

ЛИПИДЫ

Лекция для студентов лечебного
и педиатрического факультетов

ПЛАН ЛЕКЦИИ

ХИМИЯ ЛИПИДОВ

1. Определение, роль, классификация.
2. Характеристика простых и сложных липидов.

ПЕРЕВАРИВАНИЕ ЛИПИДОВ В ЖКТ

1. Роль липидов в питании.
2. Желчные кислоты. Эмульгирование.
3. Ферменты.
5. Всасывание продуктов гидролиза.
6. Особенности у детей.
7. Ресинтез.

НАРУШЕНИЕ ПЕРЕВАРИВАНИЯ И ВСАСЫВАНИЯ

Стеаторея.

Липиды - биомолекулы,
характеризующиеся
различной растворимостью в
органических растворителях и
нерастворимые в воде.



КЛАССИФИКАЦИЯ ЛИПИДОВ

Функции липидов:

- Субстратно-энергетическая
- Структурная (компонент биомембран)
- Транспортная (липопротеины)
- Передача нервного импульса
- Электроизолирующая (миелиновое волокно)
- Теплоизолирующая (низкая теплопроводность)
- Защитная
- Гормональная
- Витаминная

По химическому строению

1. Простые:

- 1) триацилглицерины (нейтральный жир) - ТГ , ТАГ
- 2) воски

2. Сложные:

- 1) фосфолипиды – ФЛ
 - а) глицерофосфолипиды
 - б) сфингофосфолипиды
- 2) гликолипиды – ГЛ (цереброзиды, ганглиозиды, сульфатиды)
- 3) стероиды (стерины и стериды)

По отношению к воде

1. Гидрофобные (образуют пленку на поверхности воды) - ТГ

2. Амфифильные образуют:

- а) билипидный слой – ФЛ, ГЛ (1 головка, 2 хвоста)
- б) мицеллу – МГ, Хс, ВЖК (1 головка, 1 хвост)

По биологической роли

1. резервные (ТГ)

2. структурные – образуют биологические мембраны (ФЛ, ГЛ, Хс)

ЖИРНЫЕ КИСЛОТЫ –

алифатические карбоновые кислоты, выполняющие роль мономеров (строительных блоков) для большинства классов липидов.

Классификация жирных кислот

Насыщенные (предельные)

общая формула $C_n H_{2n+1} COOH$

масляная (4:0) C_3H_7COOH

пальмитиновая (16:0) $C_{15}H_{31}COOH$

стеариновая (18:0) $C_{17}H_{35}COOH$

Ненасыщенные (непредельные)

общая формула $C_n H_{(2n+1)-2m} COOH$

Мононенасыщенные:

пальмитоолеиновая (16:1) $C_{15}H_{29} COOH$

олеиновая (18:1) $C_{17}H_{33} COOH$

Полиненасыщенные (витамин F):

линолевая (18:2) $C_{17}H_{31} COOH (\omega-6)$

линоленовая (18:3) $C_{17}H_{29} COOH (\omega-3)$

арахидоновая (20:4) $C_{19}H_{31} COOH (\omega-6)$

Роль полиненасыщенных жирных кислот (ПНЖК)

1. предшественники **эйкозаноидов** (простагландинов, тромбоксанов, лейкотриенов) - биологически активных веществ, синтезированных из ПНЖК с 20-ю углеродными атомами, выполняющих роль тканевых гормонов.
2. входят в состав фосфолипидов, гликолипидов.
3. способствуют выведению холестерина из организма.
4. Являются витамином F (омега 3, омега 6).



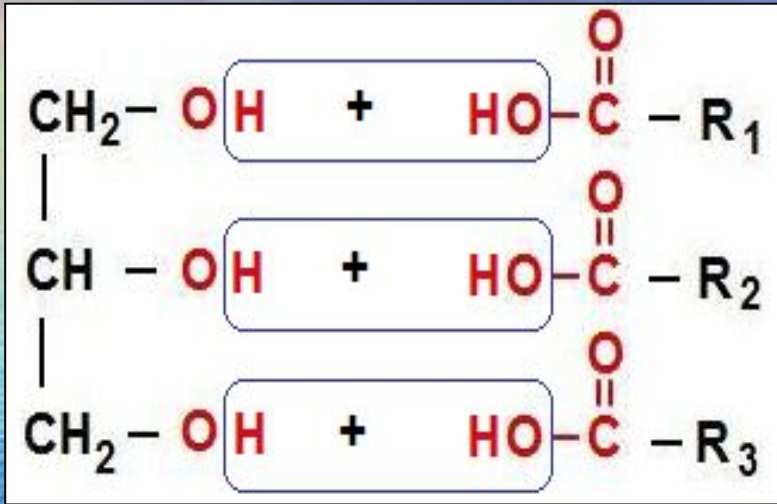
Характеристика простых липидов

ТРИГЛИЦЕРИДЫ (НЕЙТРАЛЬНЫЕ ЖИРЫ)

Биологическая роль:

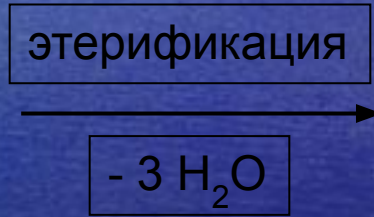
- энергетическая (резервная) 1г – 39,1 кДж или 9,3 ккал
- теплоизолирующая,
- амортизирующая (механическая защита).



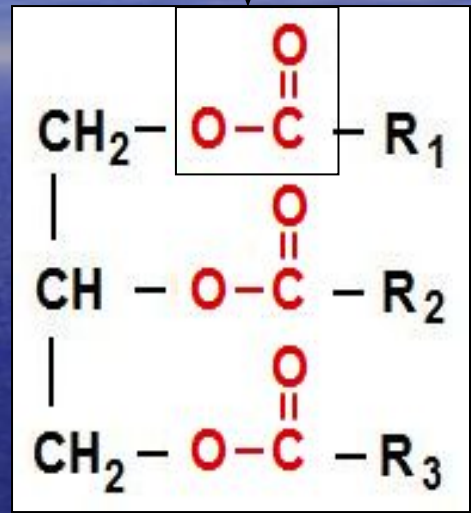


Глицерин

ВЖК
(3 молекулы)



Сложная эфирная связь



Общая формула
нейтрального
жира

Жир человеческий =

глицерин + 2 ненасыщенных + 1 насыщенная ВЖК
(диолеопальмитин)

Жир животный =

глицерин + 1 ненасыщенная + 2 насыщенных ВЖК
(олеопальмитостеарин)

Жир растительный =

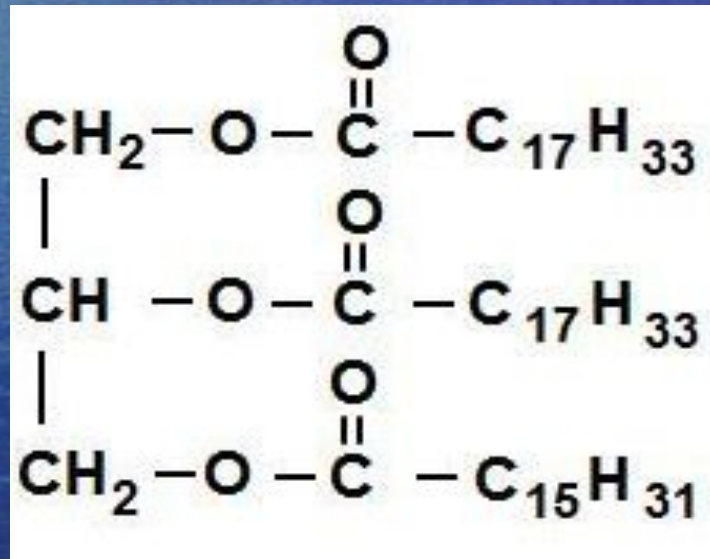
глицерин + 3 ненасыщенных ВЖК (триолеин)

Написать формулы молекулы нейтрального жира растительного, животного и человеческого происхождения самостоятельно.

Человеческий жир

Содержит 2 мононенасыщенные и 1 насыщенную ВЖК

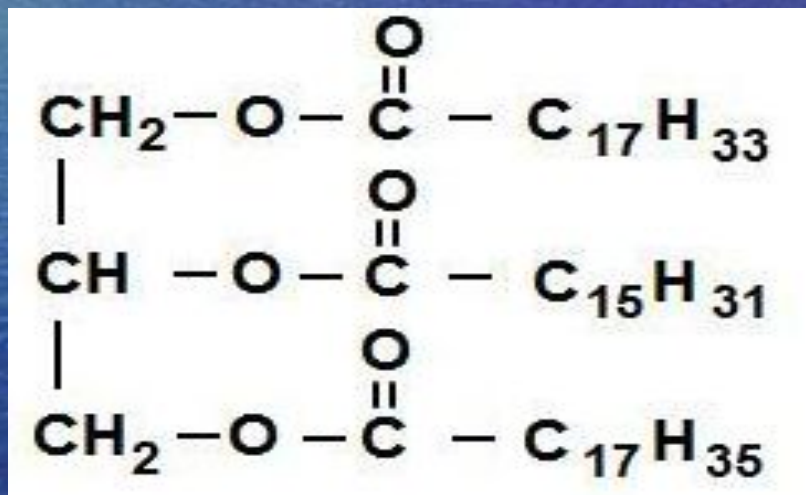
Пример: 1,2-диолеопальмитин



Животный жир

Содержит 1 ненасыщенную и 2 насыщенных ВЖК

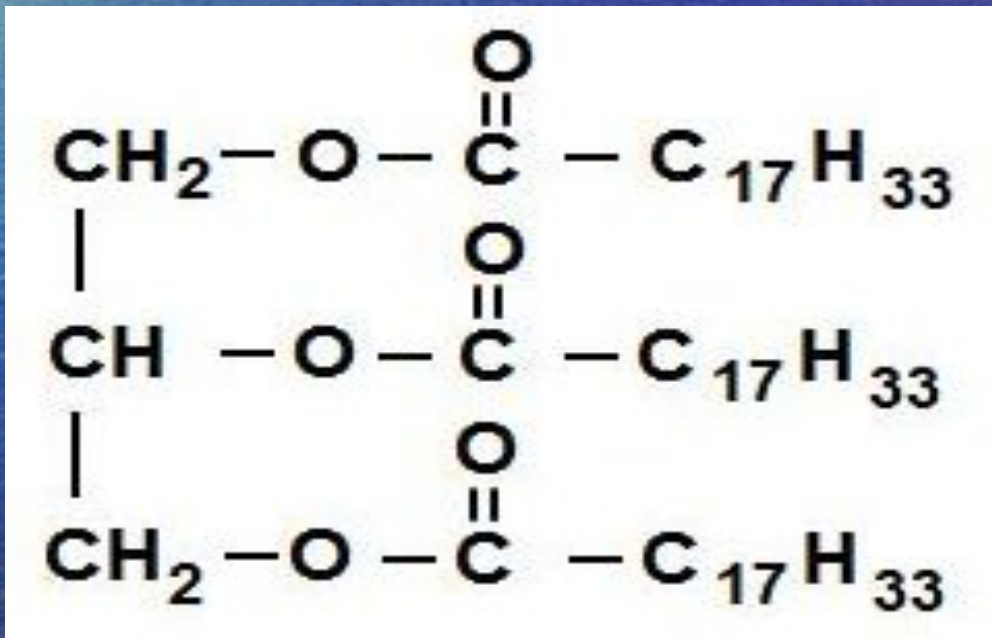
Пример: 1-олео-2-пальмитостеарин



Растительный жир

- Содержит 3 моно- или полиненасыщенных ВЖК.
- Чем выше степень ненасыщенности, тем ниже температура плавления.
- Растительные жиры называют маслами.

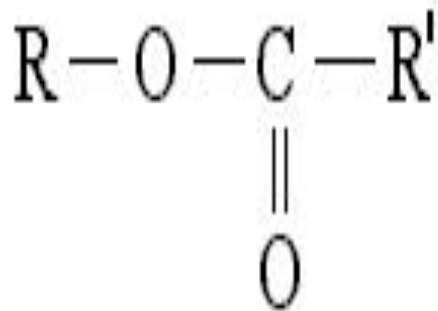
Пример: **Триолеин** (т.пл. – 17° С)



ВОСКИ

сложные эфиры высших одно- или двухатомных спиртов и ВЖК

Роль восков: образуют защитную смазку на коже человека и животных, листьях и плодах растений.



Характеристика СЛОЖНЫХ ЛИПИДОВ:

1. Фосфолипиды

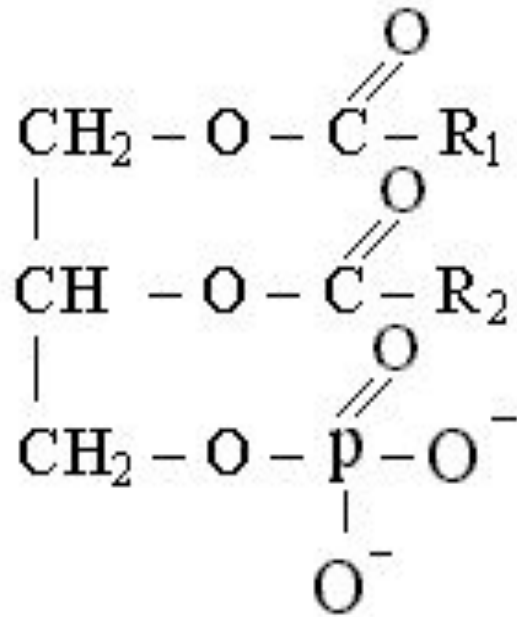
2. Гликолипиды

3. Стерины и стериды

ФОСФОЛИПИДЫ

- **ГЛИЦЕРОФОСФОЛИПИДЫ**
- **СФИНГОФОСФОЛИПИДЫ**

ГЛИЦЕРОФОСФОЛИПИДЫ - производные фосфатидной кислоты.



Фосфатидная кислота

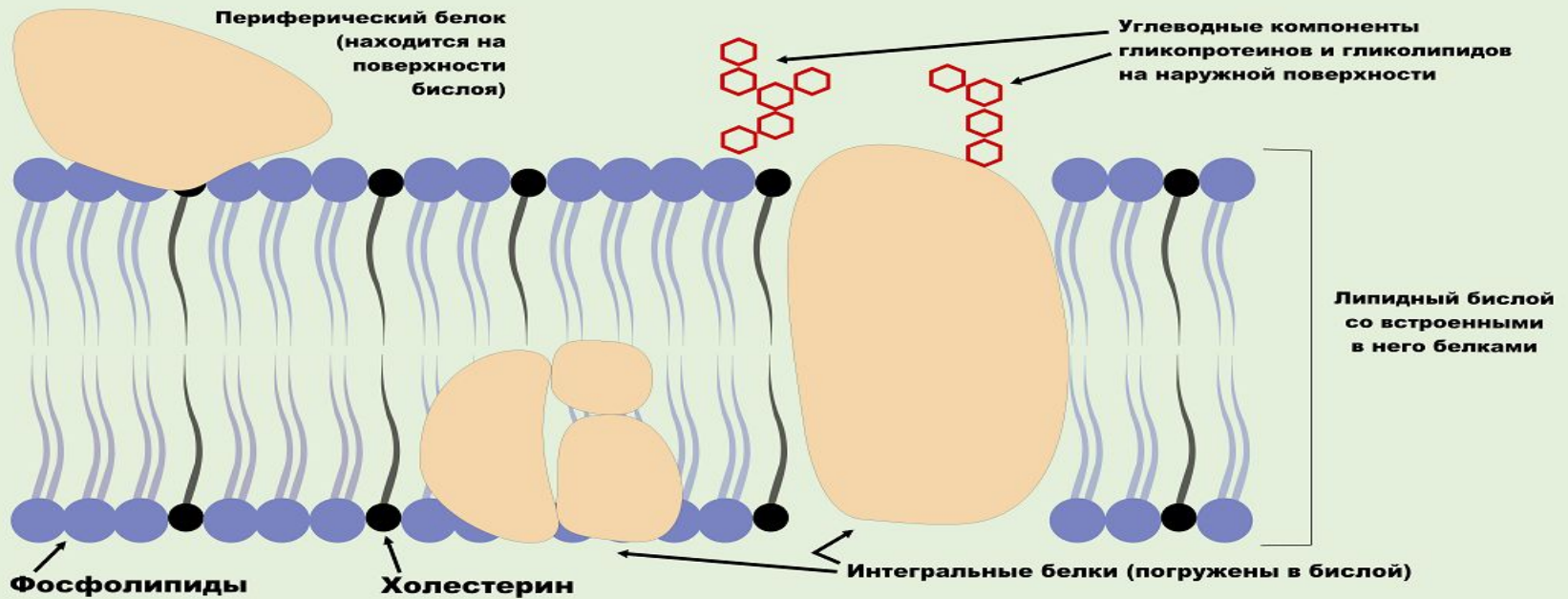
В состав глицерофосфолипидов входят:

- глицерин
- ВЖК
- фосфорная кислота
- азотсодержащие соединения

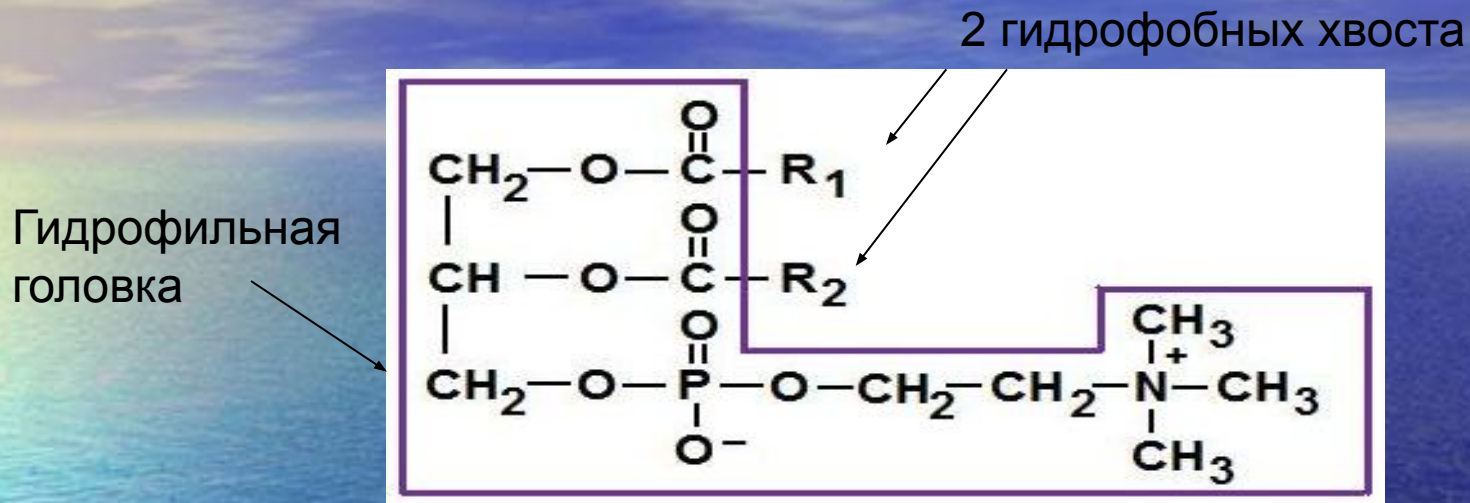
Биологическая роль глицерофосфолипидов:

- Образуют биологические мембраны

Схема строения биологической мембраны



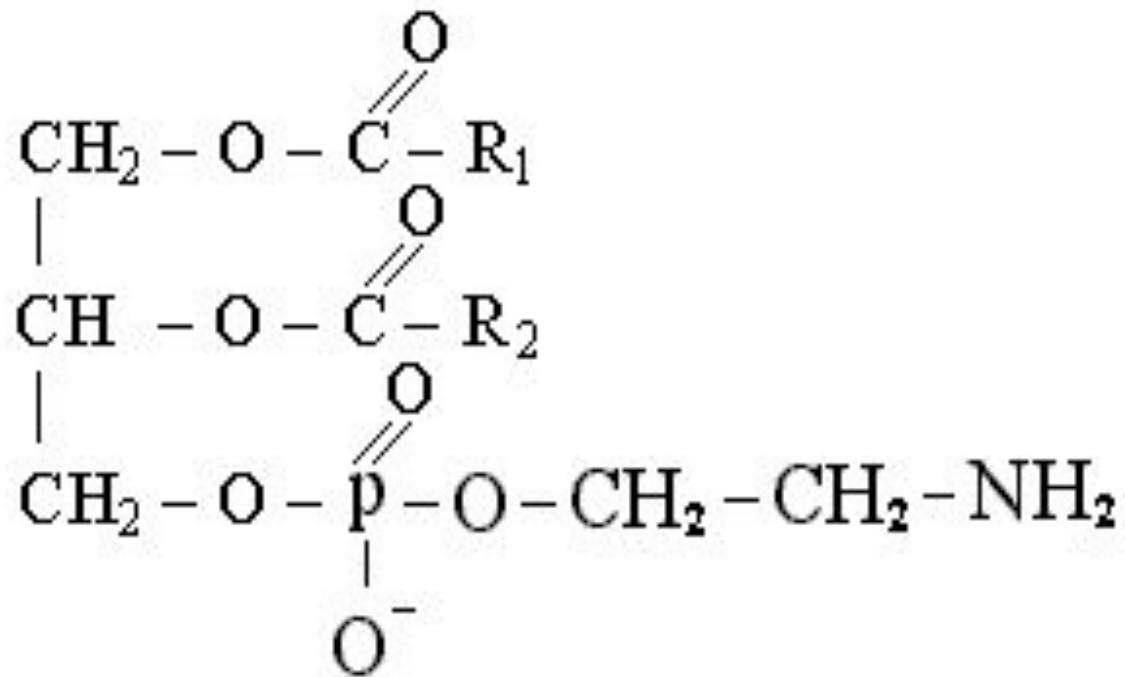
1) ФОСФАТИДИЛХОЛИН (ЛЕЦИТИН)



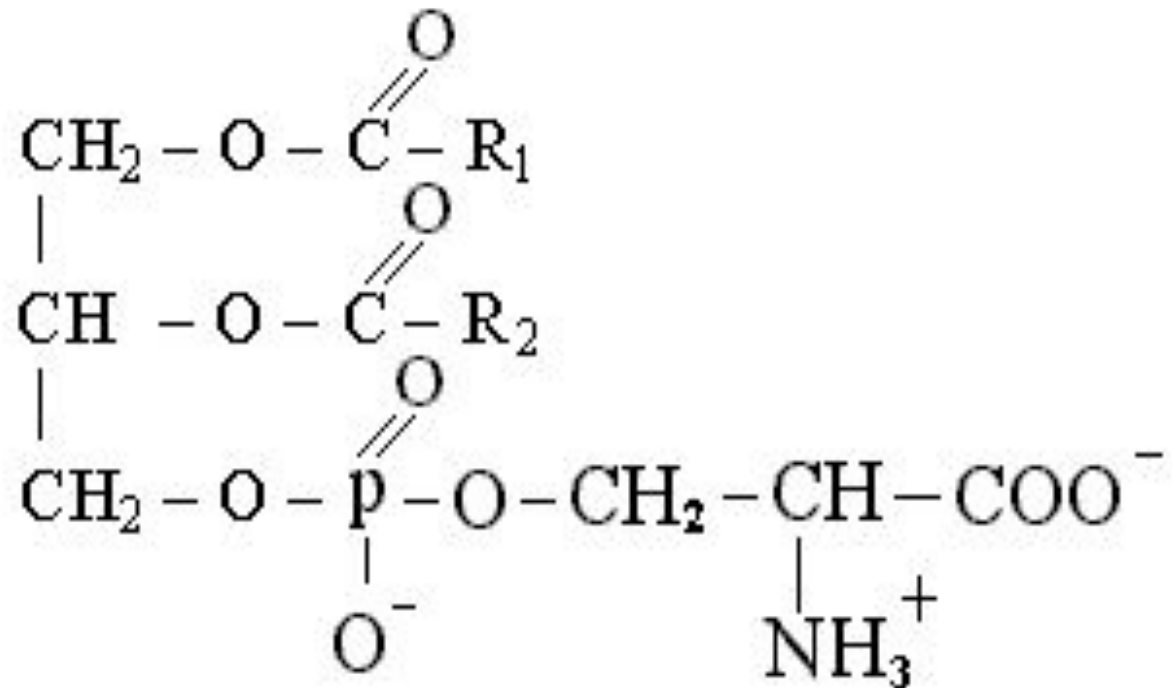
Гидрофильная
головка

Гидрофобные хвосты

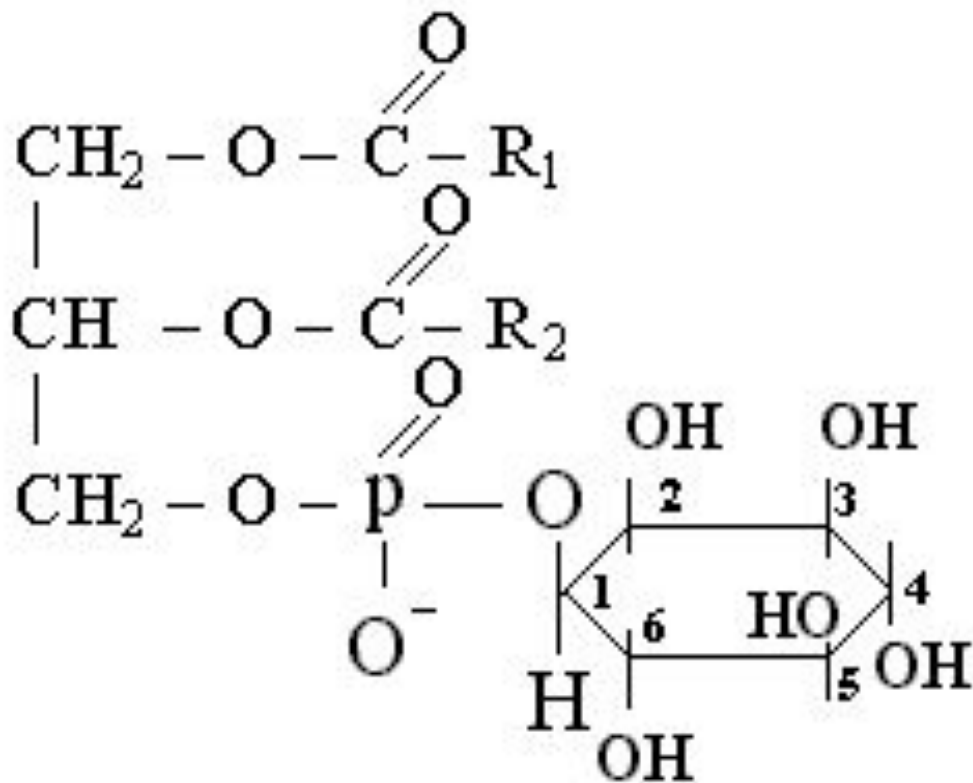
2) Фосфатидилэтаноламин (кефалин)



3) фосфатидилсерин

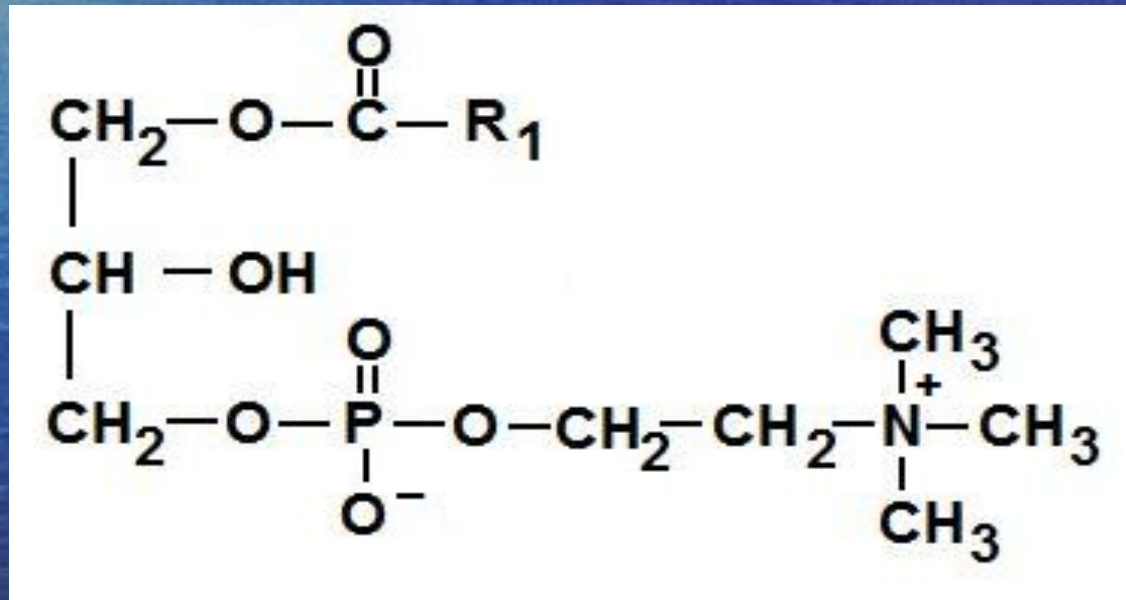


4) Фосфатидилинозитол



Лизофосфолипиды

- Содержат свободную гидроксильную группу при 2-м атоме глицерина.
- Образуются при действии фосфолипазы A_2 .
- Мембраны, в которых образуются лизофосфолипиды, становятся проницаемы для воды, поэтому клетки набухают и разрушаются.
(Гемолиз эритроцитов при укусе змей, яд которых содержит фосфолипазу A_2)



Лизофосфатидилхолин (лизолецитин)

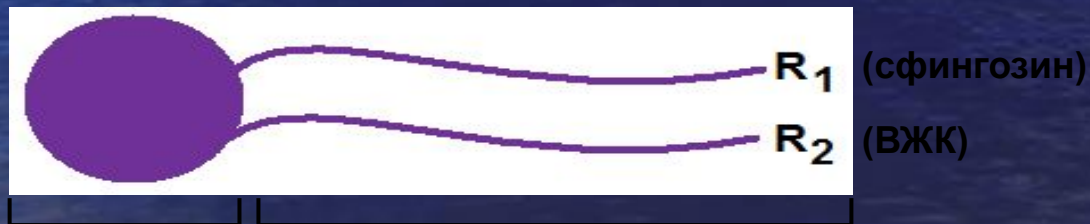
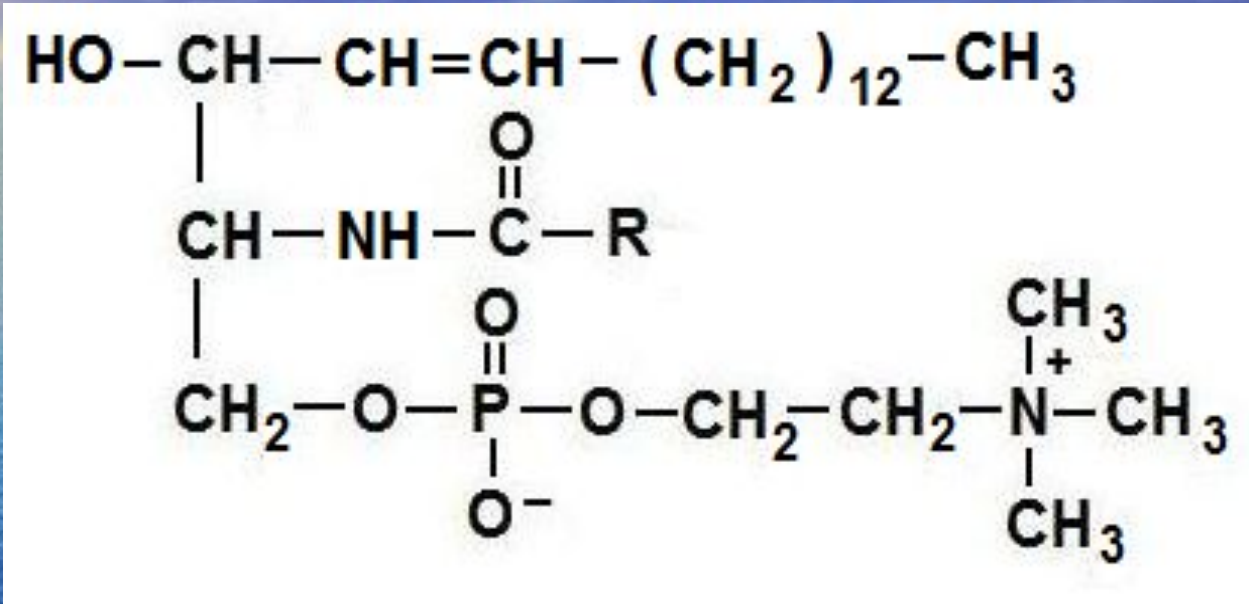
сфингофосфолипиды

Состоят из:

- спирта сфингозина (многоатомный ненасыщенный аминоспирт)
- ВЖК
- фосфорной кислоты
- холина

Представитель \dashv сфингомиелин (в состав миелиновой оболочки)

Сфингомиелины



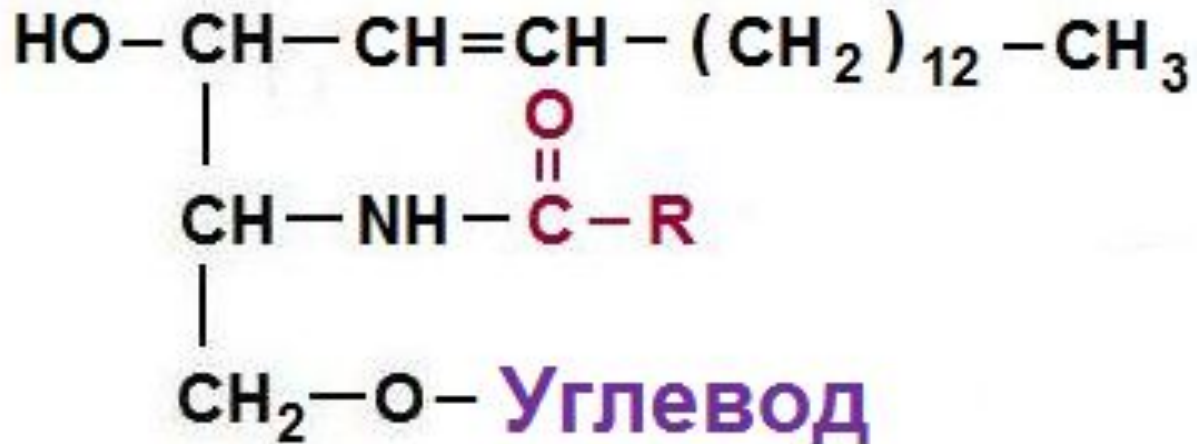
Гидрофильная
головка

Гидрофобные хвосты

ГЛИКОЛИПИДЫ

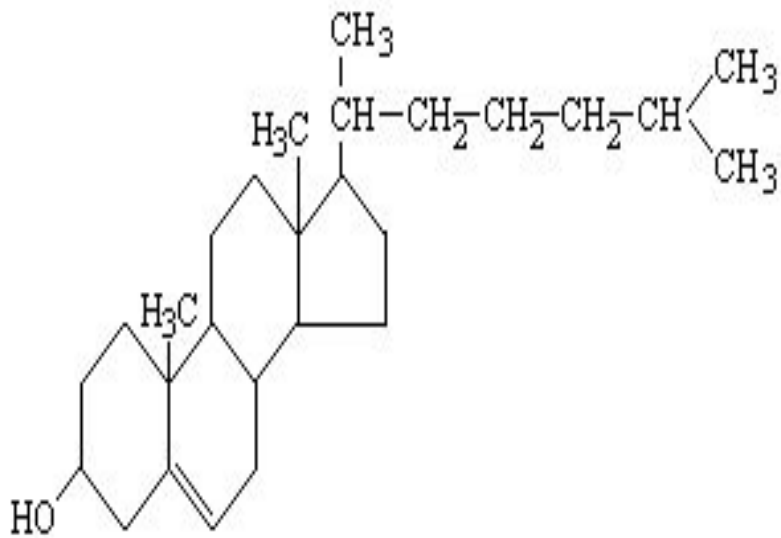
цереброзиды	сульфатиды	ганглиозиды
1. сфингозин	1. сфингозин	1. сфингозин
2. ВЖК	2. ВЖК	2. ВЖК
3. Гексоза (галактоза)	3. Гексоза	3. олигосахарид
	4. Остаток серной кислоты	4. Сиаловая кислота

Схема строения гликолипида

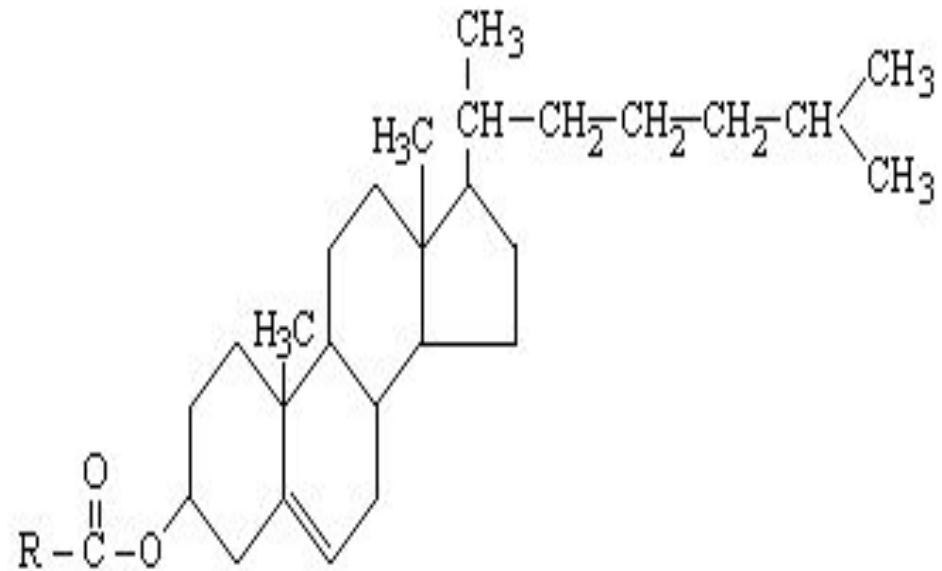


СТЕРИНЫ И СТЕРИДЫ – производные циклопентанпергидрофенантрена

ХОЛЕСТЕРИН



**ЭФИРЫ ХОЛЕСТЕРИНА
(ХОЛЕСТЕРИД)**



II. ПЕРЕВАРИВАНИЕ ЛИПИДОВ В ЖКТ

1. Роль липидов в питании
2. Желчные кислоты: образование, строение, парные желчные кислоты, роль.
3. Схема эмульгирования.
4. Ферменты переваривания: поджелудочная липаза, химизм действия липазы на триглицерид; фосфолипазы, холестеролэстераза.
5. Всасывание продуктов гидролиза липидов.
6. Особенности переваривания липидов у детей.
7. Ресинтез триглицеридов и фосфолипидов в стенке кишечника.

III. НАРУШЕНИЕ ПЕРЕВАРИВАНИЯ И ВСАСЫВАНИЯ

1. Стеаторея: причины, виды (гепатогенная, панкреатогенная, энтерогенная).

РОЛЬ ЛИПИДОВ В ПИТАНИИ

1. Липиды пищи на 99% представлены триглицеридами.
2. Липиды поступают с такими продуктами питания как растительное масло - 98 %, молоко - 3 %, сливочное масло - 70-80 % и др.
3. Суточная потребность в липидах = 80 г/сут (50 г животн. +30 г растит.).
4. За счет жиров обеспечивается 40-50 % суточной потребности в энергии.
5. Незаменимый компонент питания - полиненасыщенные ВЖК (эссенциальные), т.н. витамин F - это комплекс линолевой, линоленовой и арахидоновой кислот. Суточная потребность витамина F = 3-16 г.
6. Липиды пищи служат растворителями для жирорастворимых витаминов А, Д, Е, К.
7. Высокое потребление насыщенных жиров повышает риск развития атеросклероза. Поэтому с возрастом животные жиры заменяют на растительные.
8. Повышают вкусовые качества пищи и обеспечивают насыщение.

ПЕРЕВАРИВАНИЕ ЛИПИДОВ В ЖКТ

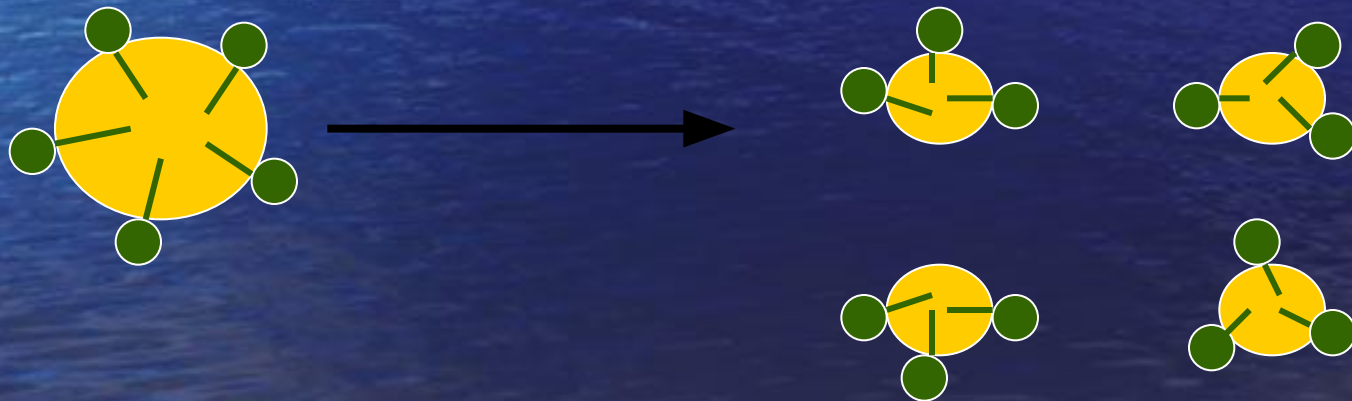
- В полости рта не перевариваются.
- В желудке только у детей (желудочная липаза действует только на эмульгированные жиры молока, оптимум pH 5,5-7,5).
- В тонком кишечнике: 1) эмульгирование, 2) ферментативный гидролиз.

Факторы эмульгирования

1. желчные кислоты
2. CO₂
3. клетчатка
4. перистальтика
5. полисахариды
6. соли жирных кислот (т.н. мыла)

- Механизм эмульгирования – снижение поверхностного натяжения капли жира
- Цель эмульгирования – увеличение площади соприкосновения молекул жира с молекулами ферментов

Схема эмульгирования:



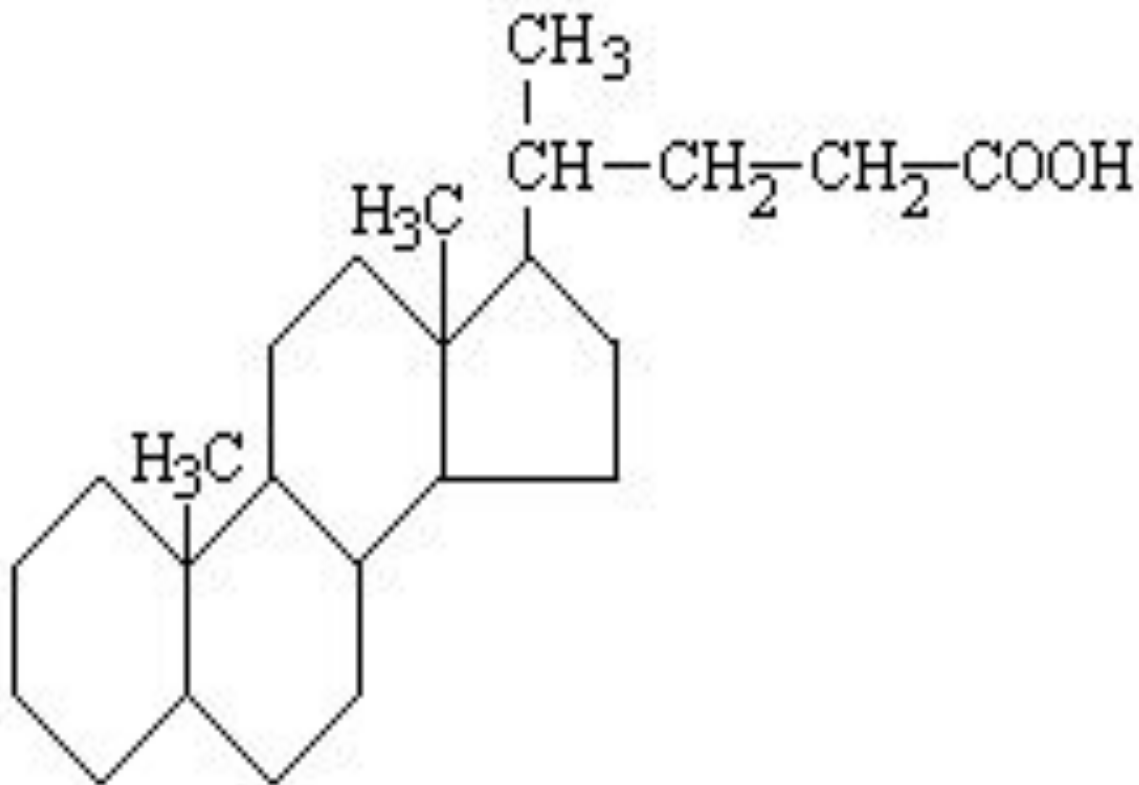
ЖЕЛЧНЫЕ КИСЛОТЫ – это производные холановой кислоты

- Образуются в печени из холестерина
- Секретируются с желчью
- Циркулируют до 10 раз

РОЛЬ ЖЕЛЧНЫХ КИСЛОТ

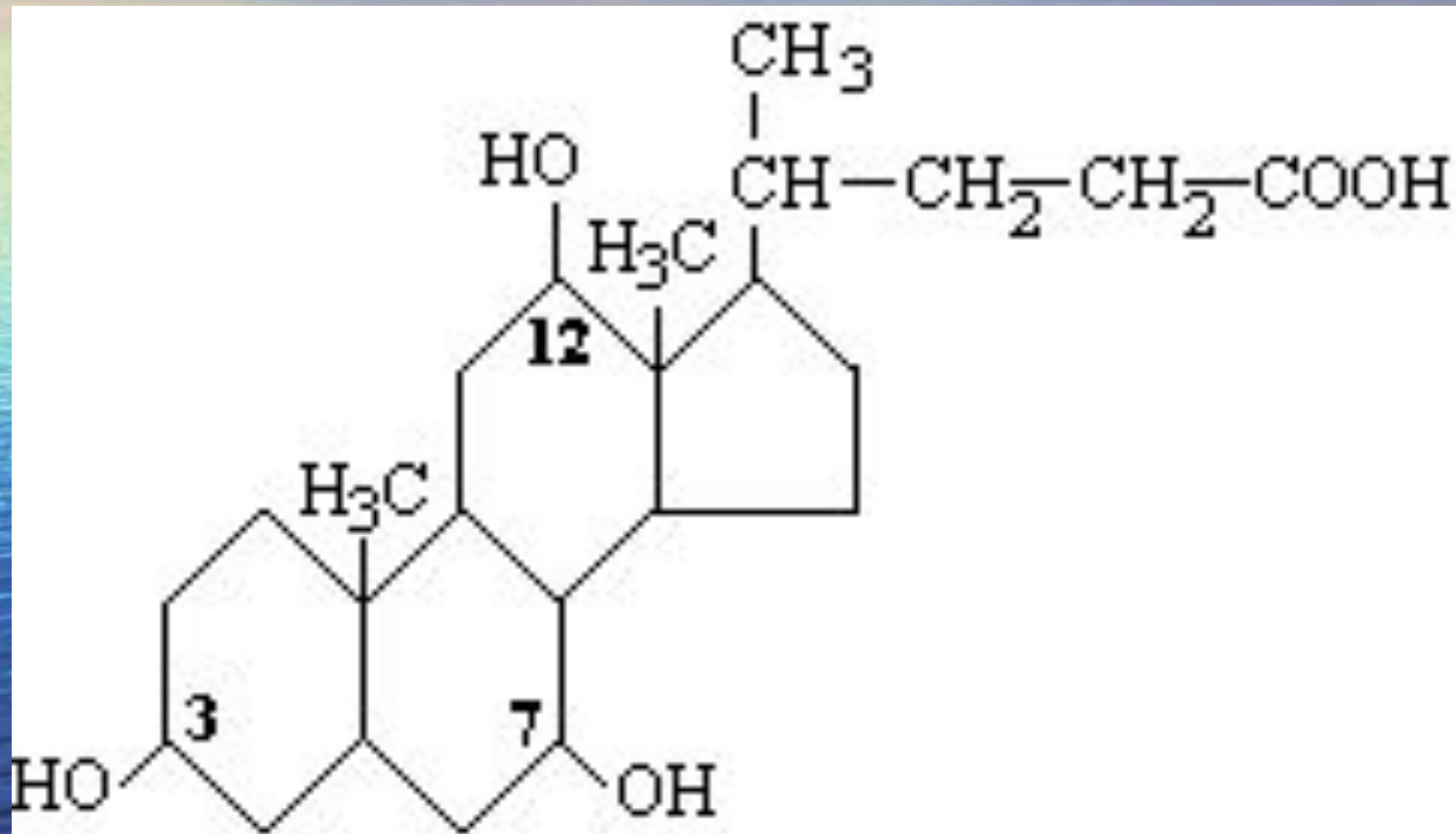
- 1) ЭМУЛЬГИРУЮТ ЖИРЫ
- 2) АКТИВИРУЮТ ЛИПАЗУ
- 3) ОБРАЗУЮТ ХОЛЕИНОВЫЕ КОМПЛЕКСЫ ДЛЯ ВСАСЫВАНИЯ (ВЖК, МГ, Хс, витамины А, Д, Е, К)

ХОЛАНОВАЯ КИСЛОТА

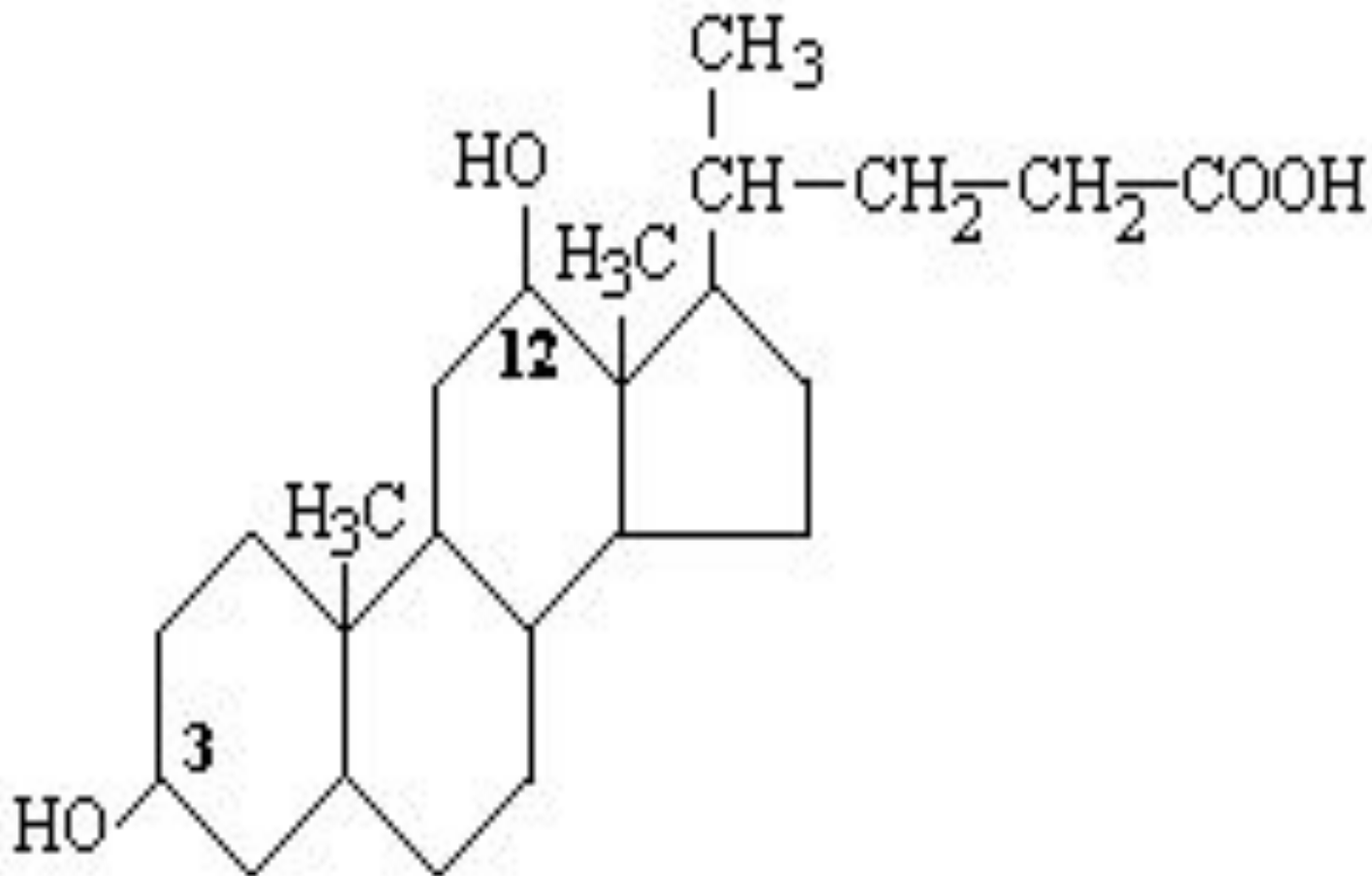


ХОЛЕВАЯ КИСЛОТА

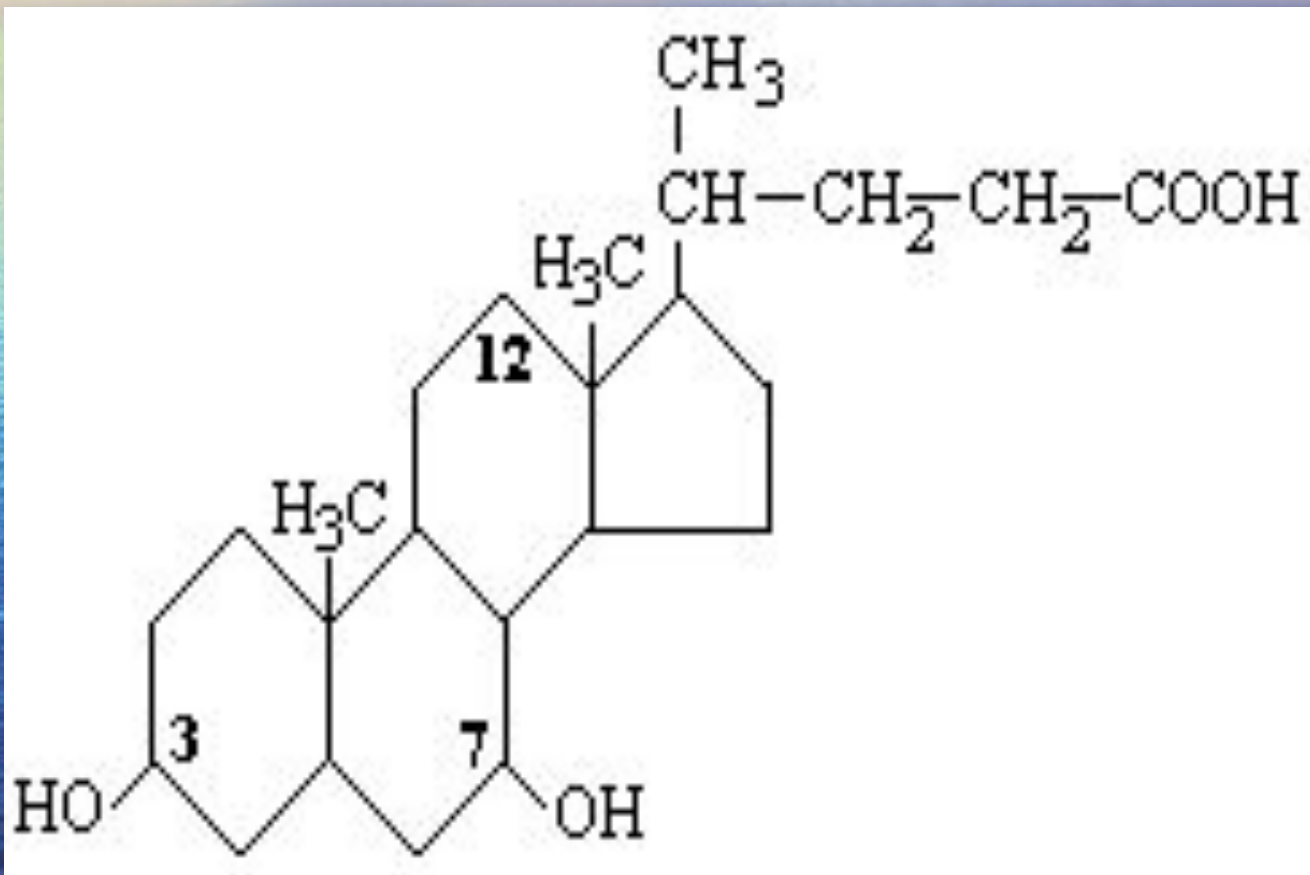
(-ОН в положении 3, 7, 12)



Дезоксихолеваая кислота (-ОН в положении 3, 12)



Хенодезоксихолеваая кислота (-ОН в положении 3, 7)



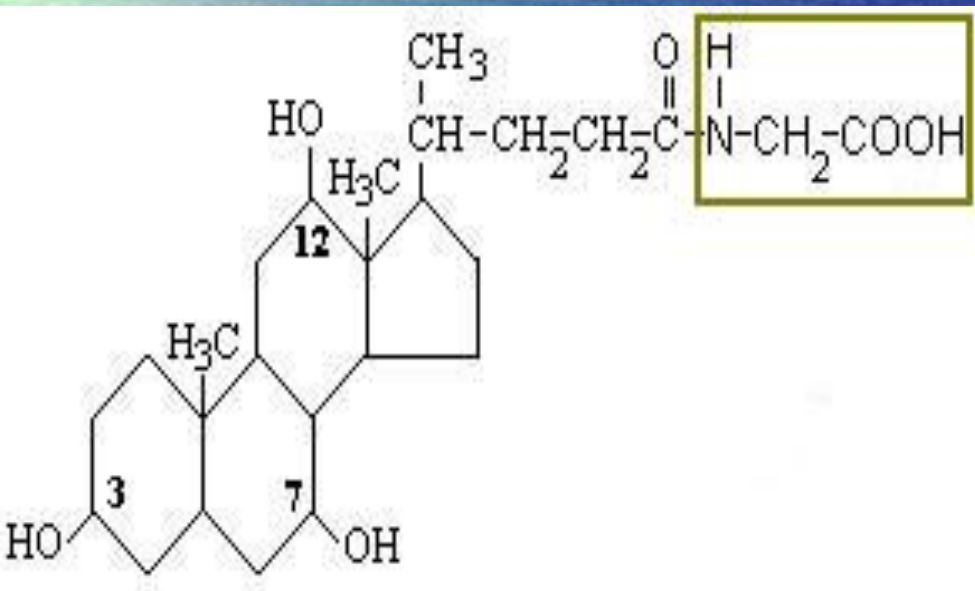
ПАРНЫЕ ЖЕЛЧНЫЕ КИСЛОТЫ

СОСТОЯТ ИЗ ДВУХ КОМПОНЕНТОВ:

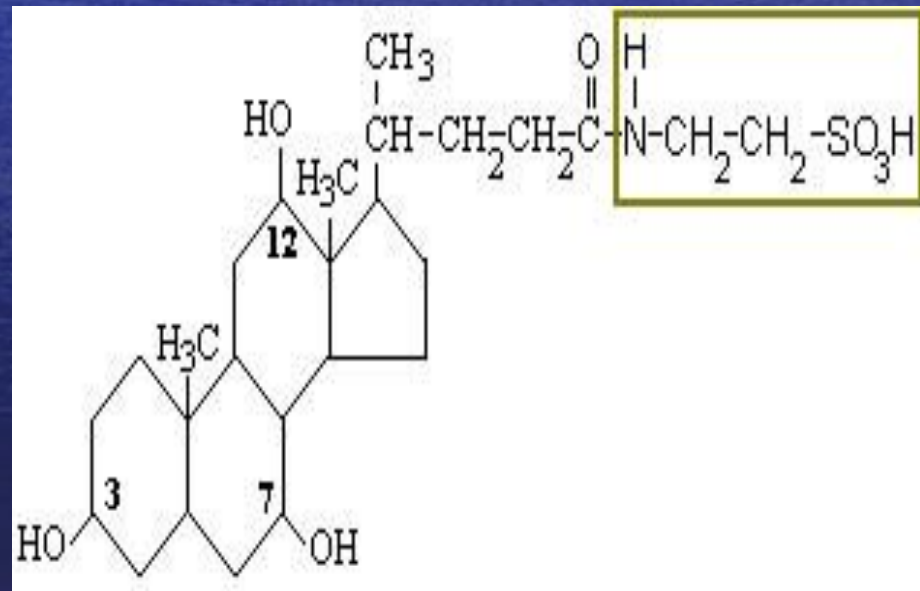
- ЖЕЛЧНОЙ КИСЛОТЫ
- ГЛИЦИНА

или

ТАУРИНА



Гликохолевая



Таурохолевая

Ферментативный гидролиз пищевых липидов

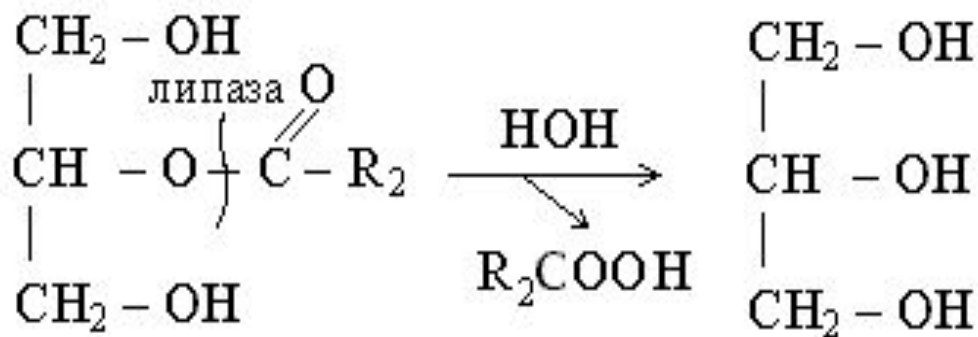
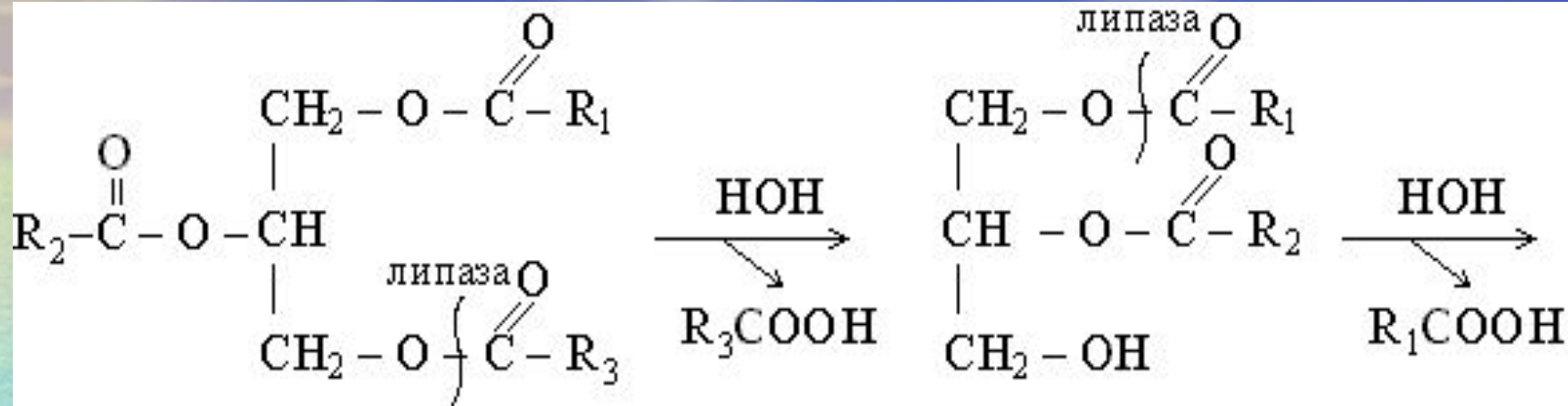
Панкреатический сок содержит ферменты
переваривания липидов

- 1) Панкреатическую липазу
- 2) Фосфолипазы
- 3) холестеролэстеразу

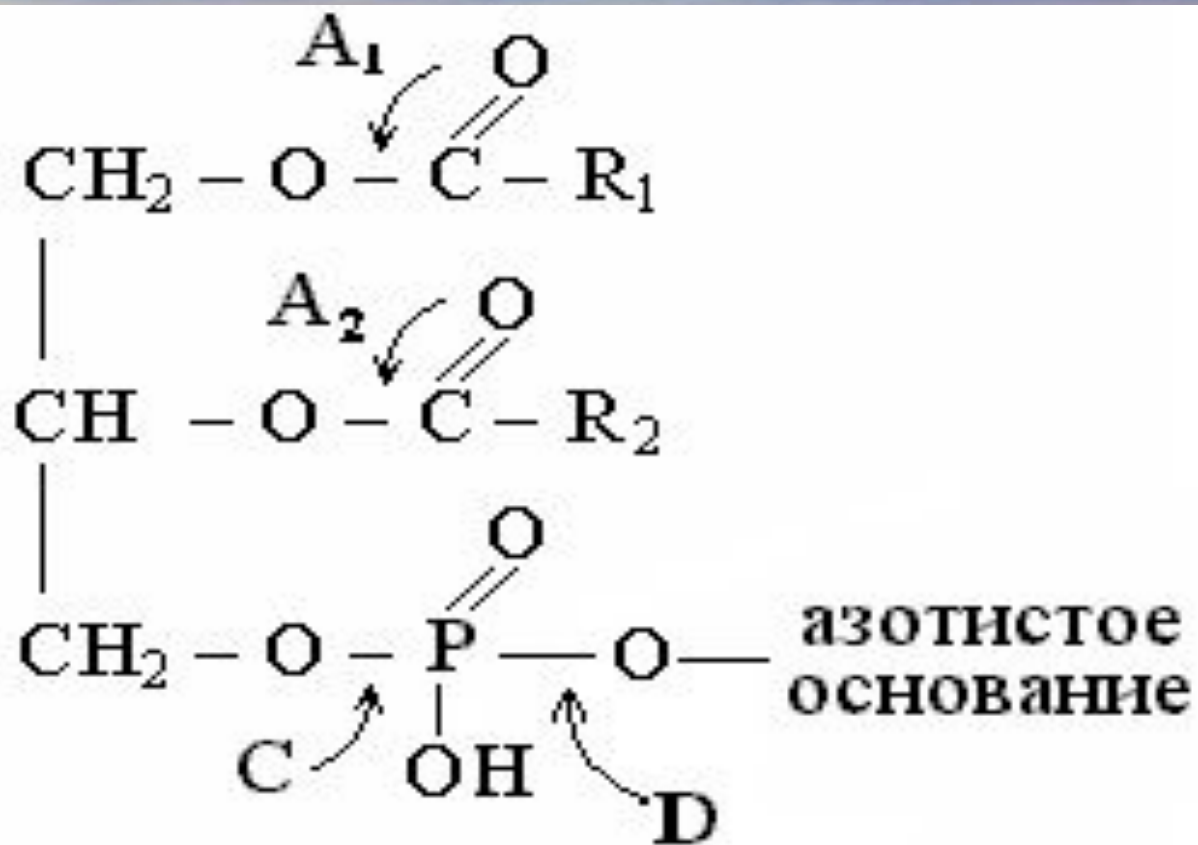
Панкреатическая липаза

- Оптимум pH 7-8
- Активируется желчными кислотами
- Действует только на эмульгированные жиры (на поверхности раздела фаз жир/вода)

ГИДРОЛИЗ НЕЙТРАЛЬНОГО ЖИРА

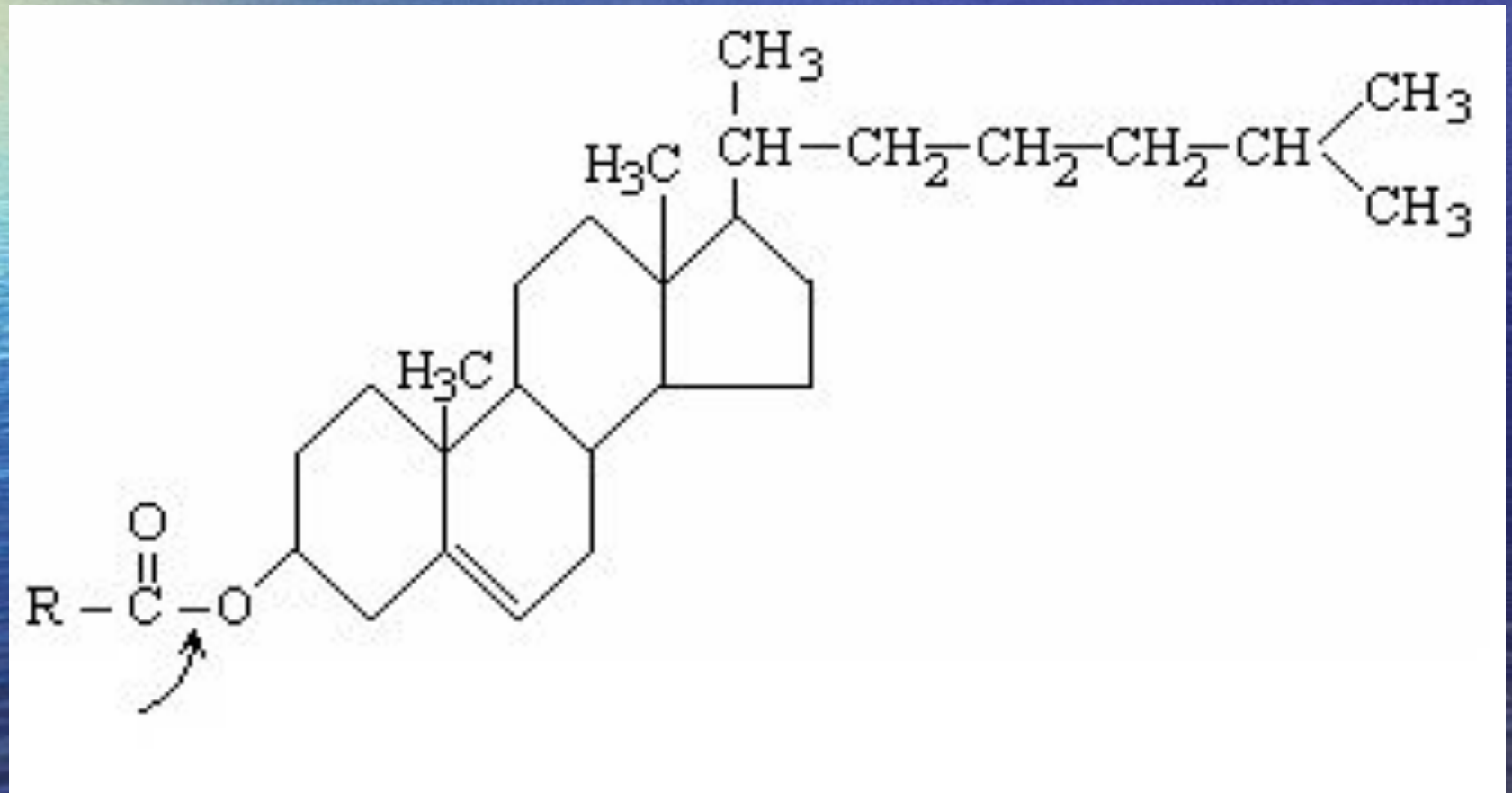


2) ФОСФОЛИПАЗЫ



3) холестеролэстераза

ГИДРОЛИЗУЕТ ЭФИРЫ ХОЛЕСТЕРИНА НА
ХОЛЕСТЕРИН И ВЖК



Кишечный сок

Содержит кишечную липазу, которая

- малоактивна
- гидролизует преимущественно моноглицериды

ВСАСЫВАНИЕ ПРОДУКТОВ ГИДРОЛИЗА ПИЩЕВЫХ ЛИПИДОВ

1. В СОСТАВЕ ХОЛЕИНОВЫХ КОМПЛЕКСОВ
(МИЦЕЛЛ):

- ВЖК (с числом углеродных атомов больше 10)
- моноацилглицериды
- холестерин
- жирорастворимые витамины А, Д, Е, К

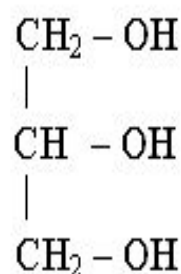
2. Диффузией: глицерин, ВЖК (с числом углеродных атомов меньше 10).

3. Пиноцитоз.

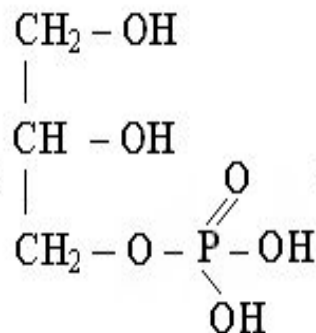
Ресинтез нейтрального жира в кишечной стенке

- Синтез жира, свойственного человеку из моноглицеридов или глицерина и ВЖК

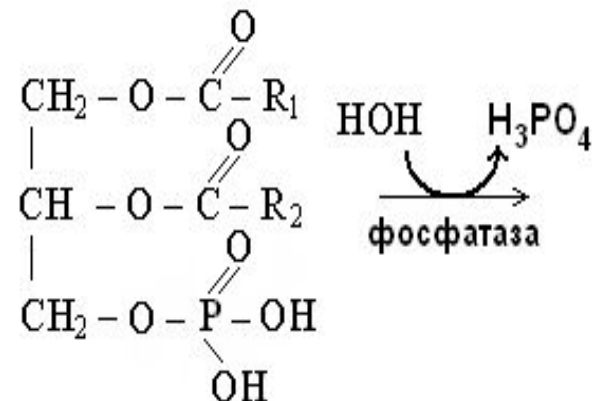
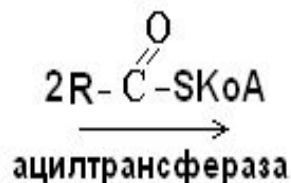
Ресинтез нейтрального жира



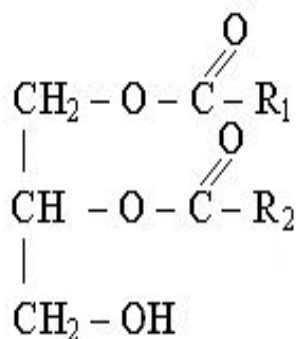
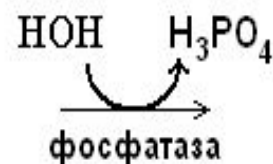
глицерин



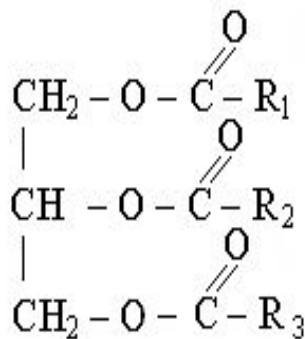
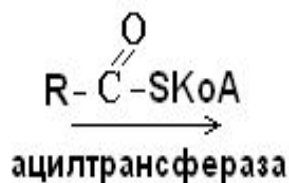
глицерол-3-фосфат



фосфатидная кислота



диглицерид



триглицерид

Ресинтез фосфолипидов

До образования диглицерида реакции протекают аналогично реакциям ресинтеза триглицеридов.

Далее

ДГ + ЦДФ-холин \square фосфатидилхолин

НАРУШЕНИЕ ПЕРЕВАРИВАНИЯ И ВСАСЫВАНИЯ

Всегда сопровождаются стеатореей – обнаружение не переваренного нейтрального жира в кале.

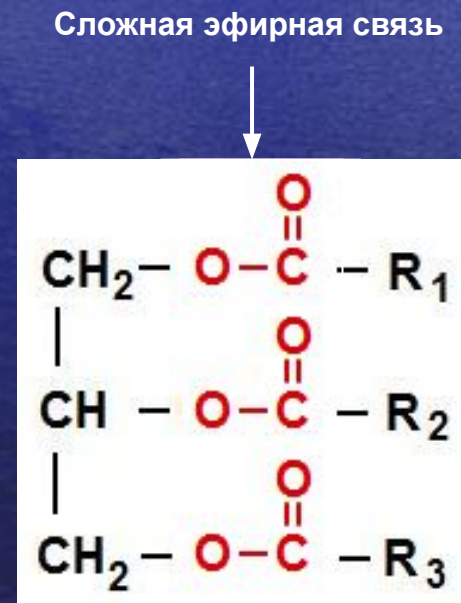
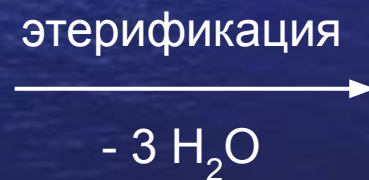
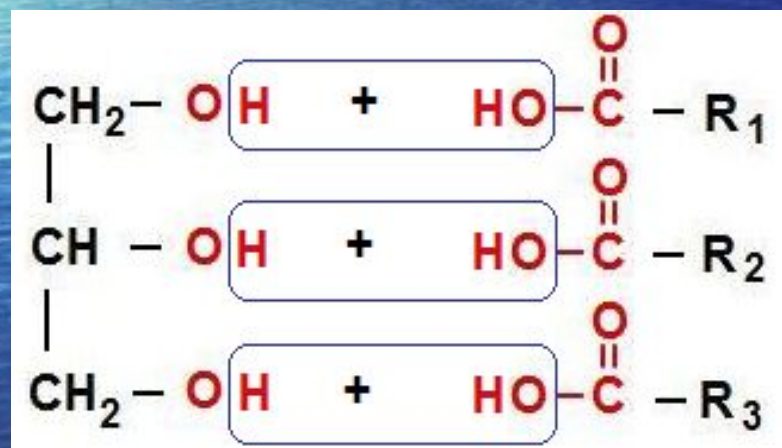
Виды стеатореи:

1. Гепатогенная (при заболеваниях печени) – нарушается эмульгирование при механической желтухе, гепатитах, циррозе, врожденной атрезии желчевыводящих путей. В кале очень много ТГ, высокая концентрация солей ВЖК (мыл), особенно кальциевых. Кал ахоличен (мало желчных пигментов).
1. Панкреатогенная (при заболеваниях поджелудочной железы) – нарушается гидролиз при хронических панкреатитах, врожденной гипоплазии, муковизцидозе. В кале высокая концентрация ТГ, мало ВЖК, при нормальном рН и содержании желчных кислот.

3. Энтерогенная – нарушается всасывание продуктов гидролиза жиров при заболеваниях тонкого кишечника, обширной резекции тонкого кишечника, амилоидозах, α -бета-липопротеинемии. В кале резко повышается содержание ВЖК, сдвиг pH в кислую сторону, желчные пигменты в норме.

- **Триацилглицерины** (триглицериды, нейтральные жиры) – сложные эфиры трёхатомного спирта глицерина и ВЖК.

Роль ТГ: энергетическая (запасающая), теплоизолирующая, амортизирующая (механическая защита).



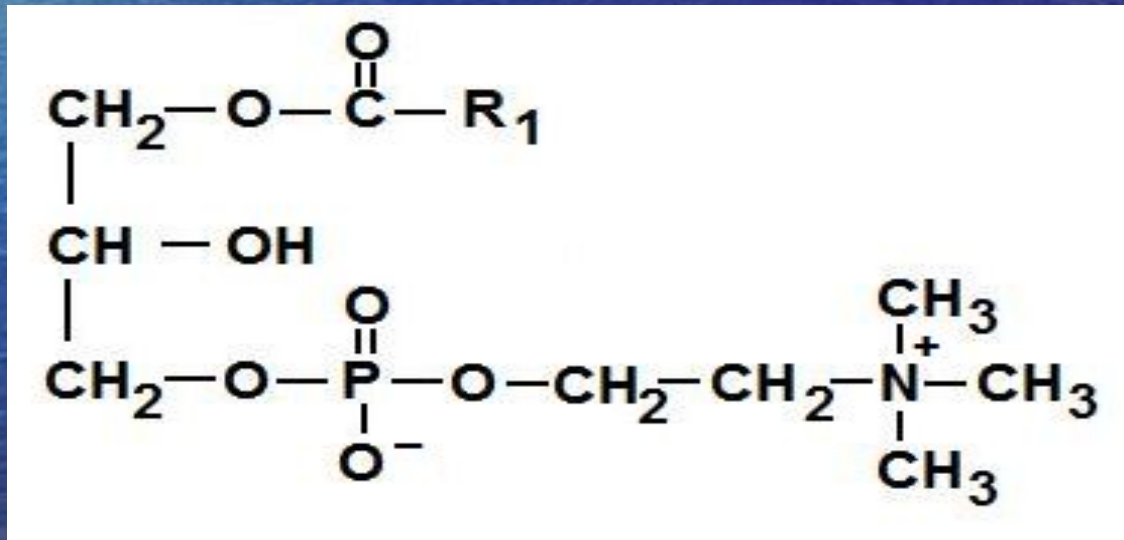
Глицерин

ВЖК
(3 молекулы)

Общая формула жира

Лизофосфолипиды

- Содержат свободную гидроксильную группу при 2-м атоме глицерина.
- Образуются при действии фосфолипазы В (A_2).
- Мембраны, в которых образуются лизофосфолипиды, становятся проницаемы для воды, поэтому клетки набухают и разрушаются.
(Гемолиз эритроцитов при укусе змей, яд которых содержит фосфолипазу В)



Лизофосфатидилхолин (лизолецитин)

Гликолипиды

Цереброзиды

Состав:
Сфингозин
+
ВЖК
+
гексоза

Ганглиозиды

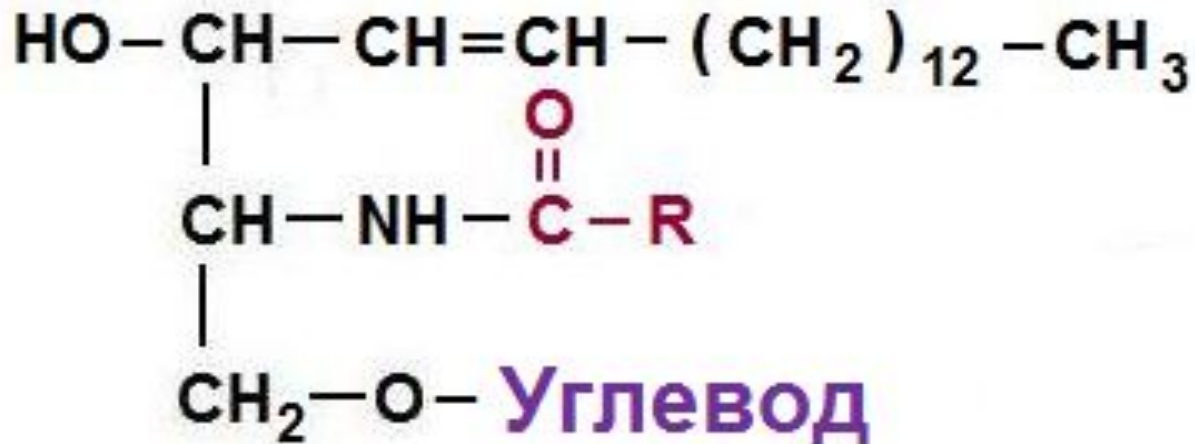
Состав:
Сфингозин
+
ВЖК
+
Олигосахарид
+
Сиаловая
кислота

Сульфатиды

Состав:
Сфингозин
+
ВЖК
+
Гексоза
+
сульфат

Роль ГЛ: структурная (образуют биологические мембраны)

Схема строения гликолипида



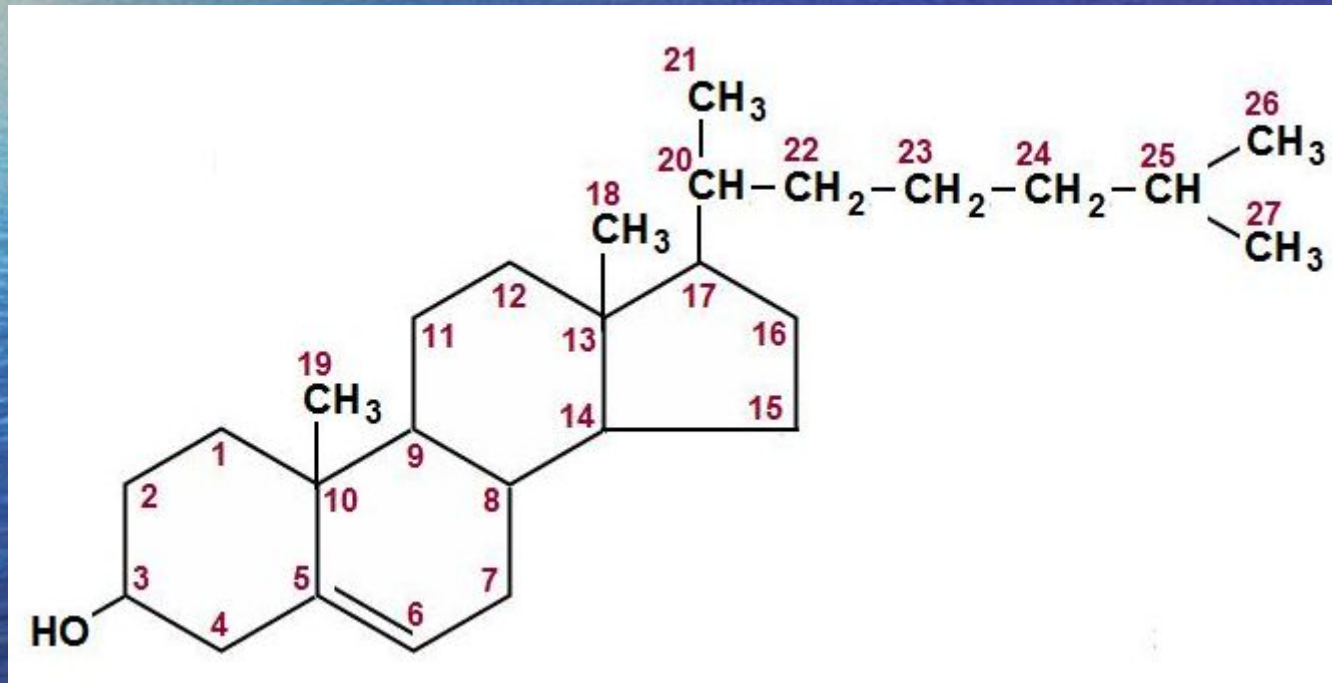
Стероиды

-это производные цикlopentanпергидрофенантрена
Классифицируются на:

1) Стерины – спирты стероидной природы.

Примеры: холестерин, жёлчные кислоты.

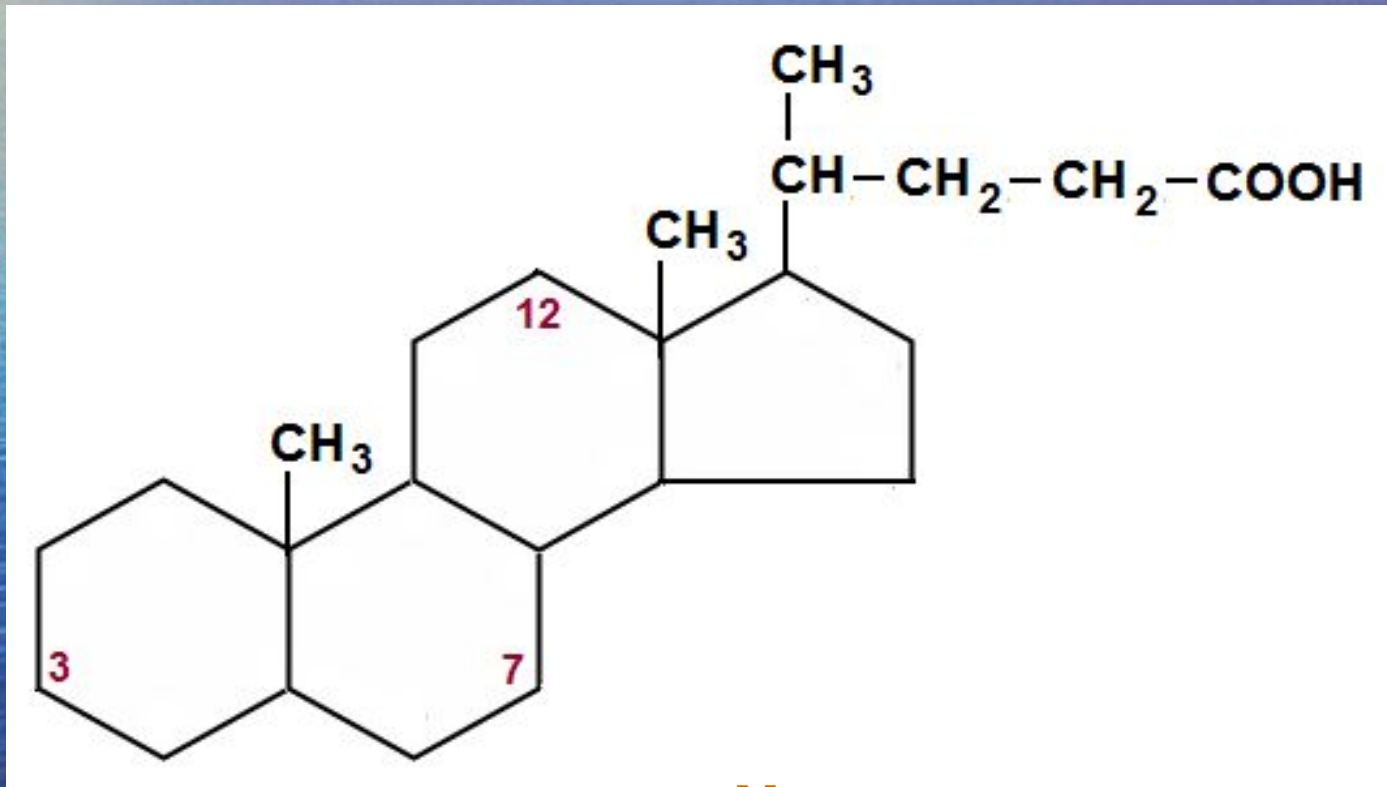
2) Стериды – сложные эфиры стеринов и ВЖК.



Холестерин

Желчные кислоты

- это производные холановой кислоты,
синтезируются из холестерина



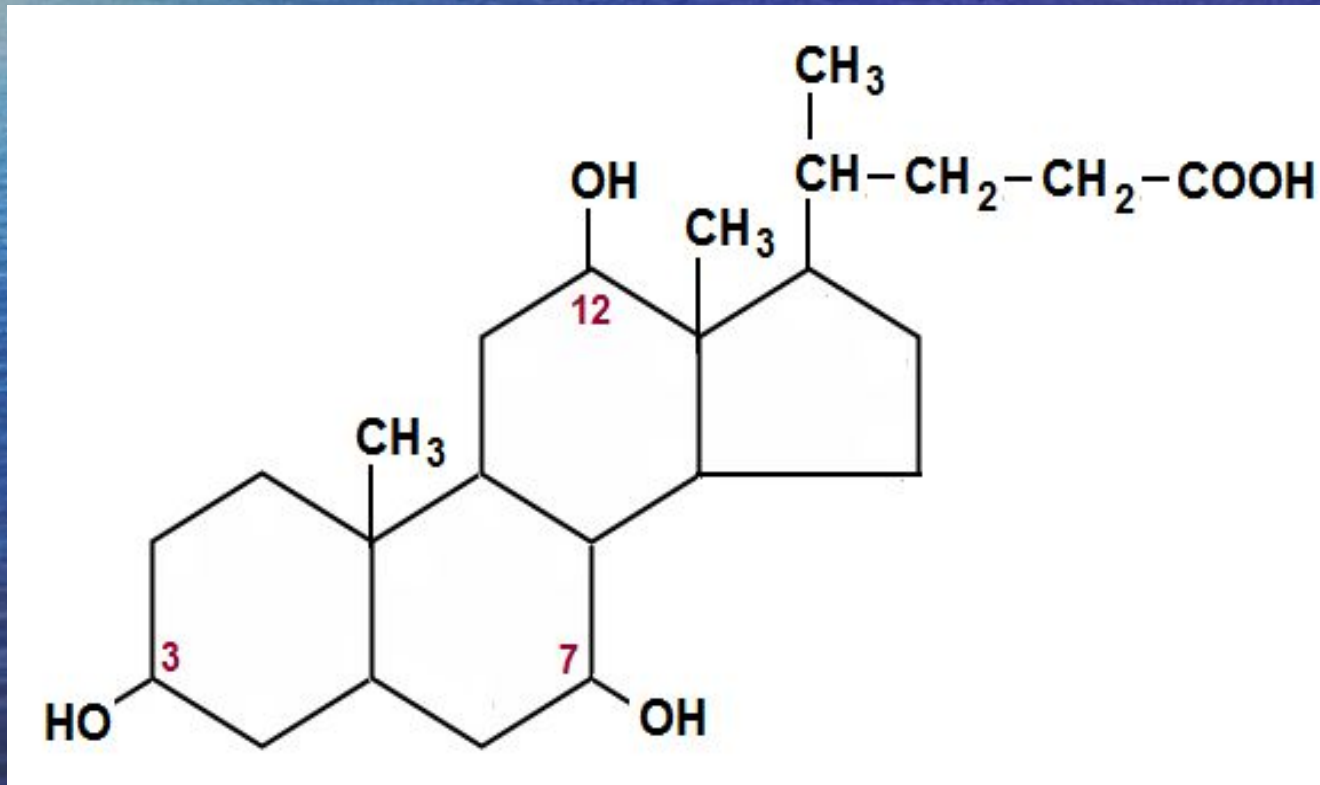
Холановая кислота

Роль жёлчных кислот:

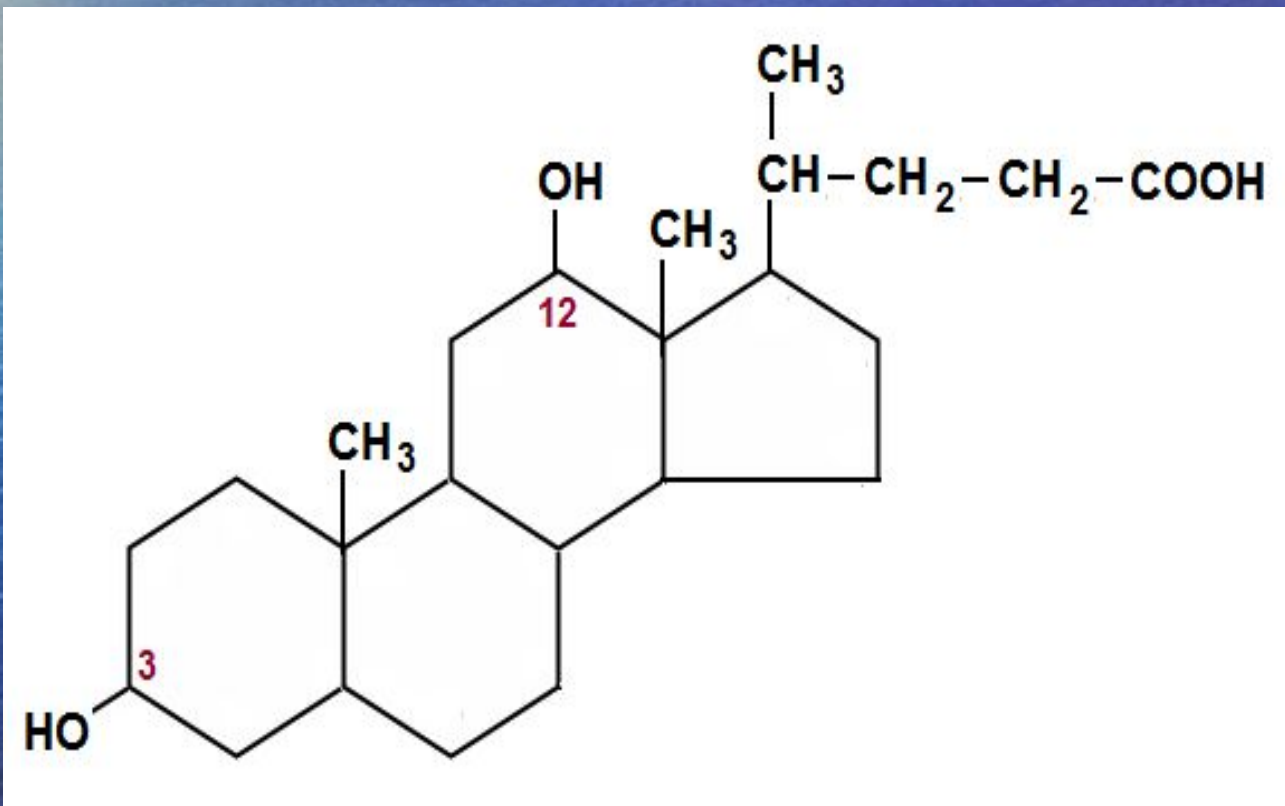
- 1) являются ПАВ, эмульгируют жиры в кишечнике,
- 2) активируют липазу
- 3) образуют холеиновые комплексы (мицеллы) для всасывания ВЖК и ХС

Холевая кислота -

3,7,12-тригидроксихолановая кислота

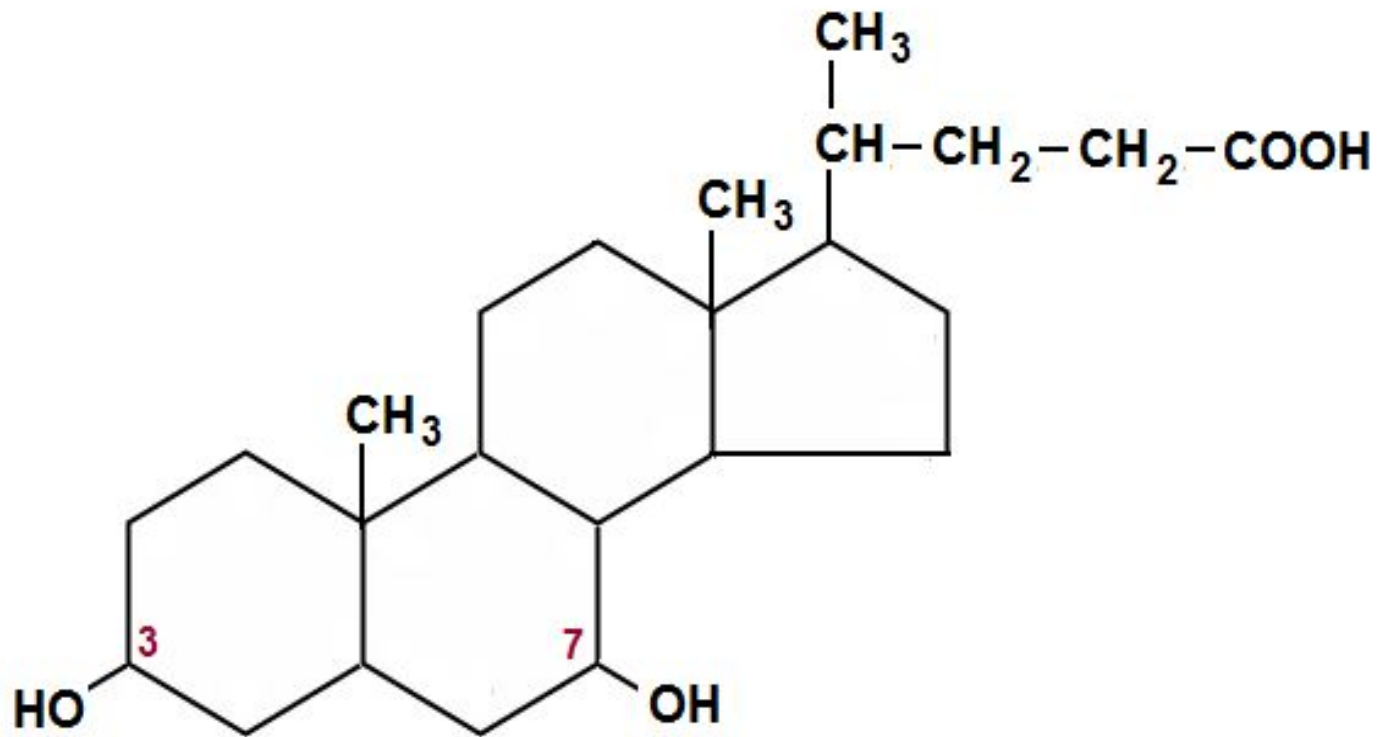


Дезоксихолеваая кислота -
3,12-дигидроксихолановая кислота



Хенодезоксихолеваая кислота -

3,7-дигидроксихолановая кислота



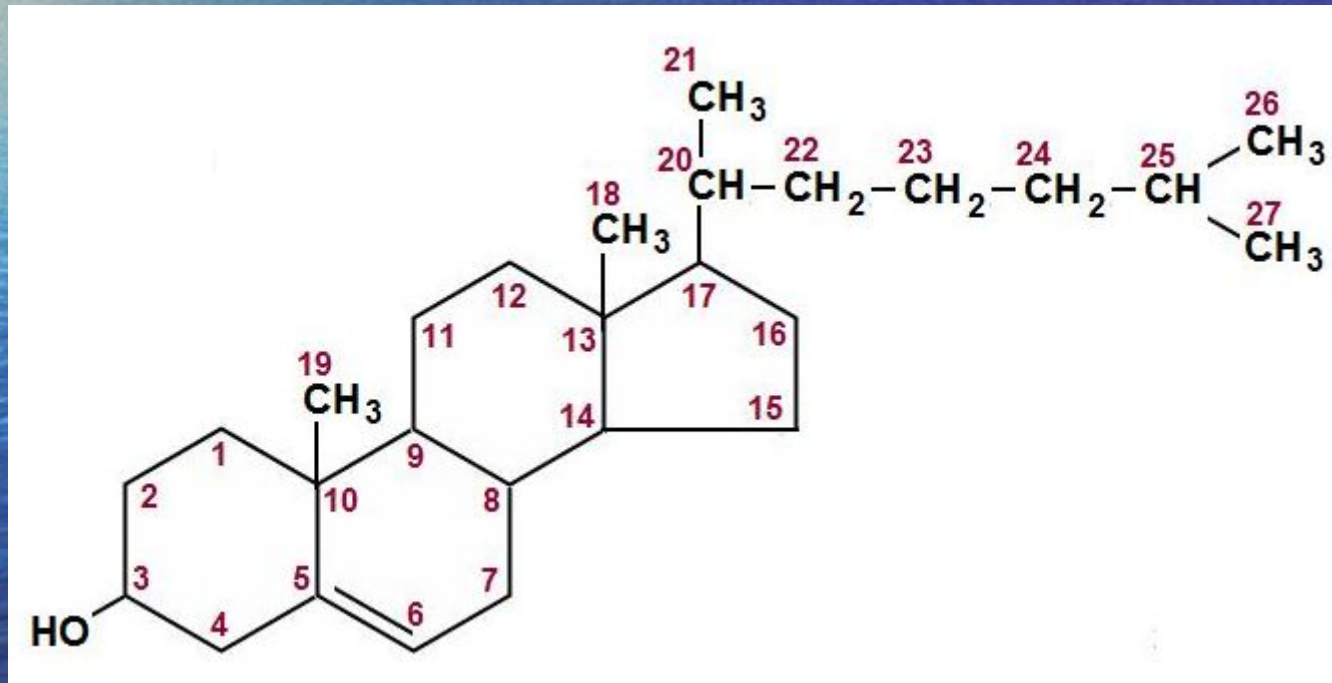
Стероиды

-это производные циклопентанпергидрофенантрена
Классифицируются на:

1) Стерины – спирты стероидной природы.

Примеры: холестерин, жёлчные кислоты.

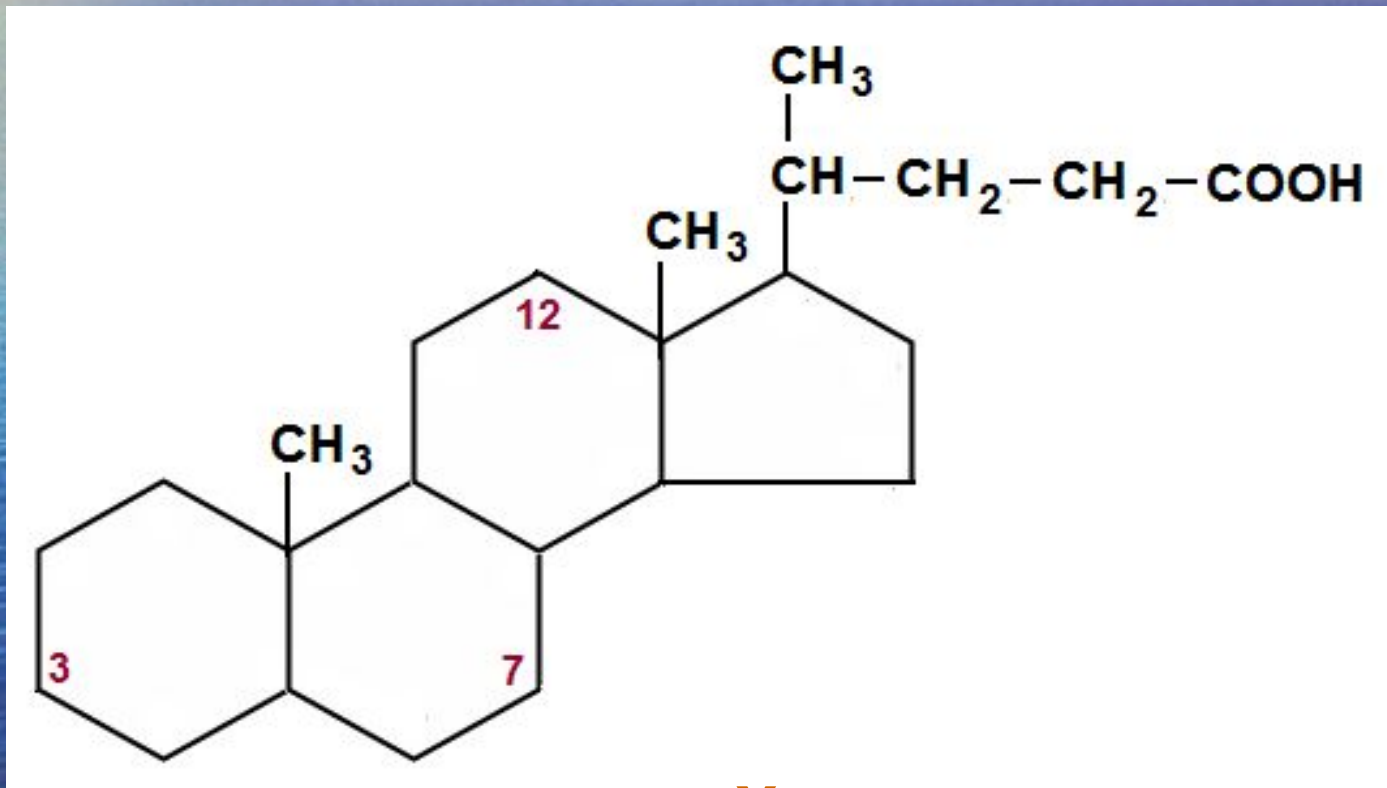
2) Стериды – сложные эфиры стеринов и ВЖК.



Холестерин

Желчные кислоты

- это производные холановой кислоты,
синтезируются из холестерина



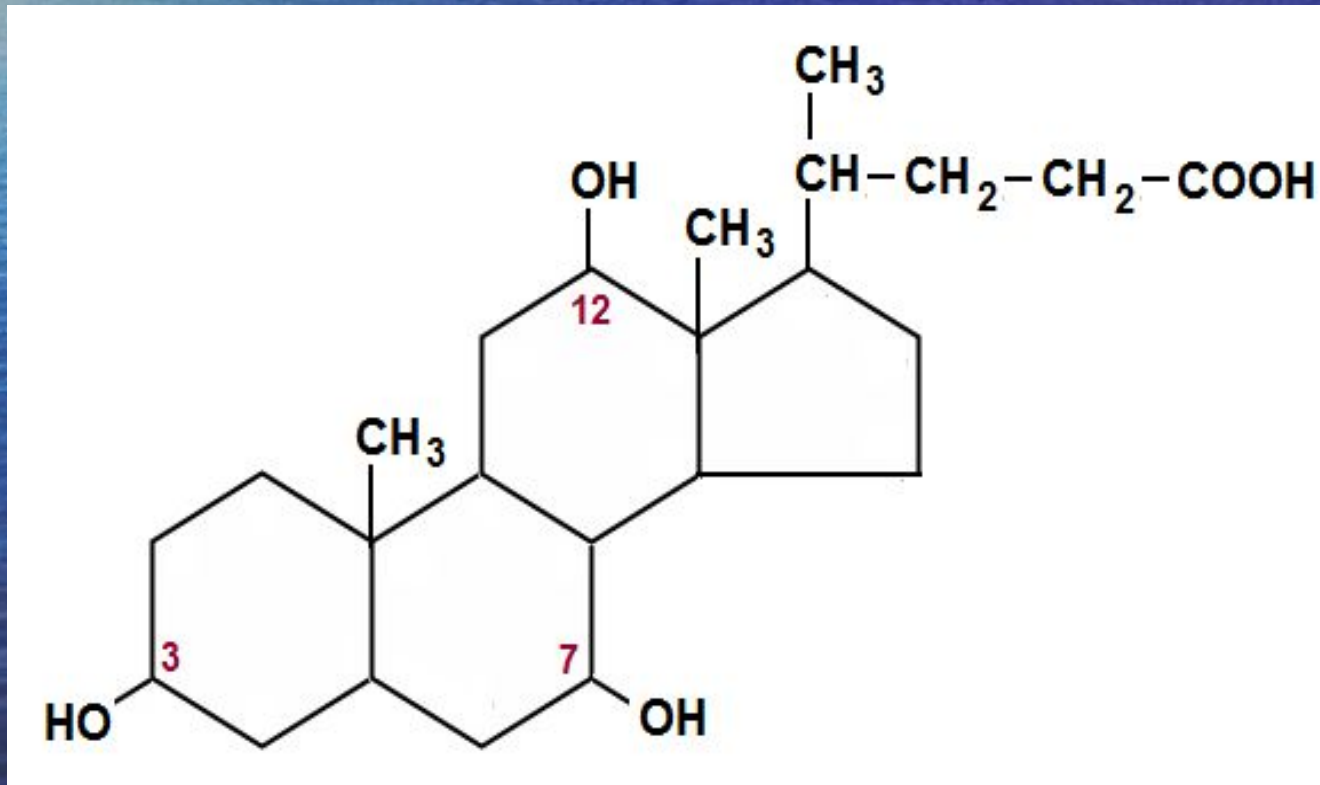
Холановая кислота

Роль жёлчных кислот:

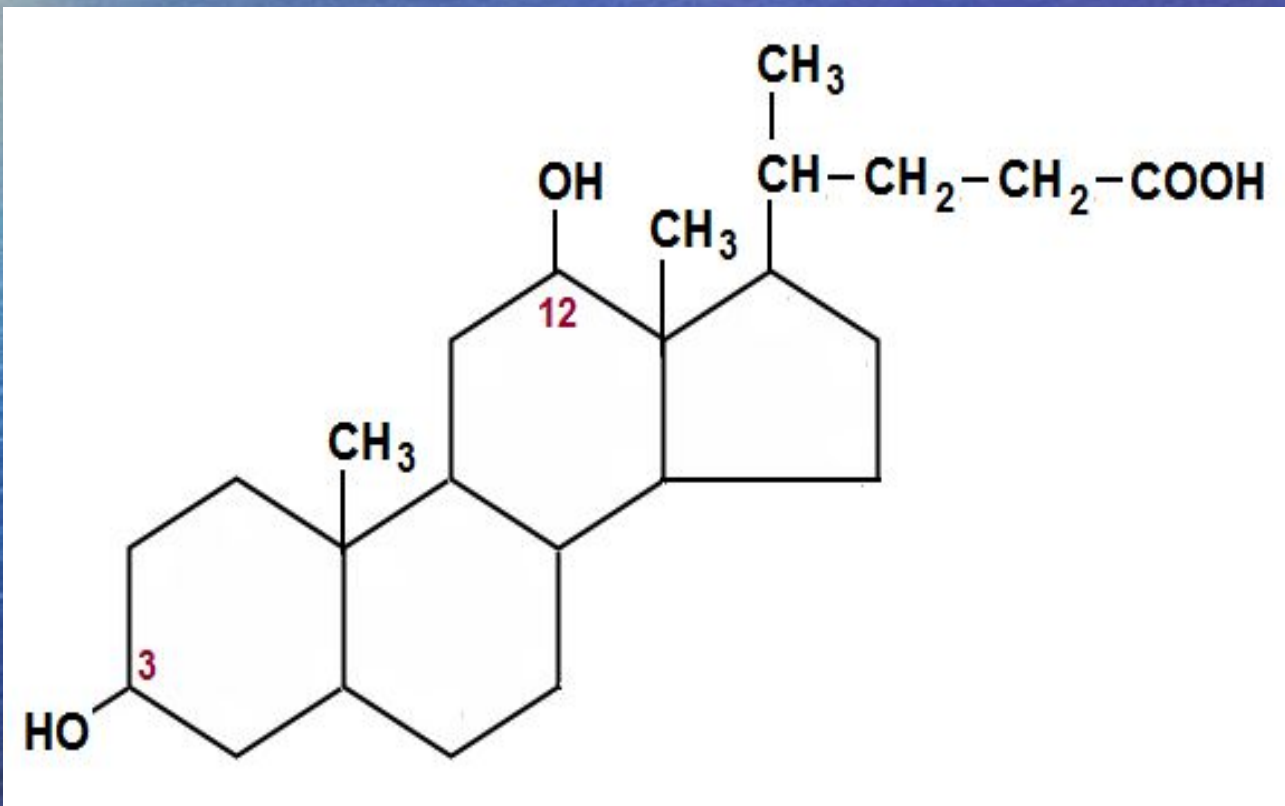
- 1) являются ПАВ, эмульгируют жиры в кишечнике,
- 2) активируют липазу
- 3) образуют холеиновые комплексы (мицеллы) для всасывания ВЖК и ХС

Холевая кислота -

3,7,12-тригидроксихолановая кислота



Дезоксихолеваая кислота -
3,12-дигидроксихолановая кислота



Хенодезоксихолеваая кислота -

3,7-дигидроксихолановая кислота

