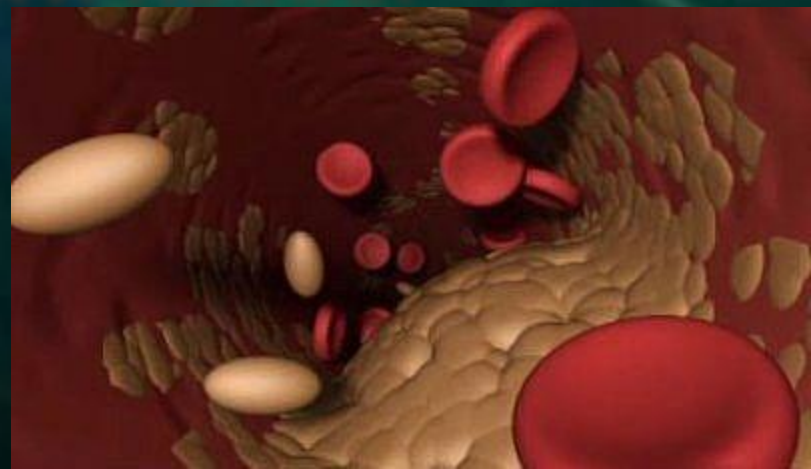




**ОБМЕН КЕТОНОВЫХ ТЕЛ ,  
ФОСФОЛИПИДОВ,  
ОСОБЕННОСТИ ОБМЕНА ЛИПИДОВ  
В ОРГАНАХ И ТКАНЯХ**



# БИОХИМИЧЕСКИЕ ПРИНЦИПЫ ПРОФИЛАКТИКИ И ЛЕЧЕНИЯ АТЕРОСКЛЕРОЗА

**Первичная профилактика** начинается с момента возникновения высокой вероятности развития осложнений атеросклероза:

1. Коэффициент **атерогенности**  $\frac{X_{\text{общ.}} - X_{\text{ЛПВП}}}{X_{\text{ЛПВП}}} \left( \frac{X_{\text{ЛНПП}}}{X_{\text{ЛПВП}}} \right)$  - не более 3,5
2. Содержание  $X_{\text{общ.}}$  - не более 5,2 ммоль/л

**Максимальное снижение факторов риска !**

# БИОХИМИЧЕСКИЕ ПРИНЦИПЫ ПРОФИЛАКТИКИ И ЛЕЧЕНИЯ АТЕРОСКЛЕРОЗА

**Вторичная профилактика** начинается после осложнений атеросклероза (инсульт, инфаркт миокарда и т.д.), по существу это лечебные мероприятия:

## Изменение питания

## Изменение образа жизни

## Медикаментозное лечение

## Эффективные методы лечения (повышают содержание ЛПВП, холестерина, и др.)

- статины (сильно снижают образование ЛПОНП)
- фибраты (клофобрат и др.) -повышают содержание ЛПВП
- препараты, содержащие полиненасыщенные жирные кислоты (омакора и др.)  
(снижают риск **тромбообразования**)
- **ингибиторы** ГМГ-СоА-редуктазы – статины (мевакор, закор и др.)

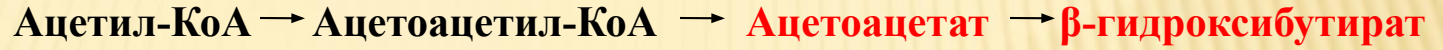
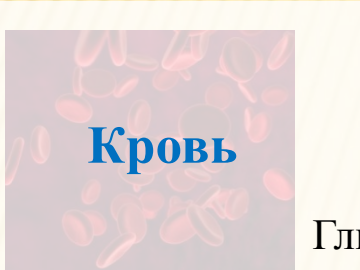
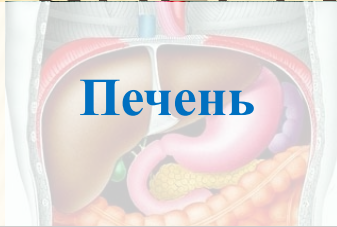


# ОБМЕН КЕТОНОВЫХ ТЕЛ

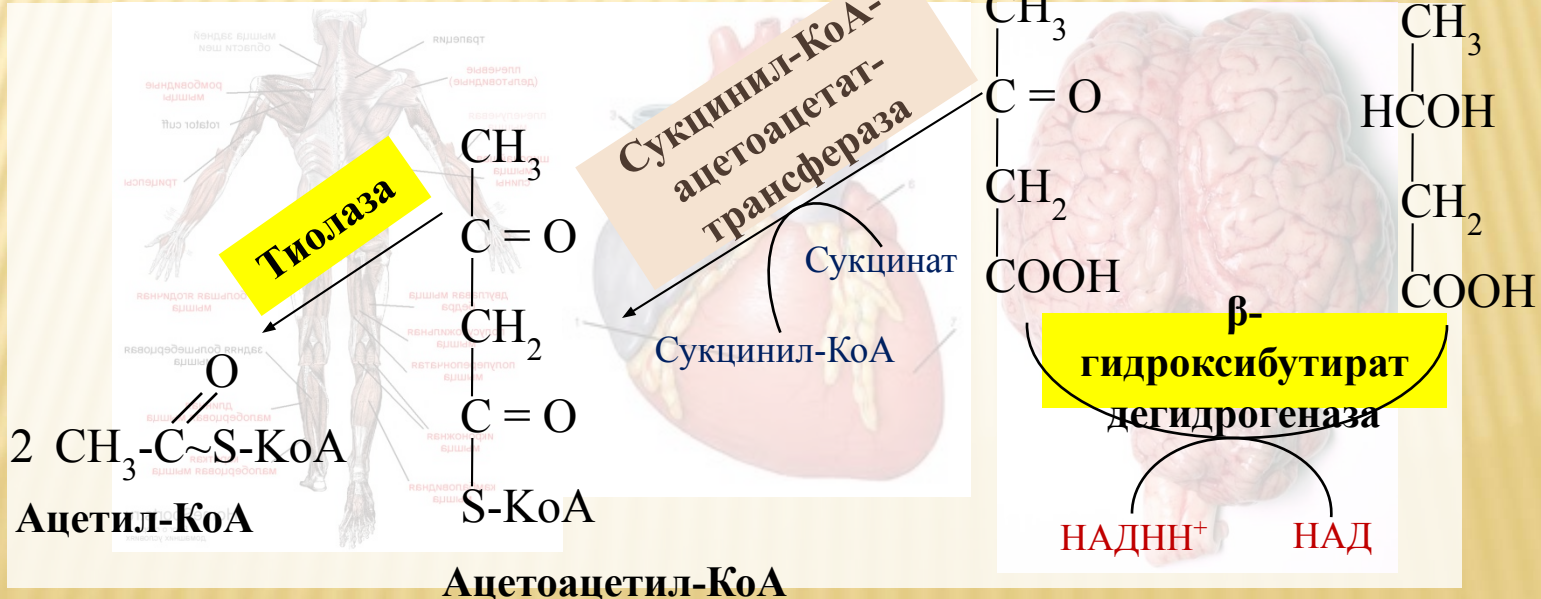




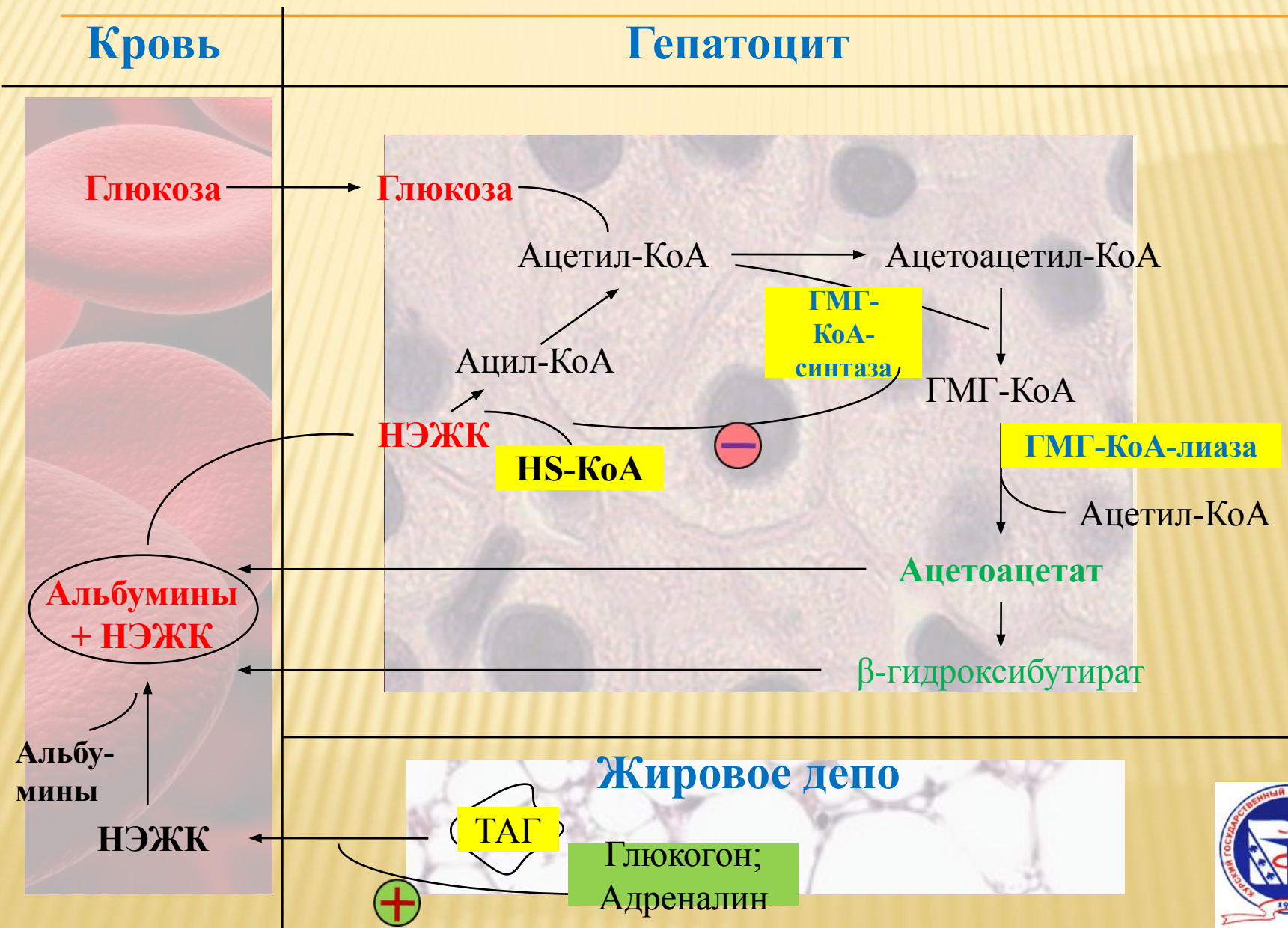
# КЕТОНОВЫЕ ТЕЛА КАК ИСТОЧНИК ЭНЕРГИИ



## Ткани (мышцы, сердце, мозг)

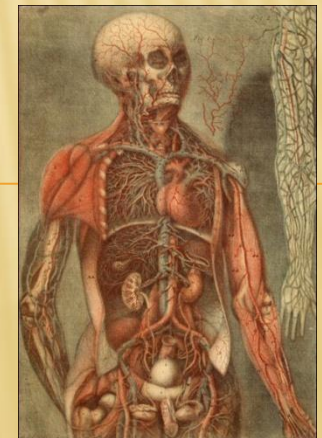
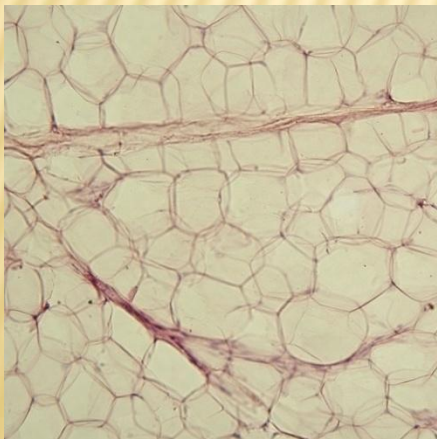


# РЕГУЛЯЦИЯ СИНТЕЗА КЕТОНОВЫХ ТЕЛ





# МЕТАБОЛИЗМ ФОСФО- И ГЛИКОЛИПИДОВ





# СЛОЖНЫЕ ЛИПИДЫ

%  
по массе  
липидов

10

20

30

40

50

60

70

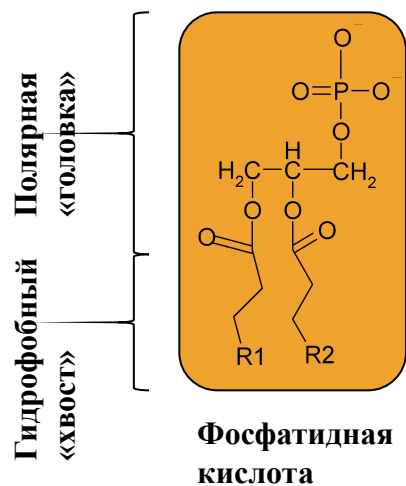
80

90

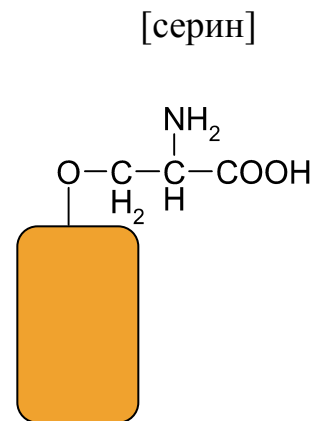
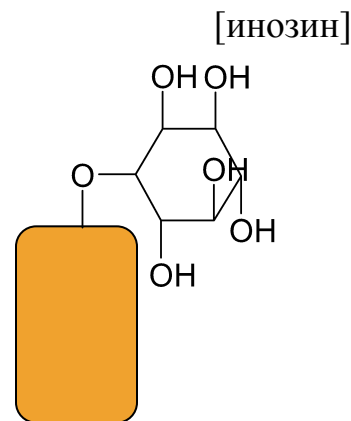
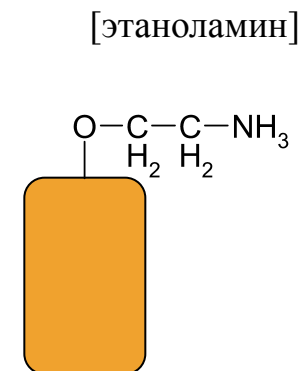
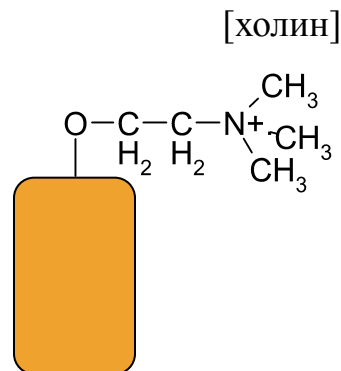
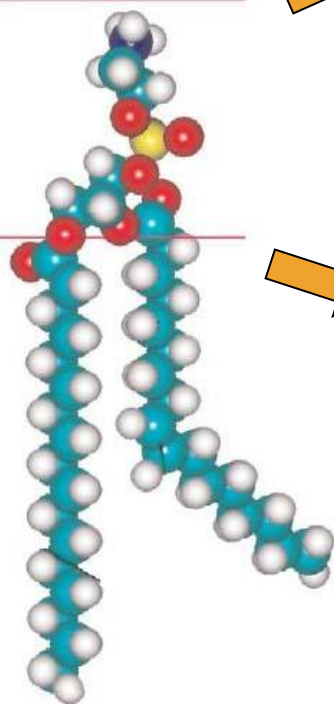
100

<b>Гликолипиды</b>		<b>Фосфолипиды</b>				
<b>Цереброзиды</b>	<b>Ганглиозиды</b>	<b>Глицерофосфолипиды</b>				<b>Сфинго- фосфо- липиды</b>
		<b>Фосфатидилхолины</b>	<b>Фосфатидилэтаноламины</b>	<b>Фосфатидилсерин</b>	<b>Фосфатидилинозитол</b>	<b>Фосфатидиловая кислота</b>
					<b>Сфингомиелин</b>	

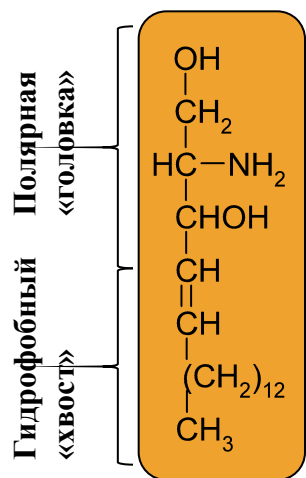
# ГЛИЦЕРОФОСФОЛИПИДЫ



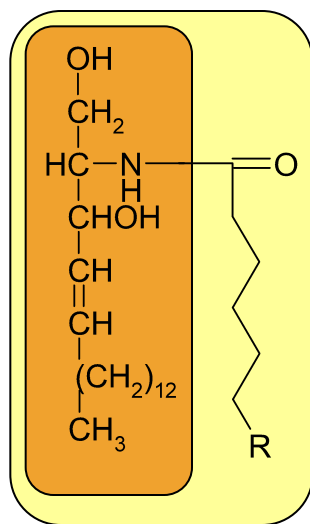
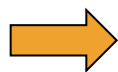
R1, R2 – алифатические цепи ЖК



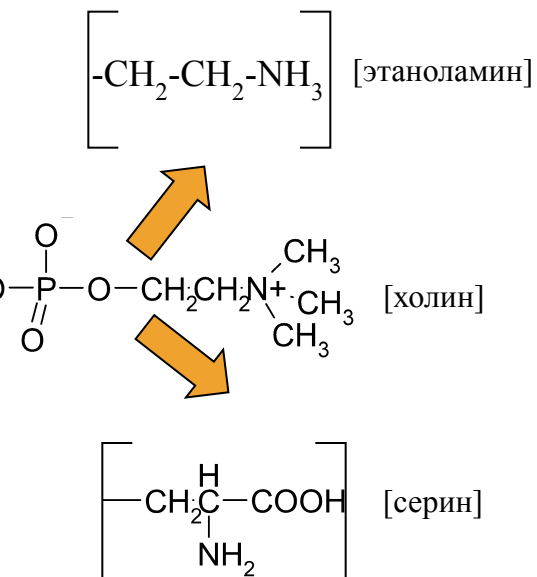
# СФИНГОФОСФОЛИПИДЫ



Сфингозин (аминоспирт)

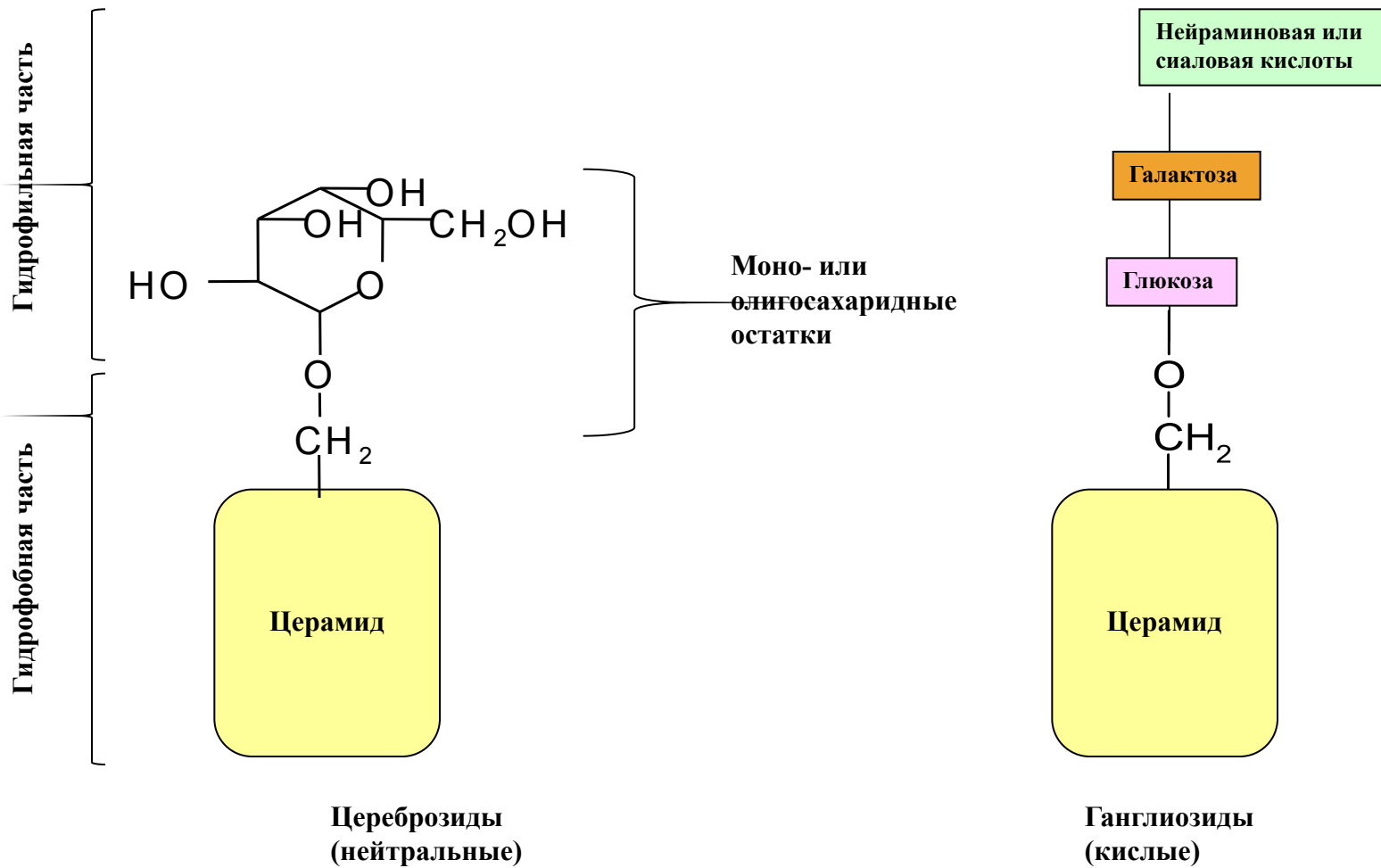


Церамид

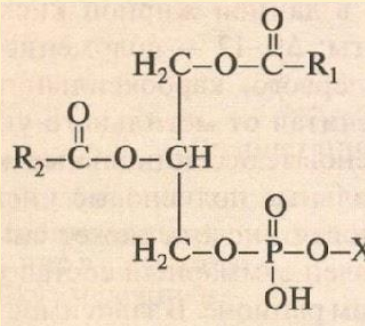



Сфингомиелины

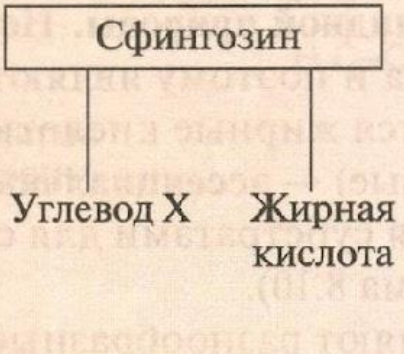
# ГЛИКОЛИПИДЫ

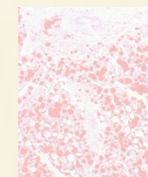


# Строение и функции основных классов липидов человека

Класс липидов	Схема строения	Функции	Преимущественная локализация
<p><b>Глицерофосфолипиды:</b>                      X-холин;                      Этаноламин;                      Серин;                      Инозитол-бифосфат</p>	 $  \begin{array}{c}  \text{H}_2\text{C}-\text{O}-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{R}_1 \\    \\  \text{R}_2-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{O}-\text{CH} \\    \\  \text{H}_2\text{C}-\text{O}-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{P}}-\text{O}-\text{X} \\    \\  \text{OH}  \end{array}  $	<p>Структурные компоненты мембран;                      фосфадитилхолин, кроме того, структурный элемент липопротеинов, компонент сурфактанта, предотвращающего слипание альвеол (в этом случае R1 и R2 – пальмитиновые кислоты)</p>	<p>Мембраны клеток, монослой на поверхности липопротеинов, альвеолы легких</p>
<p><b>Сфингофосфолипиды-сфингомиелины</b></p>	 $  \begin{array}{c}  \text{Сфингозин} \\    \\  \text{O} \\    \\  \text{O}=\text{P}-\text{O} \\    \quad   \\  \text{Холин} \quad \text{Жирная кислота}  \end{array}  $	<p>Основные структурные компоненты мембран клеток нервной ткани</p>	<p>Миелиновые оболочки нейронов, серое вещество мозга</p>

# Строение и функции основных классов липидов человека

Класс липидов	Схема строения	Функции	Преимущественная локализация
<b>Гликолипиды:</b> <b>Цереброзиды,</b> если X- моносахарид; <b>ганглиозиды,</b> если X- углеводы сложного состава	 <pre>graph TD; A[Сфингозин] --- B[Углевод X]; A --- C[Жирная кислота];</pre>	Компоненты мембран клеток нервной ткани, антигенные структуры на поверхности разных типов клеток; рецепторы, структуры, обеспечивающие взаимодействие клеток	Внешний слой клеточных мембран



# Значение фосфолипидов (ГФЛ, СФЛ, ГЛ)

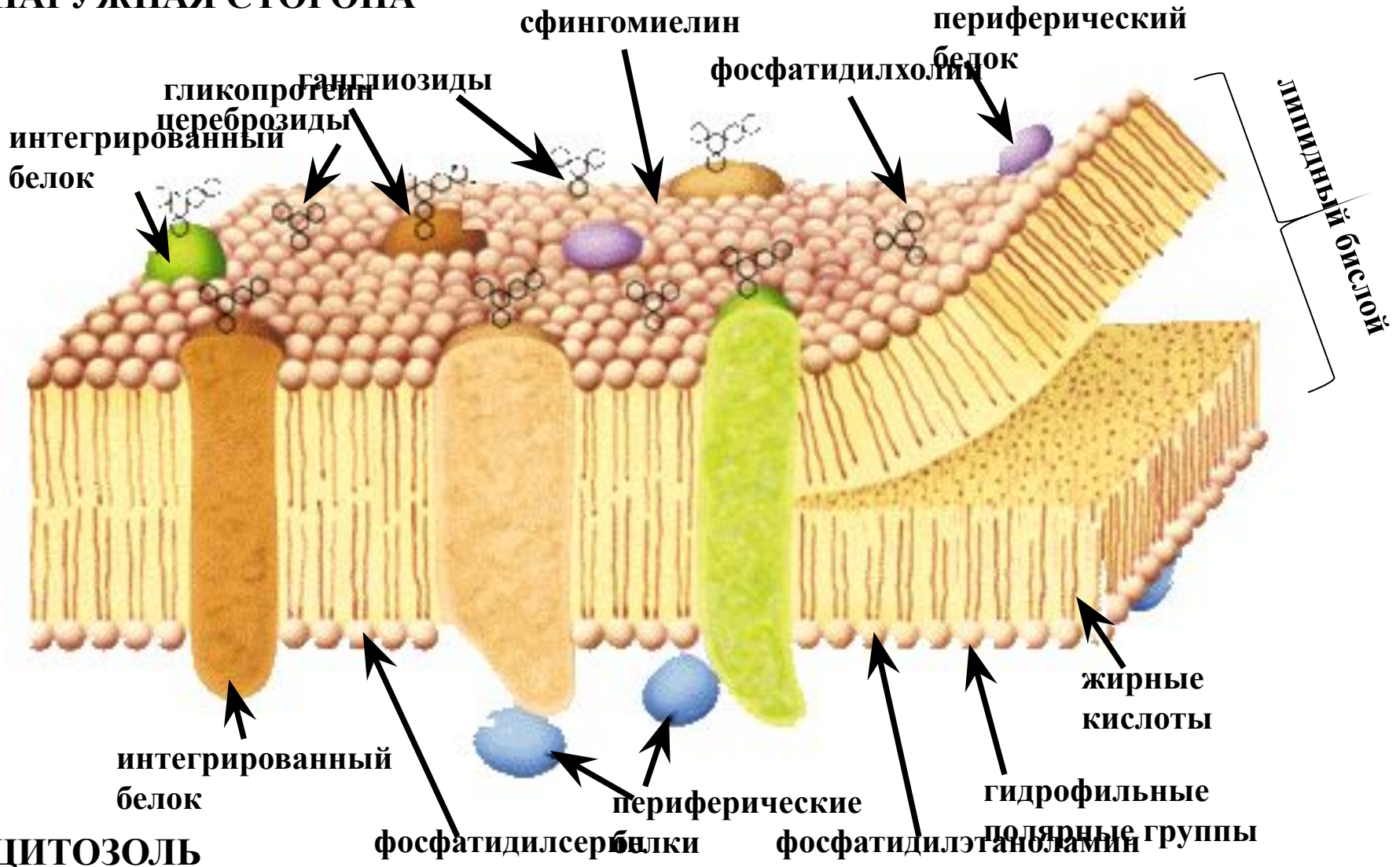
В отличие от ТГ и ЖК, **ФЛ** не являются существенным энергетическим материалом. **ФЛ** играют важную роль:

1. структура и функции **клеточных мембран**;
2. формирование **липопротеидных комплексов**;
3. активация мембранных и лизосомальных **ферментов**;
4. проведение нервных импульсов;
5. свертывание крови;
6. процессы клеточной пролиферации и регенерации тканей;



# СТРУКТУРА КЛЕТОЧНОЙ МЕМБРАНЫ

НАРУЖНАЯ СТОРОНА





# Строение липопротеидов плазмы крови (ХМ, ЛПОНП, ЛПНП, ЛПНП, ЛПВП)

Периферические апопротеины  
(например, апоА-II, апоС-II, апо-Е)

Холестерол

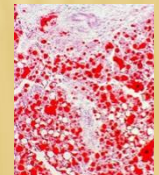
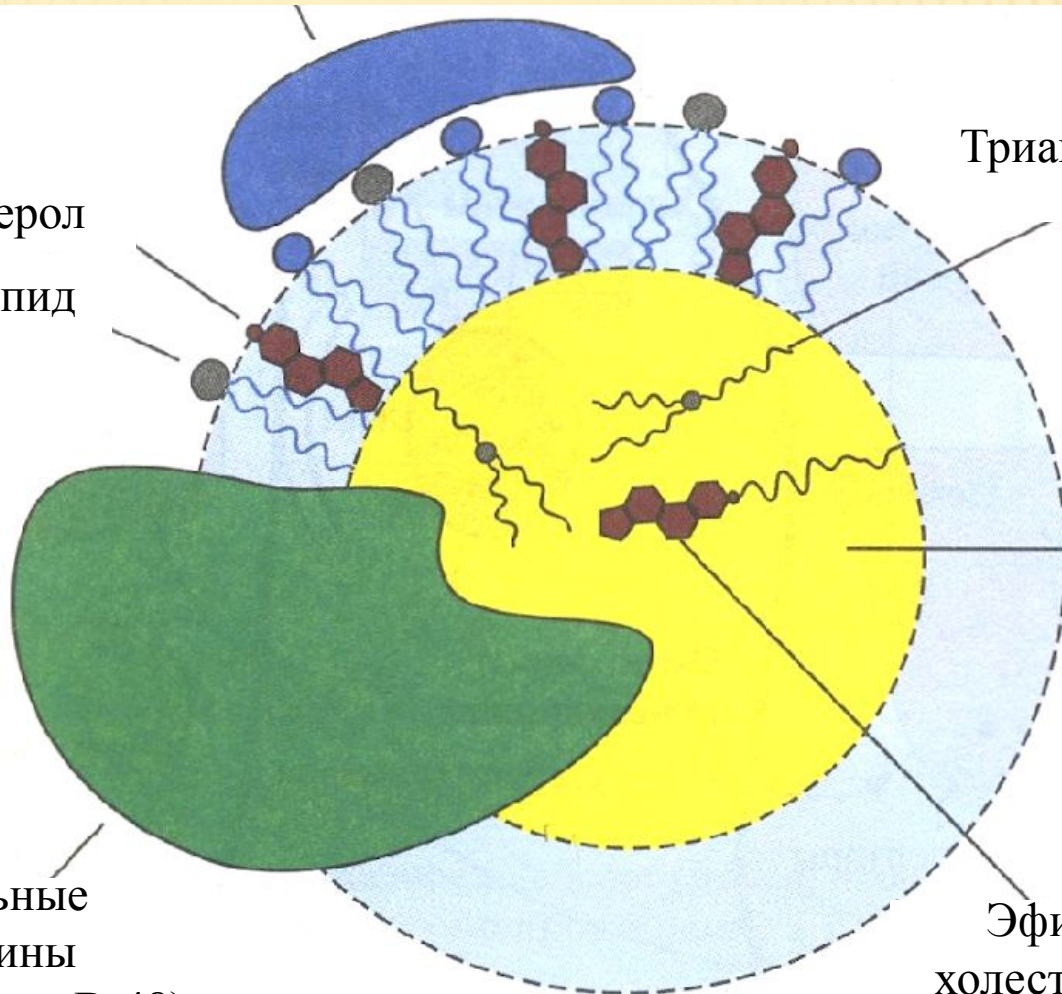
Фосфолипид

Триацилглицеролы  
(ТАГ)

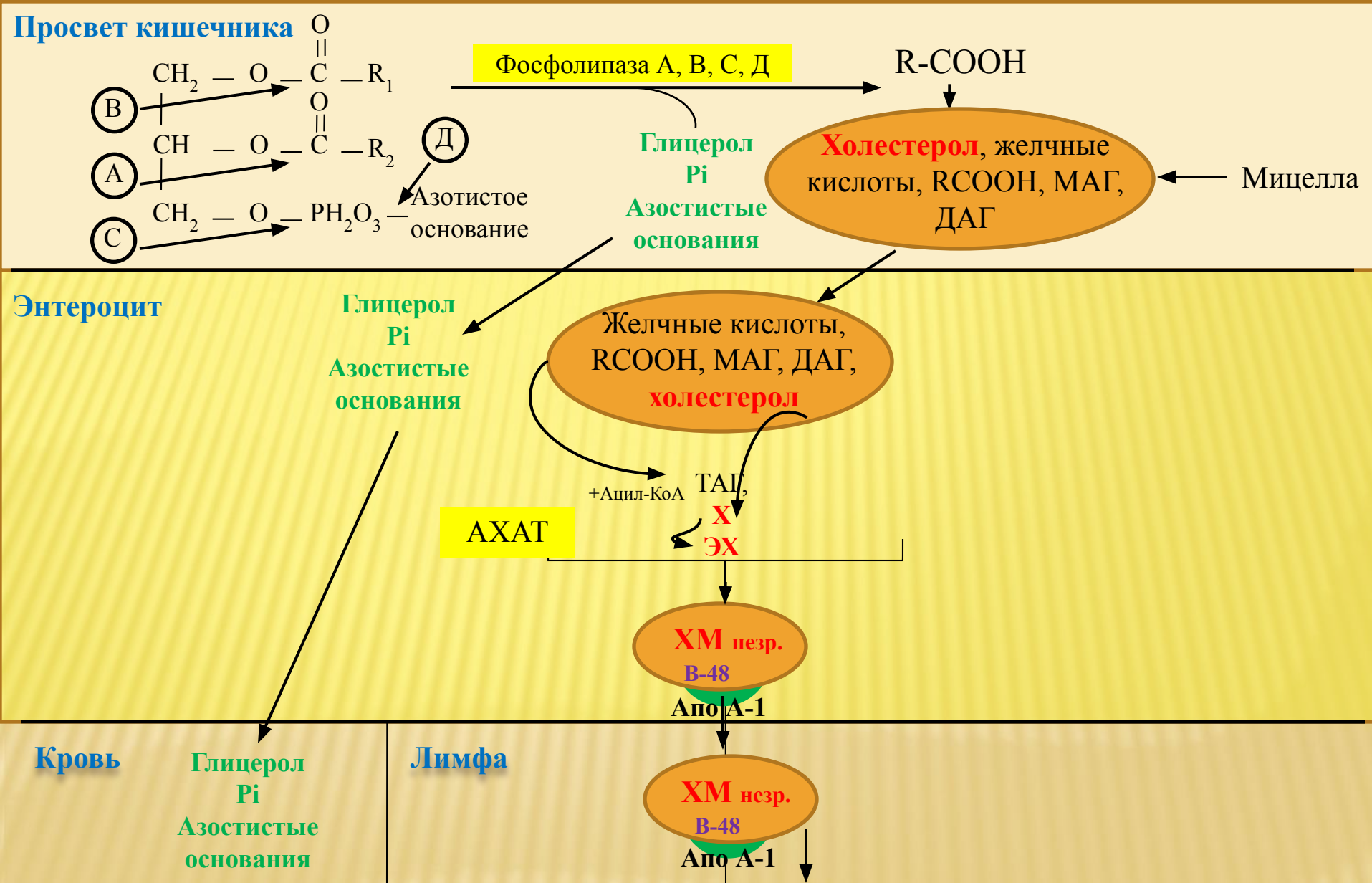
Гидрофобные  
липиды

Интегральные  
апопротеины  
(апоВ-100 или апоВ-48)

Эфиры  
холестерола



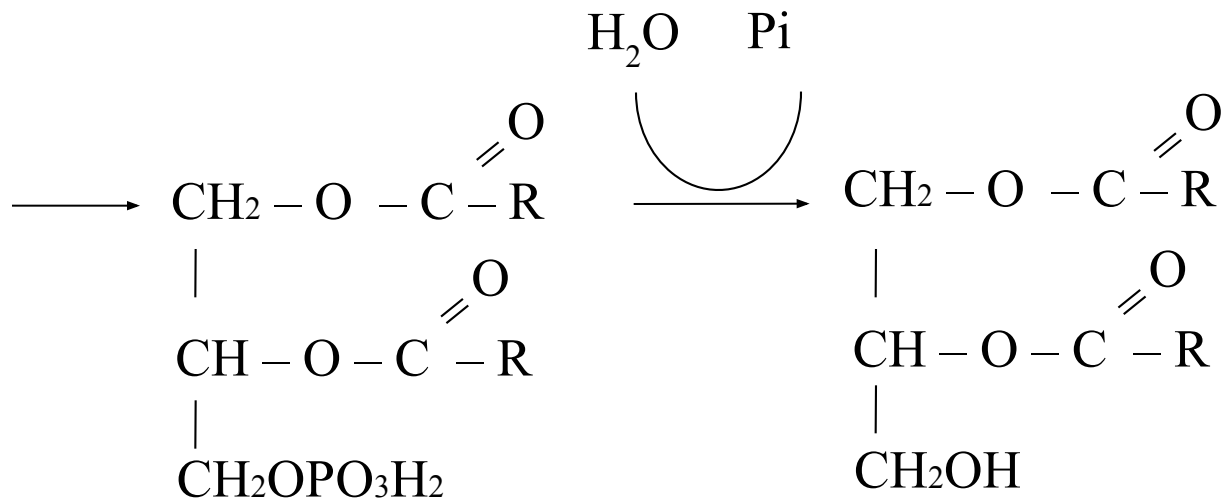
# ПЕРЕВАРИВАНИЕ, ВСАСЫВАНИЕ И ТРАНСПОРТ ГЛИЦЕРОФОСФОЛИПИДОВ



# Биосинтез глицерофосфолипидов

(печень, кишечник, яичники, семенники, др. органы)

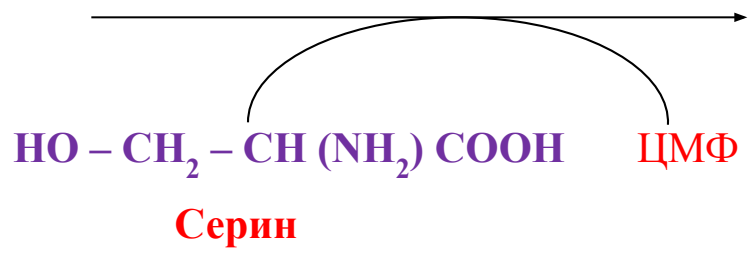
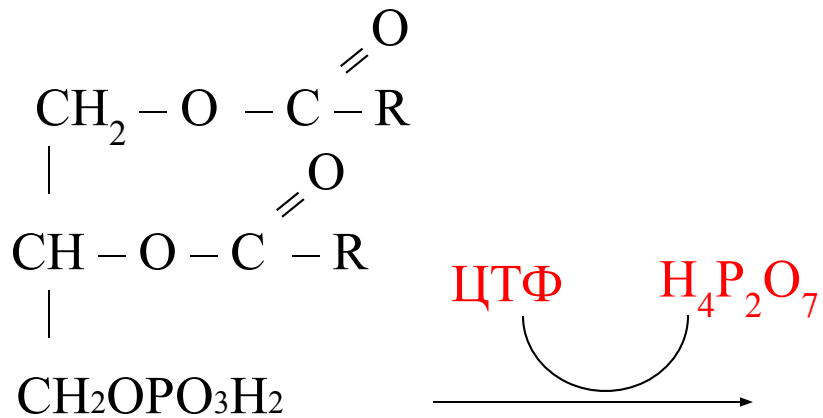
Глицерин  $\longrightarrow$  Глицерол – 3 – фосфат  $\longrightarrow$

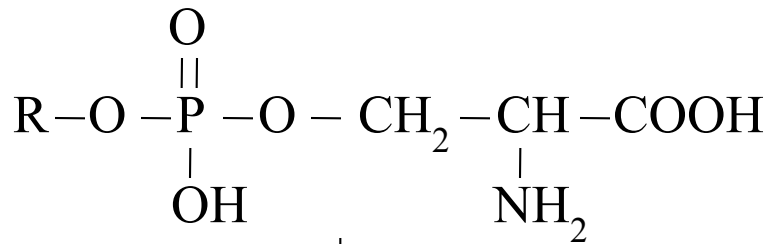


**Фосфатидная кислота**

**Диацилглицерол**

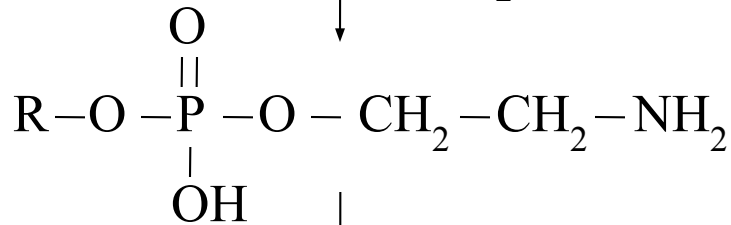






**Фосфатидилсерин**

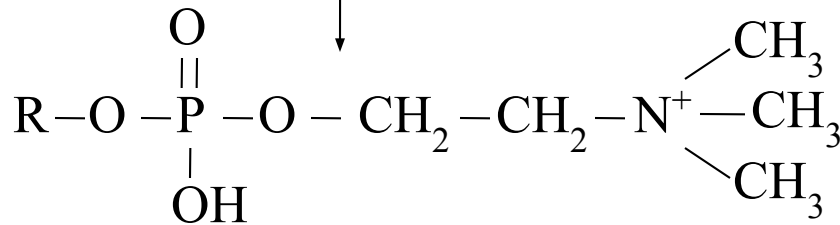
- (CO<sub>2</sub>)



**Фосфатидилэтаноламин  
(кефалин)**

S-аденозилметионин

S-аденозилгомоцистеин

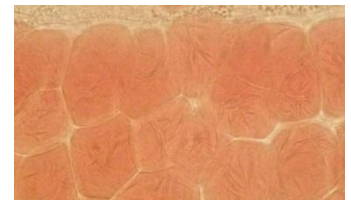
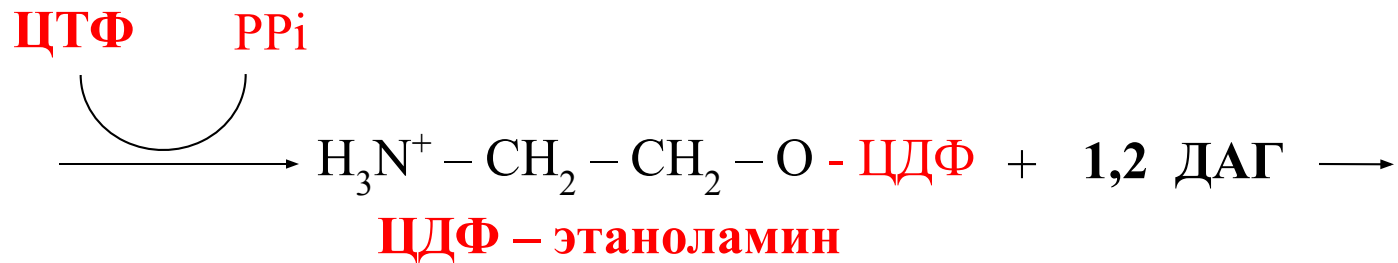
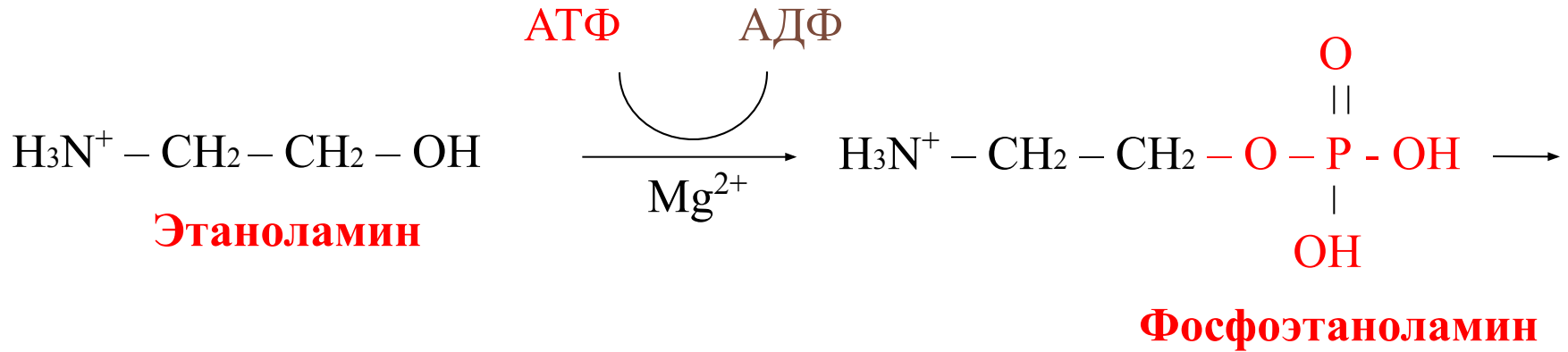


**Фосфатидилхолин  
(лецитин)**



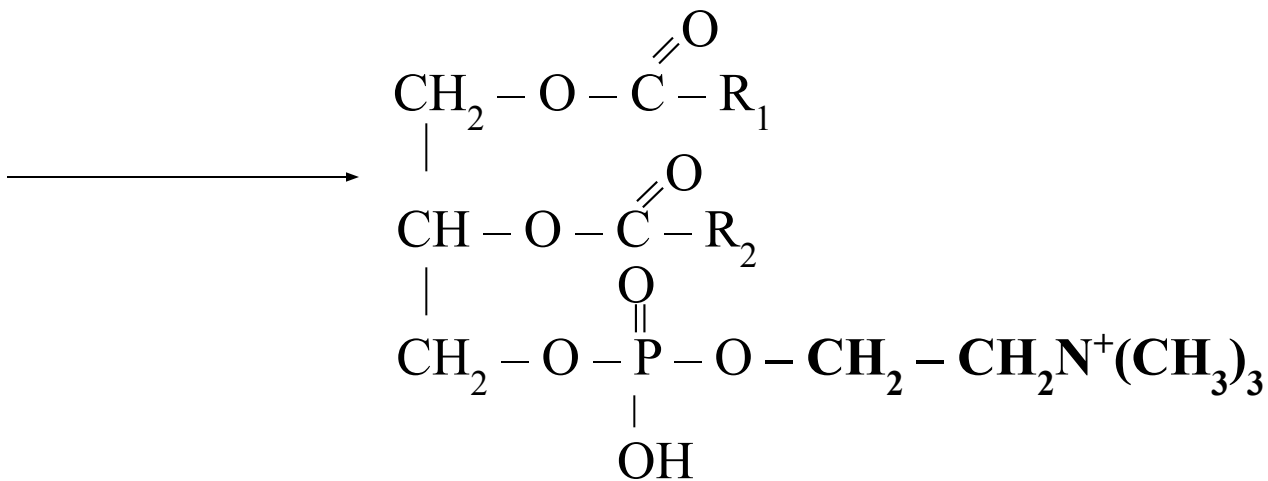
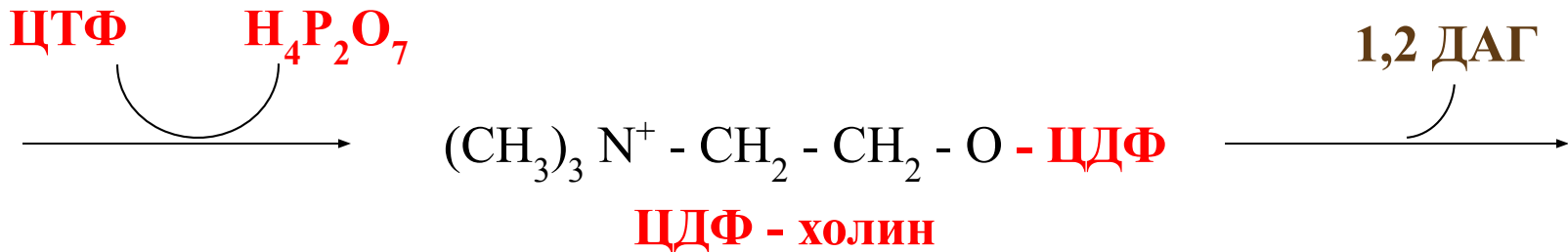
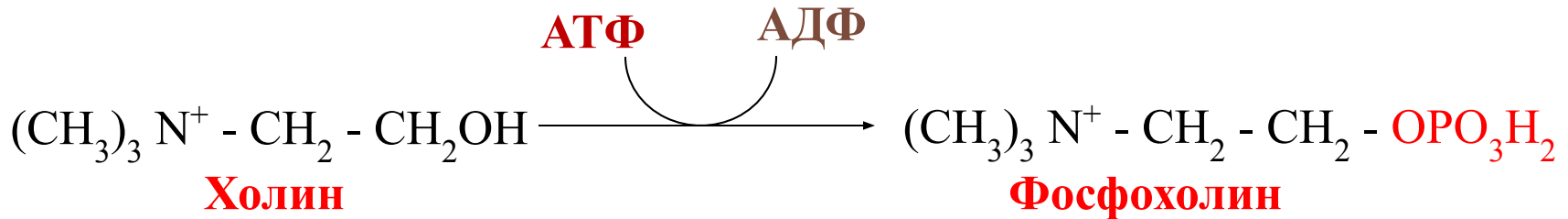
# Биосинтез глицерофосфолипидов (2-ой путь)

## Биосинтез фосфатидилэтаноламина



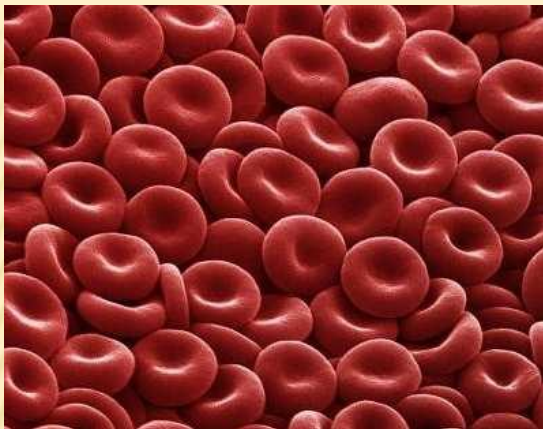
# Биосинтез глицерофосфолипидов (2-й путь)

## Биосинтез лецитина

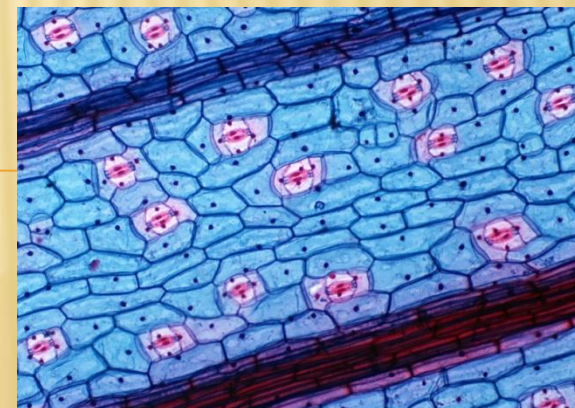
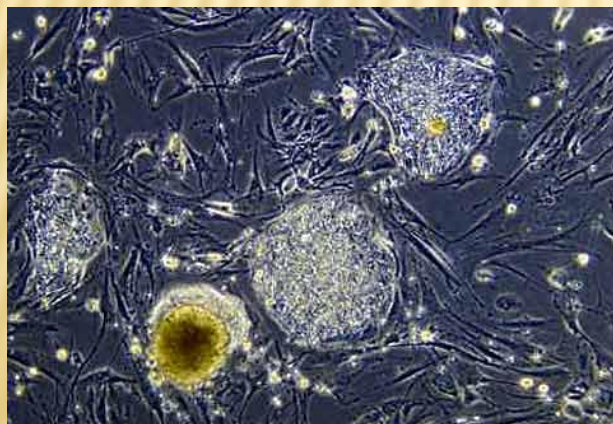


**Фосфатидилхолин**





# ОСОБЕННОСТИ ОБМЕНА ЛИПИДОВ В ОРГАНАХ И ТКАНЯХ





# Печень

## 1. Обмен холестерина

- синтез эндогенного холестерина;
- катаболизм холестерина из тканей и органов;
- образование холестеридов

## 2. Биосинтез ЛПОНП и ЛПВП

## 3. Образование глицерофосфолипидов

(серинфосфолипиды, этаноламинофосфолипиды – кефалины, холинфосфолипиды – лецитины)

## 4. Обмен желчных кислот

(биосинтез, выведение, обратное всасывание)

## 4. Утилизация ХМ<sub>ост.</sub> и ЛПВПз

## 5. Обмен НЭЖК (биосинтез на экспорт, катаболизм неиспользованных жирных кислот (с короткой углеродной цепью, полиненасыщенных, с нечетным числом углеродных атомов)

## 6. Биосинтез ТАГ (на экспорт)

## 7. Синтез кетоновых тел



# Жировая ткань

(сальник, брыжейка, подкожная клетчатка, костный мозг).

До 90% массы жировой ткани – ТАГ.

Более 50% в ТАГ - олеиновая и линолевая жирные кислоты

- 1. Синтез жирных кислот** (в период изобилия)
- 2. Источник энергии** (в период покоя и работы средней продолжительной интенсивности)
- 3. Изолирование внутренних органов** от переохлаждения и перегревания
- 4. Механическая функция** (предохранение от ушибов, повреждений)
- 5. Сглаживание острых углов скелета** («эстетические функции»)
- 6. Синтез ТАГ** (из собственных и НЭЖК транспортных липопротеидов (ХМЗр., ЛПНП – ТАГ, НЭЖК+альбумины)



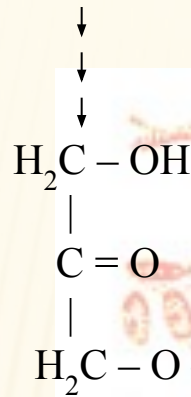
# СИНТЕЗ ТРИАЦИЛГЛИЦЕРОЛОВ В ЖИРОВОЙ ТКАНИ

Кровь

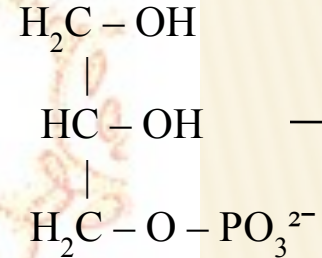
Жировая ткань

Глюкоза

Глюкоза



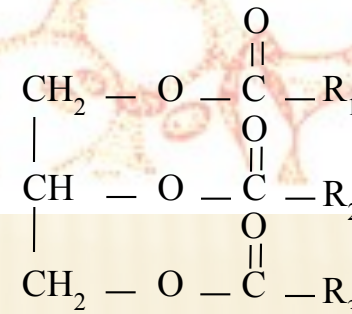
Глицерол - 3 фосфат-  
дегидрогеназа



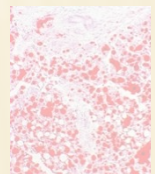
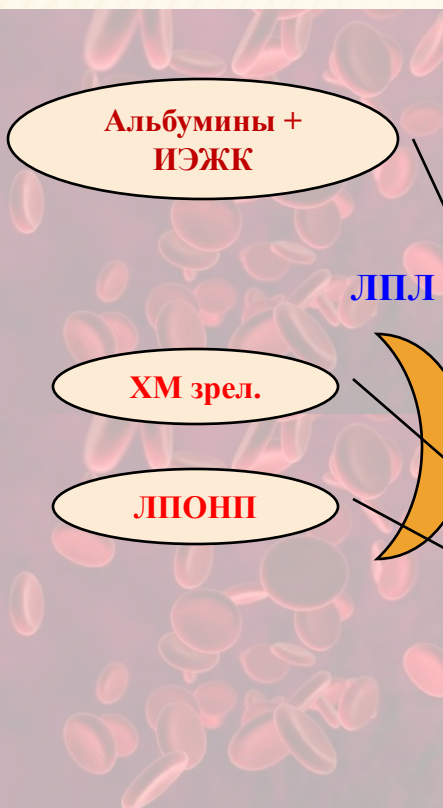
Дигидрокси-  
ацетонфосфат



Глицерол -3- фосфат



Триацилглицерол



# Мышцы

- 1. Окисление жирных кислот** для обеспечения энергии в период покоя и в условиях длительной работы средней интенсивности (вместе с углеводами), причем чем длительнее работа, тем больше используются жирные кислоты.
- 2. Сердечная мышца и гладкие мышечные волокна** сосудистой стенки используют как энергетический материал НЭЖК в большей степени чем глюкозу.
- 3. Окисление кетоновых тел** как энергетического материала.



# Нервная ткань

- 1. Энергетические потребности** нервной ткани обеспечиваются на 95-97% за счет окисления глюкозы и **3-5% за счет окисления кетоновых тел** (в период покоя, при голодании резко увеличивается).
- 2. Липиды составляют до 50% от массы нервной ткани**
  - липиды **серого вещества** входят в состав мембран нейронов (особенно их состав не отличается от состава клеточных мембран других органов и тканей)
  - липиды **белого вещества** (миелиновый футляр) состоят из холестерина, фосфолипидов (глицерофосфолипиды и сфингофосфолипиды) и гликолипиды.
- 3. Все сложные липиды нервной ткани синтезируются** из глюкозы, НАЖК и других низкомолекулярных прод



**Кровь**

**АТФ**

Глю

Глю

**Ацетил-КоА**

Гликолипиды

ЖК → ГФ

Сфингофосфо-  
липиды

Холин

Ацетилхолин

Мембраны  
нейронов  
и миелиновый  
футляр

**Кет. тела**

β-оксибут

ацетоацетат

CO<sub>2</sub>

ЦТК

**АТФ**



# Строение липопротеидов плазмы крови (ХМ, ЛПОНП, ЛПП, ЛПНП, ЛПВП)

Периферические апопротеины  
(например, апоА-II, апоС-II, апо-Е)

Холестерол

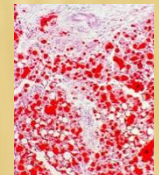
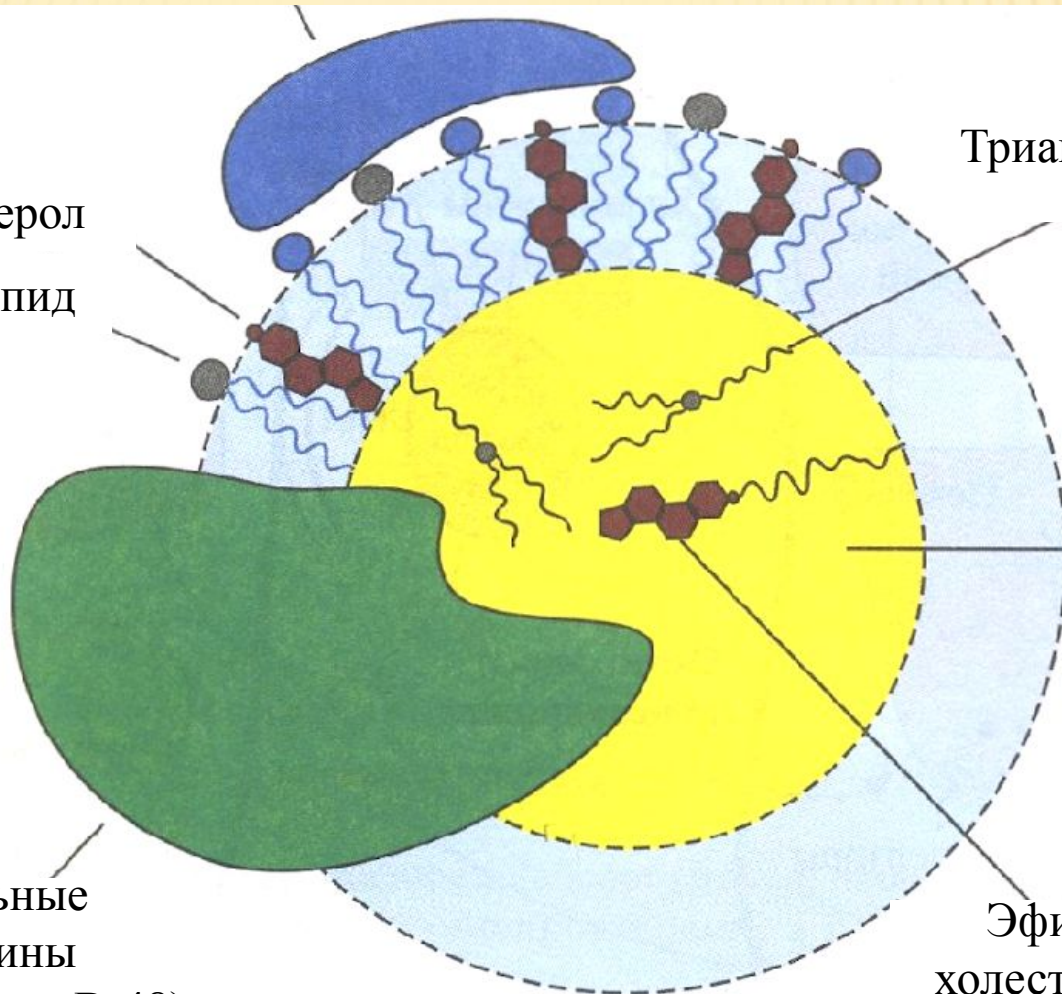
Фосфолипид

Триацилглицеролы  
(ТАГ)

Гидрофобные  
липиды

Интегральные  
апопротеины  
(апоВ-100 или апоВ-48)

Эфиры  
холестерола



## ХАРАКТЕРИСТИКА ЛИПОПРОТЕИДОВ

	<b>ХМ</b>	<b>ЛПОНП</b>	<b>ЛППП</b>	<b>ЛПНП</b>	<b>ЛВПП</b>
<b>Плотность (г/мл)</b>	< 0,95	0,96-1,006	1,007-1,019	1,02-1,063	1,064-1,21
<b>Диаметр (нм)</b>	100-1000	43	27	22	8
<b>Электрофоретическая подвижность</b>	остаются на старте	пре-β		β	α
<b>Место образования</b>	<b>тонка кишка</b>	<b>печень</b>	<b>кровь - катаболизм ЛПОНП</b>	<b>кровь - катаболизм ЛПОНП через ЛППП</b>	<b>печень - катаболизм ХМ и ЛПОНП</b>
<b>Основная функция</b>	<b>транспорт экзогенных ТАГ</b>	<b>транспорт эндогенных ТАГ</b>	<b>предшественник ЛПНП</b>	<b>транспорт холестерина в ткани</b>	<b>обратный транспорт холестерина в печень</b>
<b>Состав:</b>					
ТАГ	90%	65%	20%	5%	5%
ЭХ, Х	5%	15%	25%	50%	20%
фосфолипиды	4%	10%	35%	25%	25%
белок	1%	10%	20%	20%	55%
<b>апобелки</b>	<b>А, В-48, С, Е</b>	<b>В-100, С, Е</b>	<b>В-100, Е</b>	<b>В-100</b>	<b>А, С, Е</b>



## ХАРАКТЕРИСТИКА ЛИПОПРОТЕИДОВ

	<b>ХМ</b>	<b>ЛПОНП</b>	<b>ЛПНП</b>	<b>ЛПВП</b>
<b>Плотность (г/мл)</b>	< 0,95	0,96-1,006	1,02-1,063	1,064-1,21
<b>Диаметр (нм)</b>	100-1000	43	22	8
<b>Электрофоретическая подвижность</b>	остаются на старте	пре-β	β	α
<b>Место образования</b>	<b>тонка кишка</b>	<b>печень</b>	<b>кровь - катаболизм ЛПОНП через ЛППП</b>	<b>печень - катаболизм ХМ и ЛПОНП</b>
<b>Основная функция</b>	<b>транспорт экзогенных ТАГ</b>	<b>транспорт эндогенных ТАГ</b>	<b>транспорт холестерина в ткани</b>	<b>обратный транспорт холестерина в печень</b>
<b>Состав:</b>				
<b>ТАГ</b>	90%	65%	5%	5%
<b>ЭХ, Х</b>	5%	15%	50%	20%
<b>фосфолипиды</b>	4%	10%	25%	25%
<b>белок</b>	1%	10%	20%	55%
<b>апобелки</b>	<b>А, В-48, С, Е</b>	<b>В-100, С, Е</b>	<b>В-100</b>	<b>А, С, Е</b>