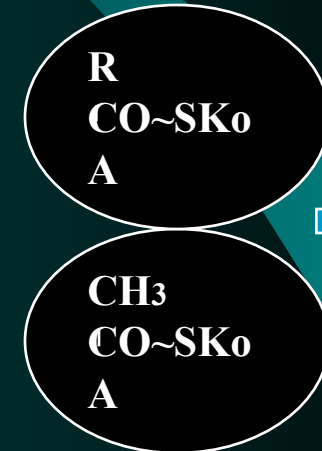
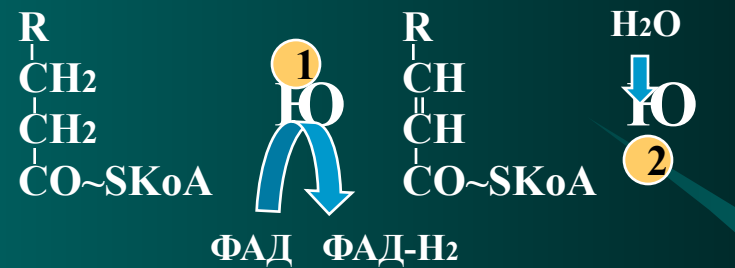


- II Транспорт в Mt



В Mt, где распадается на R-CO~SKoA и карнитин,

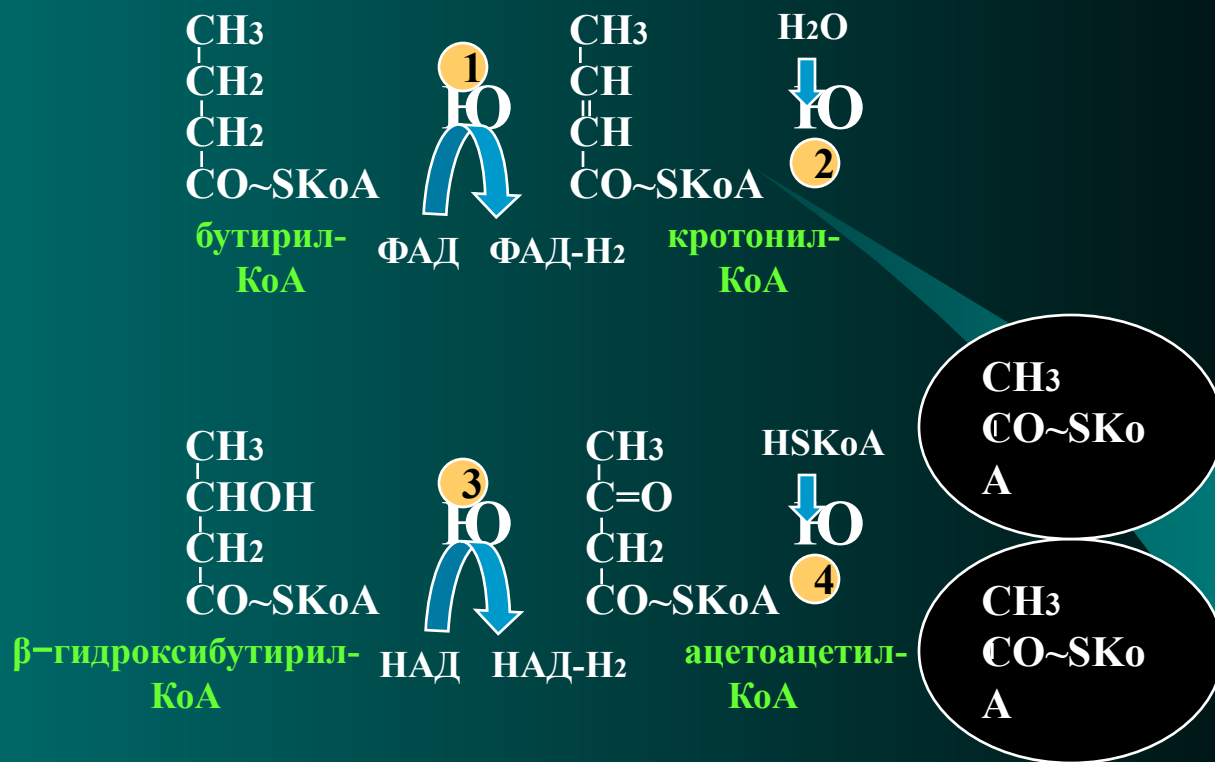
- III β-окисление (Mt) – четное количество атомов



повтор  
этапов  
до  
бутирила-  
КоА

- 1 ацил-КоА-дегидрогеназа;
- 2 еноил-КоА-гидратаза;

- 3 β- гидроксацил-КоА дегидрогеназа
- 4 тиолаза;



Пальмитоил – КоА + 7ФАД + 7НАД + 7Н<sub>2</sub>О + 7НС-КоА --- 8 Ацетил – КоА + 7ФАДН<sub>2</sub> + НАДН<sub>2</sub>

- 1. **бутирил-КоА-дегидрогеназа;**
- 2. **кротонил-КоА-гидратаза;**
- 3. **β-гидроксибутирил-КоА-дегидрогеназа ;**
- 4. **тиолаза;**

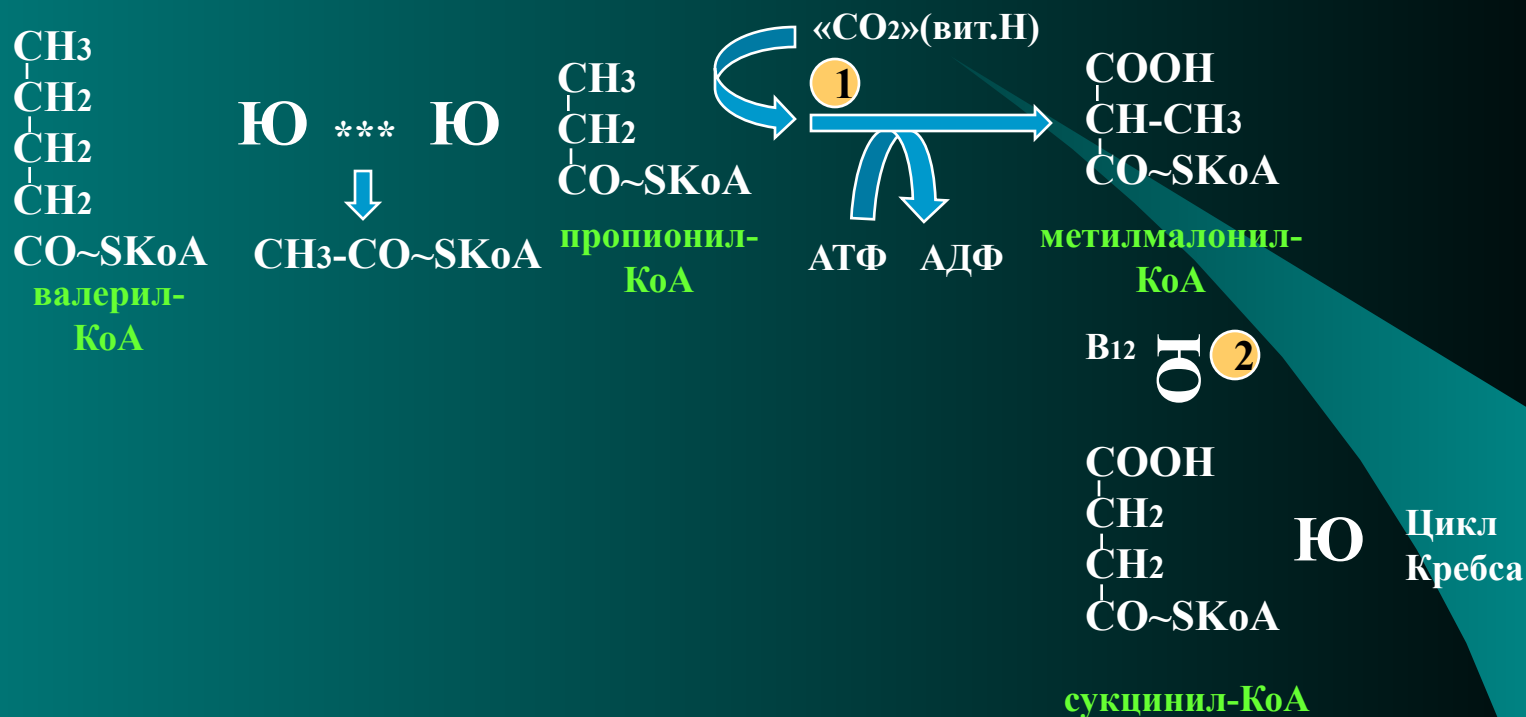
# Энергетический эффект

При каждом цикле окисления образуется 1 ФАДН<sub>2</sub> (2 АТФ) и 1 НАДН<sub>2</sub> (3 АТФ).

- Пальмитиновая кислота пройдет 7 циклов окисления, что даст образование  $5 \times 7 = 35$  АТФ.
- При окислении пальмитиновой кислоты образуется 8 АцКоА, которые в цикле Кребса дадут  $8 \times 12 = 96$  АТФ.

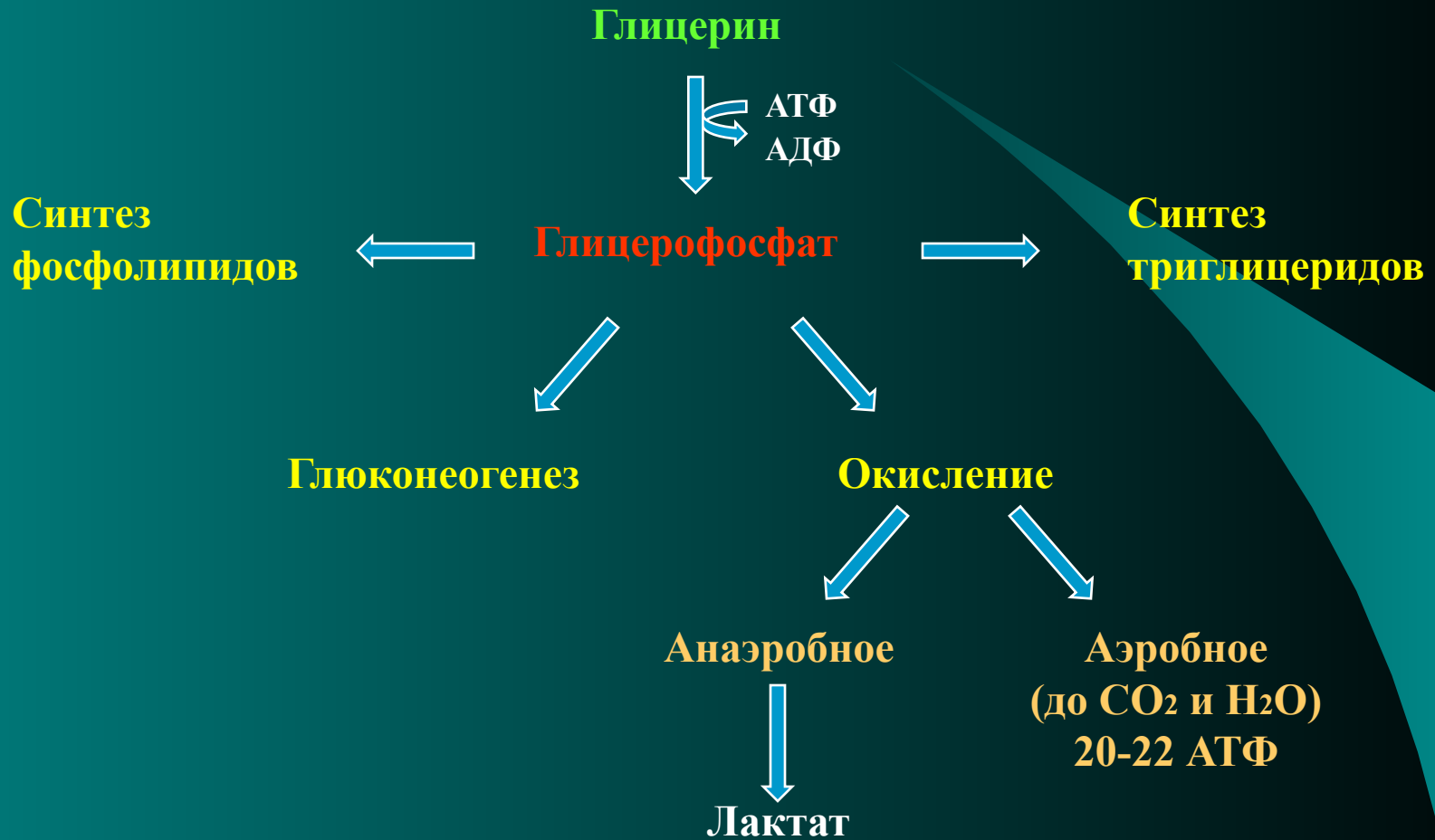
Энергетический эффект окисления 1 молекулы пальмитиновой кислоты составит  $35 + 96 - 1 = 130$  АТФ.

- III β-окисление (Mt) - нечетное количество атомов

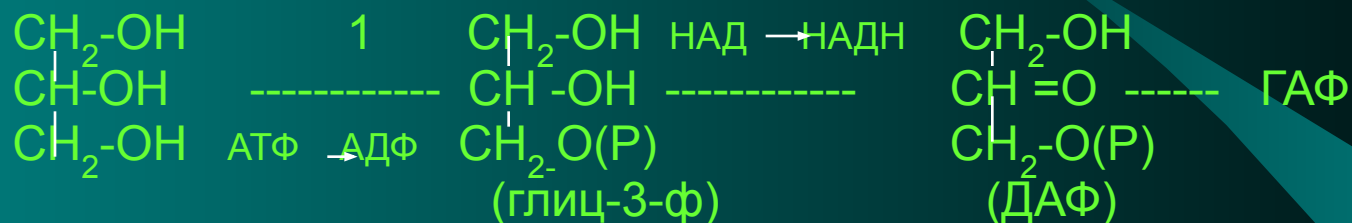


- 1** пропионил-КоА-карбоксилаза;
- 2** метилмалонил-мутаза;

# Обмен глицерина



# Энергетический эффект аэробного окисления глицерина



ГАФ ---- гликолиз (до ПВК) ---2 АТФ

ПВК ----- АцКоА ---3 АТФ

АцКоА -- цикл Кребса --- 12 АТФ

Внемитохондриальный НАДН2 ---- (2 АТФ или 3 АТФ) x 2

Итог: 17 + 4 (или + 6) – 1 = 20 или 22 АТФ

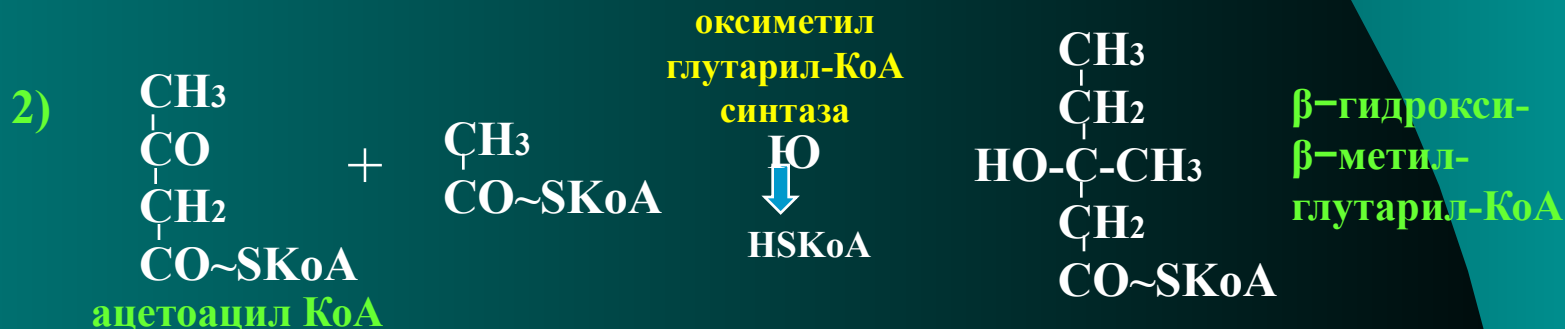
# Метаболизм кетоновых тел (печень)

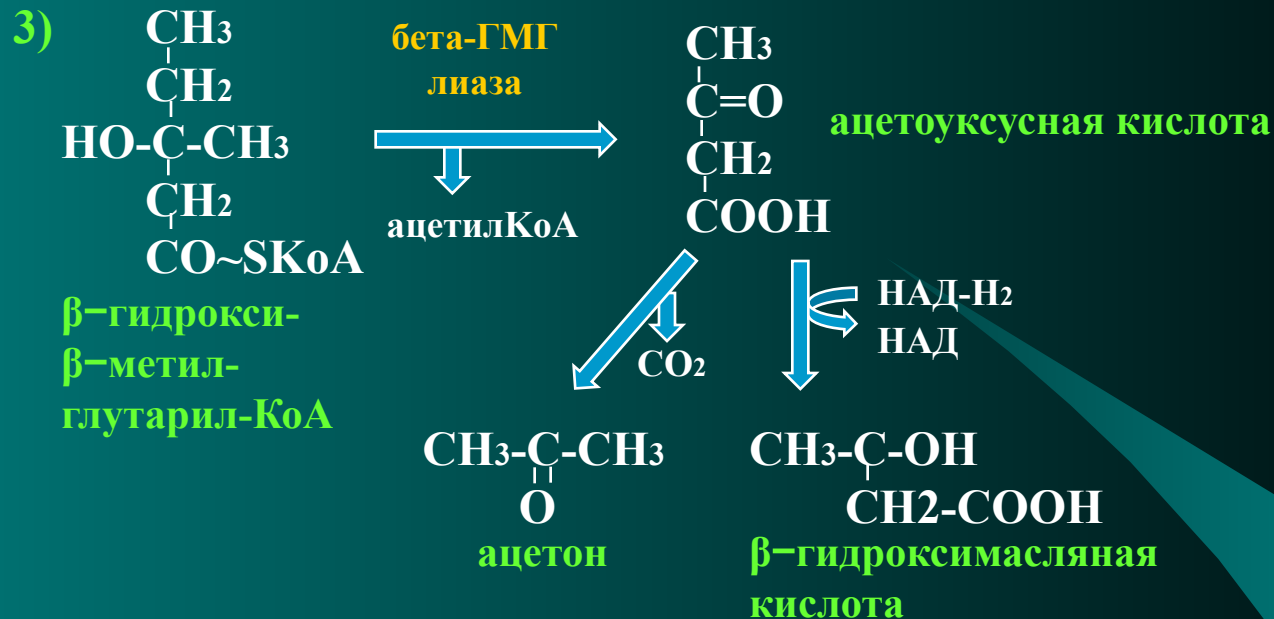
1.  $\text{CH}_3\text{-CH(OH)-CH}_2\text{-COOH}$ ;  $\beta$ -гидроксимасляная кислота

2.  $\text{CH}_3\text{-CO-CH}_2\text{-COOH}$ ; ацетоуксусная кислота

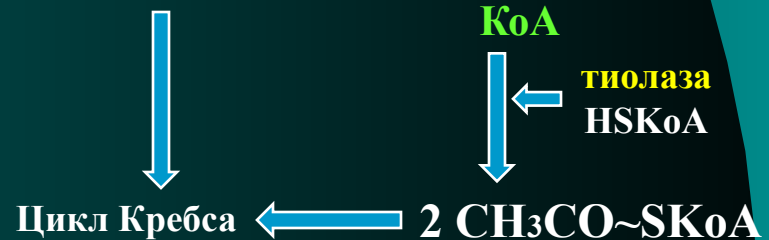
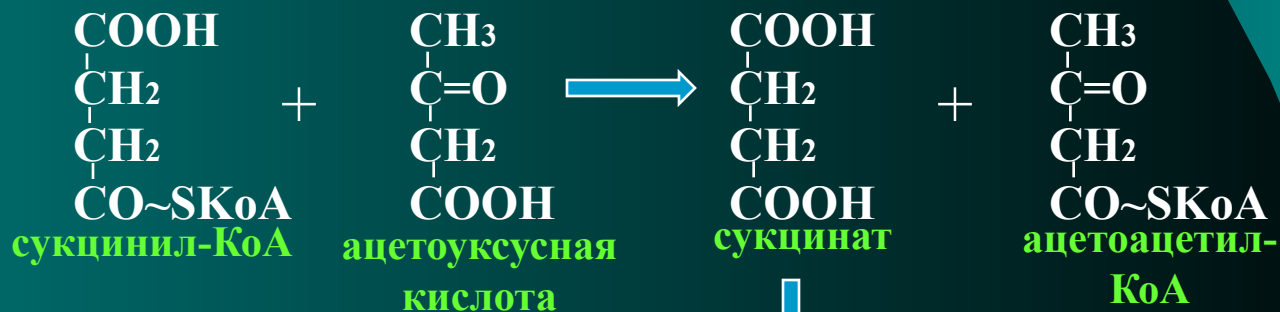
3.  $\text{CH}_3\text{-CO-CH}_3$ ; ацетон

Биосинтез кетоновых тел:





## УТИЛИЗАЦИЯ КЕТОНОВЫХ ТЕЛ



**Содержание КТ в крови:**

30 мг/л – норма;

300-500 мг/л – при голодании;

3-4 г/л – при сахарном диабете;