



# Обмен липидов.

## Классификация липидов.

**Липиды (от греч. липос- жир)-** низкомолекулярные органические соединения, полностью или почти полностью нерастворимые в воде, которые могут быть извлечены из клеток животных, растений и микроорганизмов неполярными растворителями.

**Липиды -** большая группа природных гидрофобных соединений с разнообразной структурой и биологическими функциями, объединяемые по следующим признакам:

- 1)** нерастворимость в воде и растворимость в неполярных растворителях;
- 2)** нахождение в природе в виде настоящих или потенциальных сложных эфиров высших жирных кислот;
- 3)** присутствие во всех живых организмах.

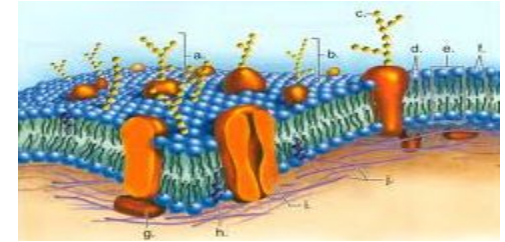
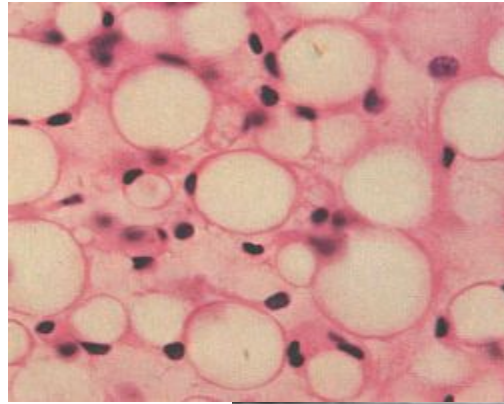
# Функции липидов

- **структурная** (клеточные мембраны)

- **энергетическая** (40%)

1г жира - 9,3 ккал

- **резервная** (адипоциты)



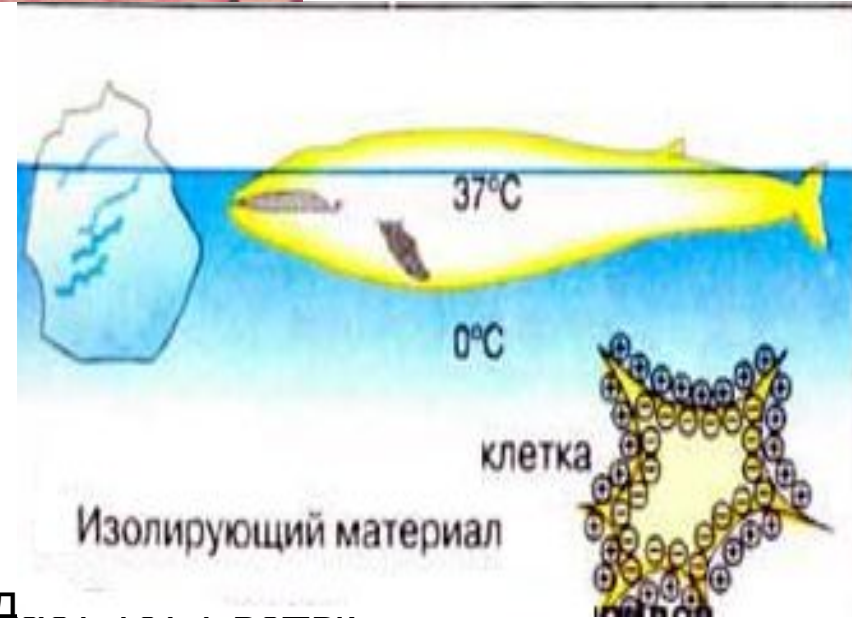
- **защитная**

-от механических воздействий  
-от колебаний температуры  
(термоизолирующая)

- **регуляторная**

растворители витаминов (А, К, Е, F)

жиры – источник эндогенной воды: 100 г жира д...



# КЛАССИФИКАЦИЯ ЛИПИДОВ

## ЛИПИДЫ

**Свободные жирные кислоты и их производные**

**Насыщенные жирные кислоты**

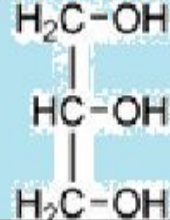
Пальмитиновая кислота

**Ненасыщенные жирные кислоты**

Арахидоновая кислота

**Сложные липиды-производные спиртов**

**глицерола**  
3-х атомный спирт



**ацилглицеролы (нейтральные жиры)**

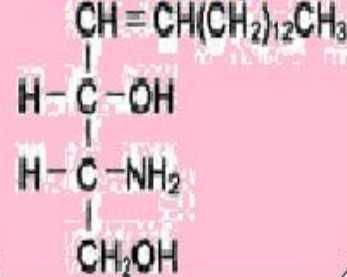
Животные жиры (бараний, свиной)  
Растительные масла (подсолнечное, оливковое)

**глицерофосфолипиды**

Фосфатидилхолин (лецитин)

**сфингозина**

18-атомный ненасыщенный аминоспирт



**сфингофосфолипиды**

Сфингомиелины

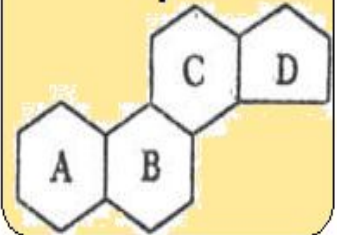
**сфингогликолипиды**

Цереброзиды, глобозиды, сульфатиды, ганглиозиды

**Минорные липиды**

Каротиноиды, изопреноиды

**стерана**  
циклический насыщенный спирт



Холестерин, желчные кислоты, вит. Д3, стероидные гормоны

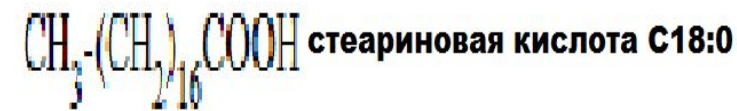
# ЖИРНЫЕ КИСЛОТЫ

Жирные кислоты- одноосновные алифатические карбоновые кислоты с неразветвленной углеродной цепью на одном конце которой находится карбоксильная группа, а на другом- метильная. Жирные кислоты в организме человека содержат четное число C-атомов.

## ЖИРНЫЕ КИСЛОТЫ

### НАСЫЩЕННЫЕ

не содержат двойных связей

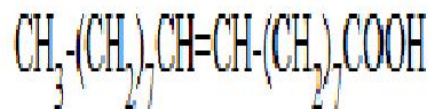


### НЕНАСЫЩЕННЫЕ

содержат двойные связи

#### моноеновые

1 двойная связь



олеиновая кислота C18:1 $\Delta$ 9

#### полиеновые

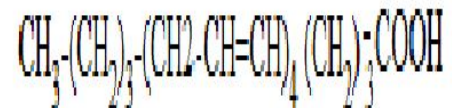
2 и более двойных связей



линолевая кислота C18:2 $\Delta$ 9,12

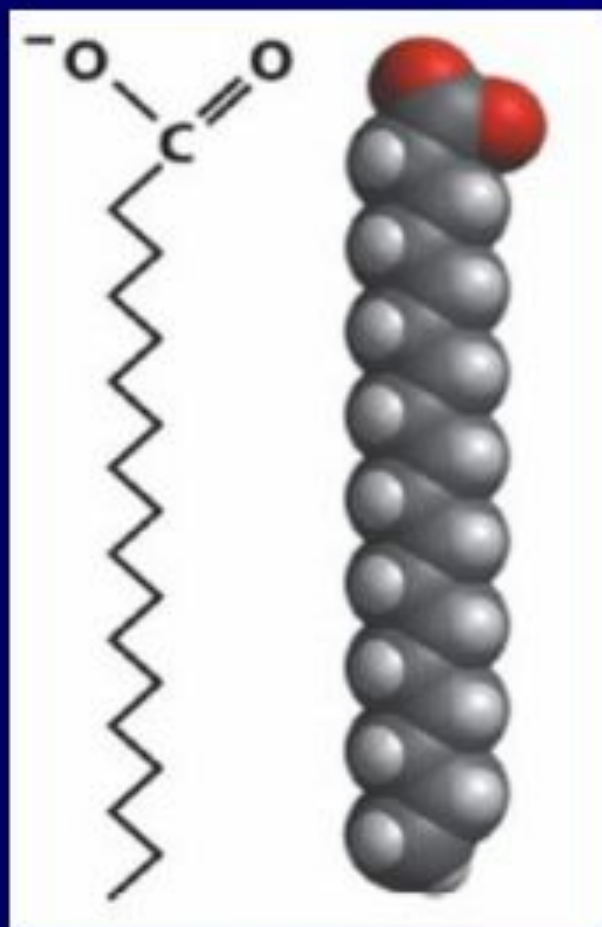


линоленовая кислота C18:3 $\Delta$ 9,12,15

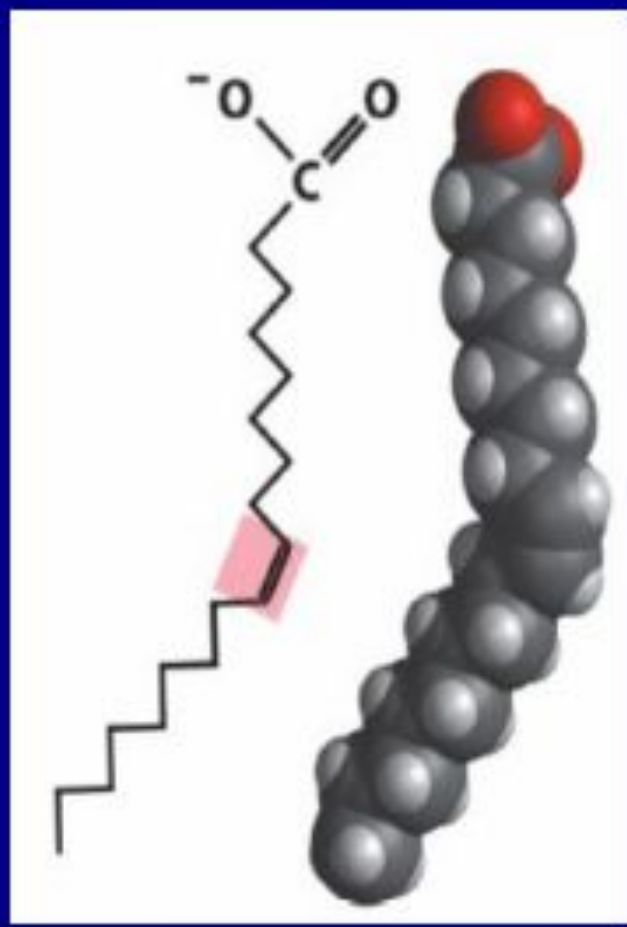


арахидоновая кислота C18:4 $\Delta$ 5,8,11,14

## Насыщенная жирная кислота



## Ненасыщенная жирная кислота





**Незаменимые (эссенциальные) жирные кислоты-**  
полиеновые кислоты, которые не синтезируются в организме и должны поступать с пищей.

**Витамин F** ( $\omega 6$ -жирные кислоты)- комплексный витамин, состоящий из незаменимых ненасыщенных жирных кислот: линолевой, линоленовой и арахидоновой.

Основные источники полиеновых жирных кислот для человека ( $\omega 3$ ,  $\omega 6$  -жирные кислоты) - жидкие растительные масла и рыбий жир.

### **Биологические функции жирных кислот**

- 1. Энергетическая**
- 2. Структурный материал для образования сложных липидов**
- 3. Ненасыщенные жирные кислоты C20- субстрат для синтеза эйкозаноидов (тканевых гормонов)**

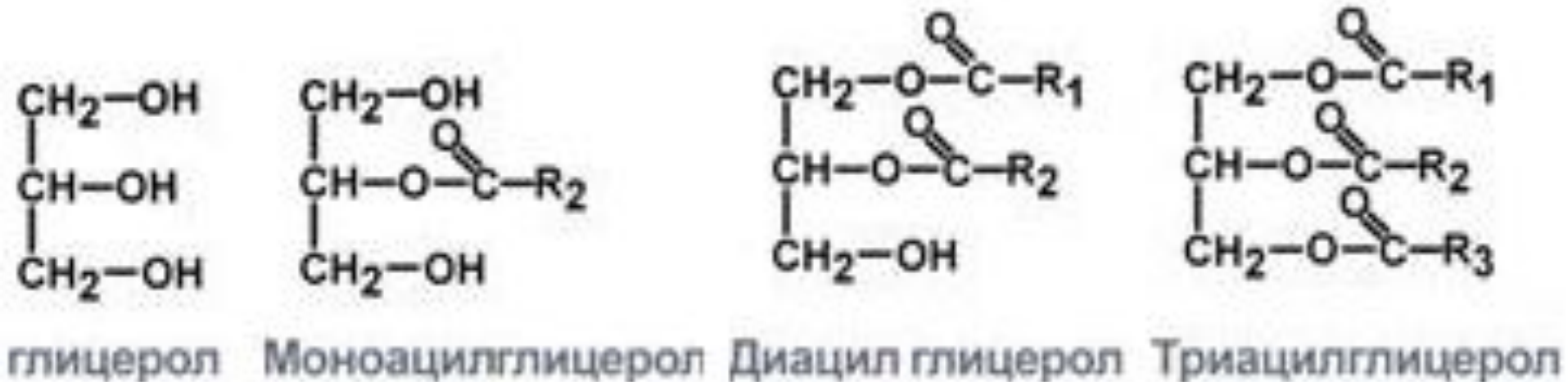
# ЛИПИДЫ- ПРОИЗВОДНЫЕ ГЛИЦЕРОЛА

## Эфиры 3-х атомного спирта глицерола

### Ацилглицеролы нейтральные жиры

### Глицерофосфолипиды

Ацилглицеролы (нейтральные жиры)- сложные эфиры жирных кислот и 3-х атомного спирта глицерола, в котором могут быть этерифицированы одна, две или все три гидроксильные группы с образованием соответственно моно-, ди- и триацилглицеролов.



Триацилглицеролы полностью гидрофобны

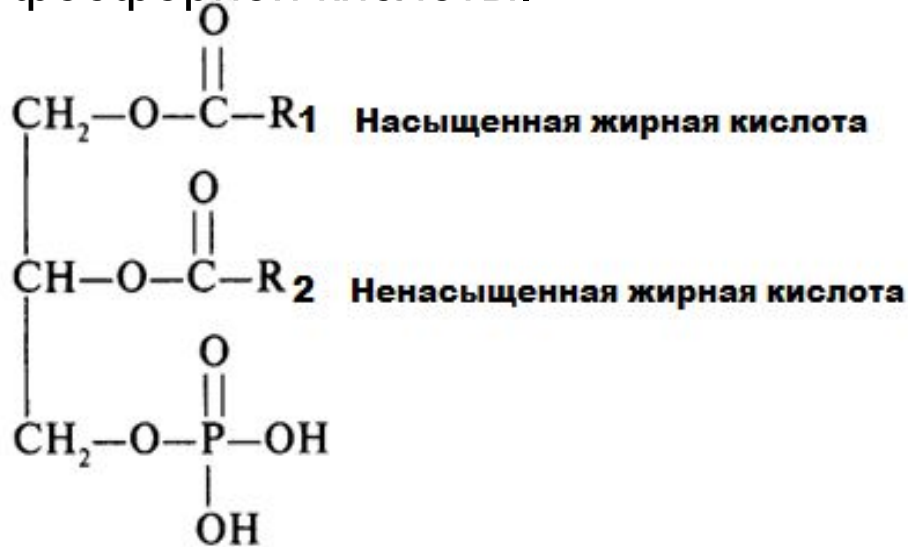


# Нейтральные жиры (биологическое значение)

1. Высококонцентрированный резерв метаболической энергии
2. Защитная функция
3. Терморегуляторная функция
4. Источники эндогенной воды
5. Источники арахидоновой кислоты для синтеза эйкозаноидов
6. Растворители для жирорастворимых витаминов
7. Бактерицидное действие

# ЛИПИДЫ- ПРОИЗВОДНЫЕ ГЛИЦЕРОЛА

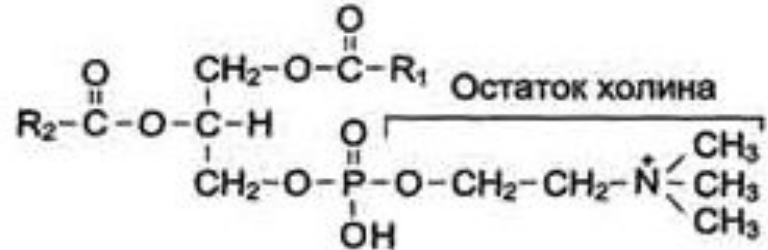
**Глицерофосфолипиды**- производные фосфатидной кислоты, в которой две жирные кислоты связаны сложноэфирной связью с глицеролом в первой и второй позициях; в третьей позиции находится остаток фосфорной кислоты.



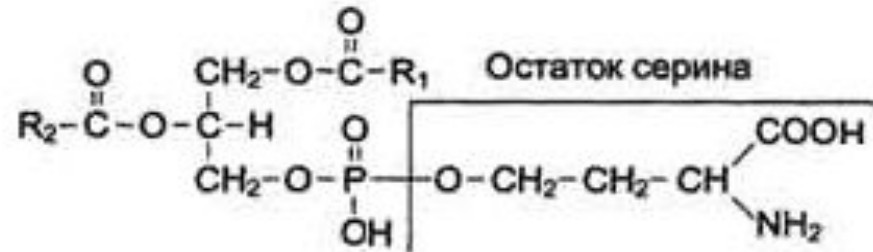
Фосфатидная кислота

Различные **глицерофосфолипиды** отличаются друг от друга дополнительными группировками (чаще аминспиртами), присоединенными фосфоэфирной связью к фосфатидной кислоте.

**Глицерофосфолипиды амфифильны**: имеют гидрофобную часть, образованную радикалами жирных кислот, и гидрофильную- остатки фосфорной кислоты, аминспиртов или аминокислот.



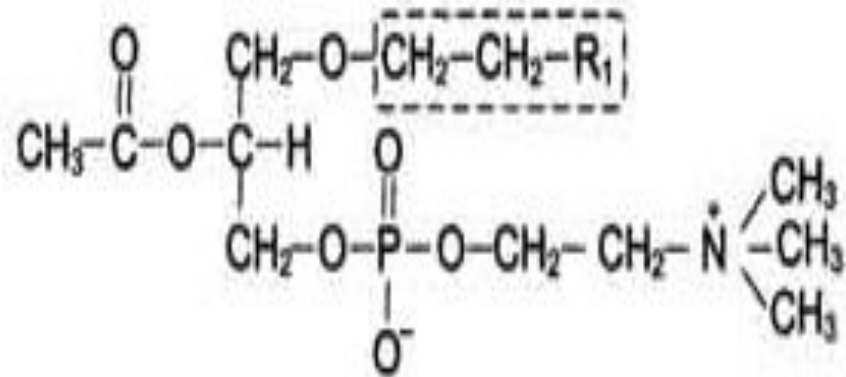
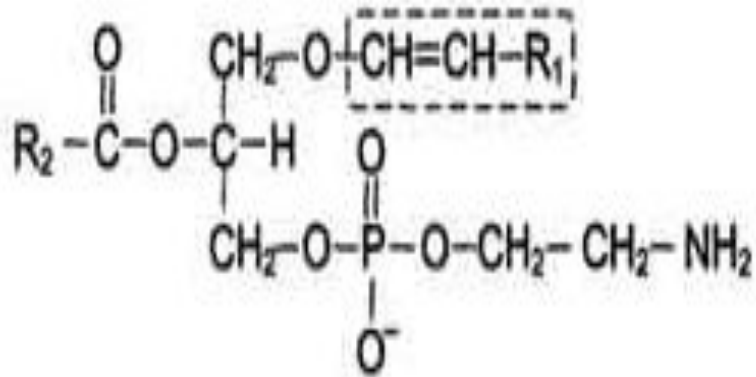
Фосфатидилхолин (лецитин)



Фосфатидилсерин

# ЛИПИДЫ- ПРОИЗВОДНЫЕ ГЛИЦЕРОЛА

**Плазмалогены**- фосфолипиды, у которых в первом положении глицерола находится не жирная кислота, а остаток спирта с длинной алифатической цепью, связанный простой эфирной связью.



Плазмалогены составляют до 10% фосфолипидов мембран нервной ткани; особенно много их в миелиновых оболочках нервных клеток. Некоторые типы плазмалогенов вызывают очень сильные биологические эффекты, действуя как медиаторы. Например, тромбоцитаактивирующий фактор (ТАФ) стимулирует агрегацию тромбоцитов.

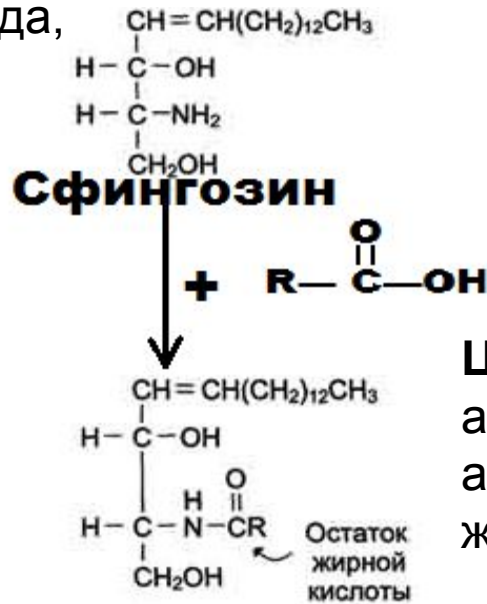
# **Фосфолипиды**

## **(биологическая роль)**

1. Структурный компонент клеточных мембран
2. Входят в состав сурфактанта легких
3. Участвуют в формировании транспортных форм других липидов в крови (липопротеинов)
4. Источники арахидоновой кислоты
5. Источники вторичных посредников (ДАГ, ИТФ)
6. Активаторы ферментов
7. Выполняют функцию детергентов в кишечнике
8. Могут выполнять энергетическую функцию

# ЛИПИДЫ- ПРОИЗВОДНЫЕ СФИНГОЗИНА

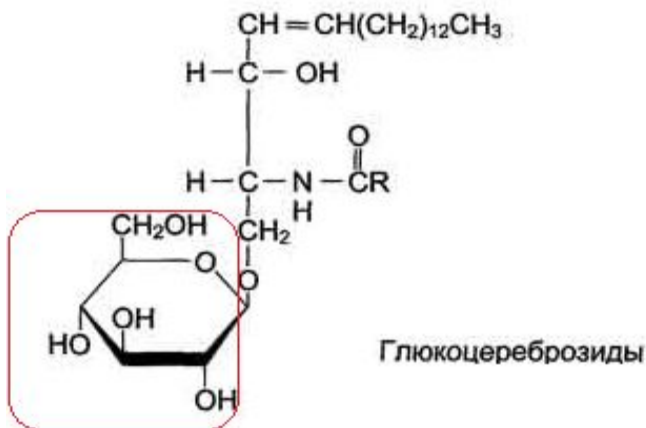
**Сфингозин**- аминокспирт, состоящий из 18 атомов углерода, содержащий гидроксильные группы и аминогруппу.



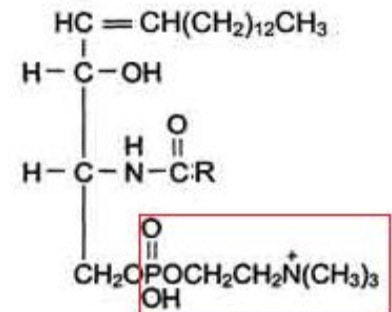
**Церамид**- сфингозин через аминогруппу с образованием амидной связи соединен с жирной кислотой

+ углевод

+  $\text{H}_3\text{PO}_4$  + холин



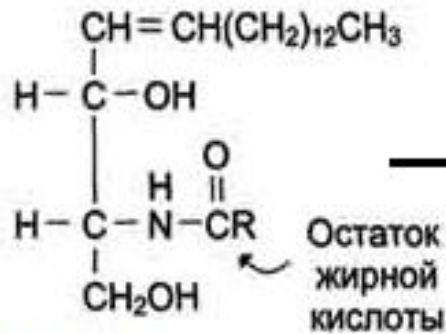
**Сфингогликолипиды**



Сфингомиелин  
**Сфингофосфолипиды**

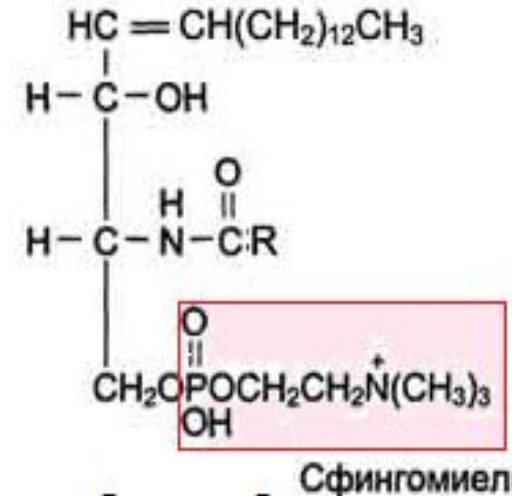
# ЛИПИДЫ- ПРОИЗВОДНЫЕ СФИНГОЗИНА

Сфингомиелины (сфингофосфолипиды)- производные церамида (продукта взаимодействия 18 атомного аминоспирта сфингозина и жирной кислоты), образованные при присоединении фосфорной кислоты, связанной с холином.



## Церамид

Сфингомиелины амфифильны: радикал жирной кислоты и алифатическая цепь сфингозина-гидрофобны, полярная область фосфотидилхолина-гидрофильна



## Сфингофосфолипиды

### Сфингозин

Жирная кислота

Фосфорная кислота

Холин

Сфингомиелины - основные компоненты миелина и мембран клеток мозга и нервной ткани

# ЛИПИДЫ- ПРОИЗВОДНЫЕ СФИНГОЗИНА

Гликолипиды (гликосфинголипиды)- производные церамидов, спиртовая группа которых гликолизирована остаткам и одного или нескольких углеводов.

## Гликолипиды

### ■ Цереброзиды

церамид

Сфингозин

Глюкоза (галактоза)

Жирная кислота

### ■ Ганглиозиды

Сфингозин

Сложный олигосахарид

Жирная кислота

# Гликолипиды обеспечивают

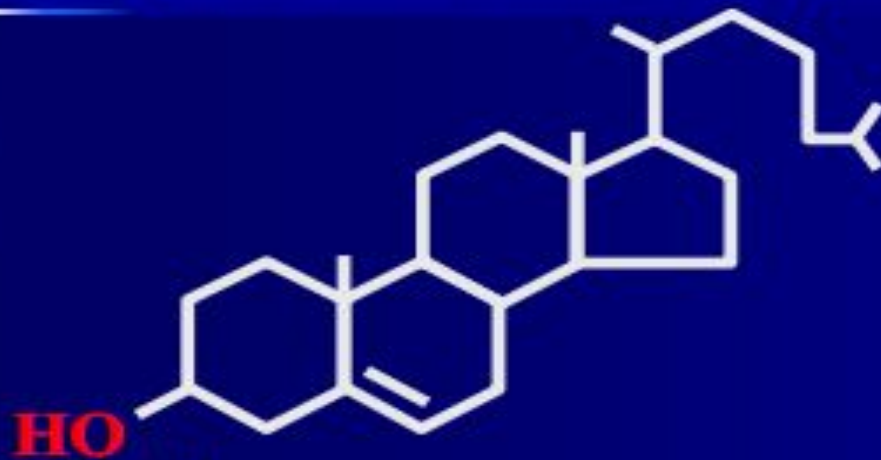
- Рецепцию нейромедиаторов и токсинов
- Адгезию клеток
- Взаимосвязь между клетками и контактное торможение
- Антигенную функцию
- Электрофоретическую подвижность клеток
- Участвуют в транспорте ионов через мембрану



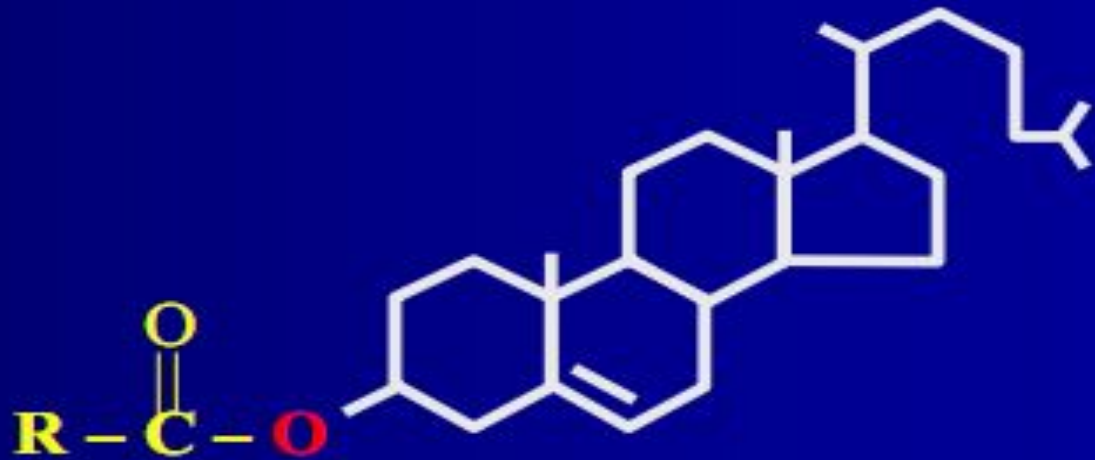
# ЛИПИДЫ- ПРОИЗВОДНЫЕ СТЕРАНА

Стероиды - производные конденсированных циклических систем - циклопентанпергидрофенантронов

**Холестерол** — одноатомный ненасыщенный тетрациклический спирт стеранового ряда



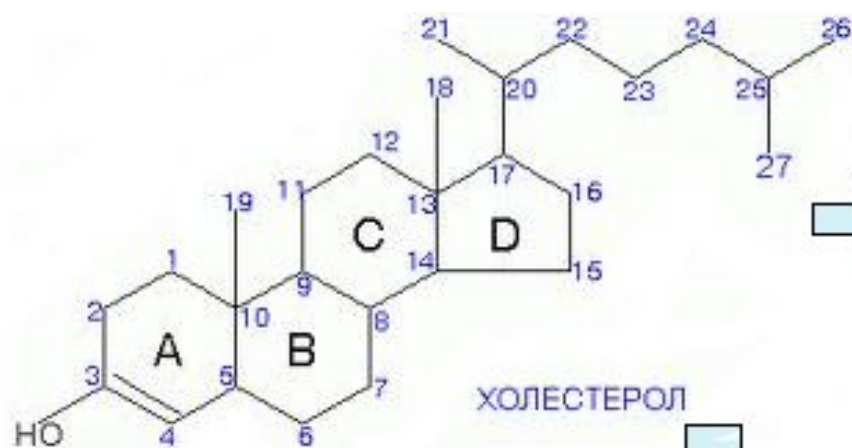
Холестерол  
(дифильн.)



Эфир холестерола  
(гидрофобн.)

# Биологическое значение холестерина

- Важный компонент клеточных мембран
- Субстрат для синтеза стероидных гормонов, желчных кислот, витамина D



**Витамин D**

**Желчные кислоты**

Холевая кислота

Хенодезоксихолевая кислота

**Стероидные гормоны**

Глюкокортикоиды  
Минералокортикоиды  
Половые гормоны

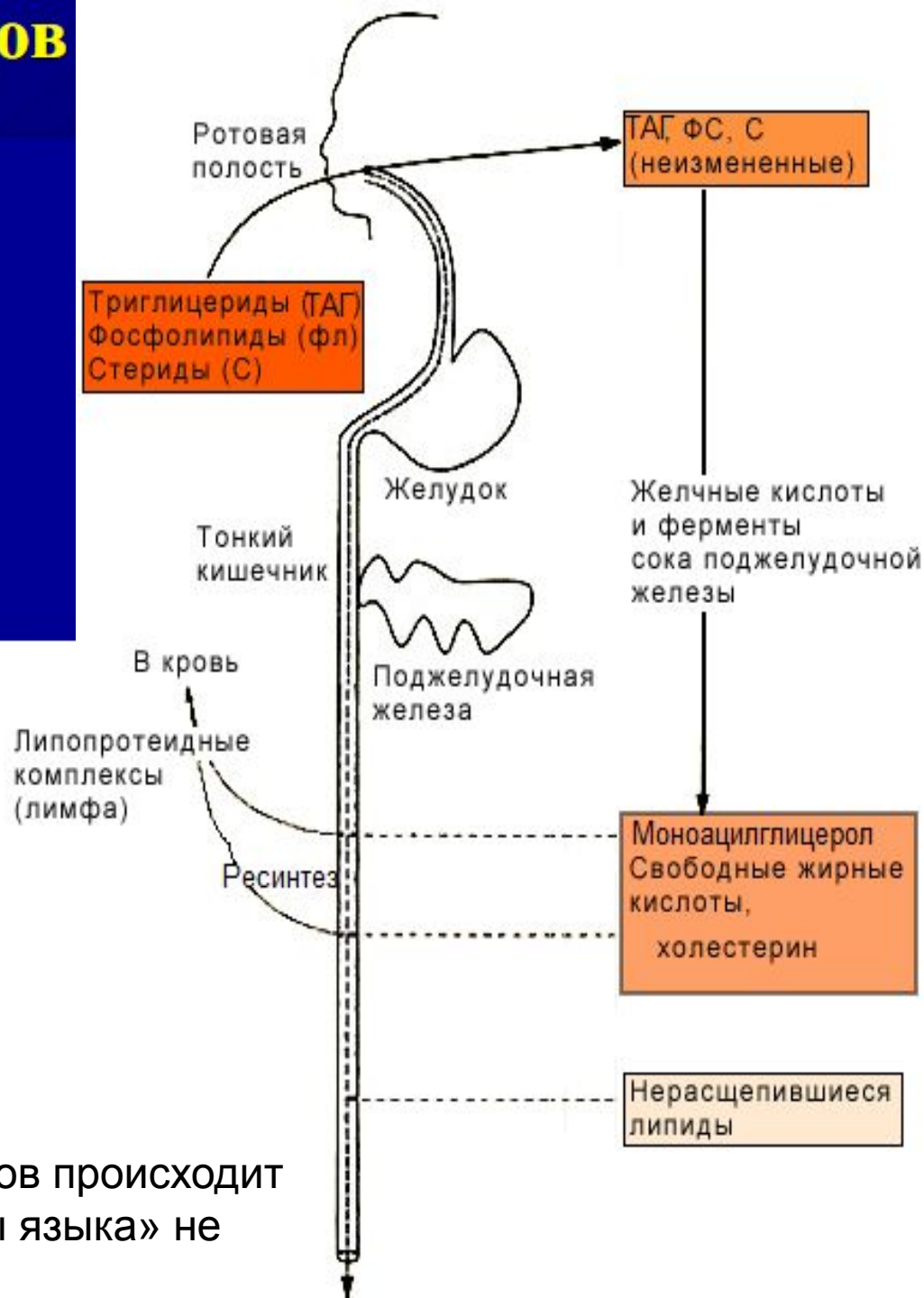
# МИНОРНЫЕ ЛИПИДЫ

- производные 2-х атомных спиртов  
(этиленгликоля, бутирилгликоля)
- витамины А,Е, К, сквален
- воска (у насекомых)

# Переваривание липидов

Фазы:

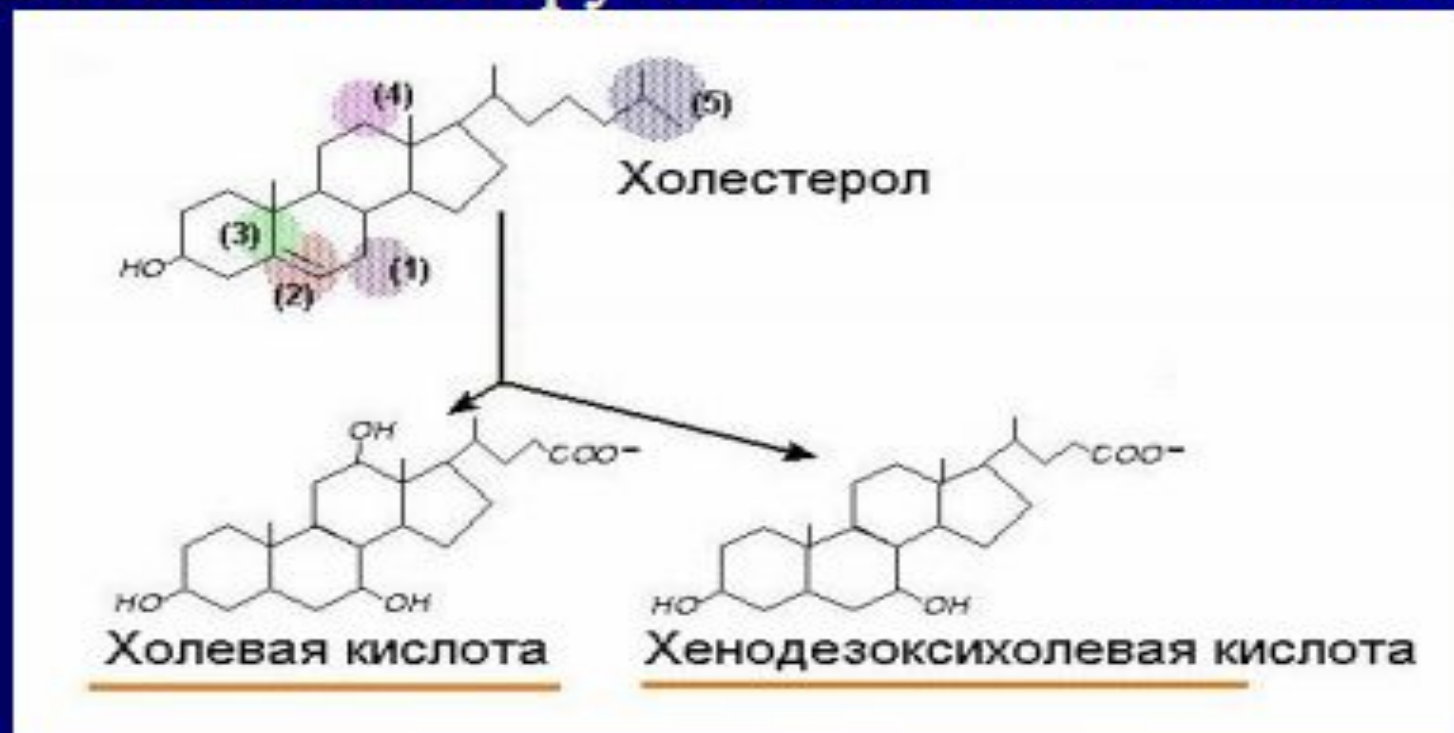
1. Эмульгирование
2. Ферментативный гидролиз
3. Мицеллообразование



У взрослых людей переваривание жиров происходит в тонком кишечнике, действие «липазы языка» не играет большой роли.

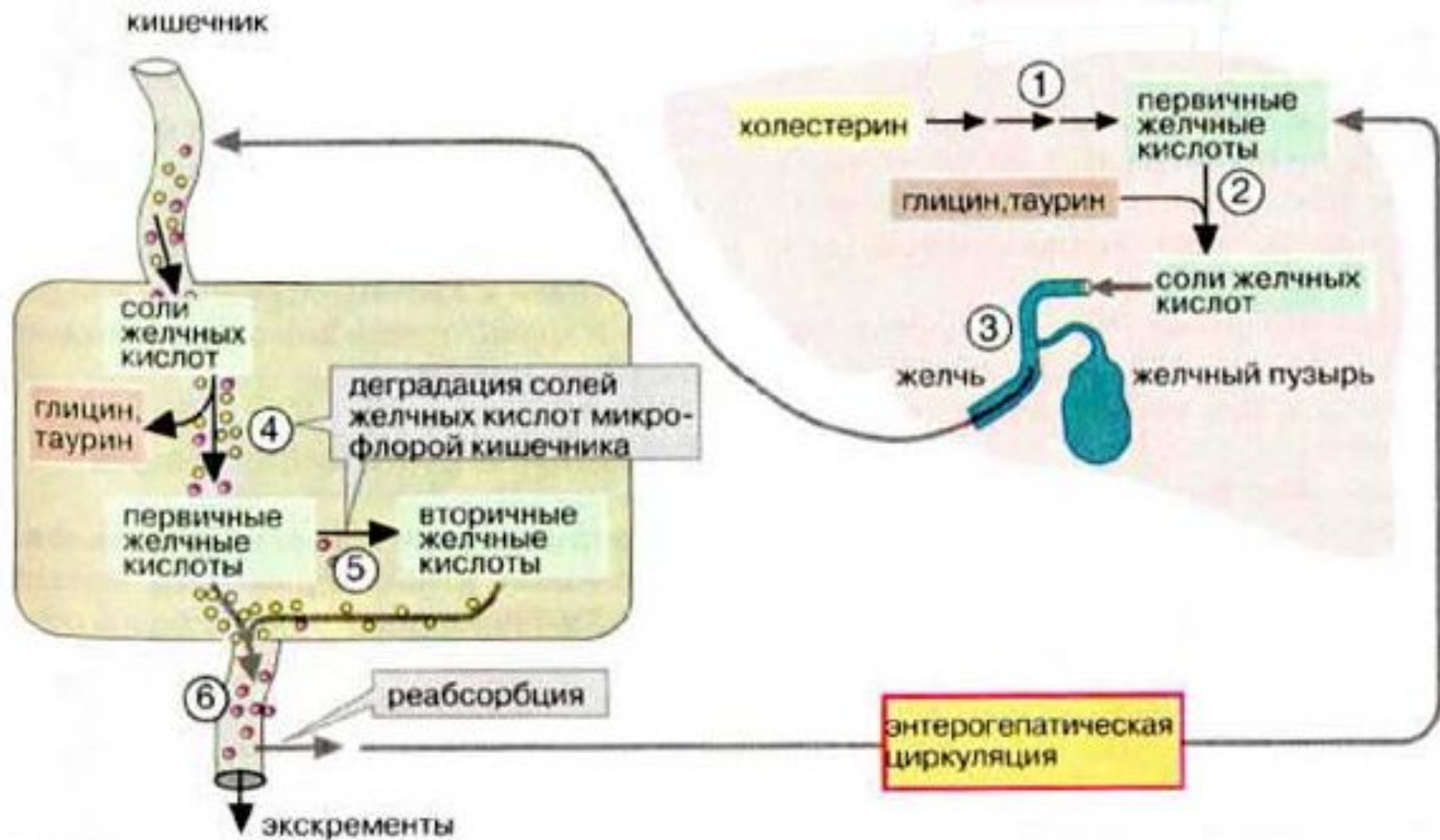
# Желчные кислоты

- **Первичные:** синтезируются в печени из холестерина



- Выделяются в кишечник обычно в **конъюгированной** форме (в связи с глицином или таурином)

- **Вторичные желчные кислоты (дезоксихолевая и литохолевая)** образуются в кишечнике под действием ферментов бактерий. Происходит отщепление конъюгированной аминокислоты и 7-ОН-группы.



# Функции желчных кислот

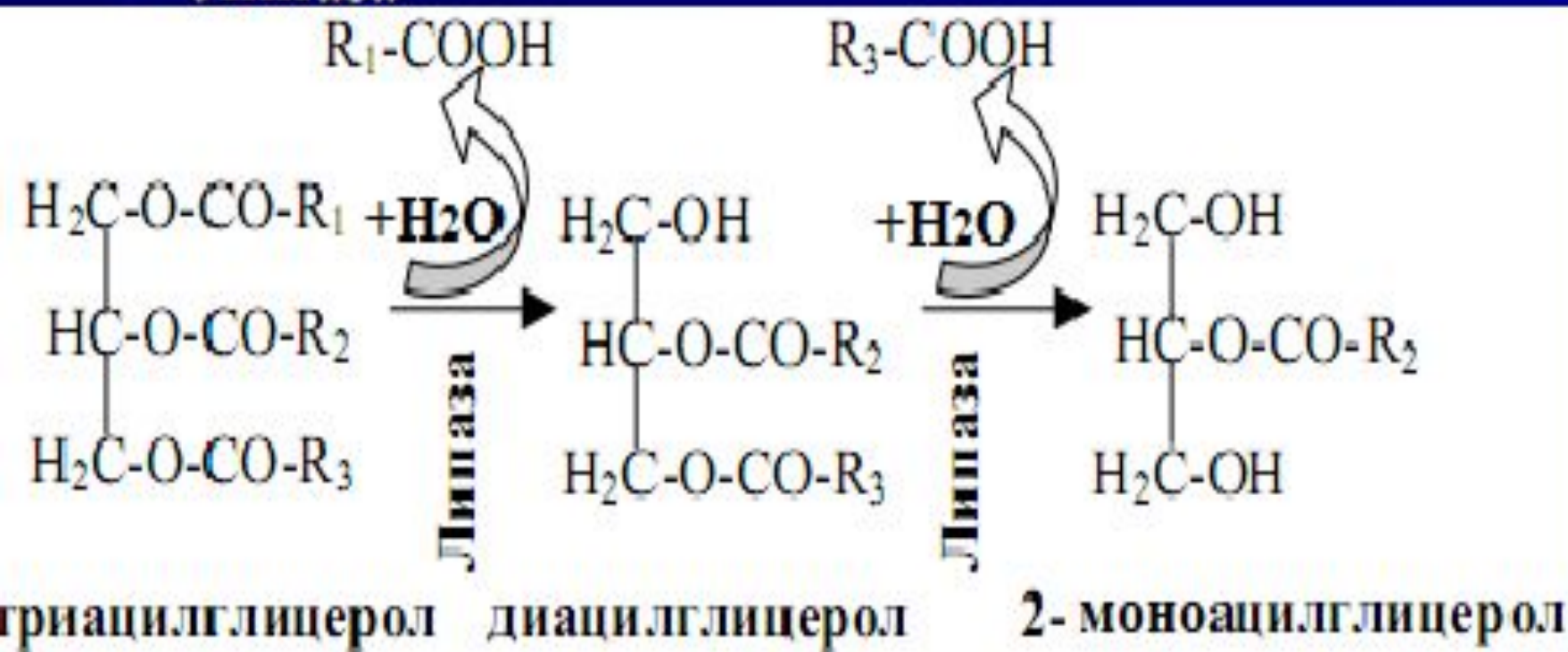
- Эмульгирование жиров пищи, стабилизация жировой эмульсии
- Образование мицелл и облегчение всасывания липидов (в т.ч. жирорастворимых витаминов)
- Предотвращают осаждение холестерина в желчи и образование камней
- Путь выведения холестерина из организма (!)

## Вторая фаза

# Ферментативный гидролиз

Работают панкреатические ферменты:

- Липаза



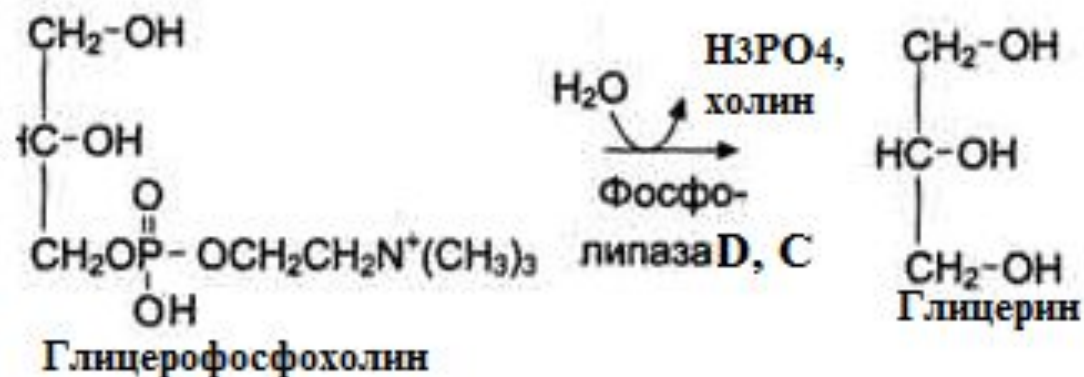
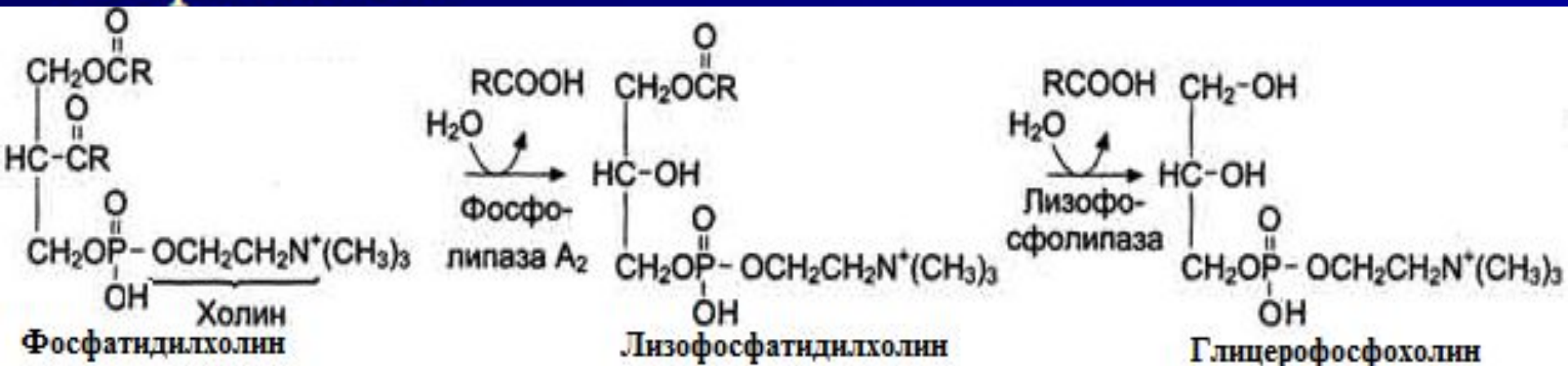


# Вторая фаза

## Ферментативный гидролиз

Работают панкреатические ферменты:

### - Фосфолипазы

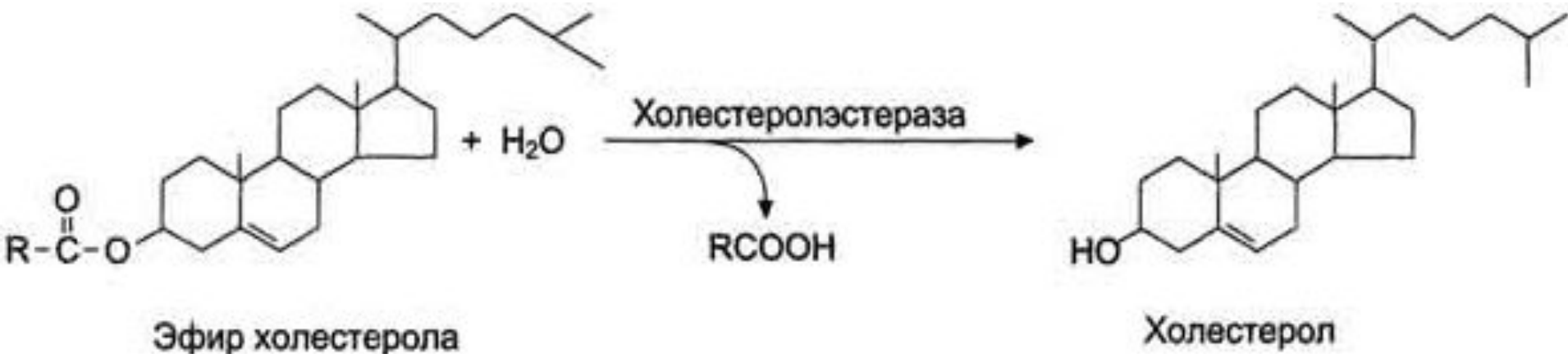


# Вторая фаза

## Ферментативный гидролиз

Работают панкреатические ферменты:

- Холестеролэстераза



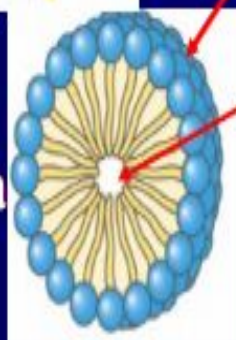
# Третья фаза

## Образование мицелл, всасывание



Желчные кислоты

Мицелла

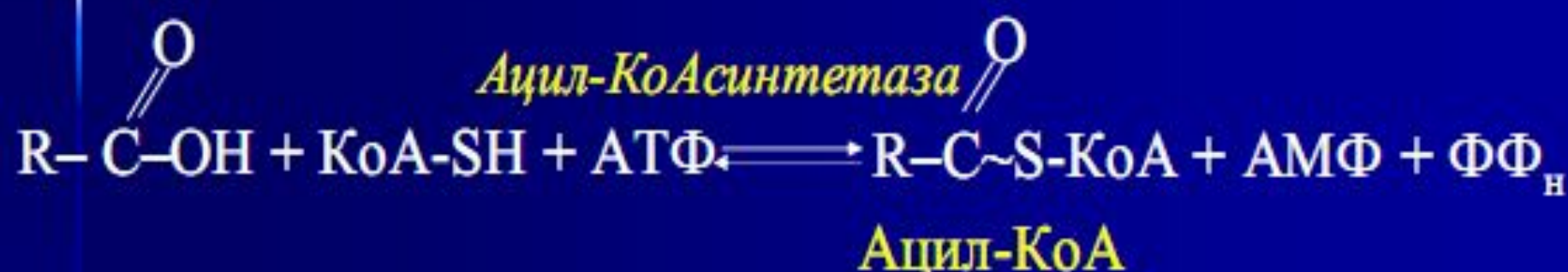


Продукты гидролиза липидов:

- Жирные кислоты
- Моноацилглицеролы
- Лизофосфолипиды
- Холестерол
- Витамины



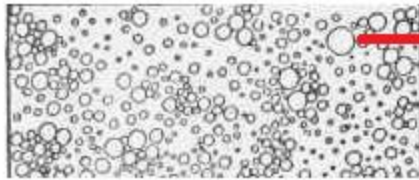
## В энтероцитах жирные кислоты активизируются



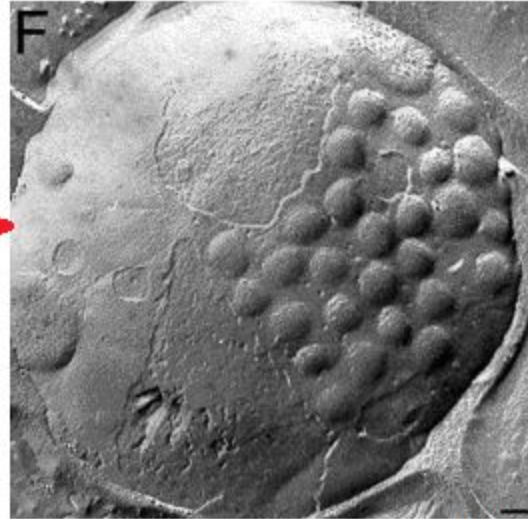
**и используются для ресинтеза липидов**

## ЖИРЫ В ПИТАНИИ ДЕТЕЙ

Жиры в составе молока находятся уже в эмульгированном, смешанном с водой виде, поэтому они сразу же доступны для гидролиза ферментами.



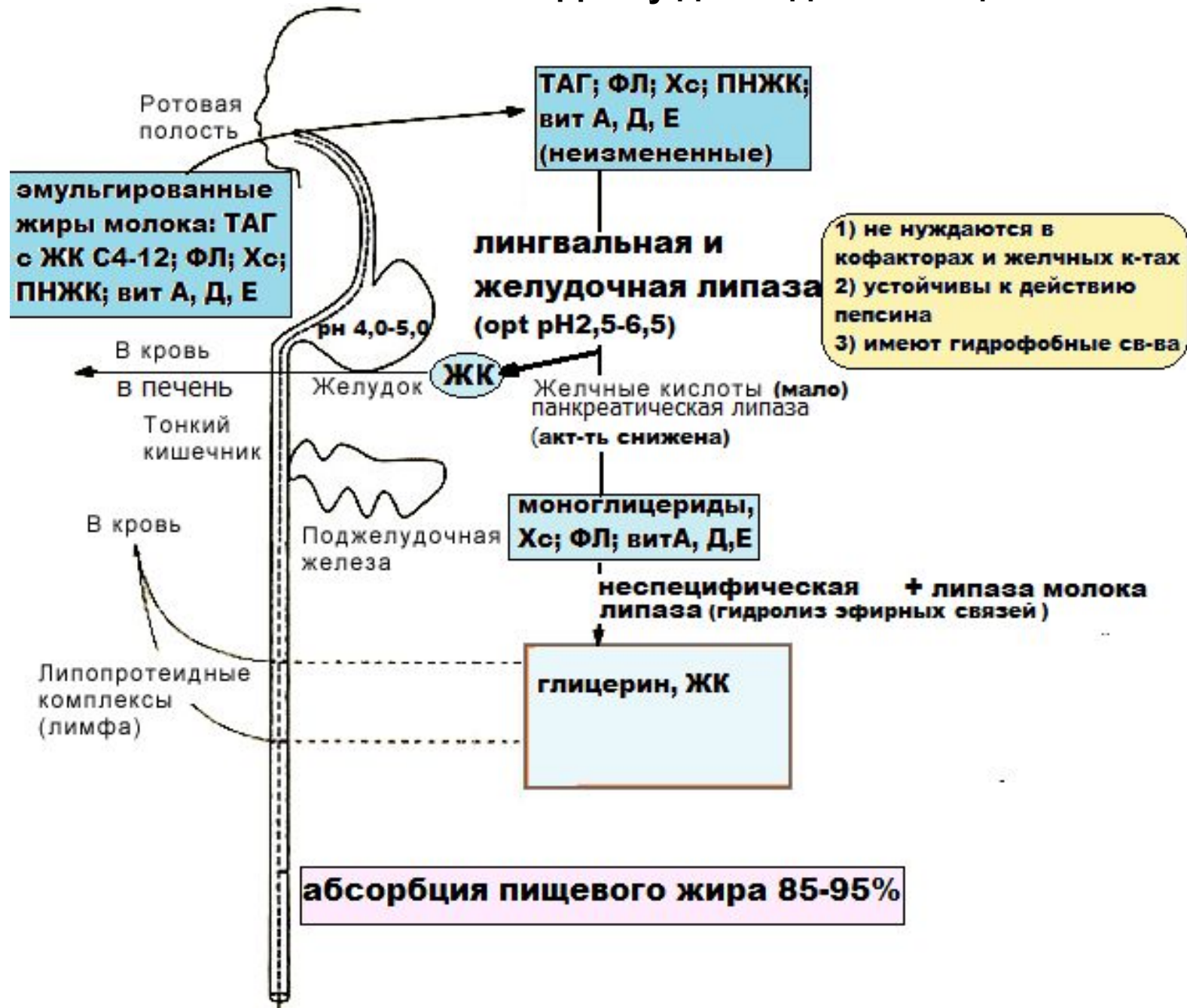
Жировые шарики молока  
(x200)



0.1  $\mu\text{m}$

Жир женского молока по количественному содержанию не отличается от жира коровьего молока, однако значительно отличается по составу. В женском молоке выше, чем в коровьем содержании фосфолипидов, полиненасыщенных высших жирных кислот (в 2-4 раз), витамина Е (в 4-10 раз). В женском молоке содержатся липаза, превышающая активность липазы коровьего молока в 15-25. В большом количестве в молоке содержится холестерин, который участвует в выработке гормонов и витамина Д, необходимого для нормального развития костной ткани. В отличие от жиров человеческого молока, активно питающих мозг младенца, жиры молока коровьего или козьего в первую очередь способствуют росту скелета и мышечной ткани животного.

# ПЕРЕВАРИВАНИЕ ЛИПИДОВ у детей до 6 месяцев



# Особенности переваривания липидов у грудных детей



- У грудного ребёнка эмульгированные жиры молока начинают перевариваться в желудке, так как:
- рН в желудке детей 5,
- действует желудочная и лингвальная липазы (рН оптимум 4-4,5).
- В кишечнике действуют липаза молока и неспецифическая липаза.