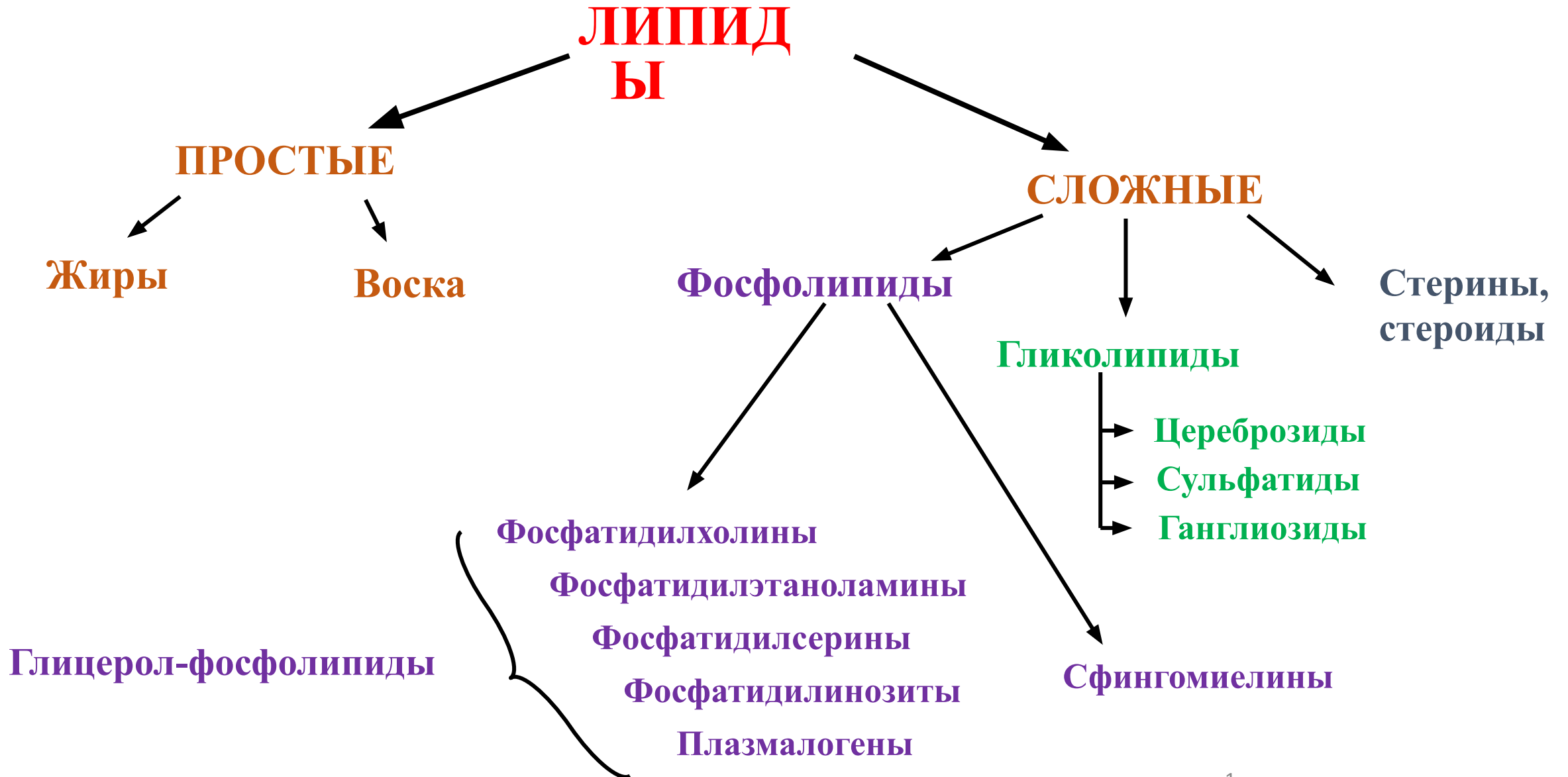
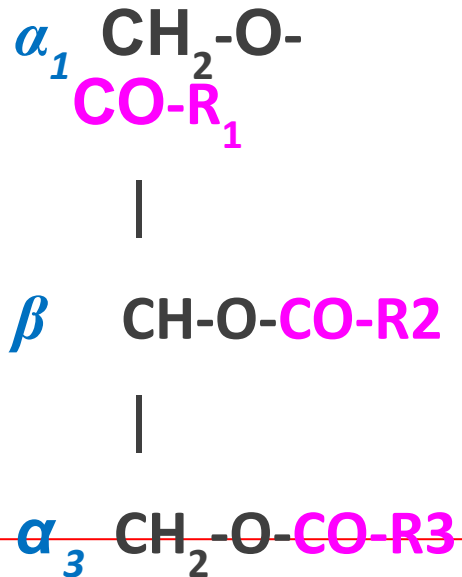


Классификация липидов



Структура триглицеридов



Название кислоты	Cn : m	ω	Структура кислот
Насыщенные			
Миристиновая	14 : 0		$\text{CH}_3\text{-(CH}_2\text{)}_{12}\text{-COOH}$
Пальмитиновая	16 : 0		$\text{CH}_3\text{-(CH}_2\text{)}_{14}\text{-COOH}$
Стеариновая	18 : 0		$\text{CH}_3\text{-(CH}_2\text{)}_{16}\text{-COOH}$
Арахидиновая	20 : 0		$\text{CH}_3\text{-(CH}_2\text{)}_{18}\text{-COOH}$
Моноеновые			
Пальмитолеиновая	16 : 1, Δ^9		$\text{CH}_3\text{-(CH}_2\text{)}_5\text{CH=CH(CH}_2\text{)}_7\text{-COOH}$
Олеиновая	18 : 1, Δ^9		$\text{CH}_3\text{-(CH}_2\text{)}_7\text{CH=CH(CH}_2\text{)}_7\text{-COOH}$
Полиеновые			
Линолевая	18 : 2, $\Delta^9, 12$	6	$\text{CH}_3\text{-(CH}_2\text{)}_4\text{CH=CH-CH}_2\text{-CH=CH-(CH}_2\text{)}_7\text{-COOH}$
Линоленовая	18 : 3, $\Delta^9, 12, 15$	3	$\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH=CH-CH}_2\text{-CH=CH-CH}_2\text{-CH=CH-(CH}_2\text{)}_7\text{-COOH}$
Арахидоновая	20 : 4, $\Delta^5, 8, 11, 14$	6	$\text{CH}_3\text{-(CH}_2\text{)}_4\text{CH=CH-CH}_2\text{-CH=CH-CH}_2\text{-CH=CH-CH}_2\text{-CH=CH-(CH}_2\text{)}_3\text{-COOH}$

Витамин F: эссенциальные жирные кислоты: линолевая, линоленовая, арахидоновая.

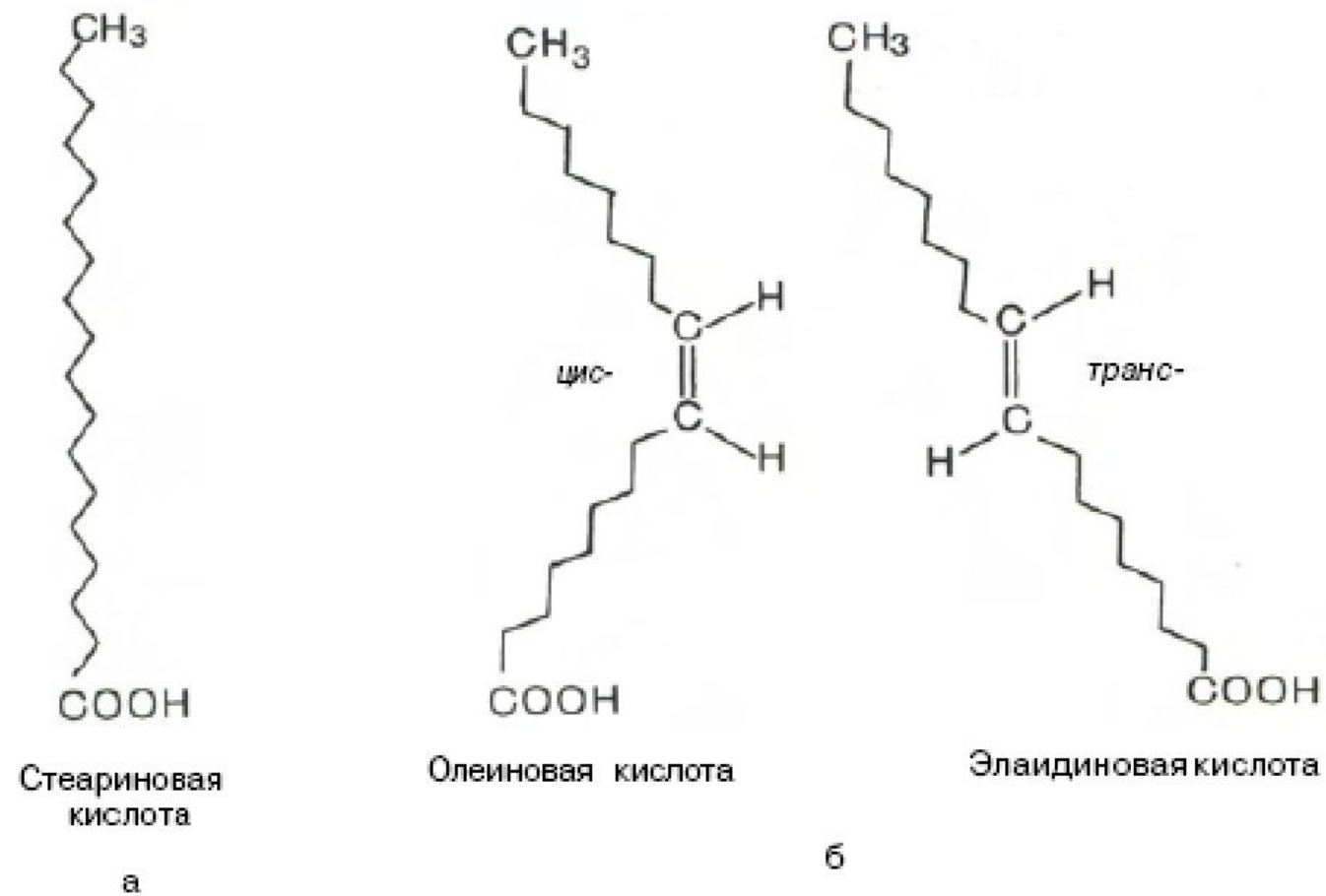
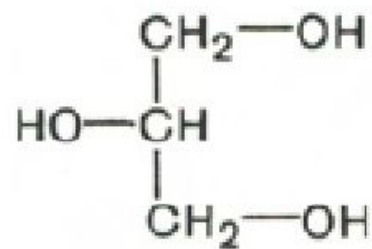
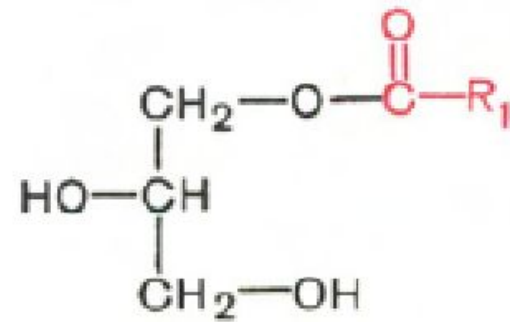


Рис. 6.1. Конфигурация 18-углеродных насыщенных (а) и мононенасыщенных (б) жирных кислот.

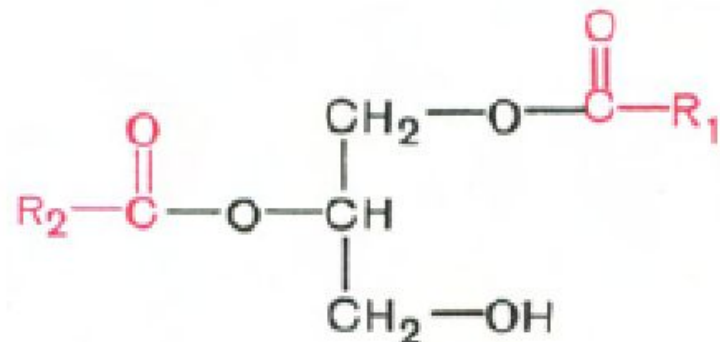
Глицериды*



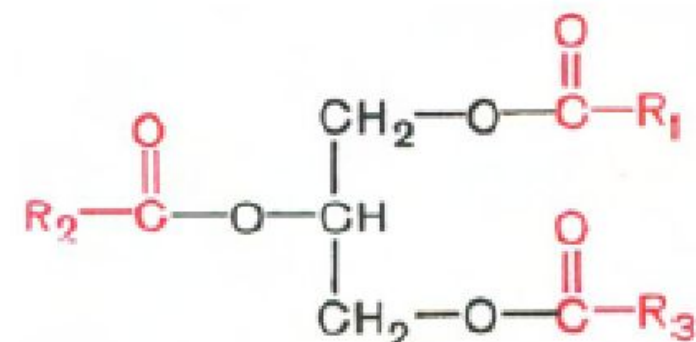
Глицерин (глицерол)



Моноглицерид (моноацилглицерол)



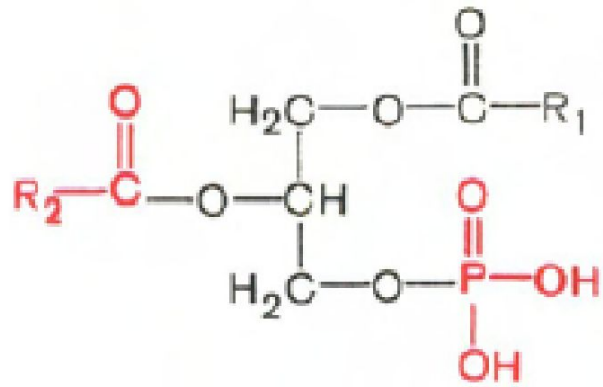
Диглицерид (диацилглицерол)



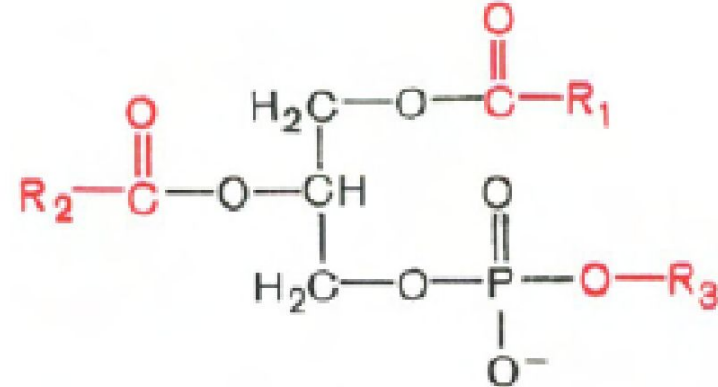
Триглицерид (триацилглицерол)

* Согласно рекомендации Международной номенклатурной комиссии, глицериды следует называть ацилглицеролами.

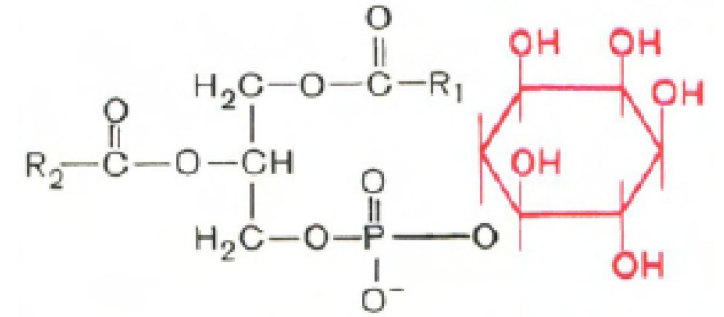
глицерофосфолипиды



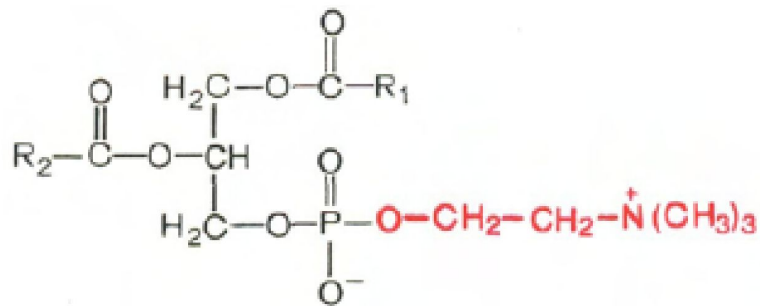
Фосфатидная кислота



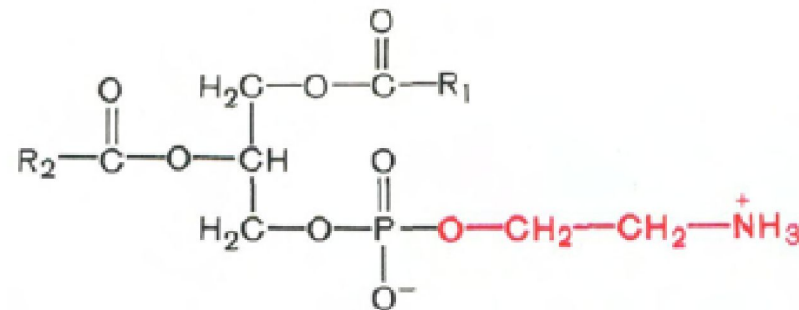
Глицерофосфолипид



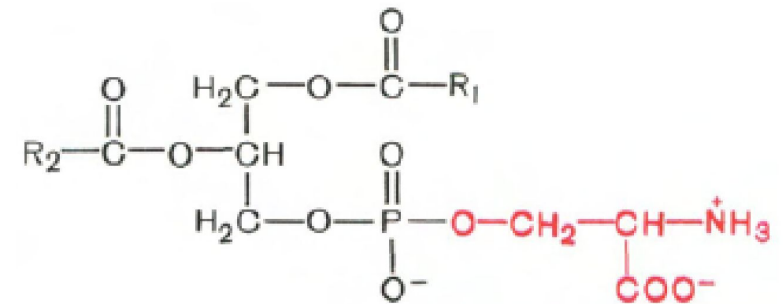
Фосфатидилинозитол



Фосфатидилхолин (лецитин)



Фосфатидилэтаноламин



Фосфатидилсерин

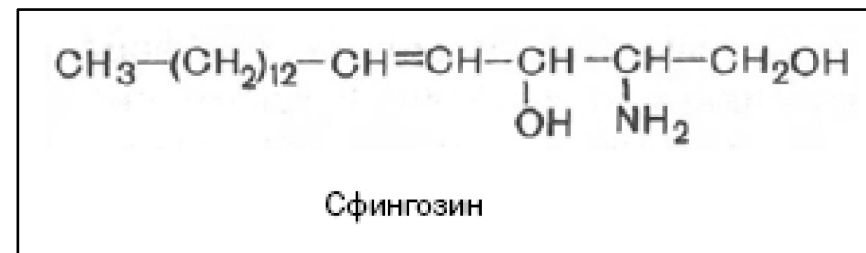
сфинголипиды

В основном они находятся в мембранах животных и растительных клеток.

Особенно богата ими нервная ткань.

Сфингомиелины обнаружены также в ткани почек, печени и других органов.

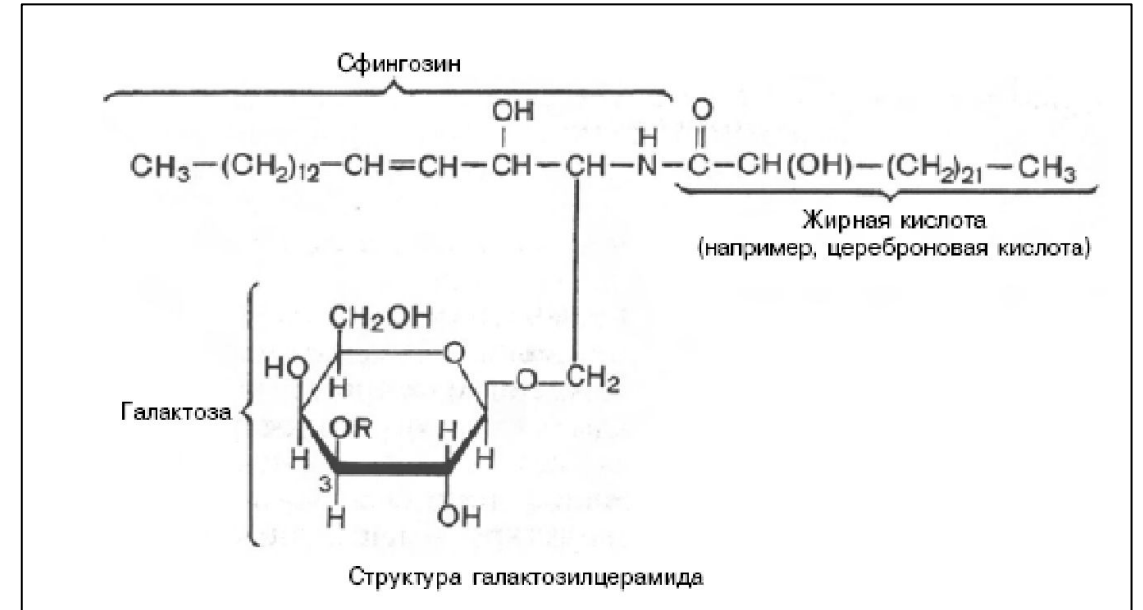
При гидролизе сфингомиелины образуют одну молекулу жирной кислоты, одну молекулу двухатомного ненасыщенного спирта сфингозина, одну молекулу азотистого основания (чаще это холин) и одну молекулу фосфорной кислоты.



ГЛИКОЛИПИДЫ (ГЛИКОСФИНГОЛИПИДЫ)

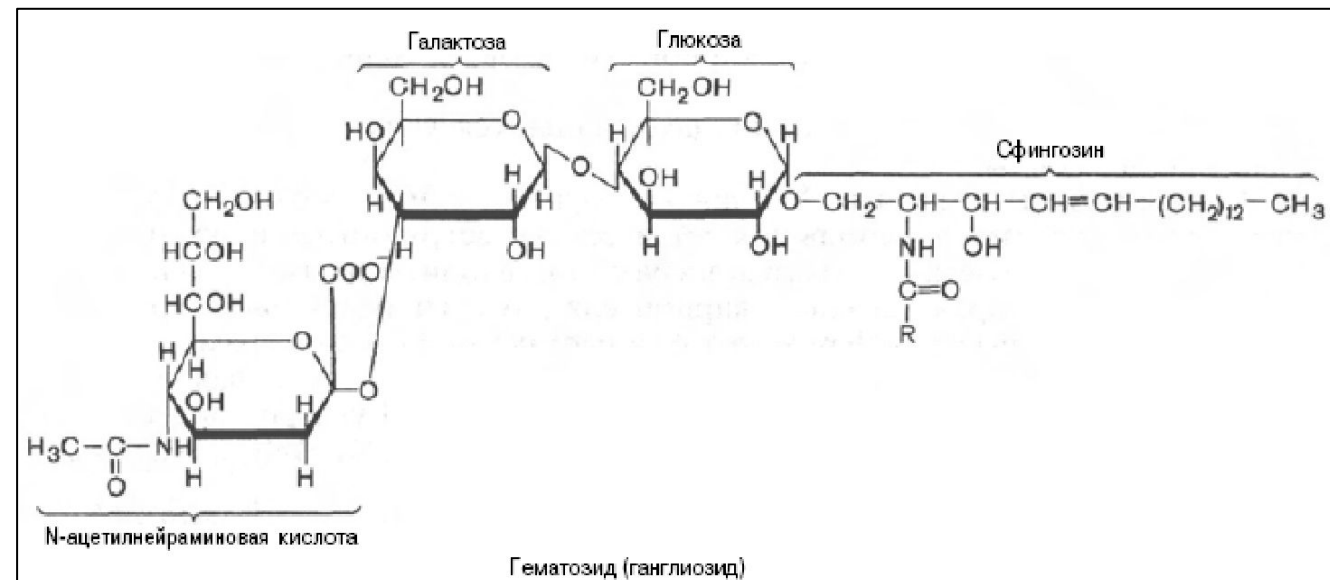
Простейшими гликофинголипидами являются **галактозилцерамиды и глюкозилцерамиды**.

Галактозилцерамиды * – главные сфинголипиды мозга и других нервных тканей, но в небольших количествах встречаются и во многих других тканях.



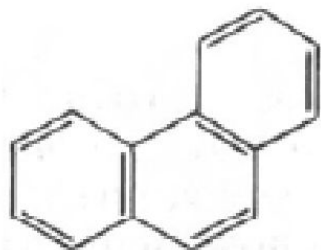
Более сложными гликофинголипидами являются **ганглиозиды**, образующиеся из гликозилцерамидов.

Ганглиозиды дополнительно содержат одну или несколько молекул сиаловой кислоты. В тканях человека доминирующей сиаловой кислотой является нейраминавая. Ганглиозиды в больших количествах находятся в нервной ткани

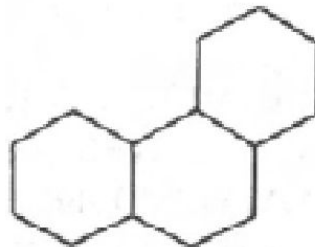


СТЕРОИДЫ

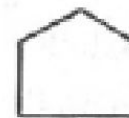
Стероиды – широко распространенные в природе соединения. Они часто обнаруживаются в ассоциации с жирами. Их можно отделить от жира путем омыления * (они попадают в неомыляемую фракцию). Все стероиды в своей структуре имеют ядро, образованное гидрированным фенантреном (кольца А, В и С) и циклопентаном (кольцо D):



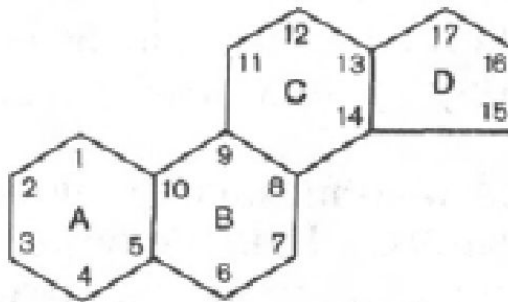
Фенантрен



Пергидрофенантрен

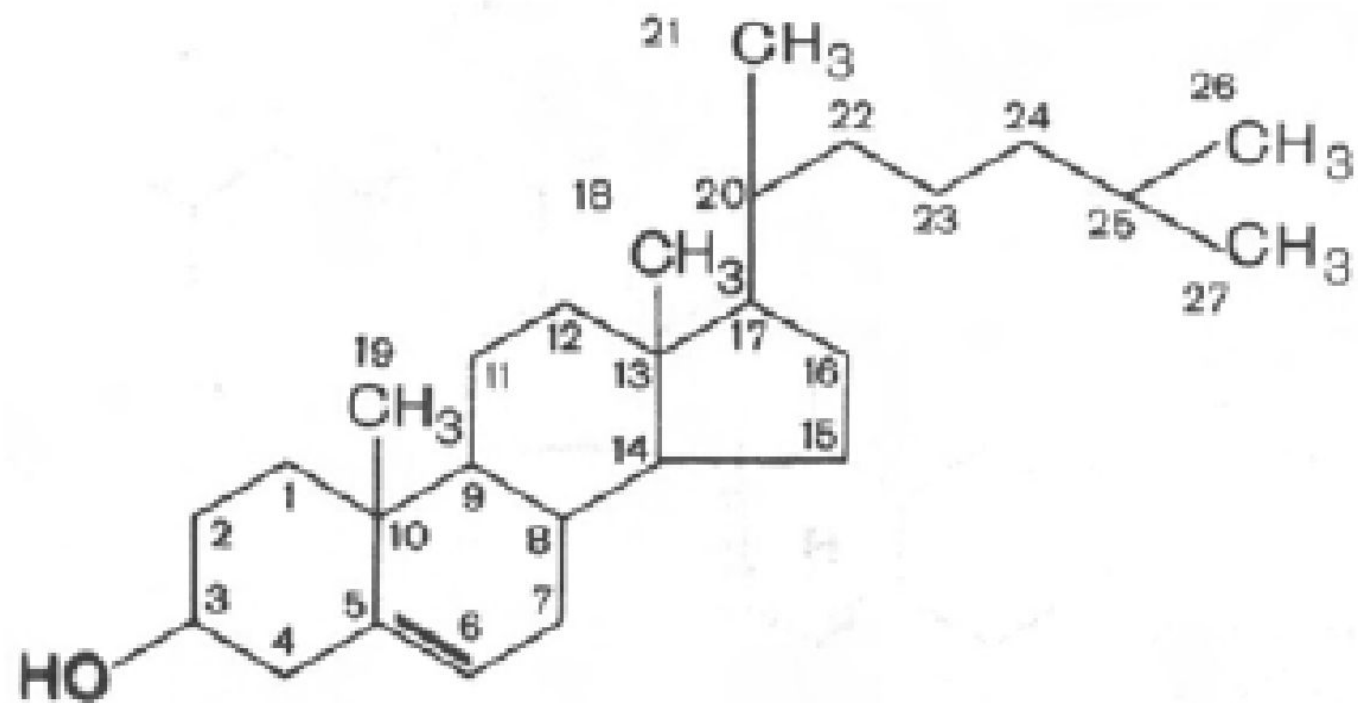


Циклопентан

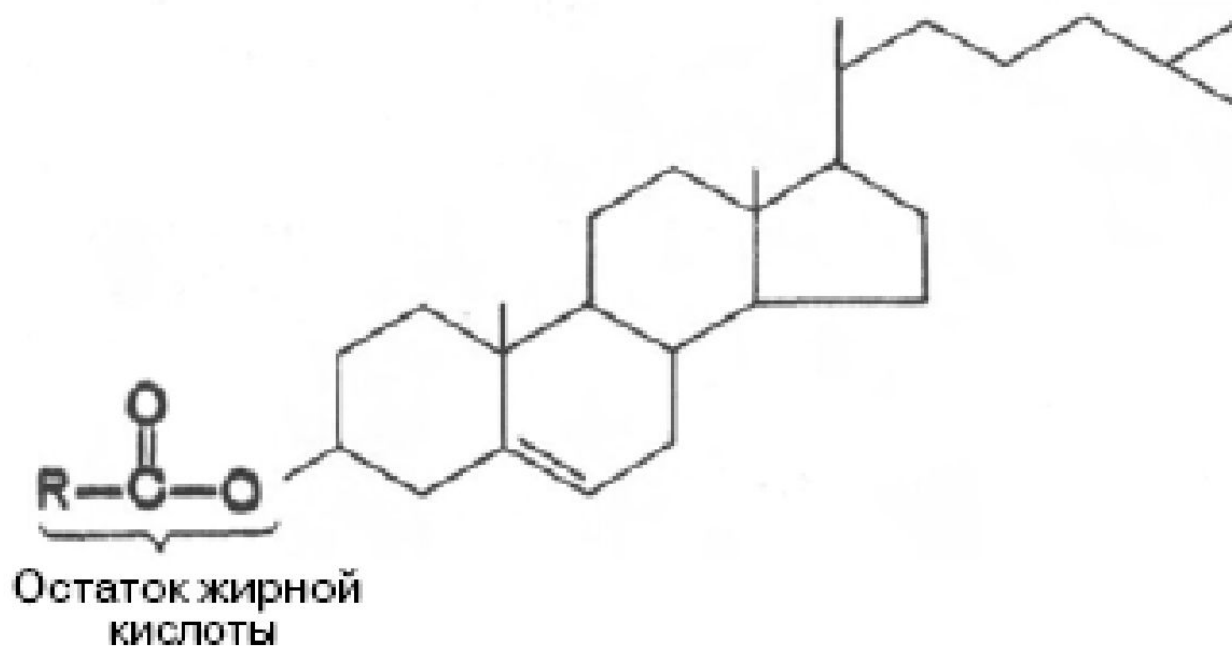


Циклопентанпергидрофенантрен
(общая структурная основа стероидов)

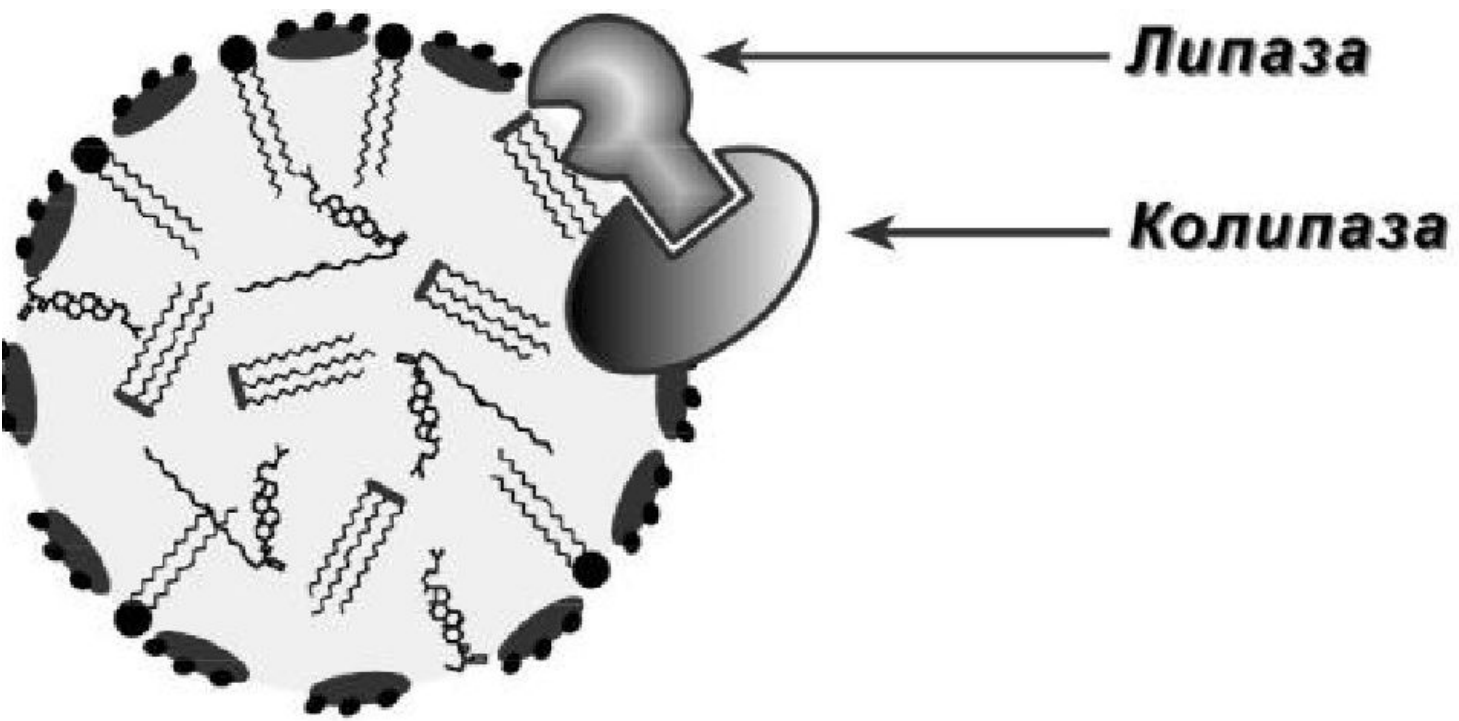
* Омылением называется гидролиз жира щелочью. Продуктами омыления являются глицерин и щелочные соли жирных кислот, которые называют мылами.



Холестерин (холестерол)



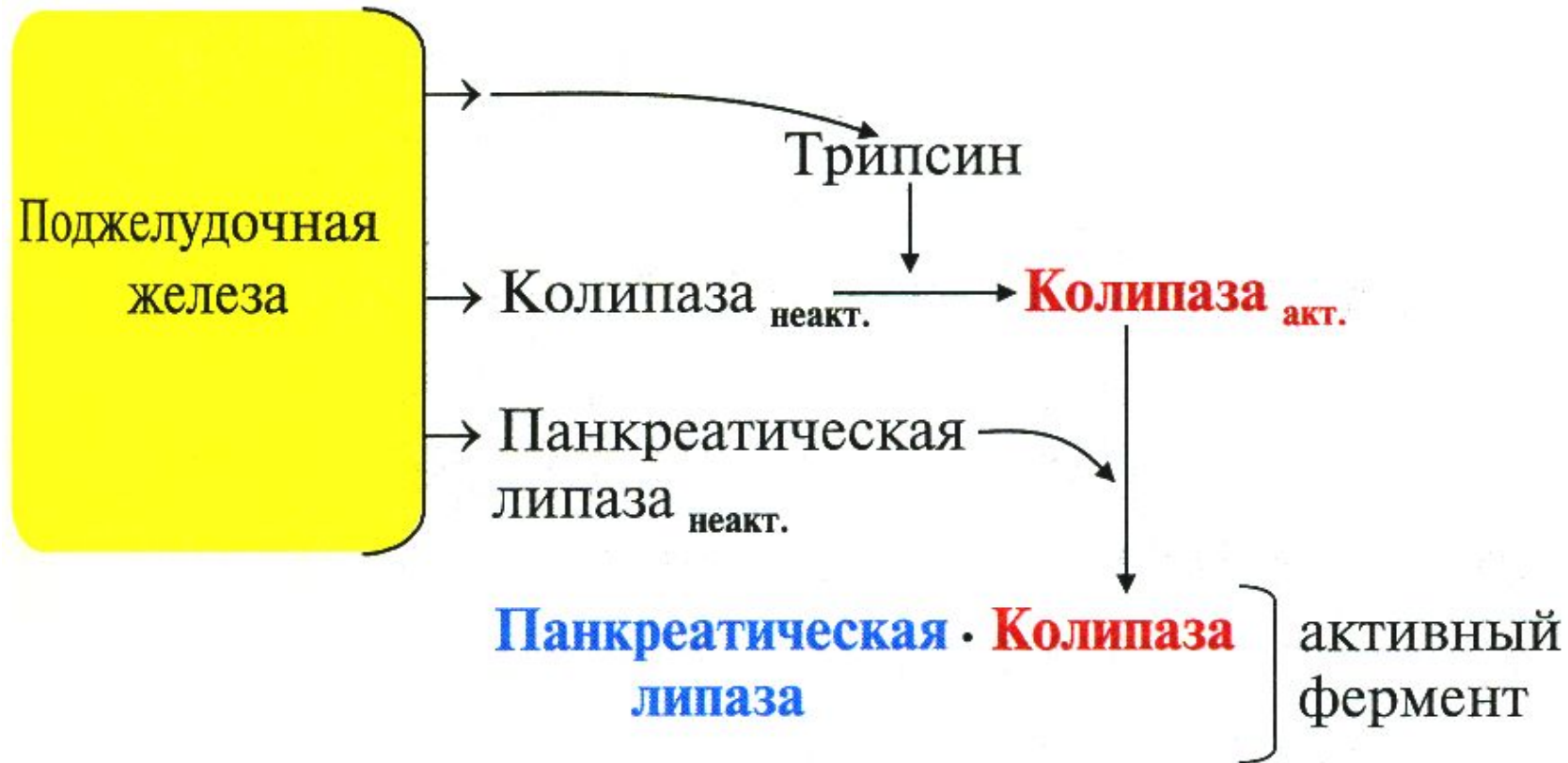
Эфир холестерина (холестерид)

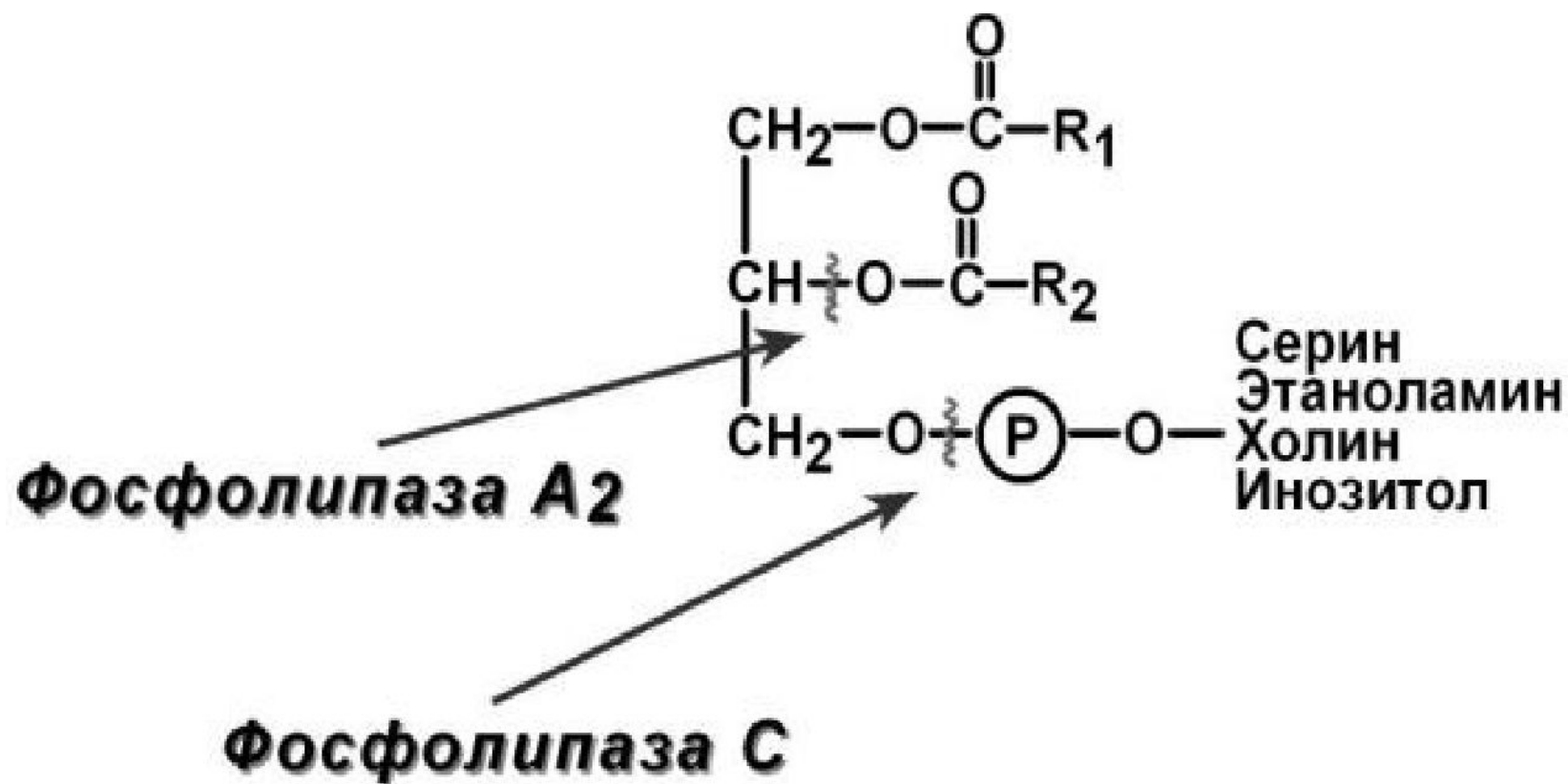


- Желчные кислоты 
- Фосфолипиды 
- Триацилглицеролы 
- Холестерол 
- Эфир холестерола 

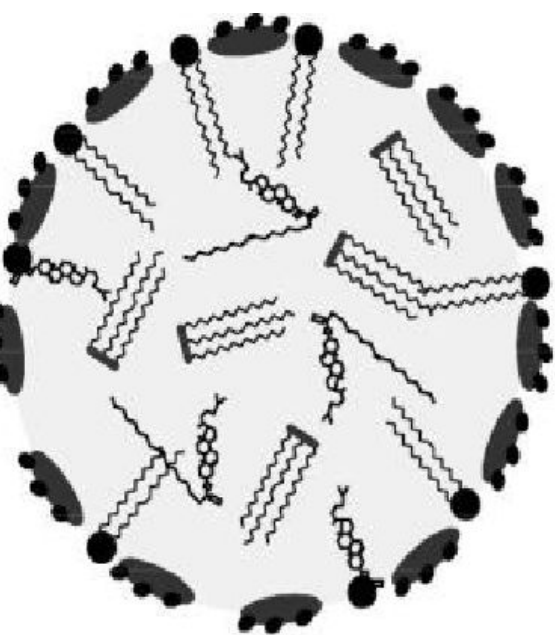
Строение жировой эмульсии и роль колипазы в действии панкреатической липазы

Активация панкреатической липазы





Точки действия фосфолипаз C и A₂



Эмульгированный
пищевой жир

Фосфолипазы C и A2
Панкреатическая липаза
Холестерол эстераза



Лизофосфолипиды 

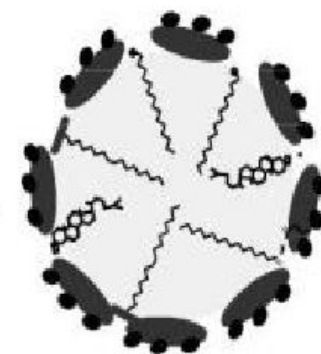
Жирные кислоты 

2-Моноацилглицеролы 

Холестерин 

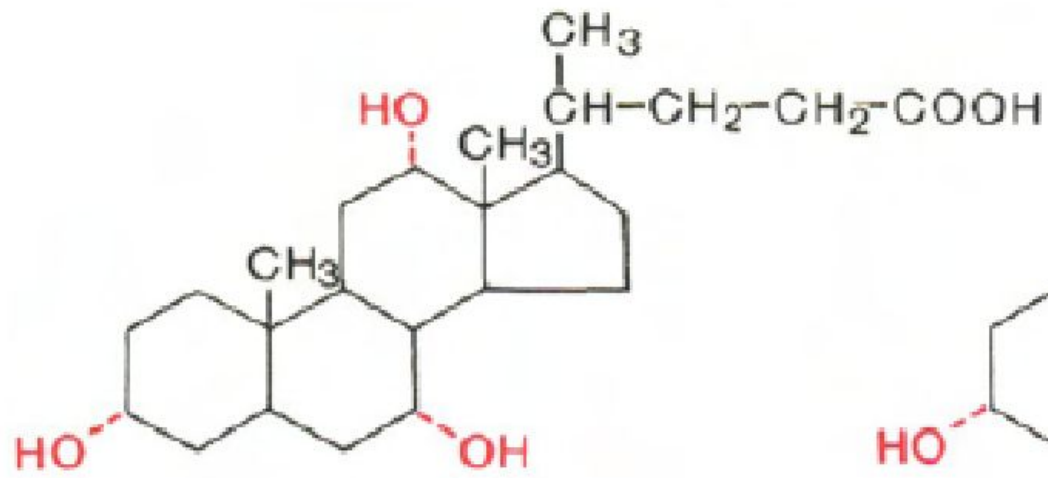
Желчные кислоты 

Продукты переваривания

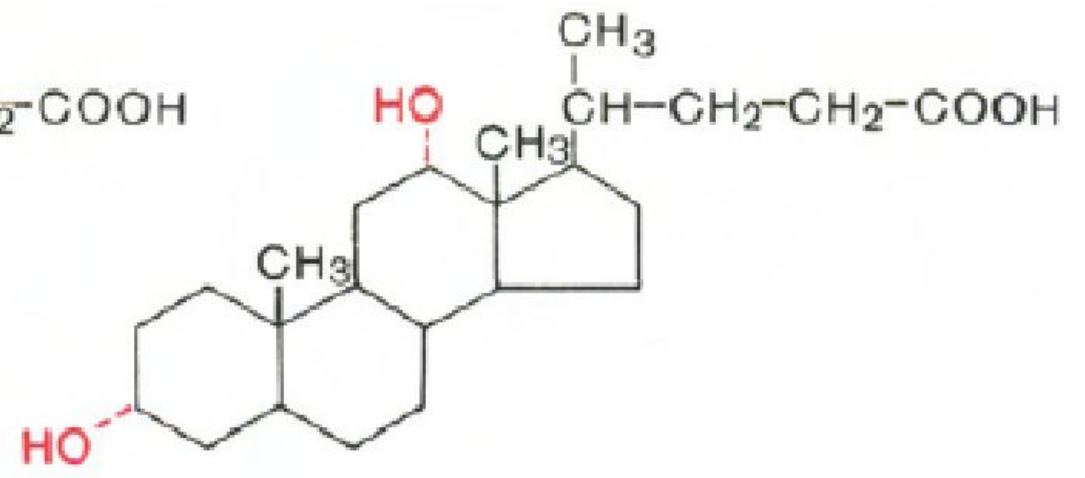


Мицеллы

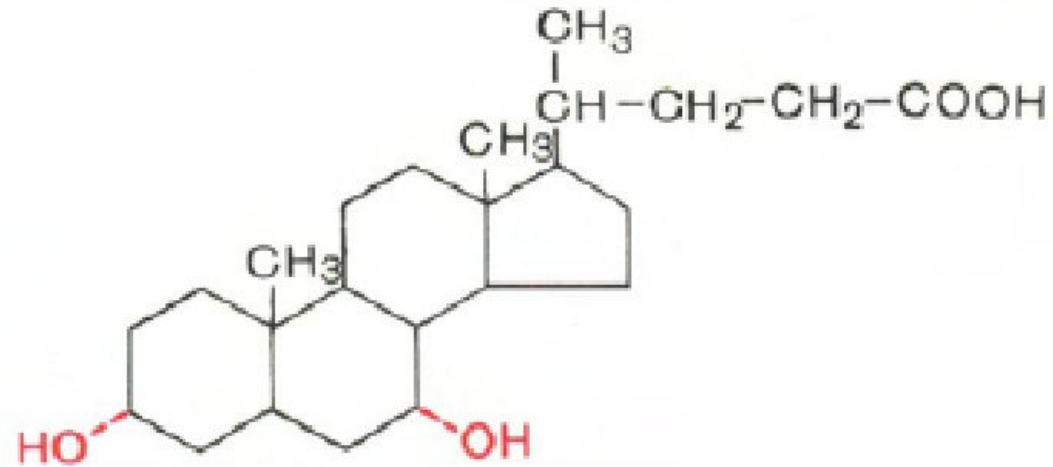
Схематичное изображение переваривания липидов



Холевая кислота



Дезоксихолевая кислота

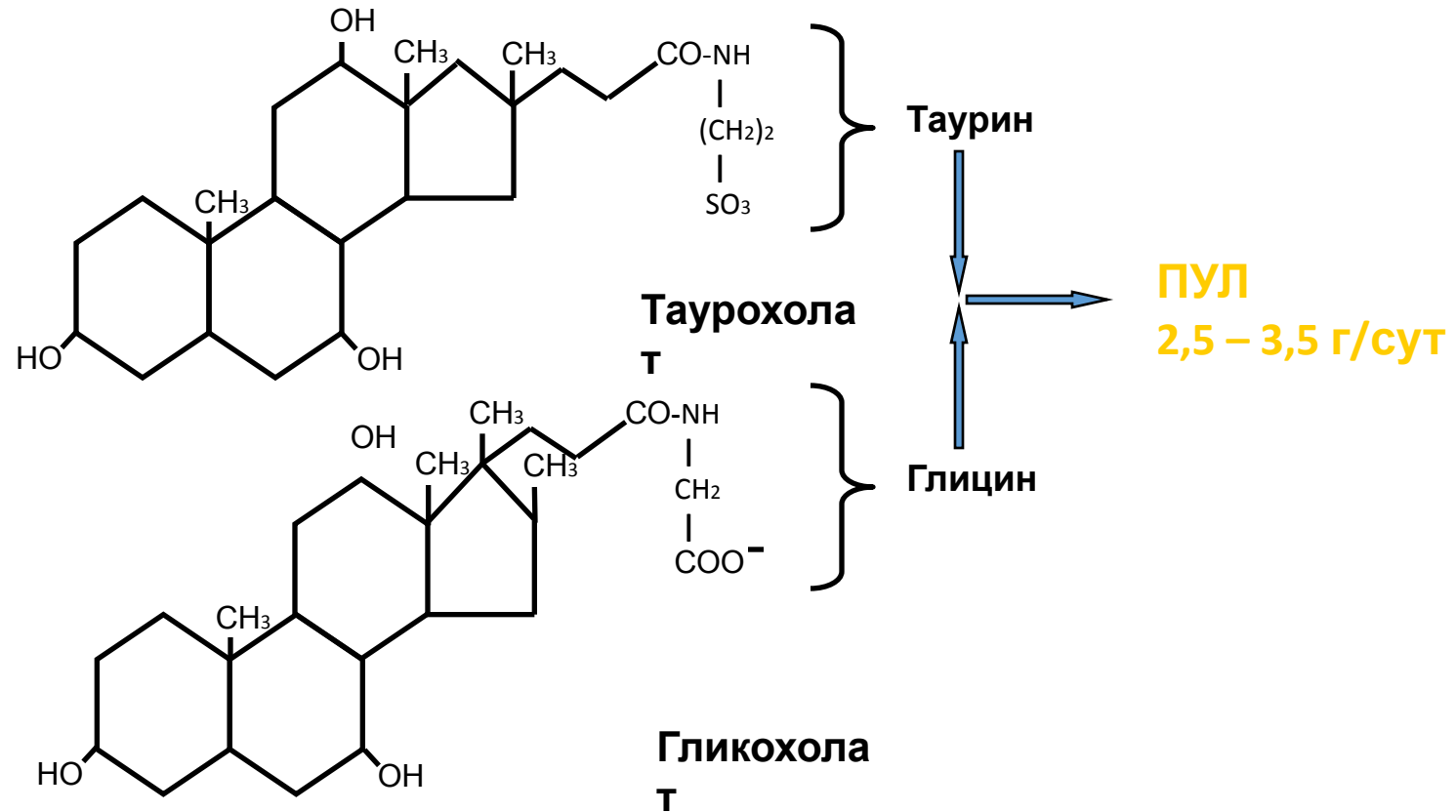


Хенодезоксихолевая кислота

Желчные кислоты представляют собой основной конечный продукт метаболизма холестерина.

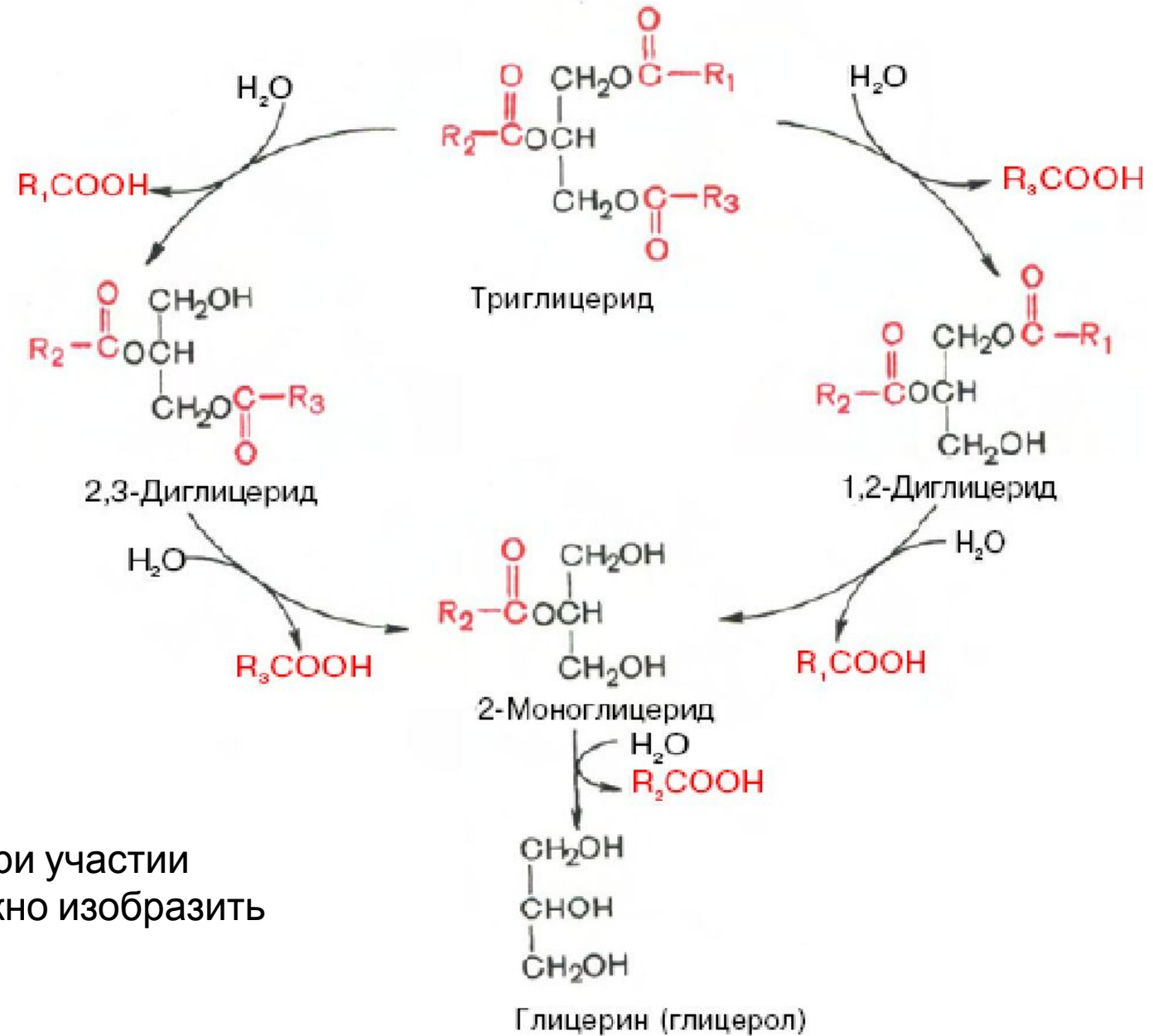
• Желчные кислоты

Желчные кислоты присутствуют в желчи в конъюгированной форме. Эти соединения иногда называют парными желчными кислотами, так как они состоят из двух компонентов – желчной кислоты и **глицина** или **таурина**.



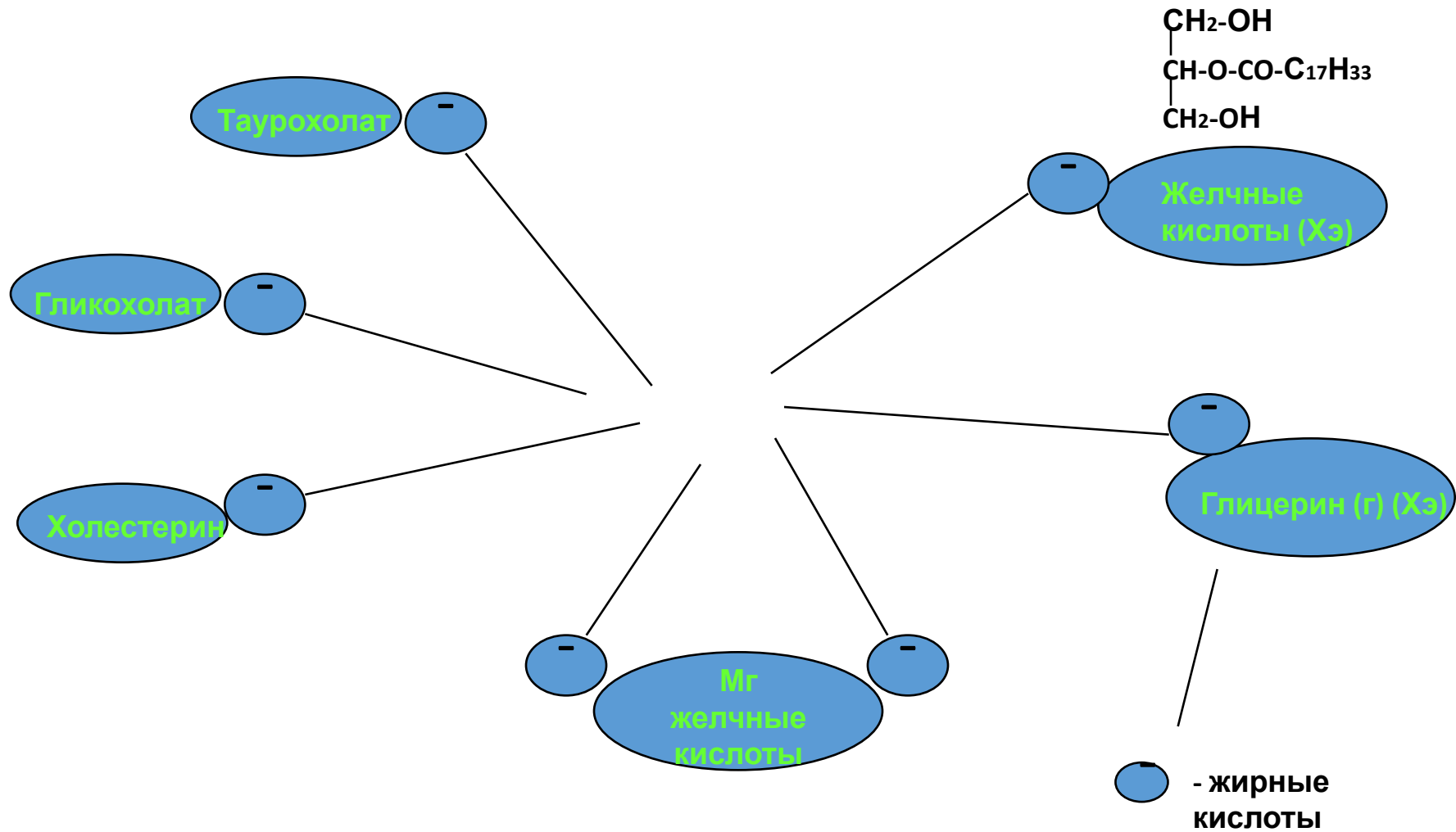
БИОЛОГИЧЕСКАЯ РОЛЬ:

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

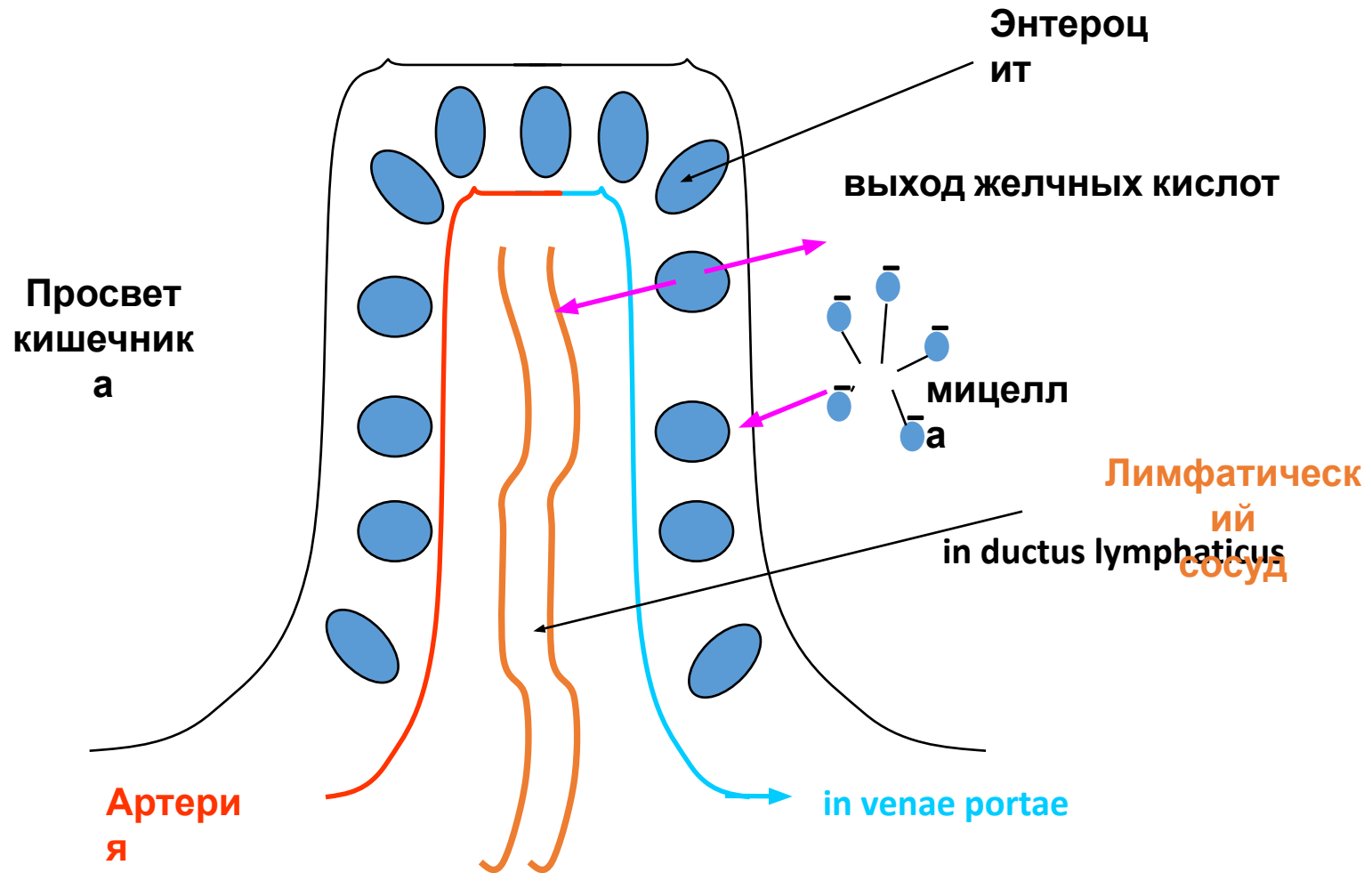


Гидролиз триглицеридов при участии **панкреатической липазы** можно изобразить в виде следующей схемы:

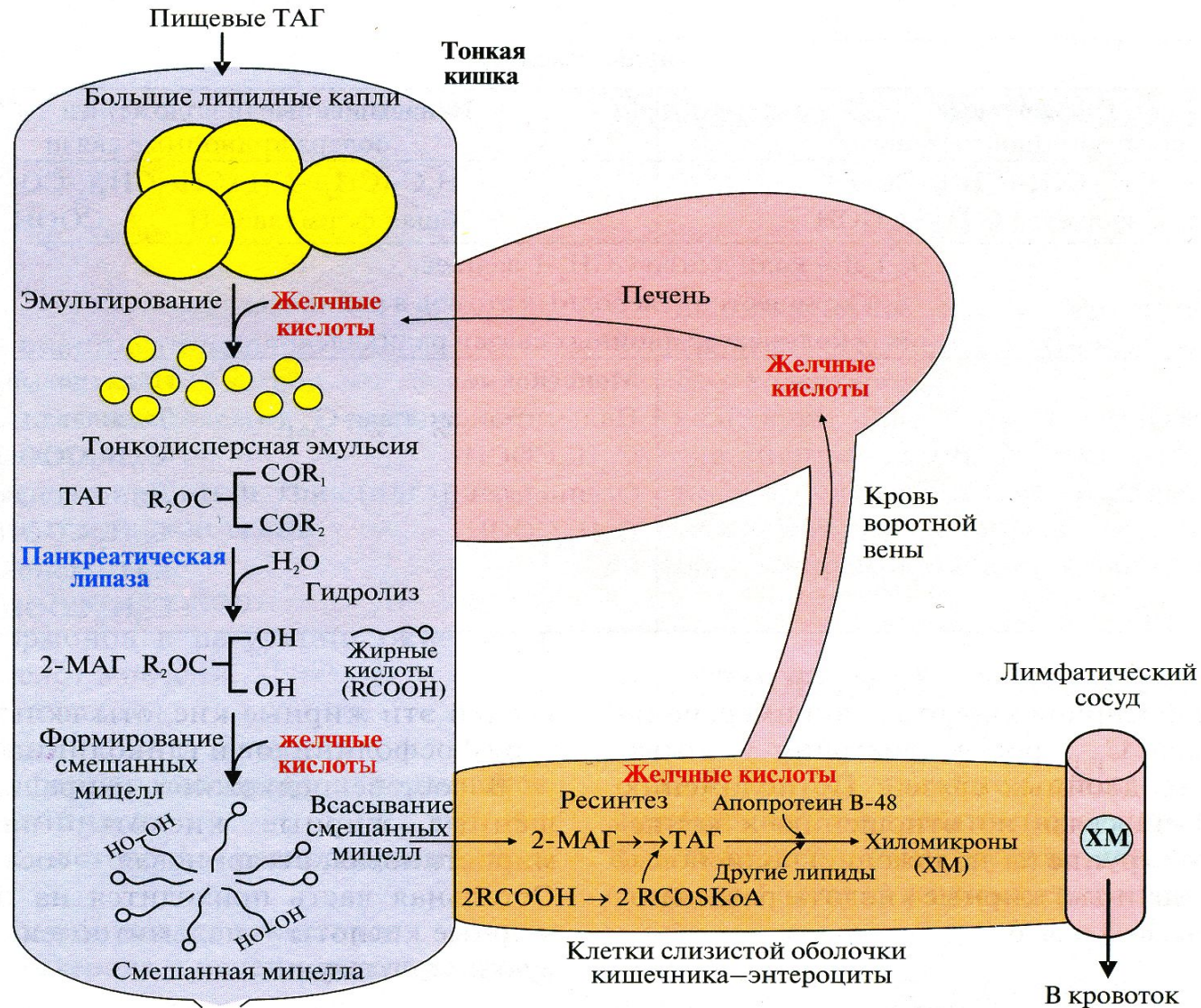
- **Мицелла**

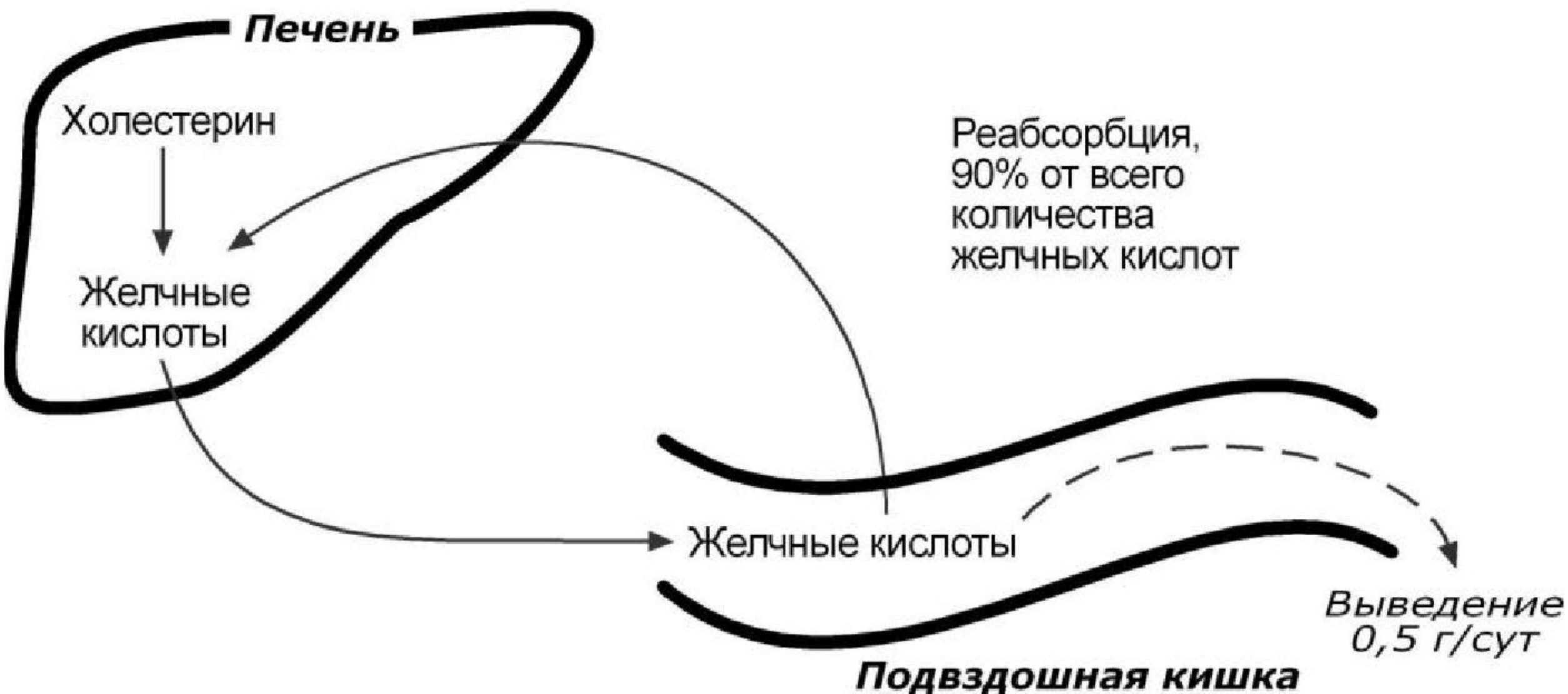


- **Кишечная ворсинка**



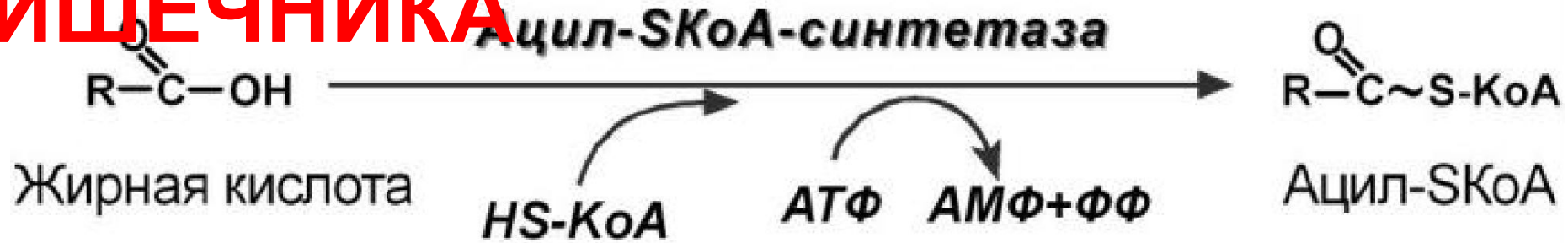
Переваривание и всасывание липидов





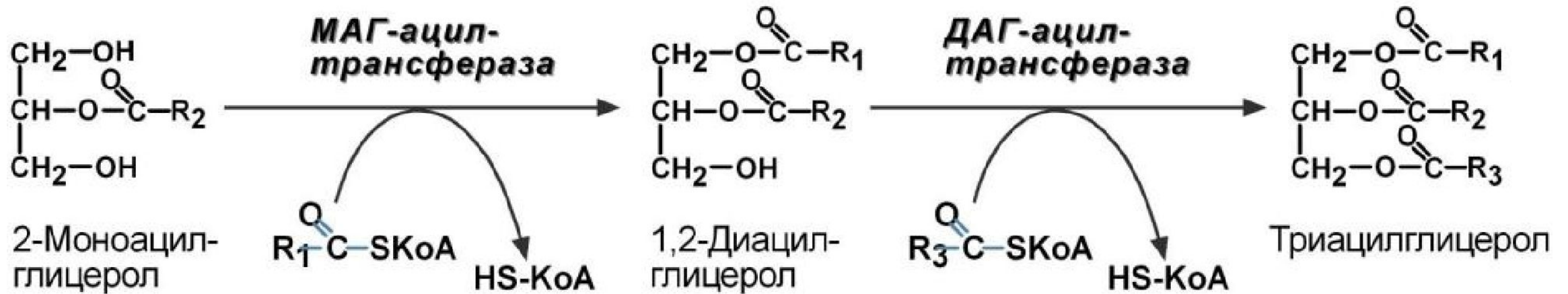
Кишечно-печеночная циркуляция желчных кислот

РЕСИНТЕЗ ЛИПИДОВ В СТЕНКЕ КИШЕЧНИКА



1

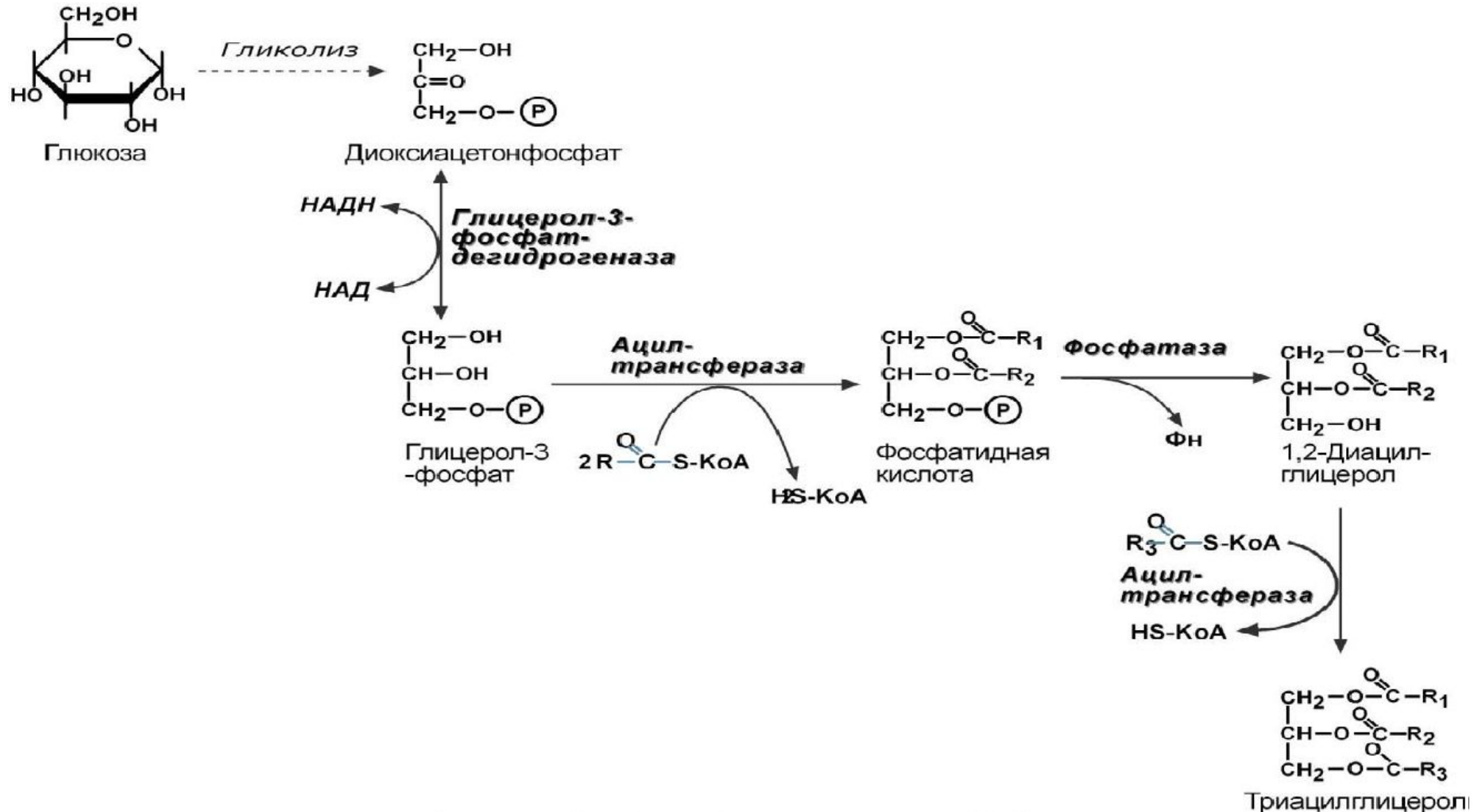
Реакция активации жирной кислоты



Моноацилглицеридный путь ресинтеза ТАГ

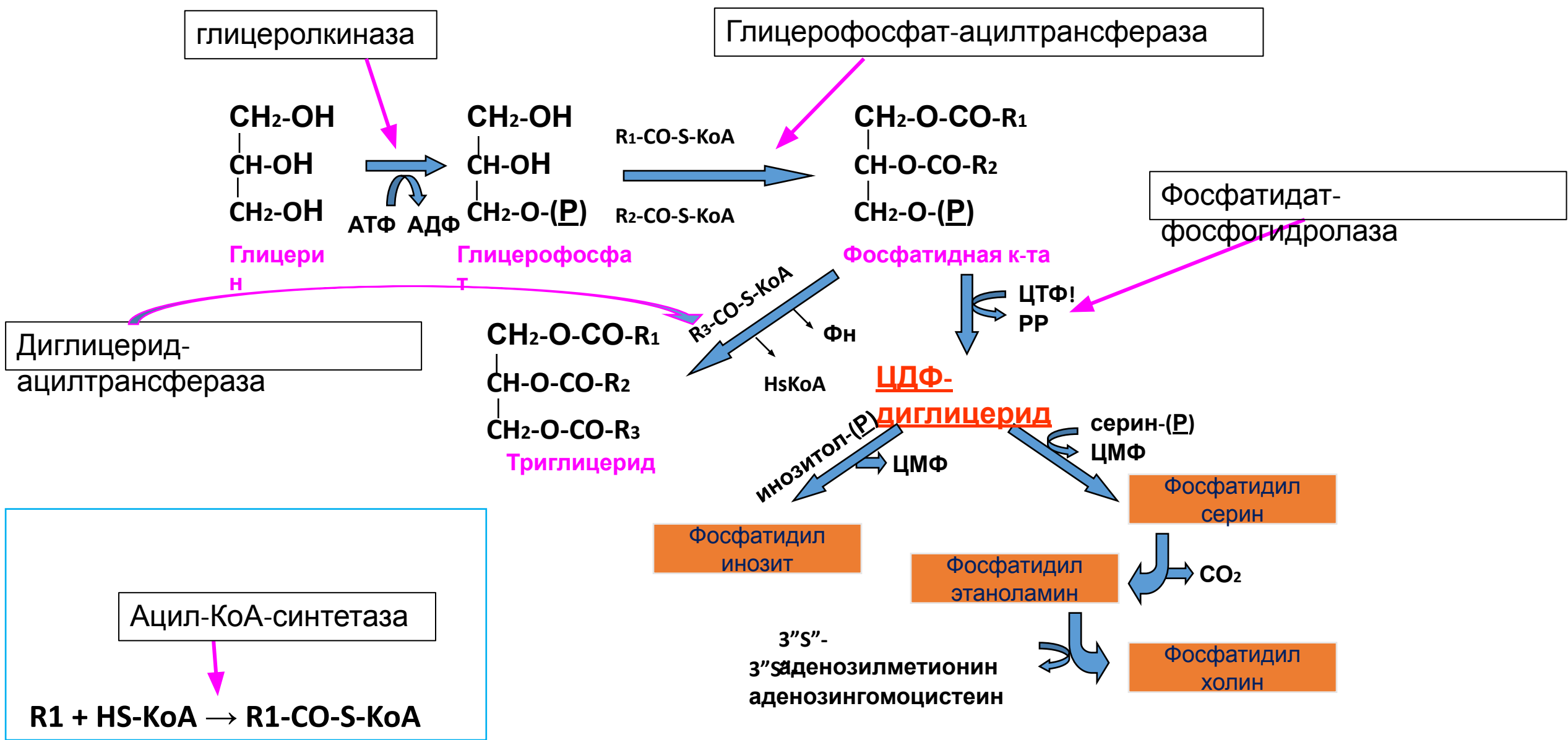
РЕСИНТЕЗ ЛИПИДОВ В СТЕНКЕ КИШЕЧНИКА

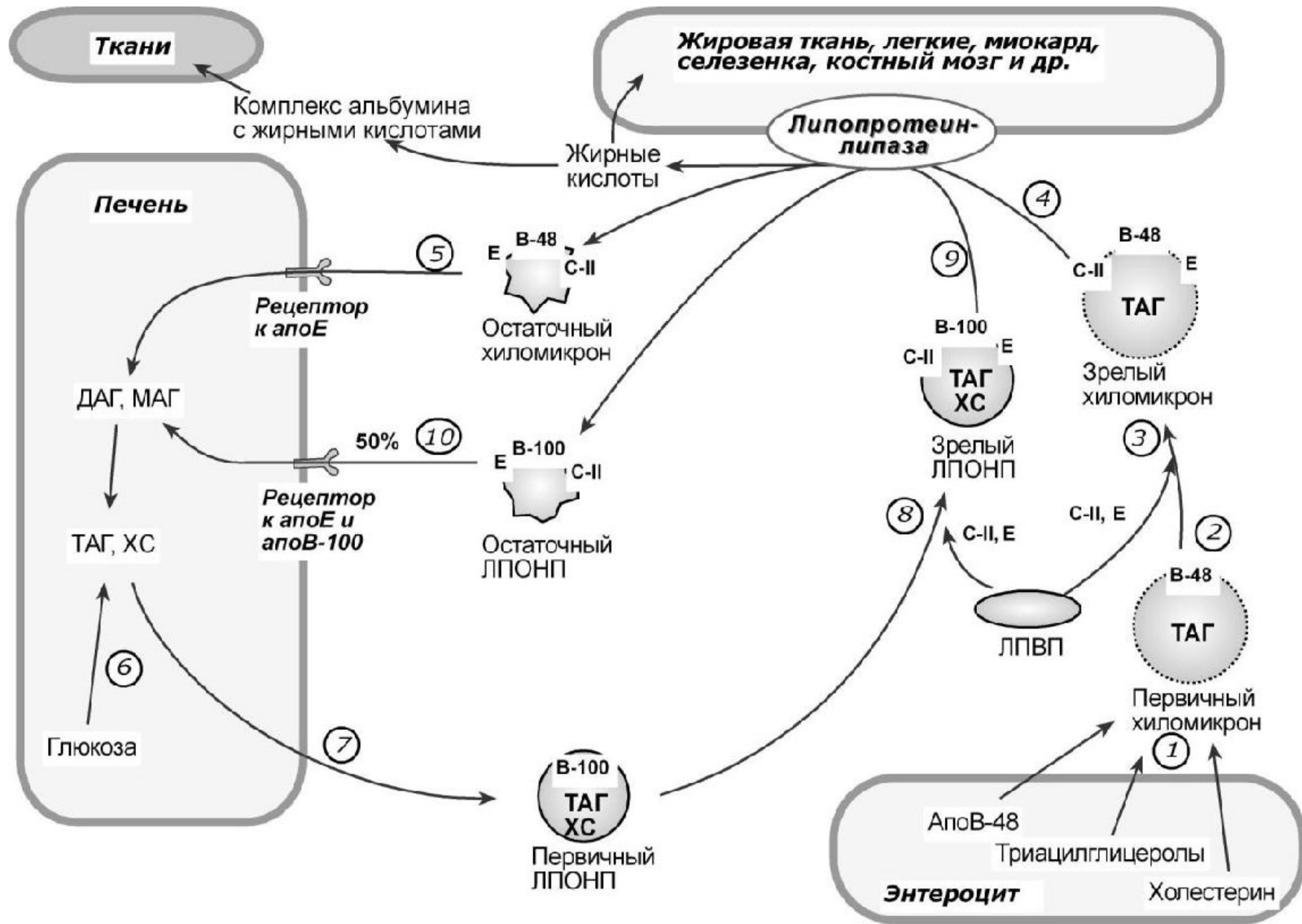
2



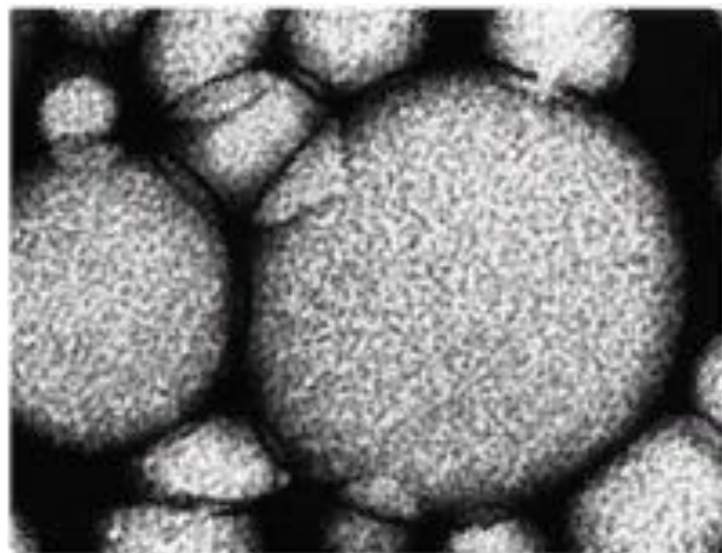
Глицеролфосфатный путь ресинтеза ТАГ

Ресинтез триглицеридов и фосфолипидов (в энтероцитах)

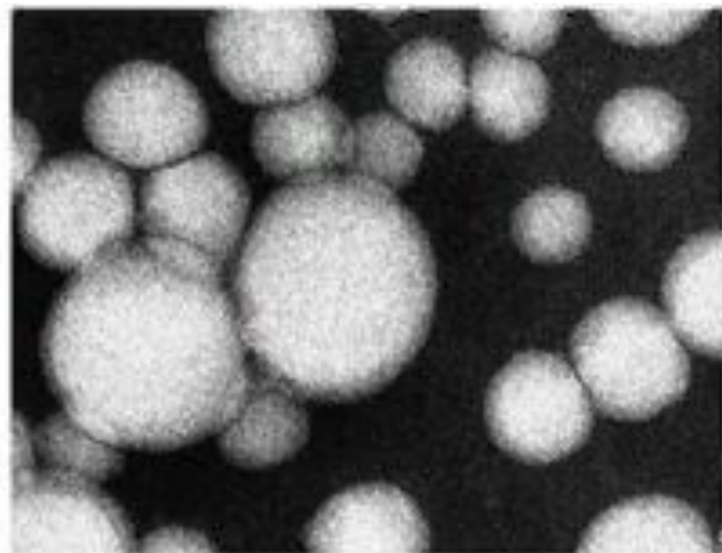




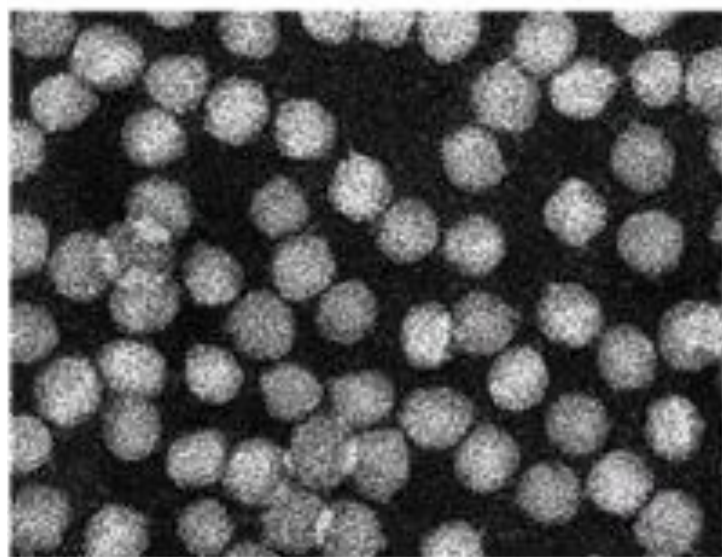
Транспорт экзогенных и эндогенных триацилглицеролов



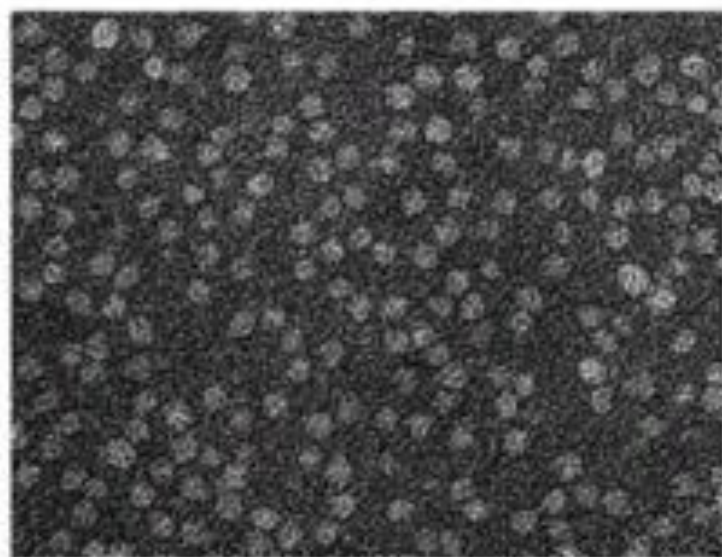
ХМ



ЛПОНП

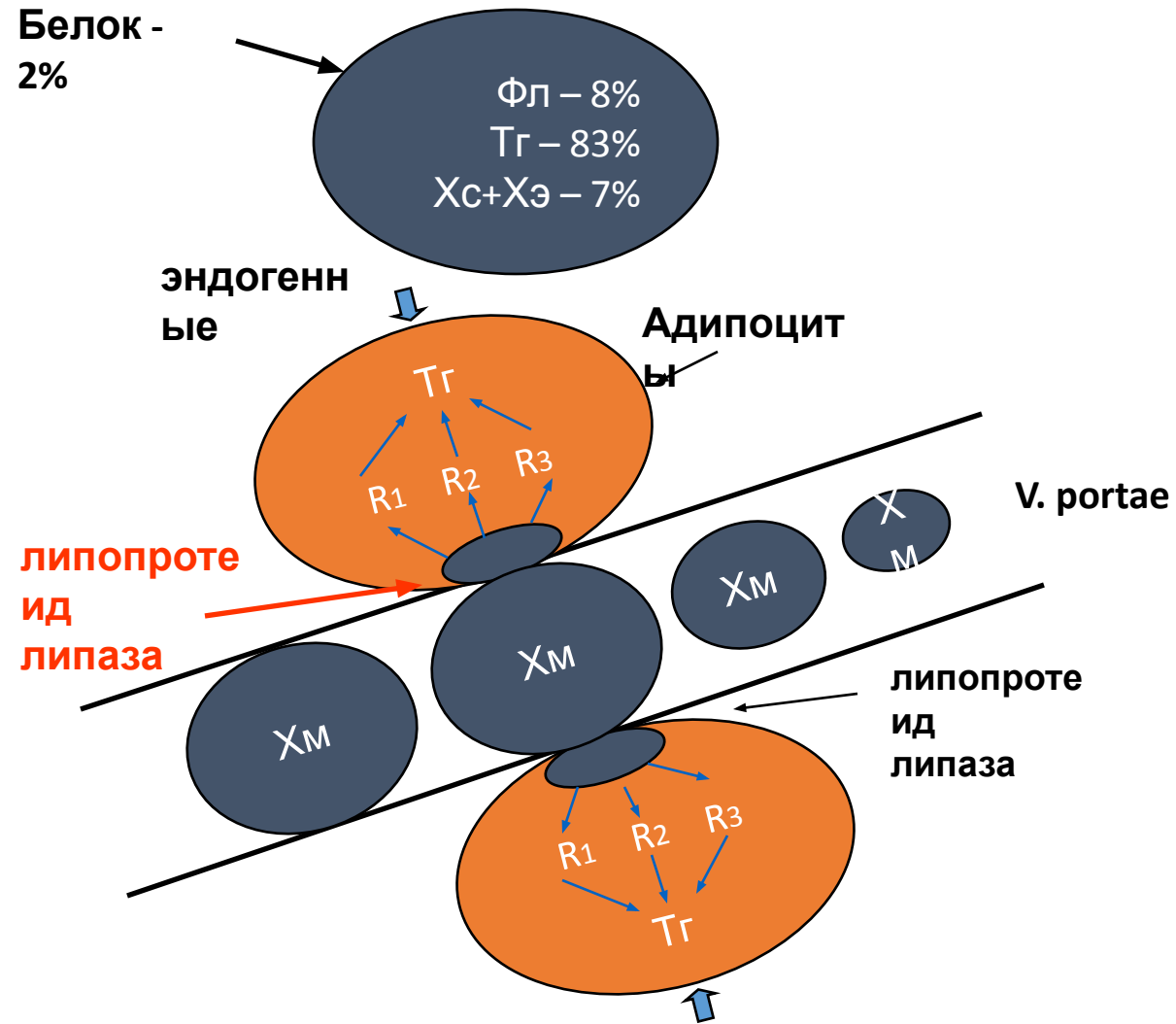


ЛПНП

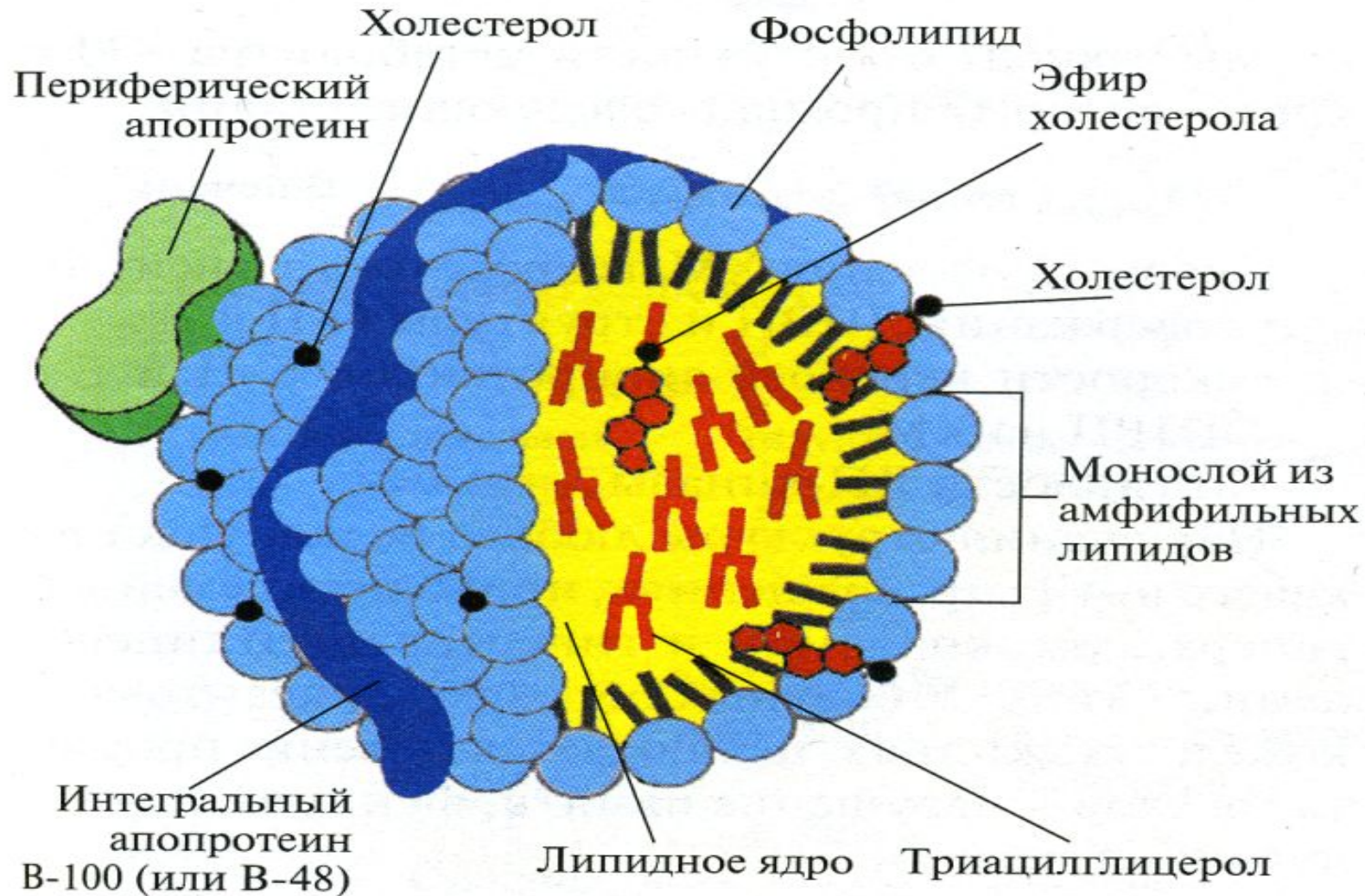


ЛПВП

ХМ-хиломикроны (липопротеид)

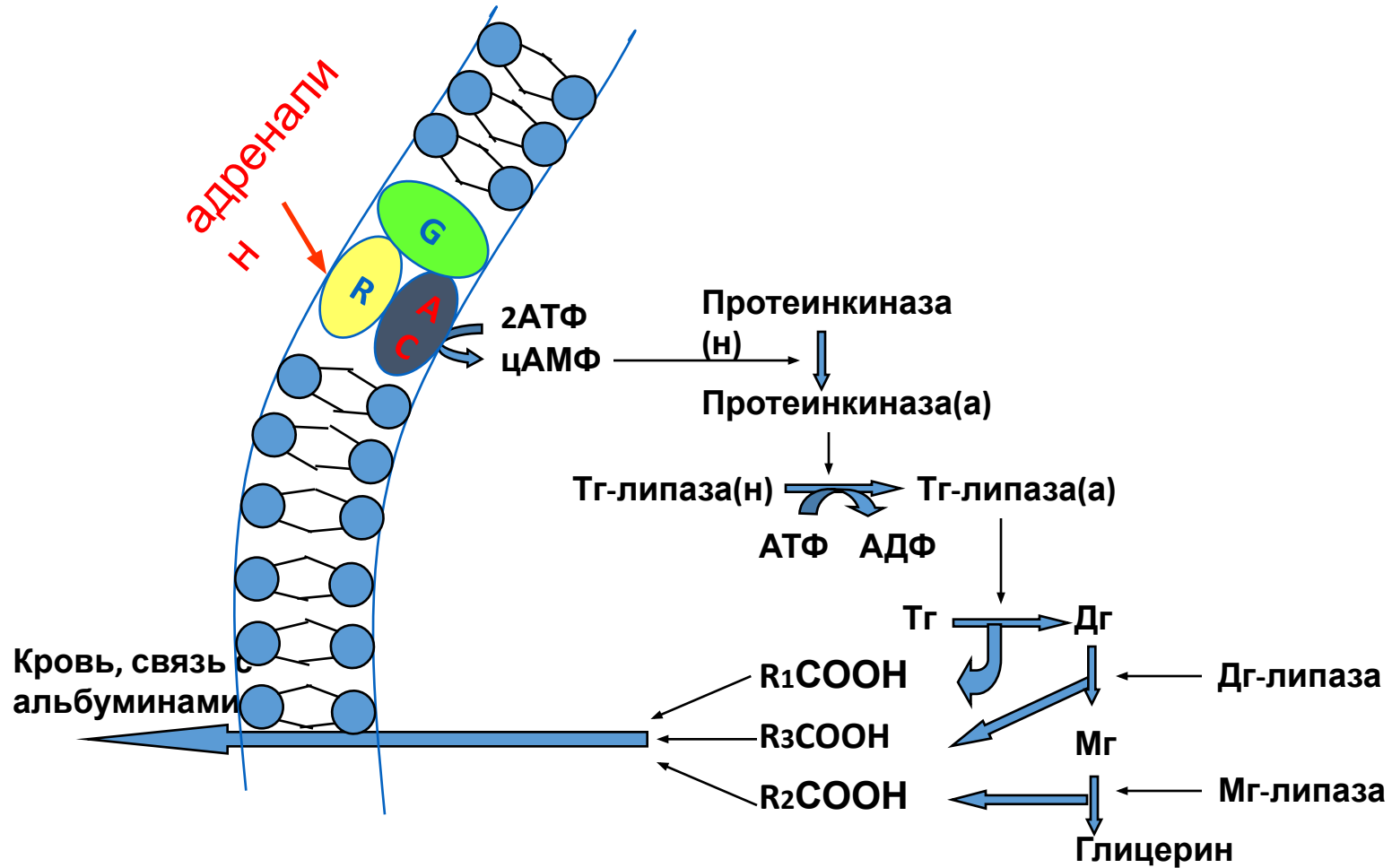


Строение хиломикрона

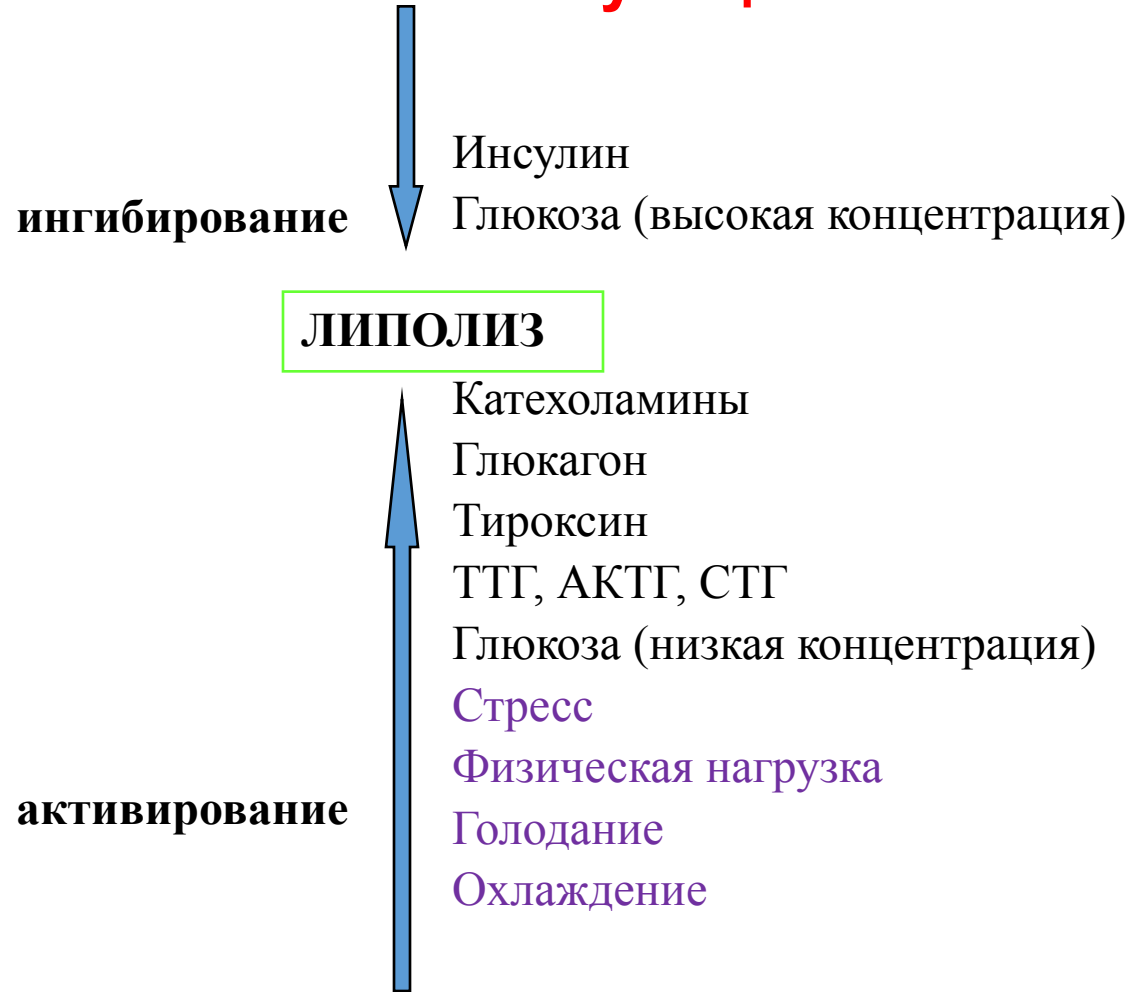


Внутриклеточный липолиз

(гепатоциты, адипоциты, кардиомиоциты)

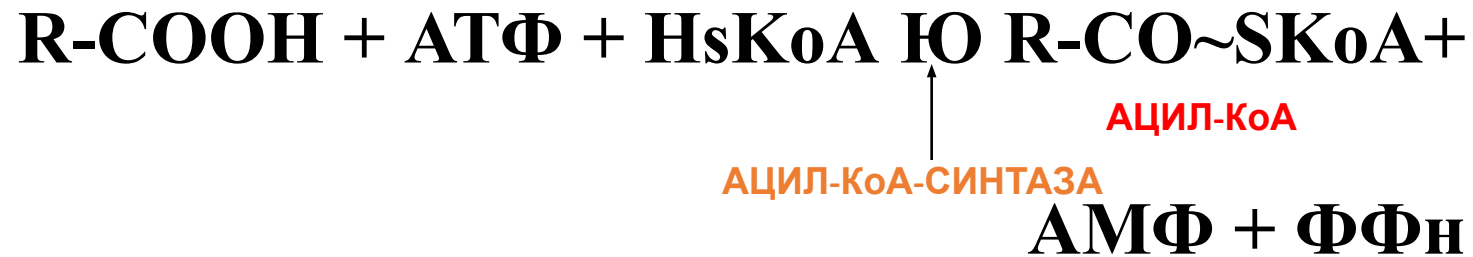


Регуляция липолиза



Этапы β-окисления

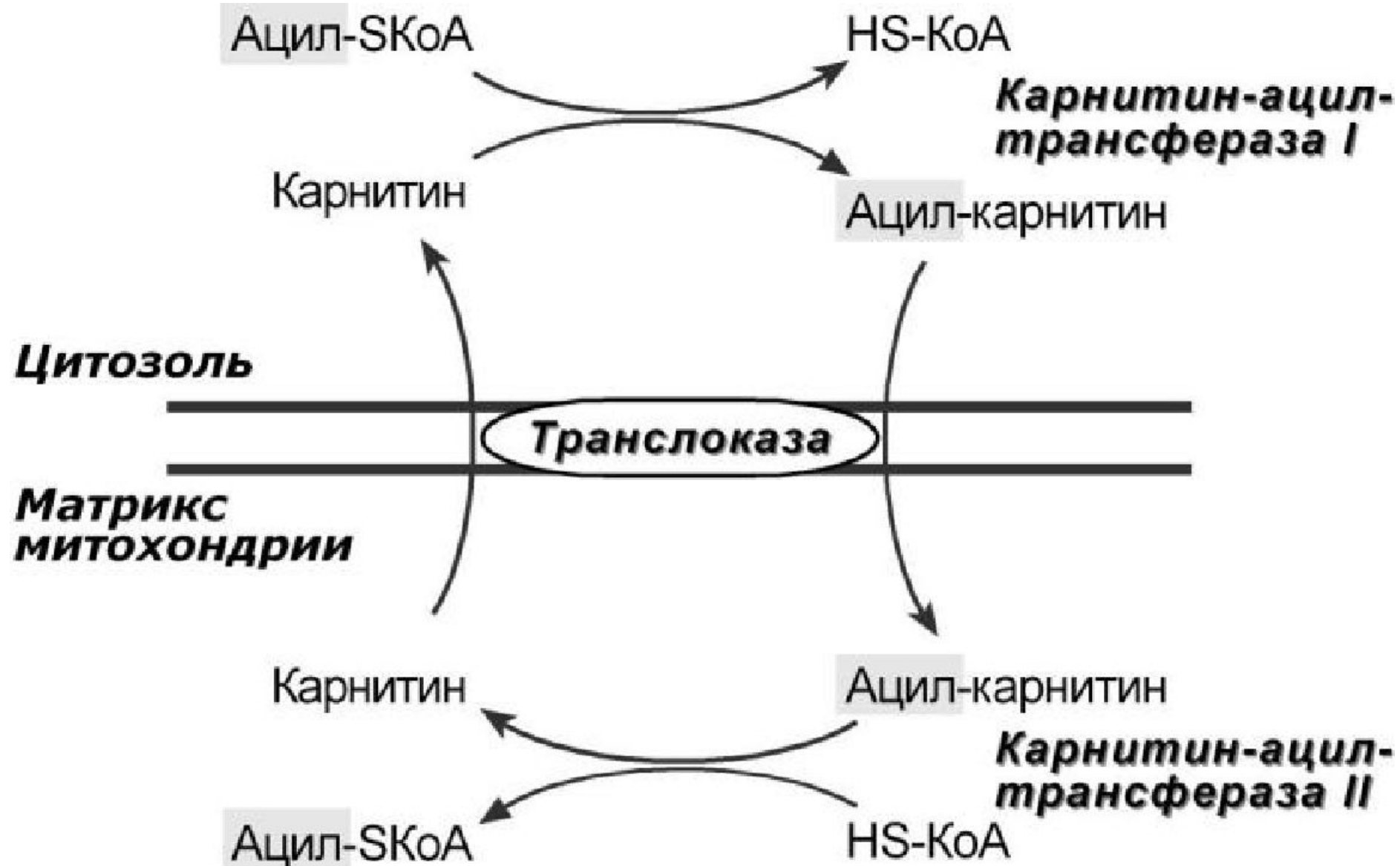
- I Активирование жирных кислот (цитозоль)



- II Транспорт в Мт

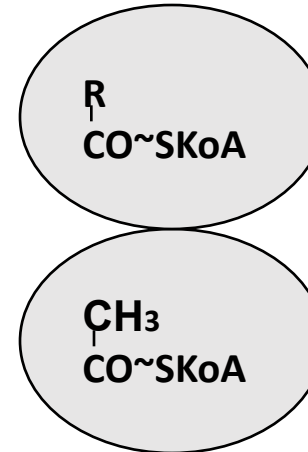
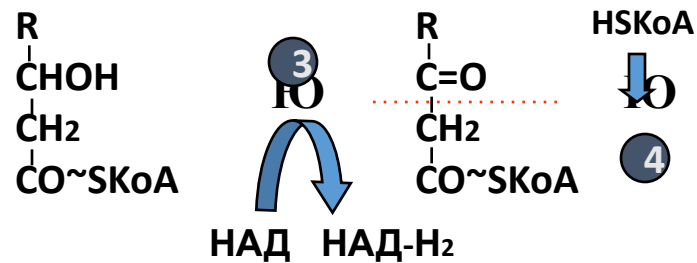
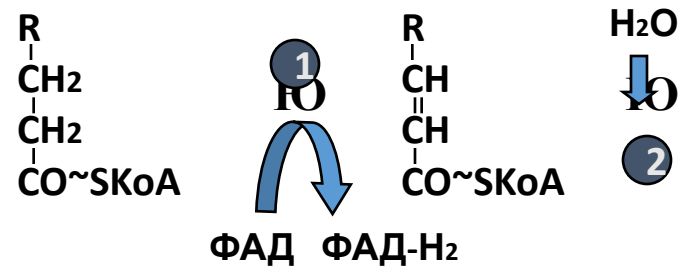


В Мт, где распадается на R-CO~SKoA и карнитин,



Транспорт жирных кислот через внутреннюю митохондриальную мембрану

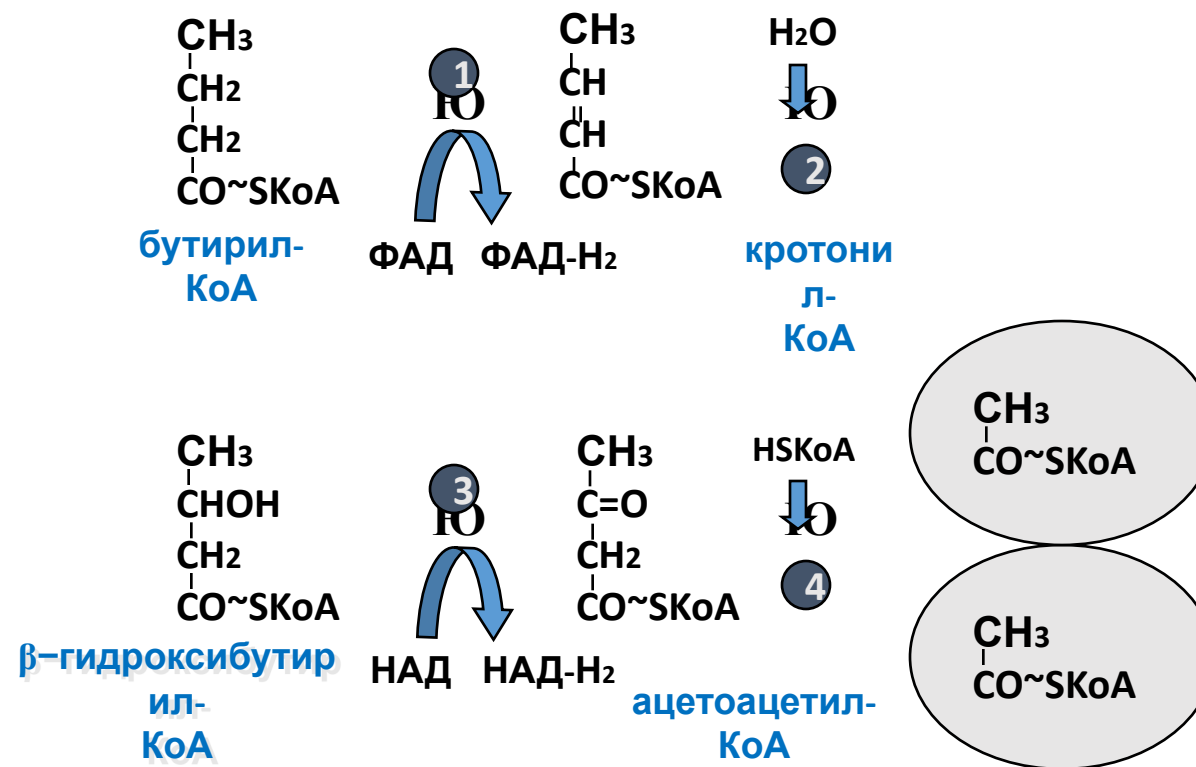
- III β-окисление (Mt) – четное количество атомов



повтор
этапов
до
бутирил
а-
КоА

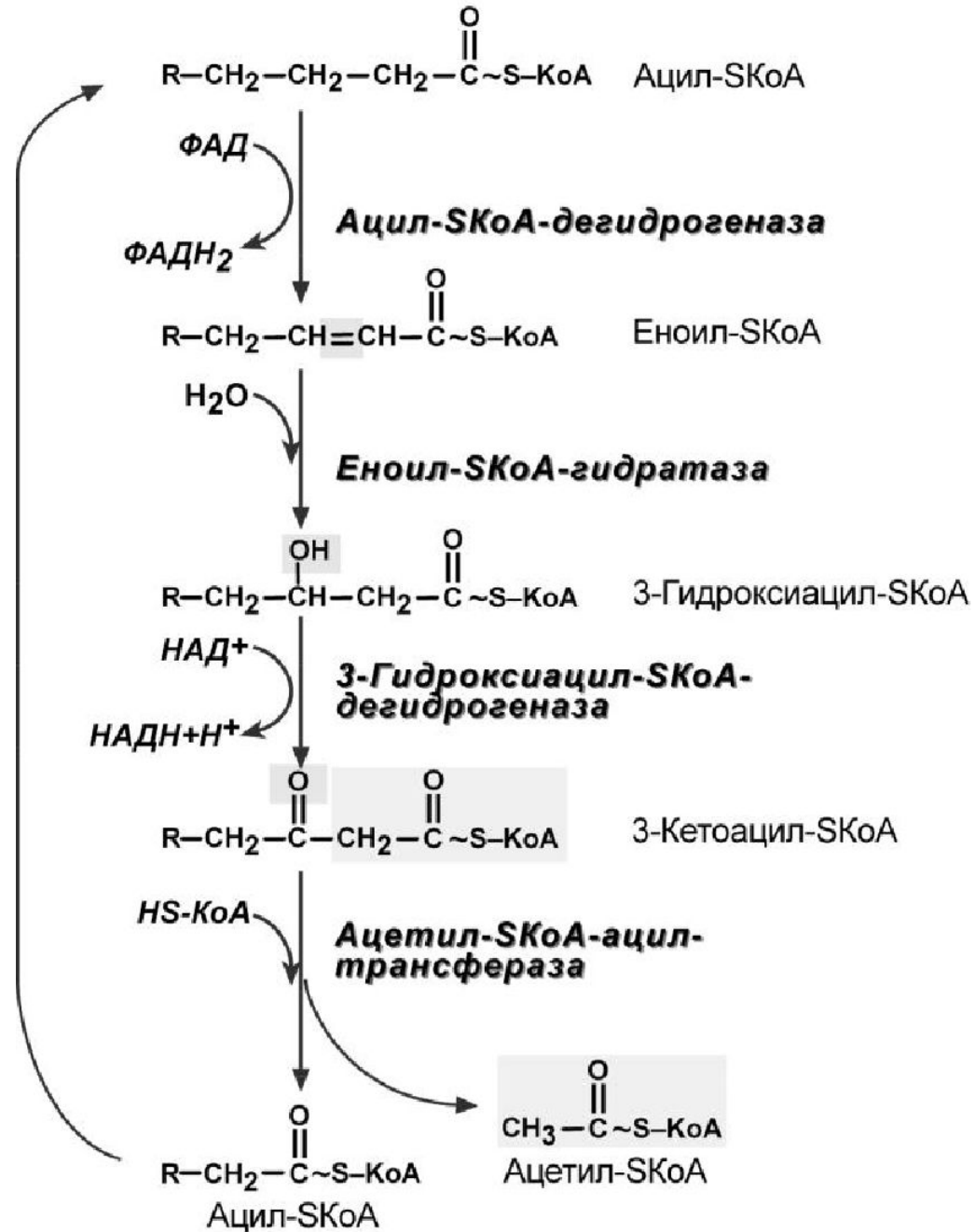
- 1 ацил-КоА-дегидрогеназа;
- 2 еноил-КоА-гидратаза;

- 3 β-гидроксиацил-КоА ;
- 4 тиолаза;



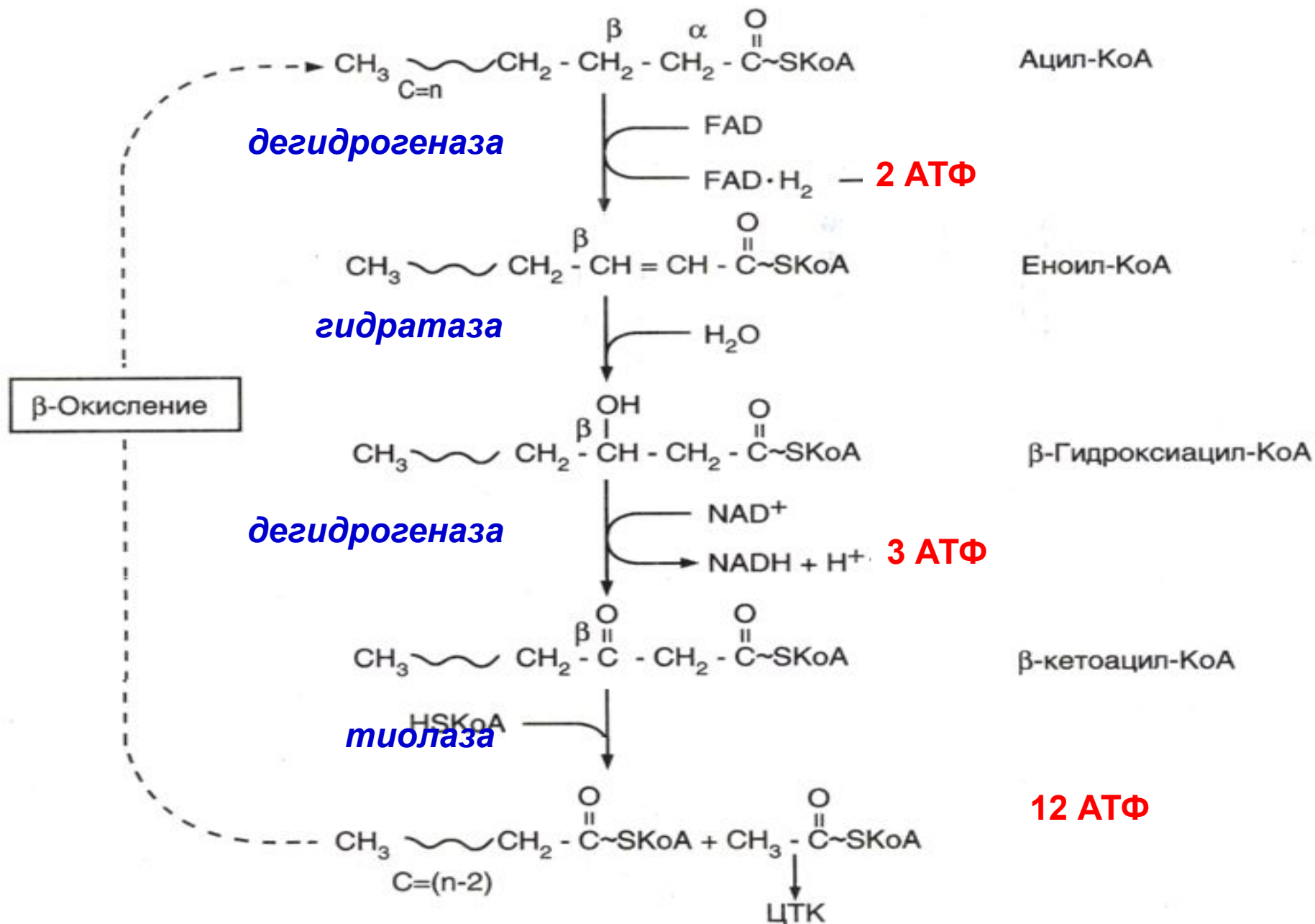
1 бутирил-КоА-дегидрогеназа;
 2 кротонил-КоА-гидратаза;

3 β -гидроксибутирил-КоА-дегидрогеназа
 4 тиолаза;



Реакции β -окисления жирных кислот

СХЕМА ЦИКЛА β -ОКИСЛЕНИЯ ЖИРНЫХ КИСЛОТ

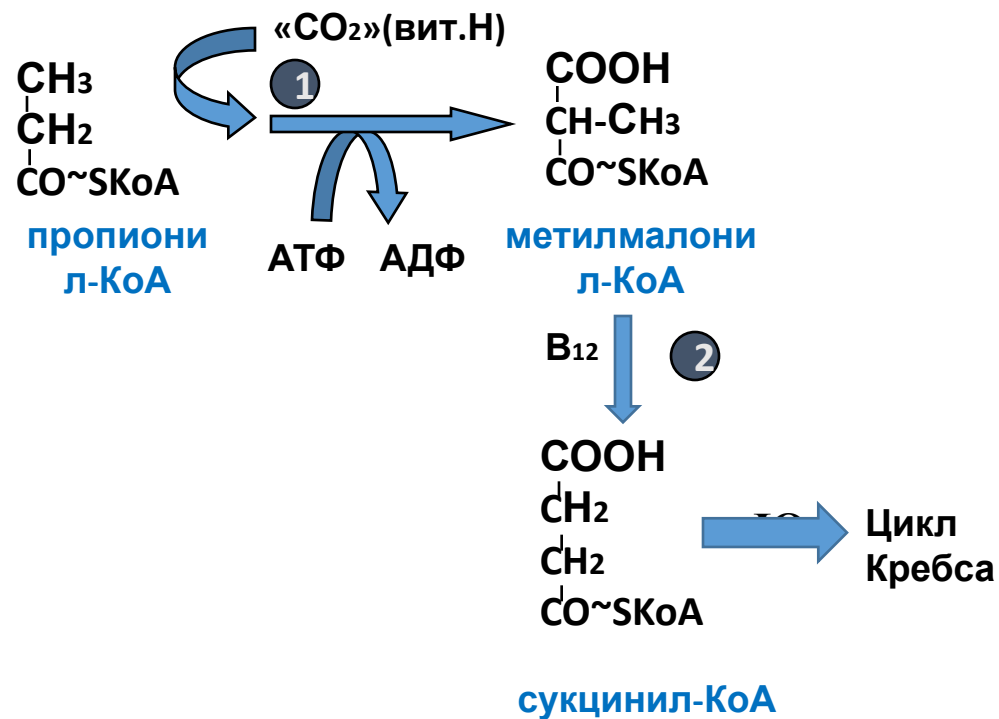


ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ИТОГ β -ОКИСЛЕНИЯ

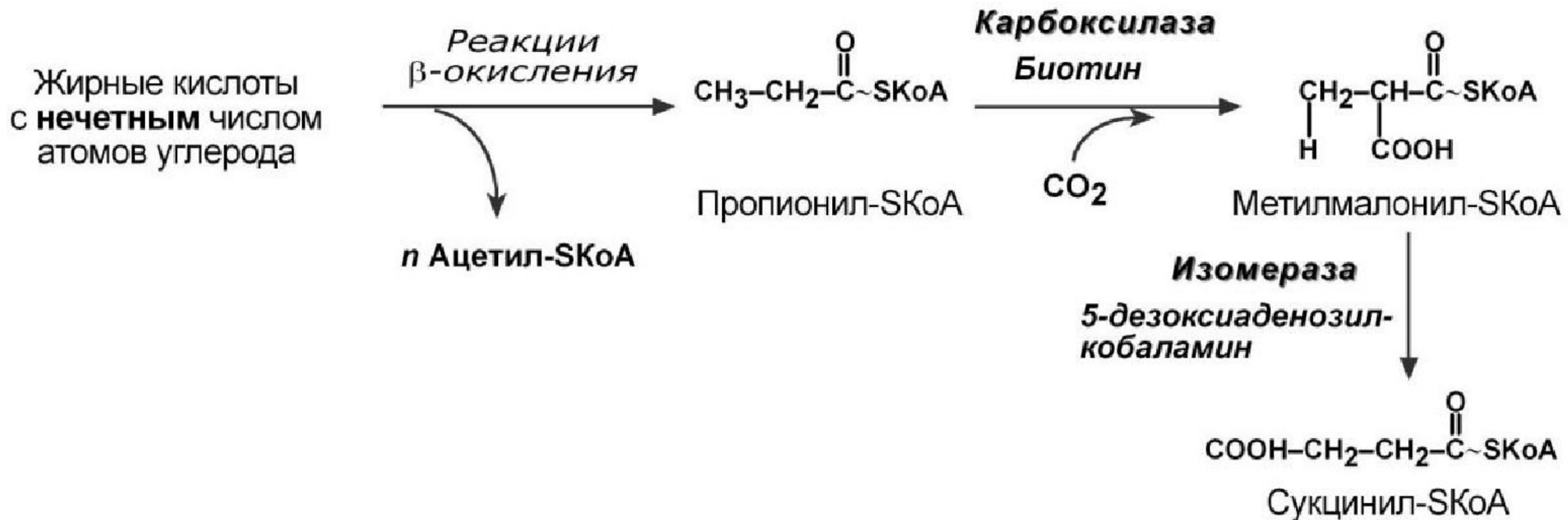
энергетический выход = $\left[n/2 \cdot 12 + (n/2 - 1) \cdot 5 \right] - 1$, где

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

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

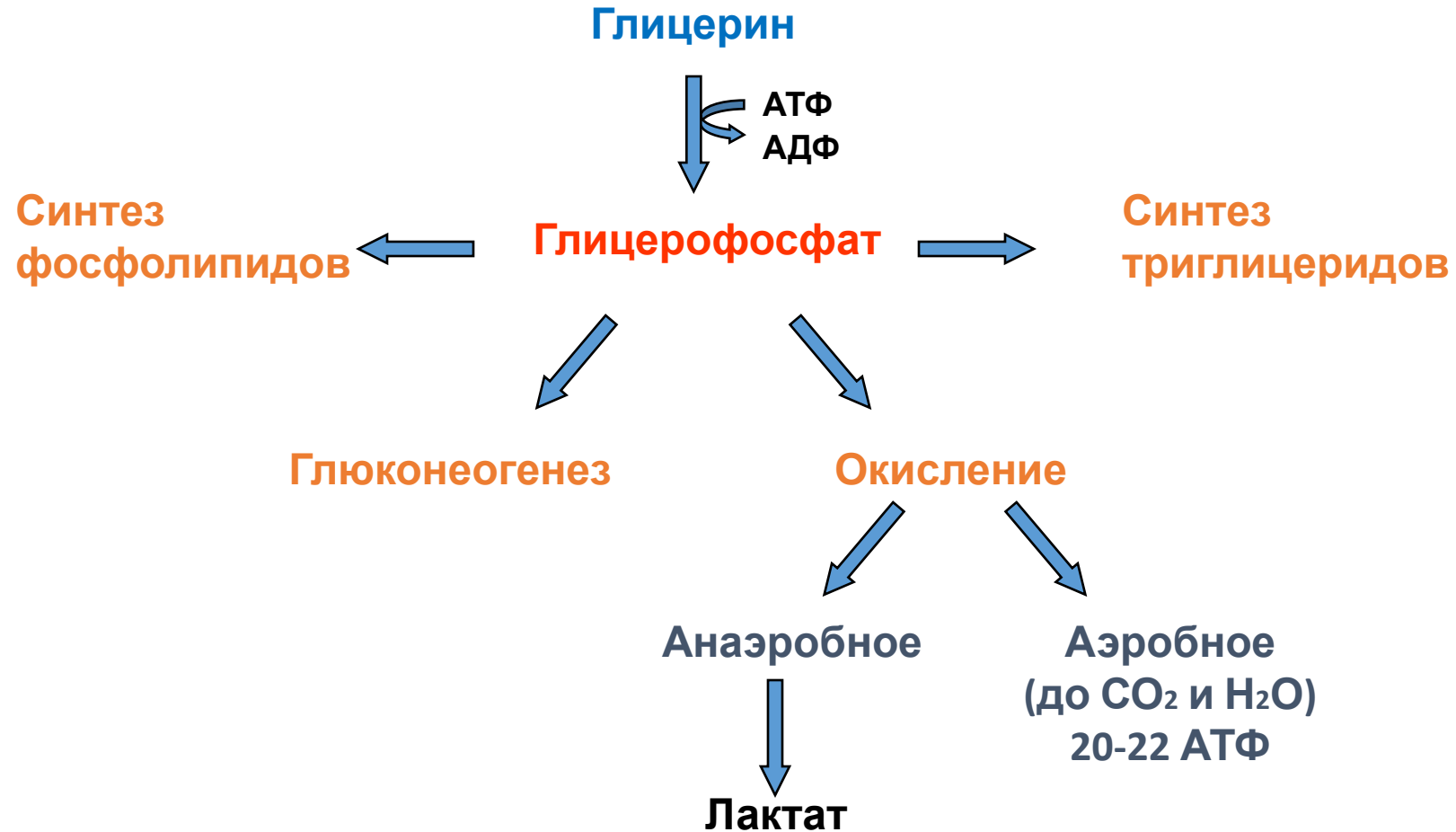


- 1 пропионил-КоА-карбоксилаза;
- 2 метилмалонил-мутаза;



Заключительные реакции окисления жирных кислот с нечетным числом атомов углерода

Обмен глицерина

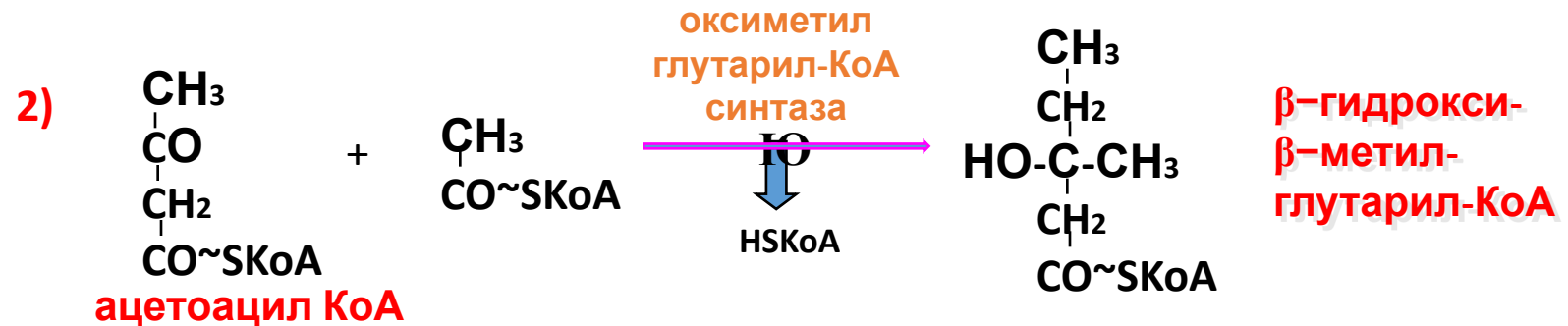
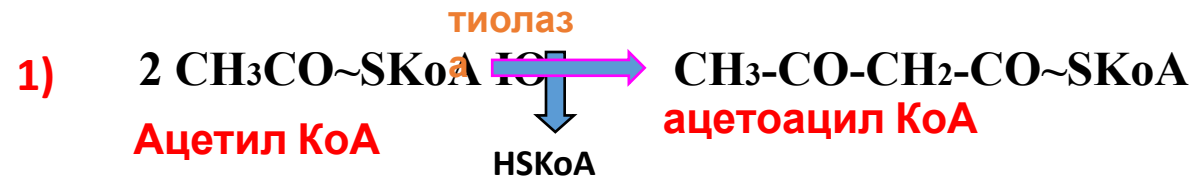


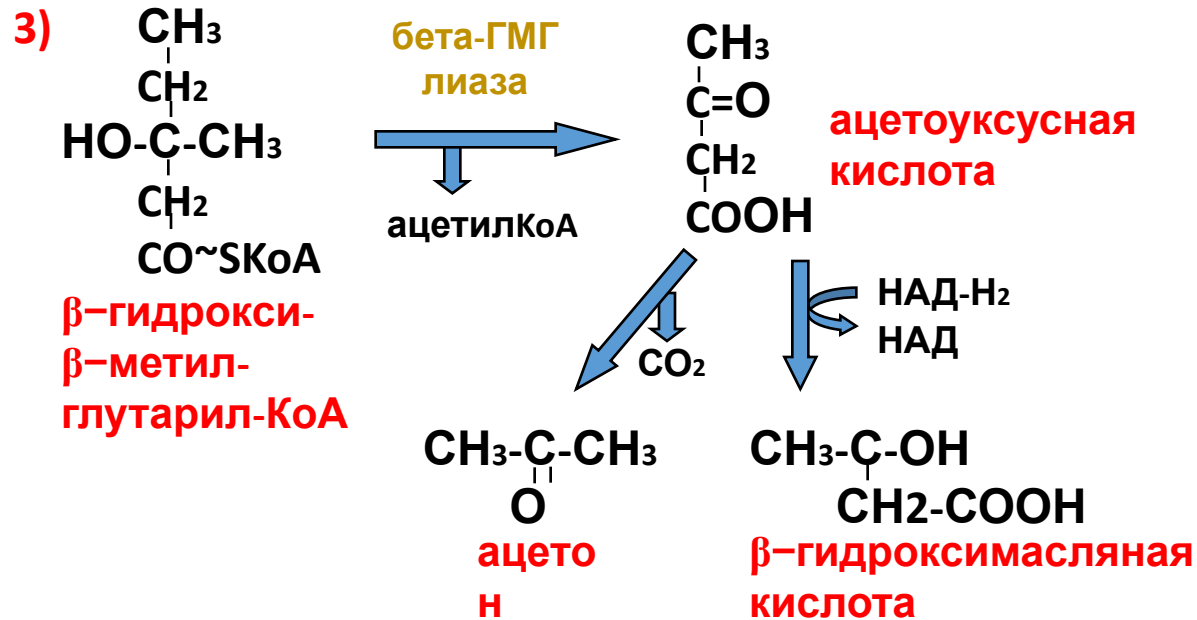
Метаболизм кетоновых тел (печень)

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

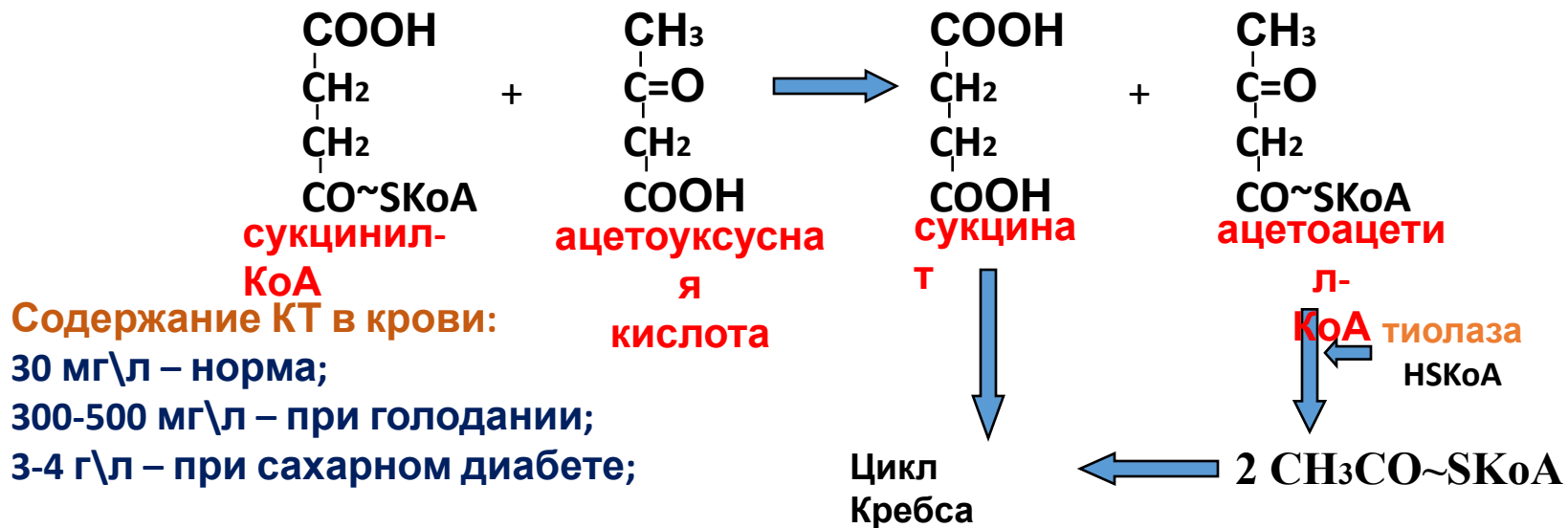
2. $\text{CH}_3\text{-CO-CH}_2\text{-COOH}$; ацетоуксусная кислота

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





УТИЛИЗАЦИЯ КЕТОНОВЫХ ТЕЛ



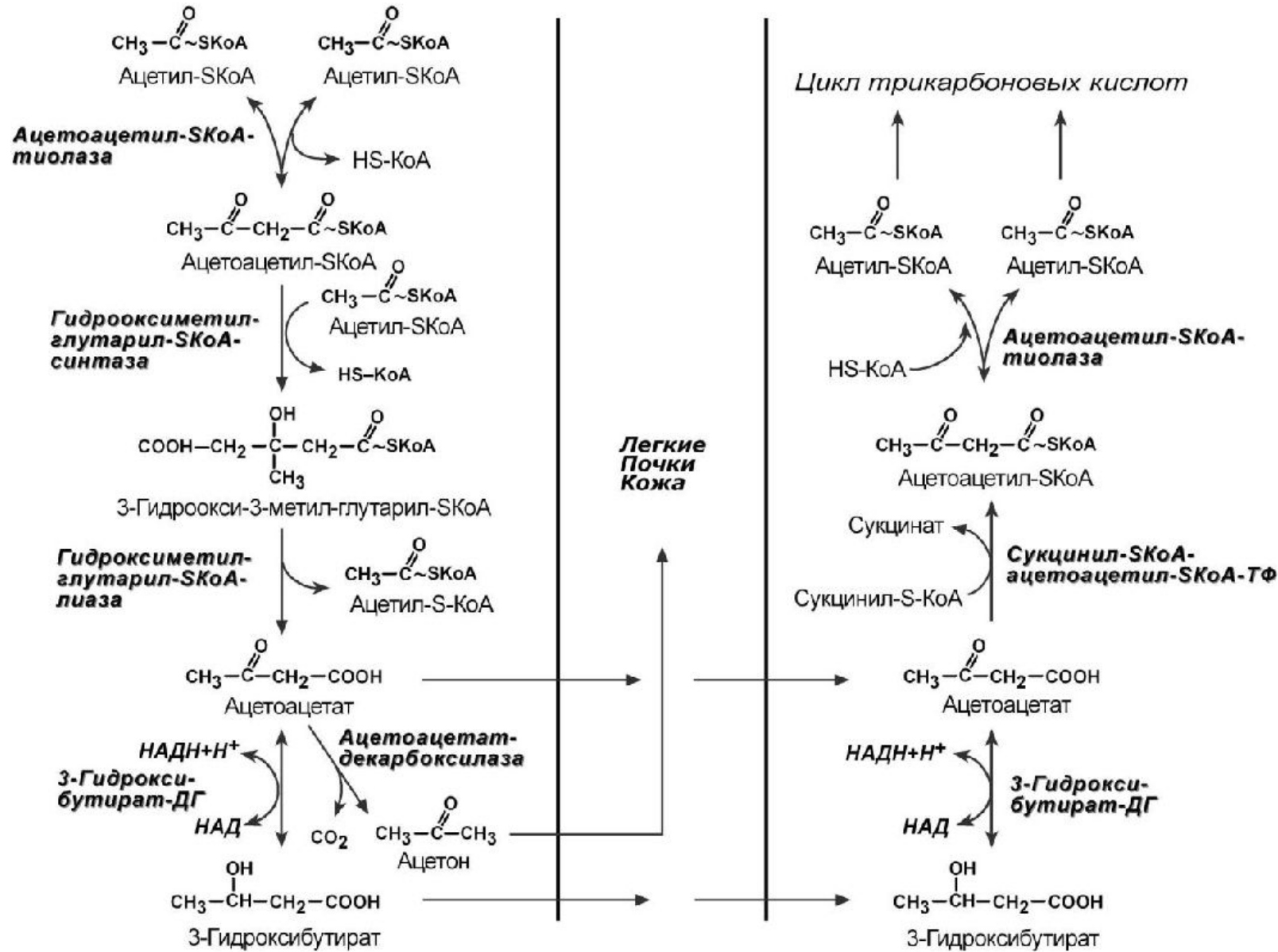
Гепатоциты

Кровь

Клетки тканей

Синтез кетоновых тел

Использование кетоновых тел

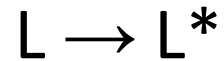


Реакции синтеза и утилизации кетоновых тел

Перекисное окисление липидов – это реакции окисления полиненасыщенных жирных кислот, направленные на образование свободных радикалов.

Стадии перекисного окисления липидов:

1. Инициация: образование свободного радикала



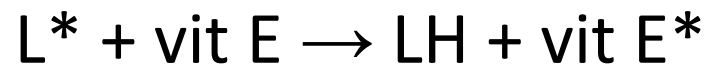
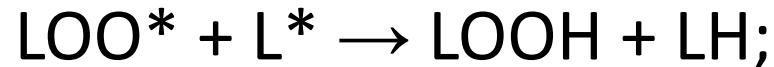
2. Развитие цепи:



3. Разрушение структуры липидов:

Малоновый диальдегид, гидропероксид жирной кислоты.

4. Обрыв цепи:

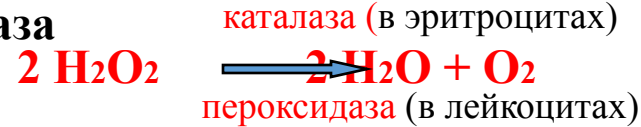


Антиоксидантные системы

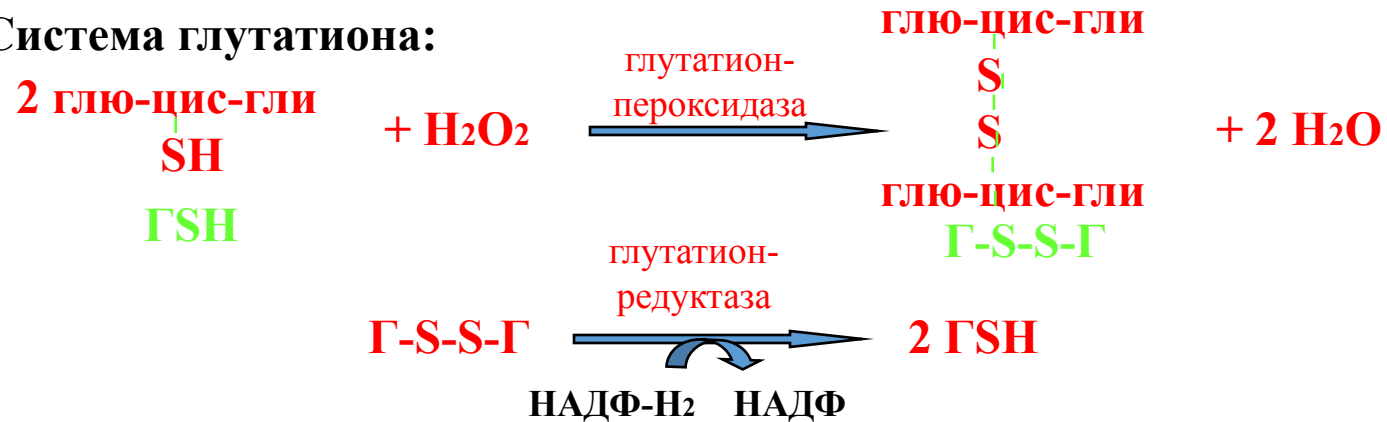
1. Супероксиддисмутаза (СОД)



2. Каталаза, пероксидаза



3. Система глутатиона:



4. Витамин Е (альфа-токоферол);

5. Витамин С (аскорбиновая кислота);

6. β – каротин (провитамин А).