



ЛИПИДЫ - СТРОЕНИЕ И СВОЙСТВА
Konstantin GERMAN - Chair Head of Natural
Sciences, Medical University REAVIZ -
www.reaviz.ru

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

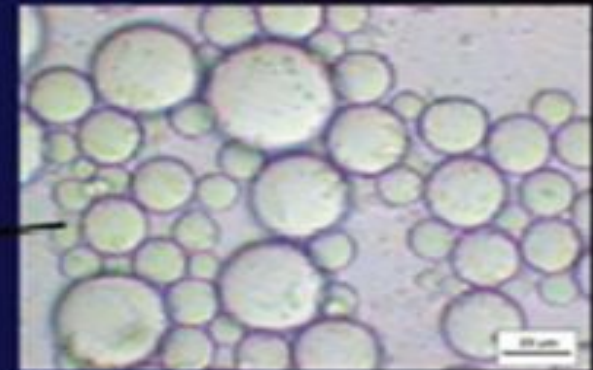
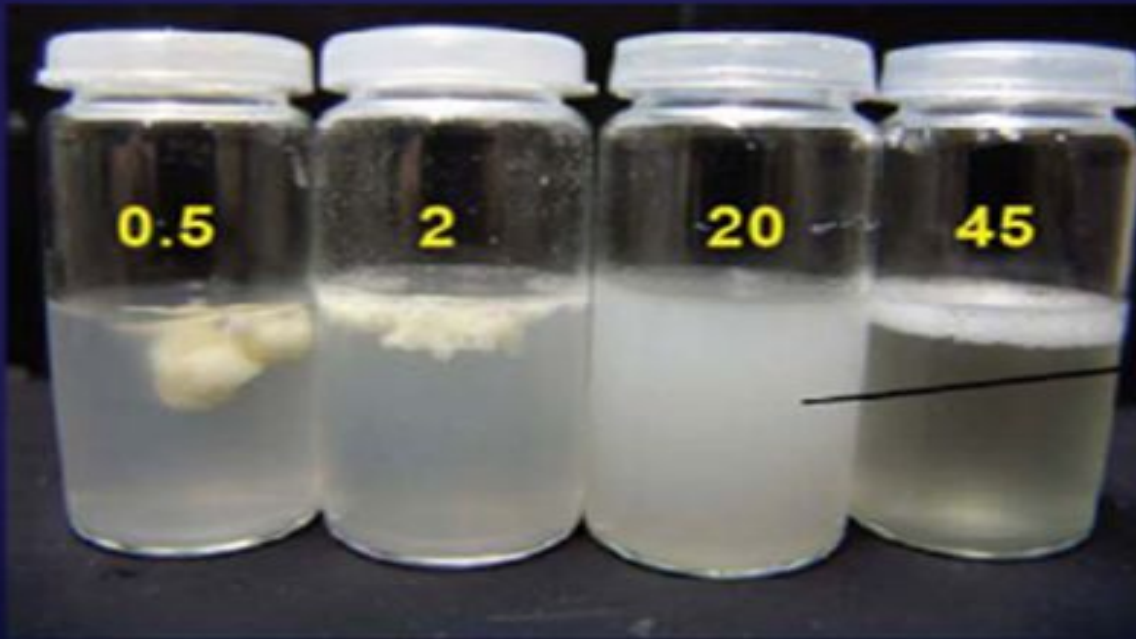
Эллиоты В&Д «БИОХ...», стр. 52-69

Растворяется ли масло в воде?





Да !



НО ... КАК ???

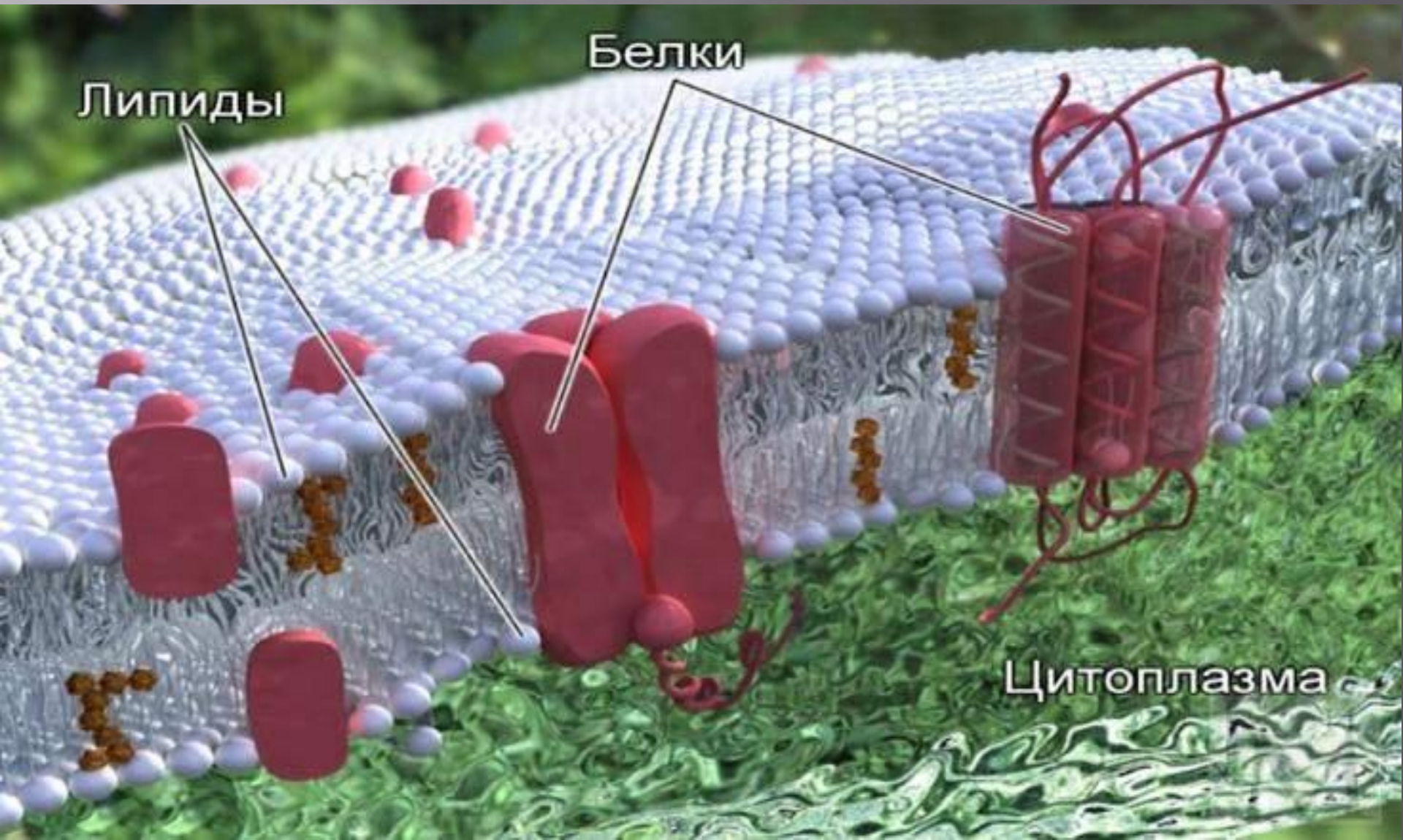
Классификация Липидов :

- ▣ 1.Нейтральные(жиры)*
- ▣ 2.Воски*
- ▣ 3.Фосфолипиды*
- ▣ 4.Стероиды*

Функции липидов:

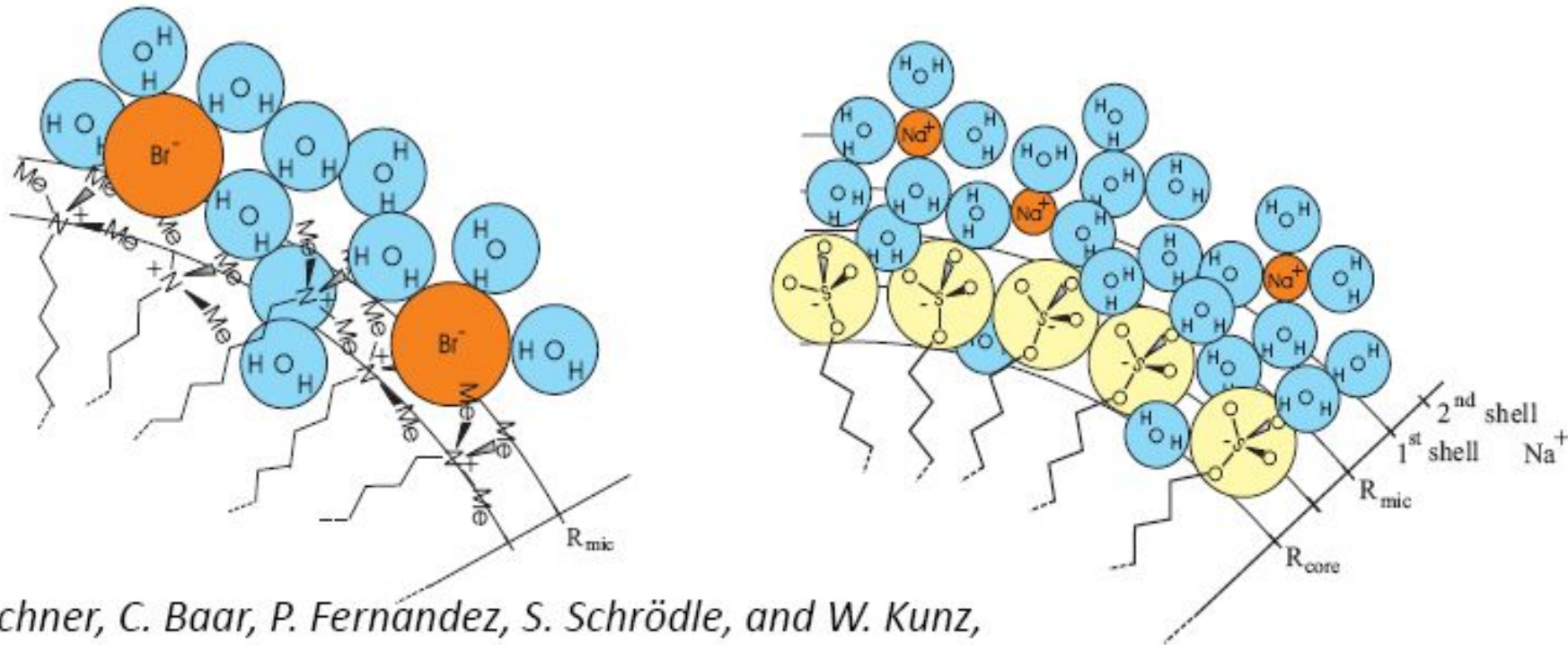
- Субстратно-энергетическая (грудное молоко, запасы)
- Структурная (компонент биомембран)
- Транспортная (липопротеины)
- Передача нервного импульса
- Электроизолирующая (миелиновое волокно)
- Теплоизолирующая (низкая теплопроводность)
- Защитная
- Гормональная
- Витаминная (жирорастворимые витамины)

Биологическая мембрана



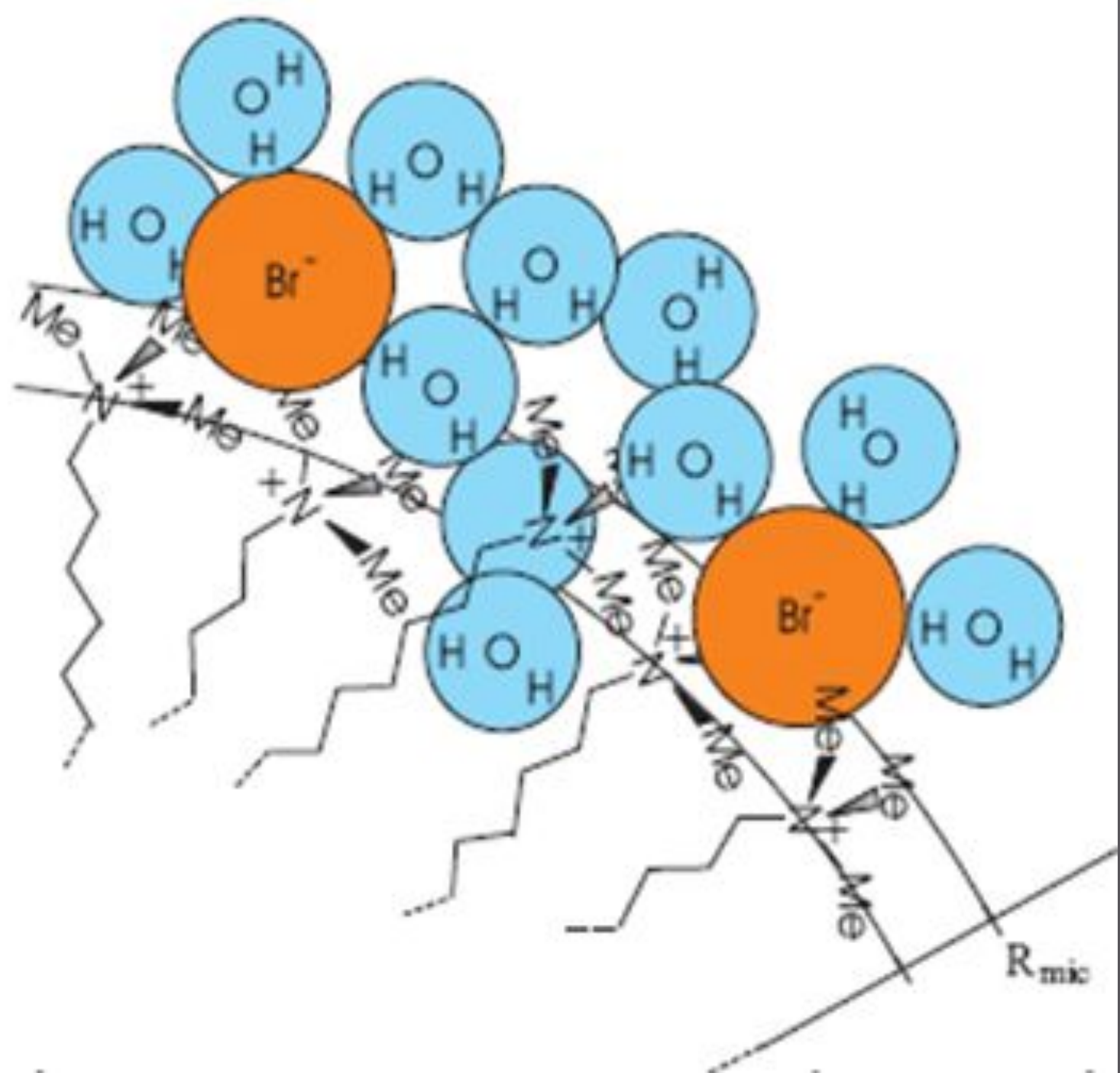
Свойства мицелл . Почему фазовые диаграммы DTAB/масло/вода и SDS/масло/вода так сильно отличаются?

- Различная гидратация головных групп додецил-триметил-аммония бромид и $\text{Na}^+(\text{SO}_4\text{-додецил})^-$ (по данным Dielectric



R. Buchner, C. Baar, P. Fernández, S. Schrödle, and W. Kunz,
Dielectric Spectroscopy of Micelle Hydration and Dynamics

in Aqueous Ionic Surfactant Solutions, *J. Molecular Liquids* 118 (2005) 179–187.



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) $C_{17}H_{31} COOH$ (ω -6)

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

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

Роль полиненасыщенных жирных кислот (ПНЖК)

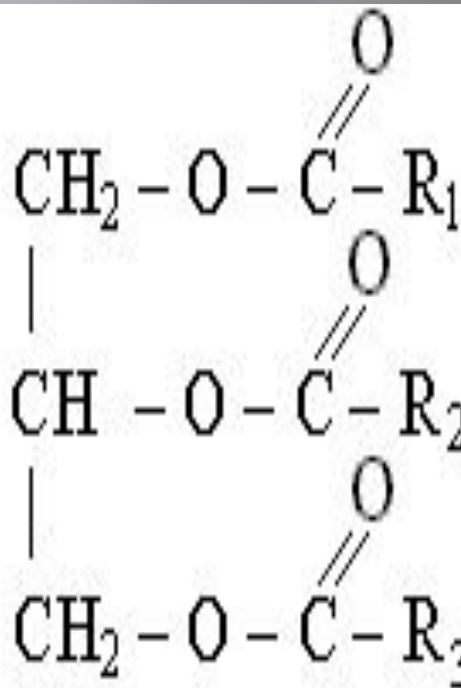
1. предшественники эйкозаноидов (простагландинов, тромбоксанов, лейкотриенов) - биологически активных веществ, синтезированных из ПНЖК с 20-ю углеродными атомами, выполняющих роль тканевых гормонов.
2. входят в состав фосфолипидов, гликолипидов.
3. способствуют выведению холестерина из организма.
4.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

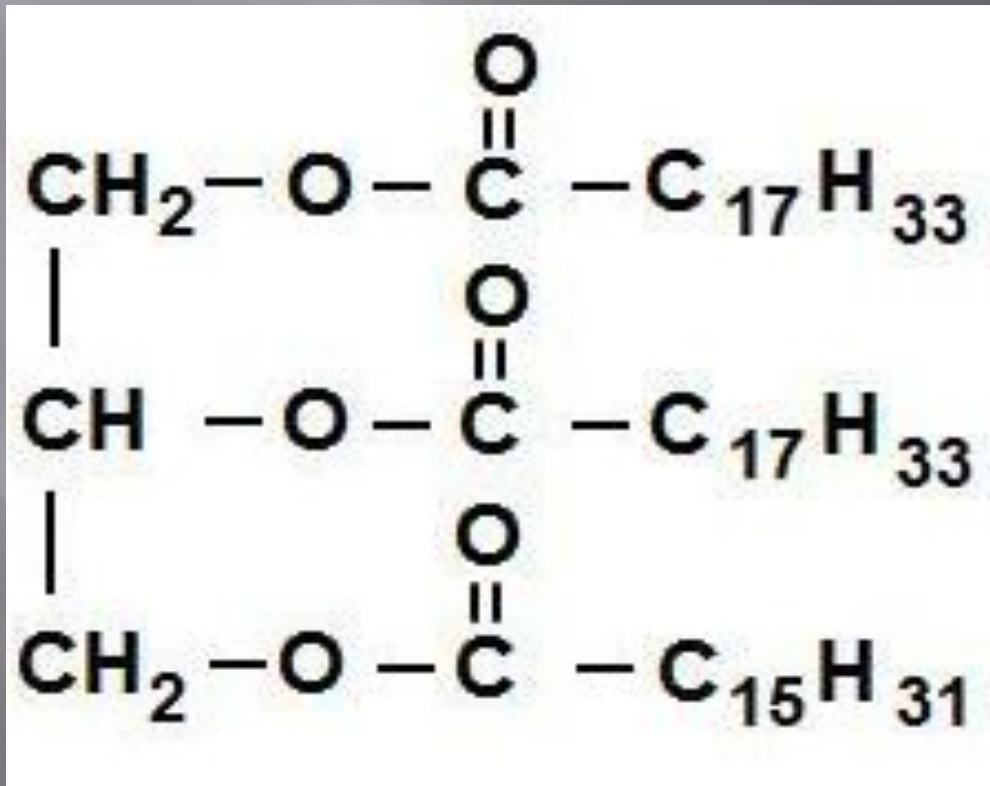


Эфиры глицерина + ВЖК

Человеческий жир

Содержит 2 мононенасыщенные и 1 насыщенную ВЖК

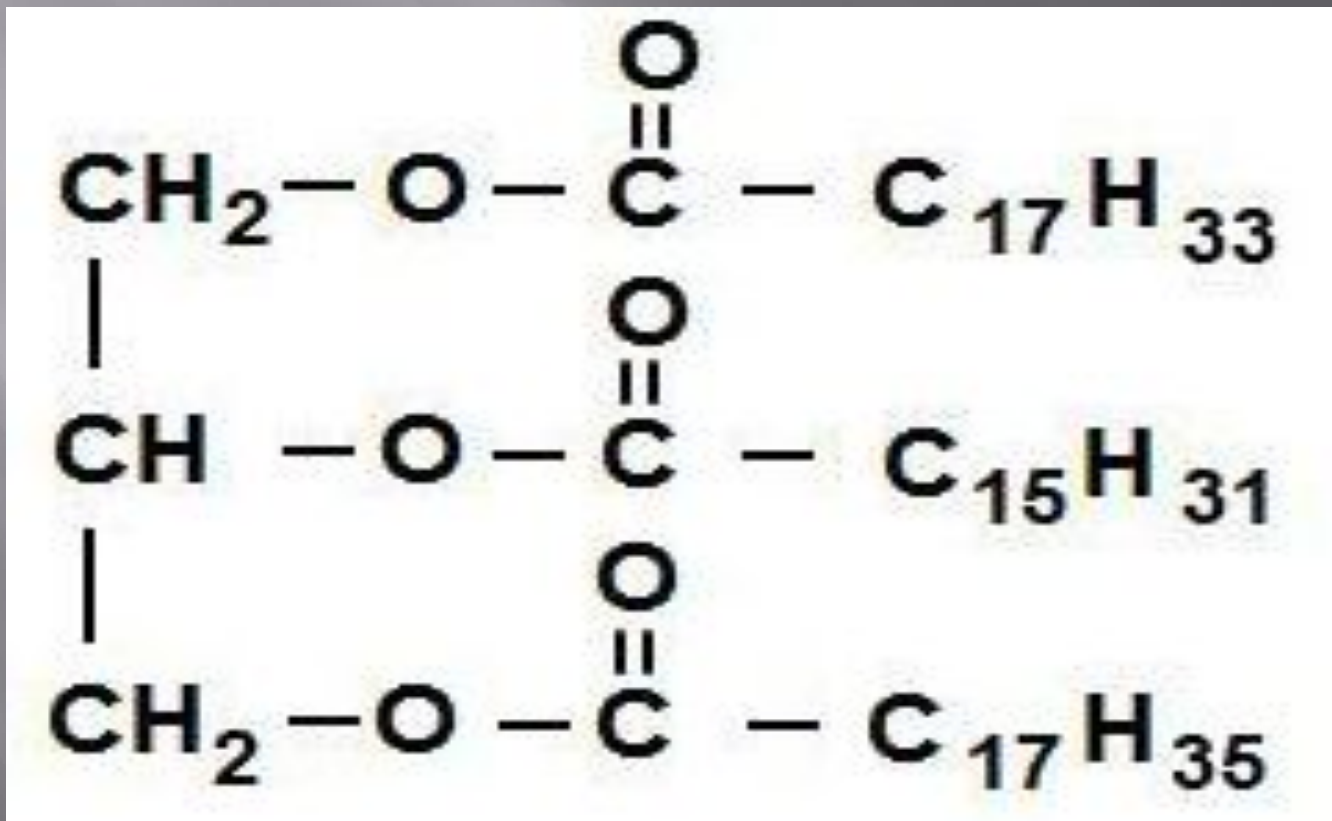
Пример: 1,2-диолеопальмитин



Животный жир

Содержит 1 ненасыщенную и 2 насыщенных ВЖК

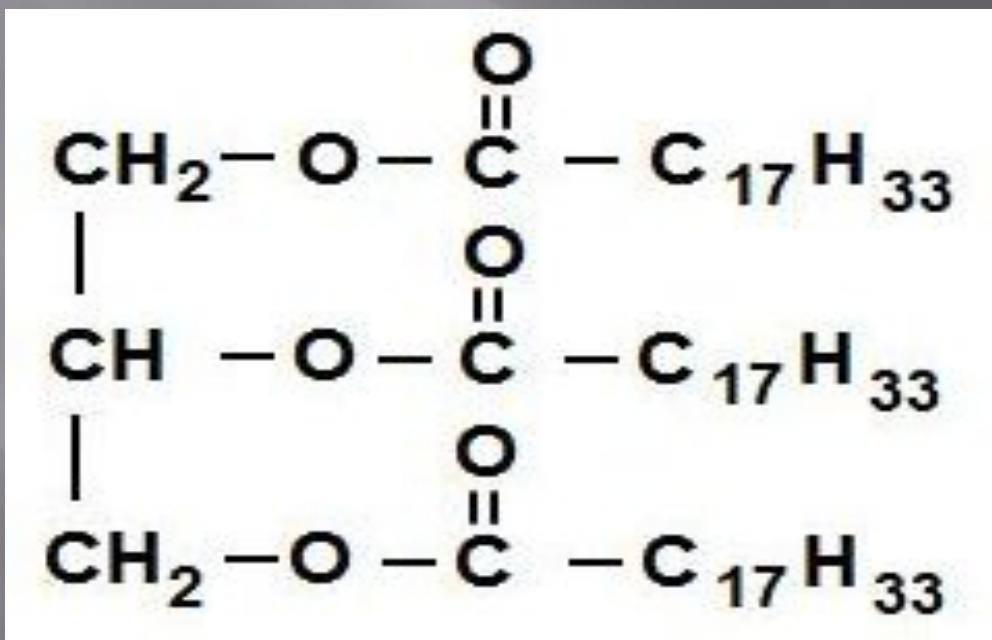
Пример: 1-олео-2-пальмитостеарин



Растительный жир

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

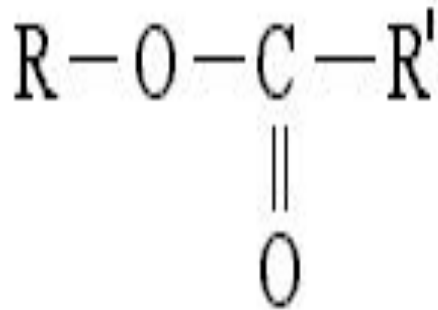
Пример: **Триолеин** (т.пл. – 17° С)



ВОСКИ

сложные эфиры высших одно- или
двухатомных
спиртов и ВЖК

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

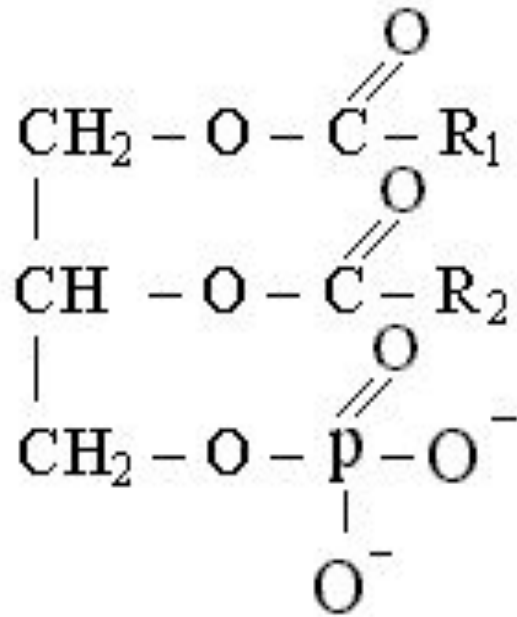


ФОСФОЛИПИДЫ

- ГЛИЦЕРОФОСФОЛИПИДЫ
- СФИНГОФОСФОЛИПИДЫ

ГЛИЦЕРОФОСФОЛИПИДЫ -

производные фосфатидной кислоты.



Фосфатидная кислота

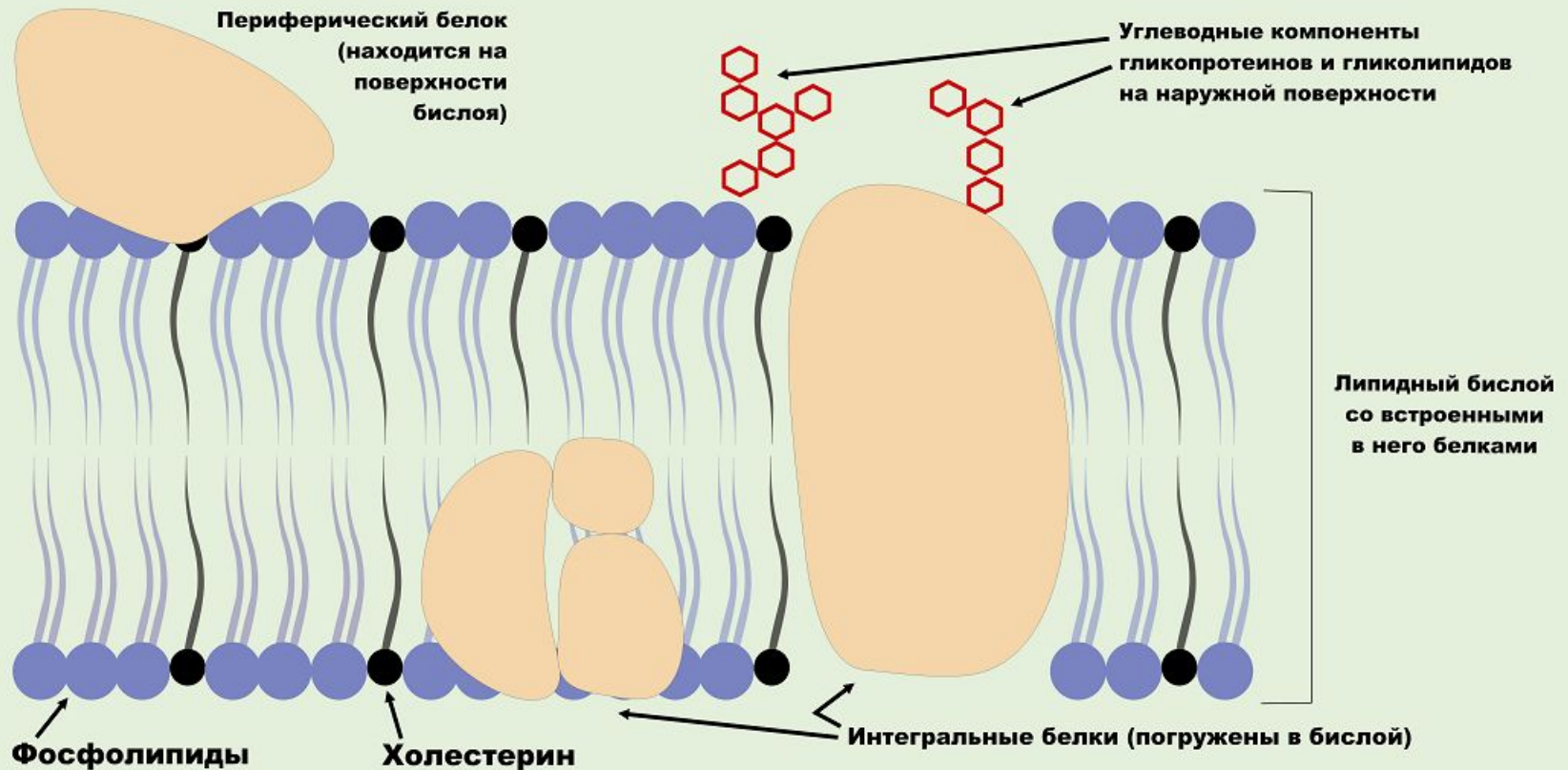
В состав глицерофосфолипидов входят:

- глицерин
- ВЖК
- фосфорная кислота
- азотсодержащие соединения

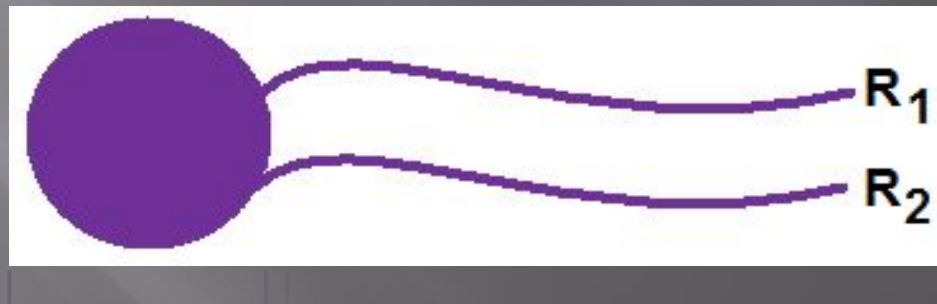
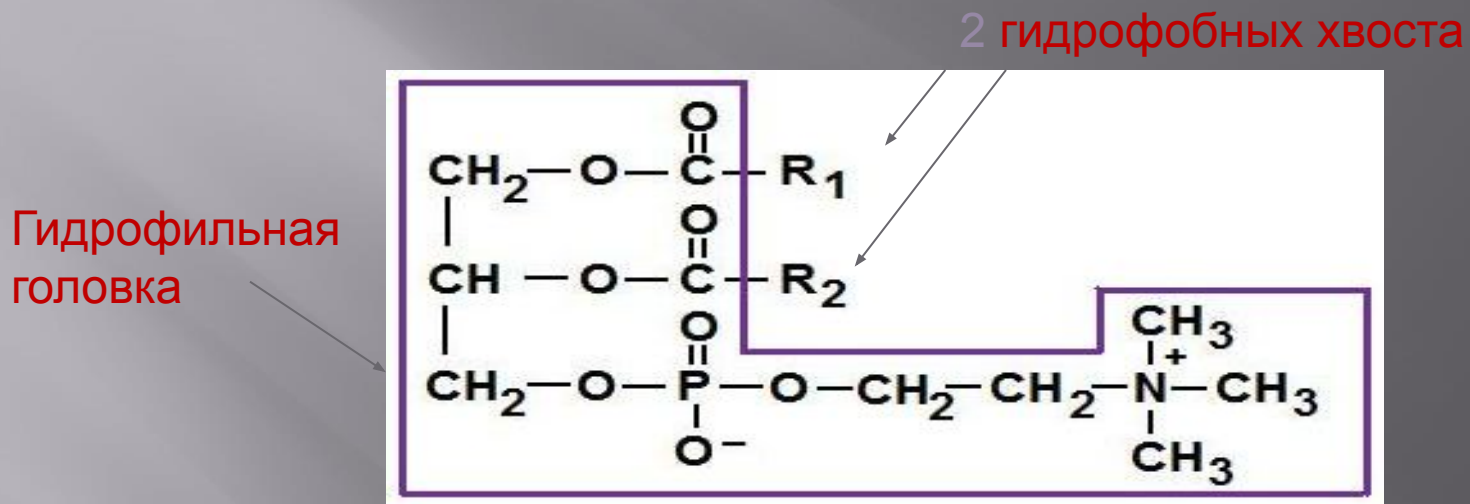
Биологическая роль глицерофосфолипидов:

- Образуют биологические мембраны

Схема строения биологической мембраны



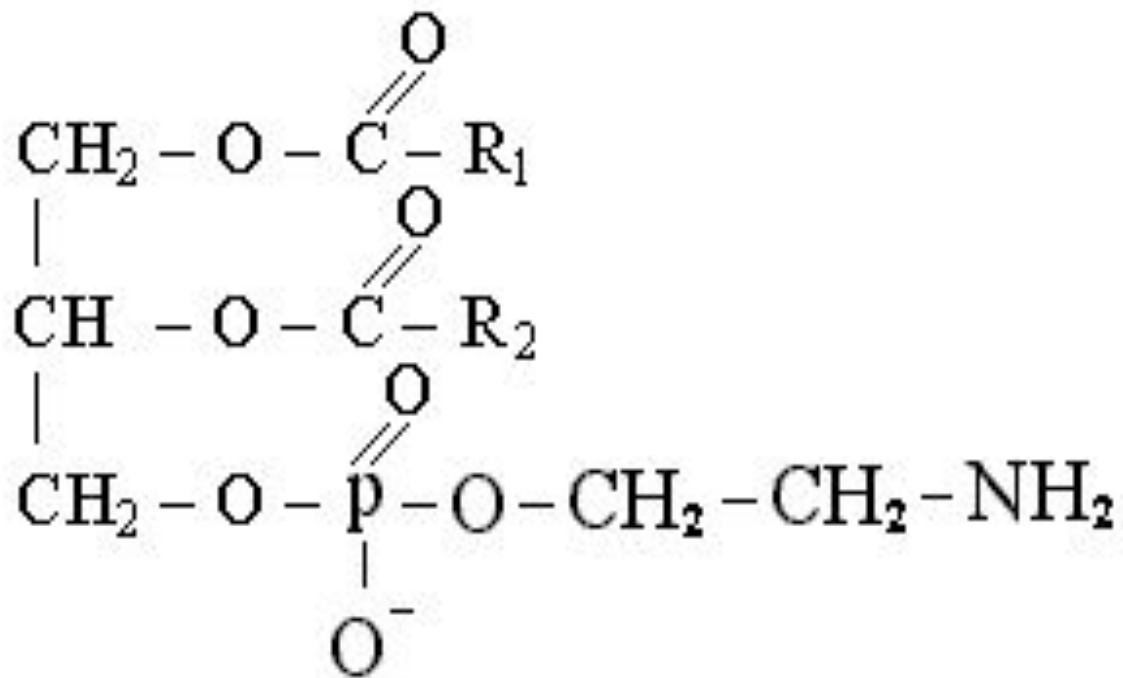
1) ФОСФАТИДИЛХОЛИН (ЛЕЦИТИН)



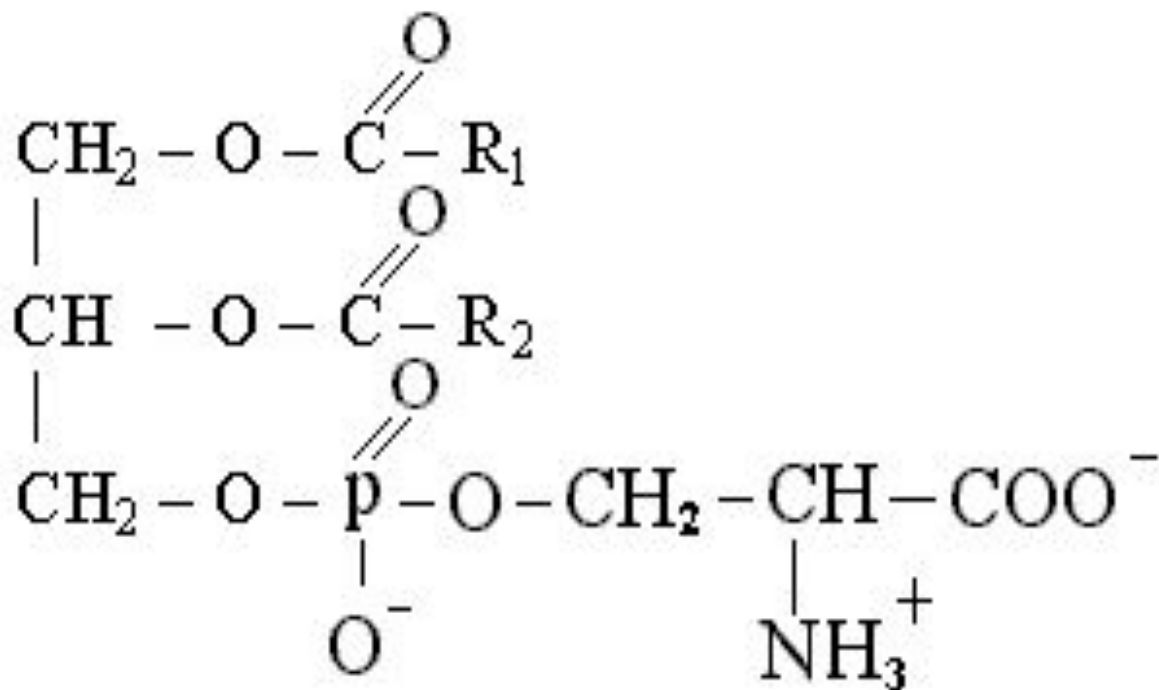
Гидрофильная
головка

Гидрофобные хвосты

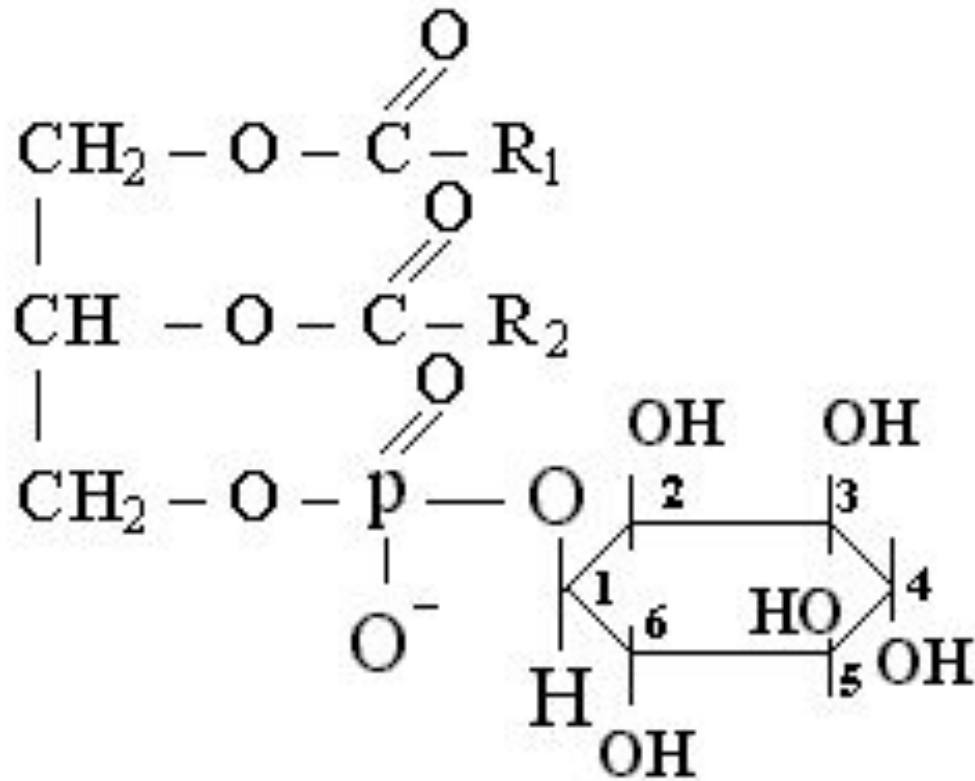
2) Фосфатидилэтаноламин (кефалин)



3) фосфатидилсерин



4) Фосфатидинозитол



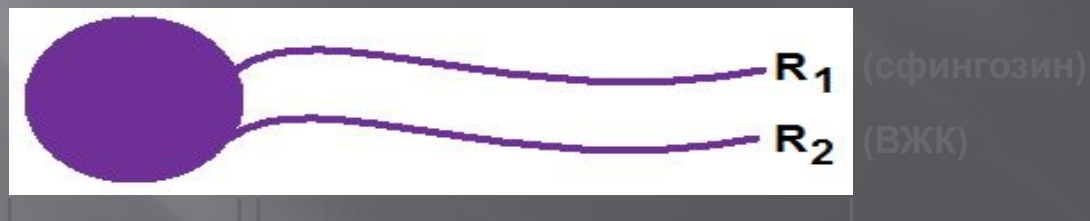
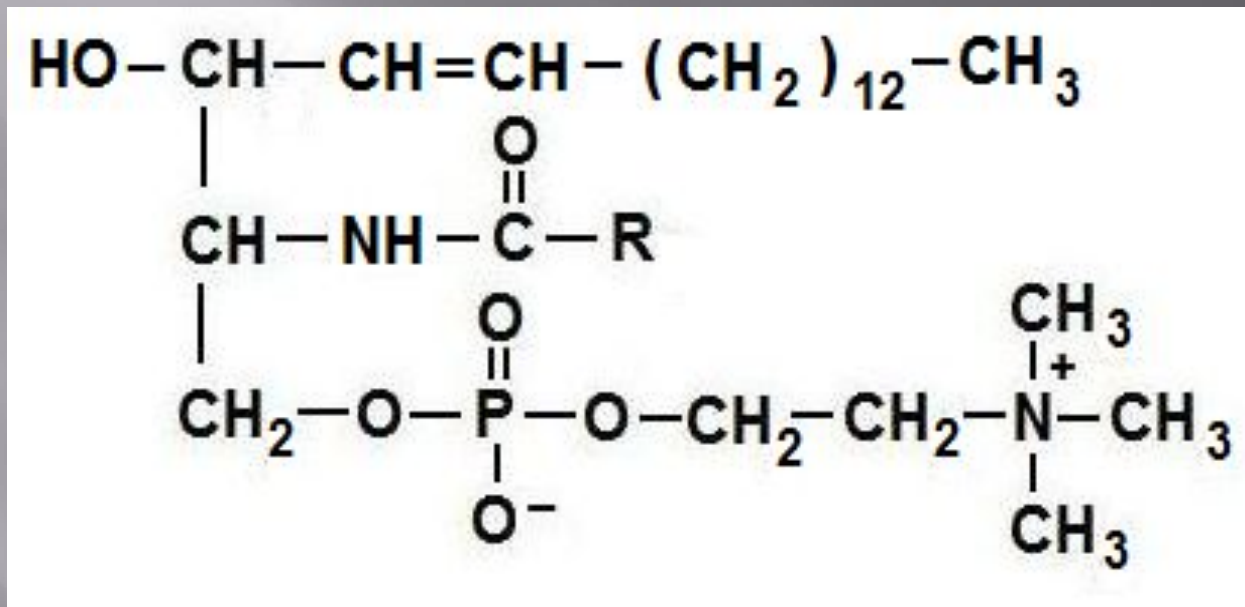
сфингофосфолипиды

Состоят из:

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

Представитель – сфингомиелин (в состав миелиновой оболочки)

Сфингомиелины

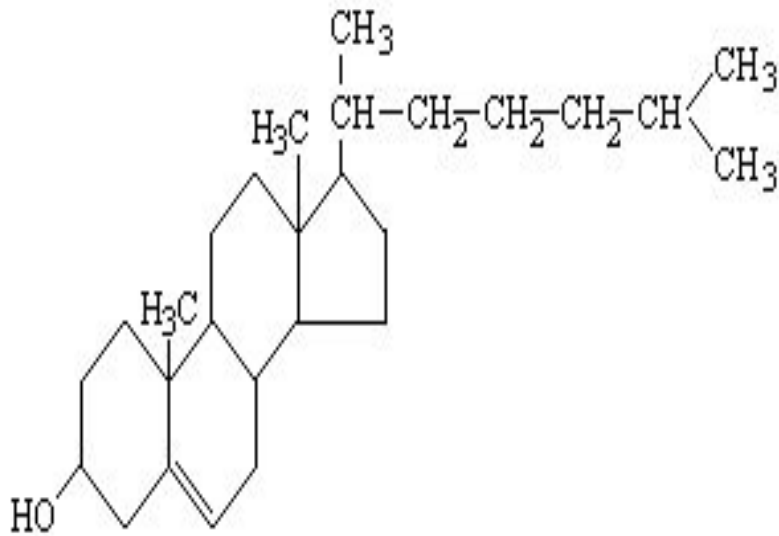


Гидрофильная
головка

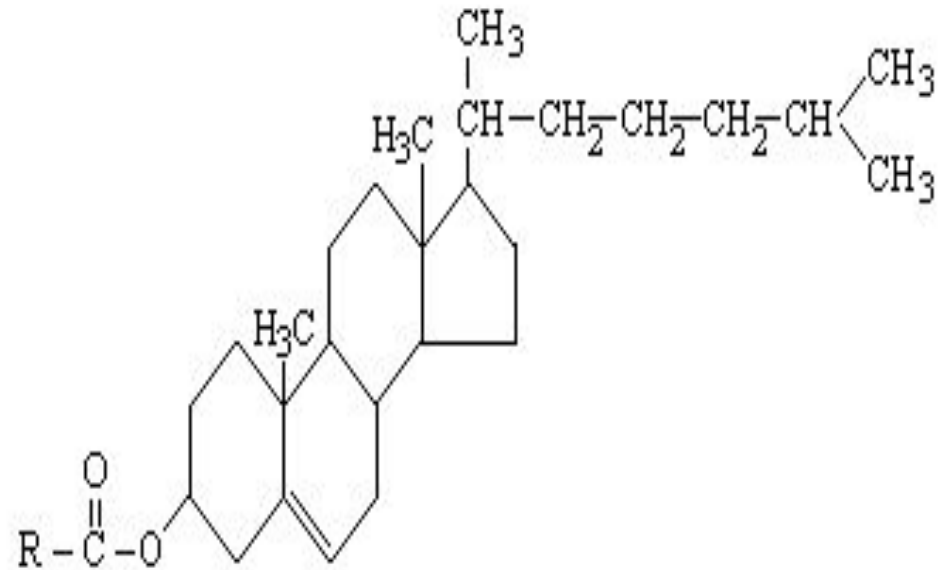
Гидрофобные хвосты

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 рН 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)

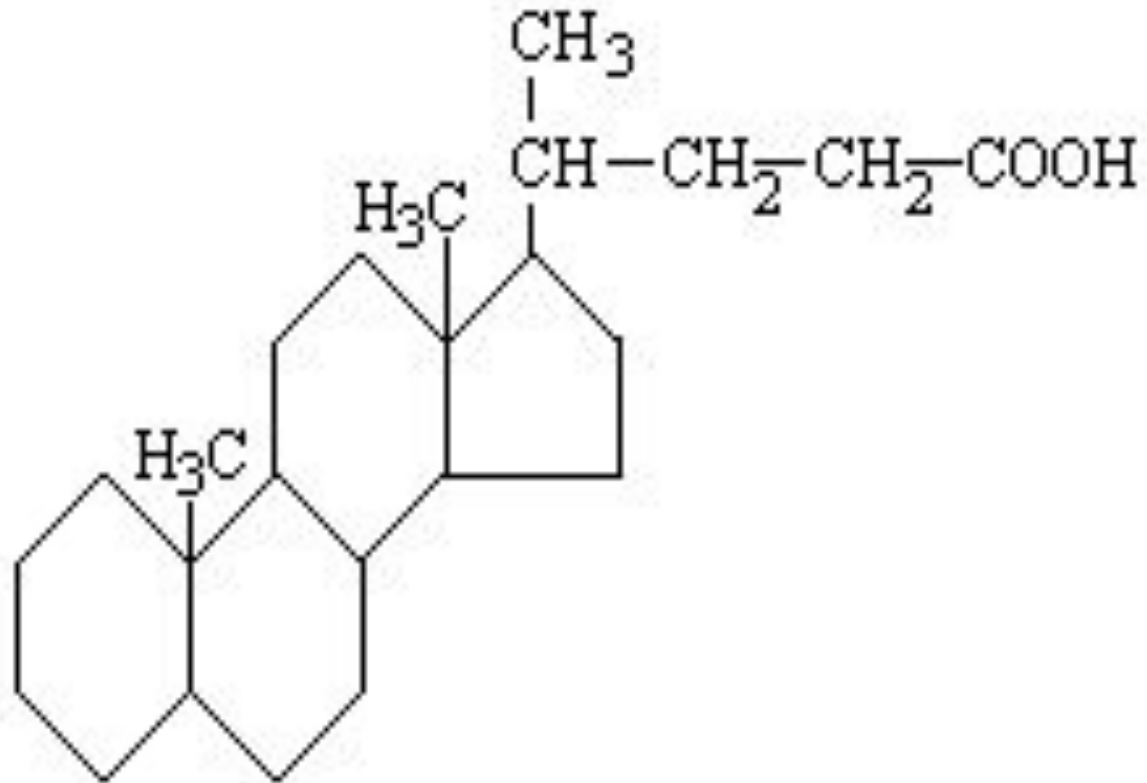
ЖЕЛЧНЫЕ КИСЛОТЫ – это производные холановой кислоты

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

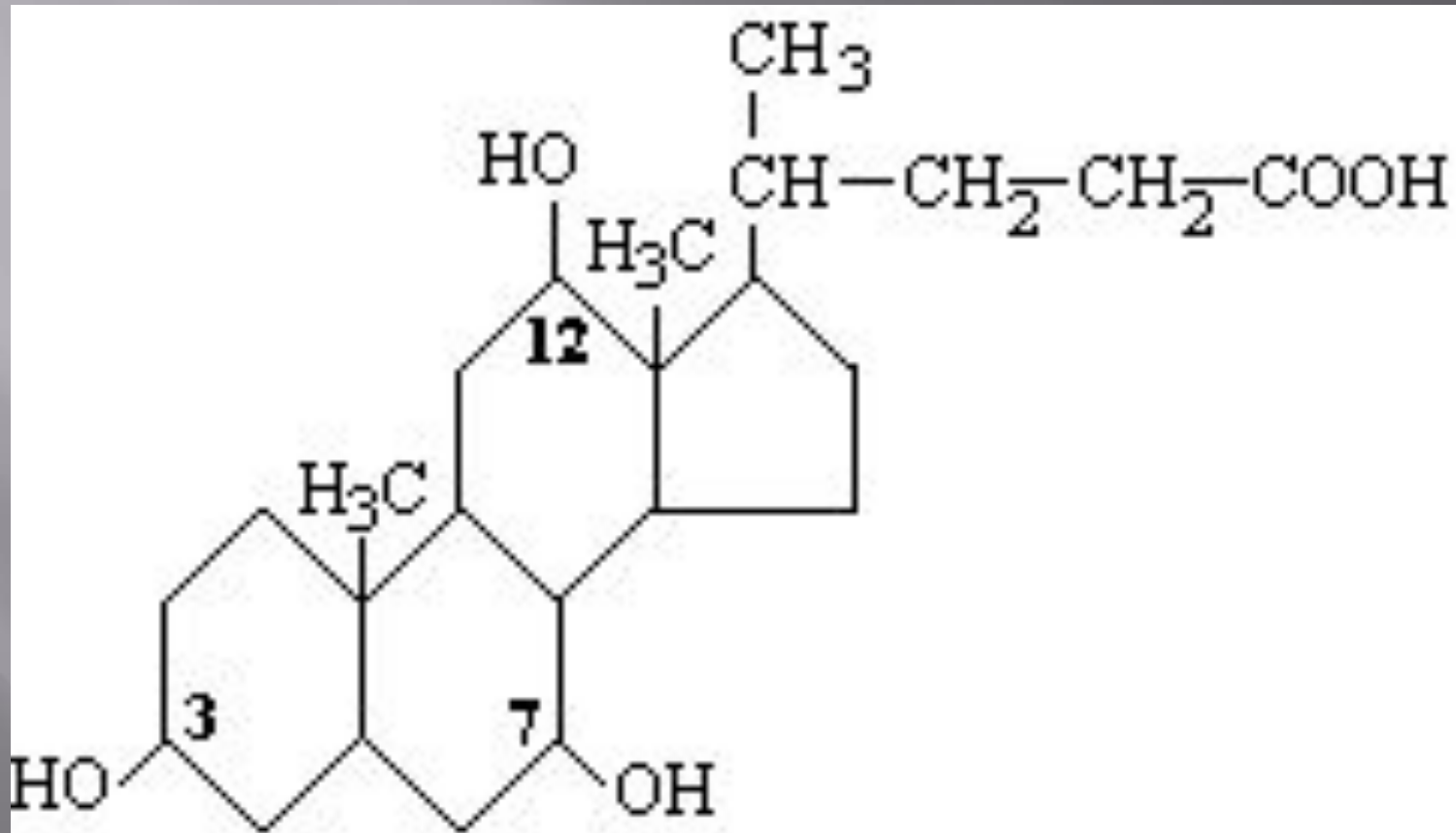
РОЛЬ ЖЕЛЧНЫХ КИСЛОТ

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

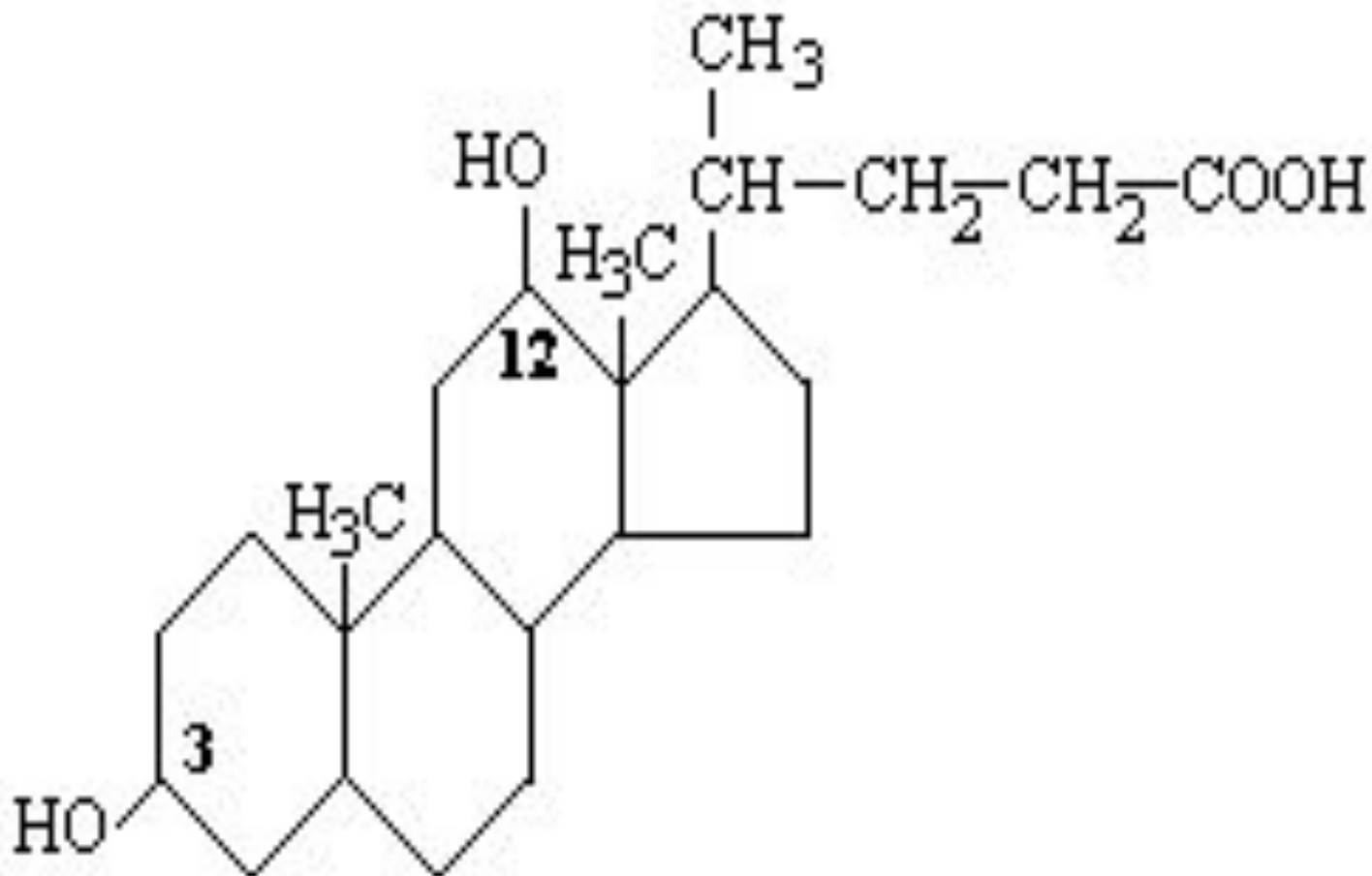
ХОЛАНОВАЯ КИСЛОТА



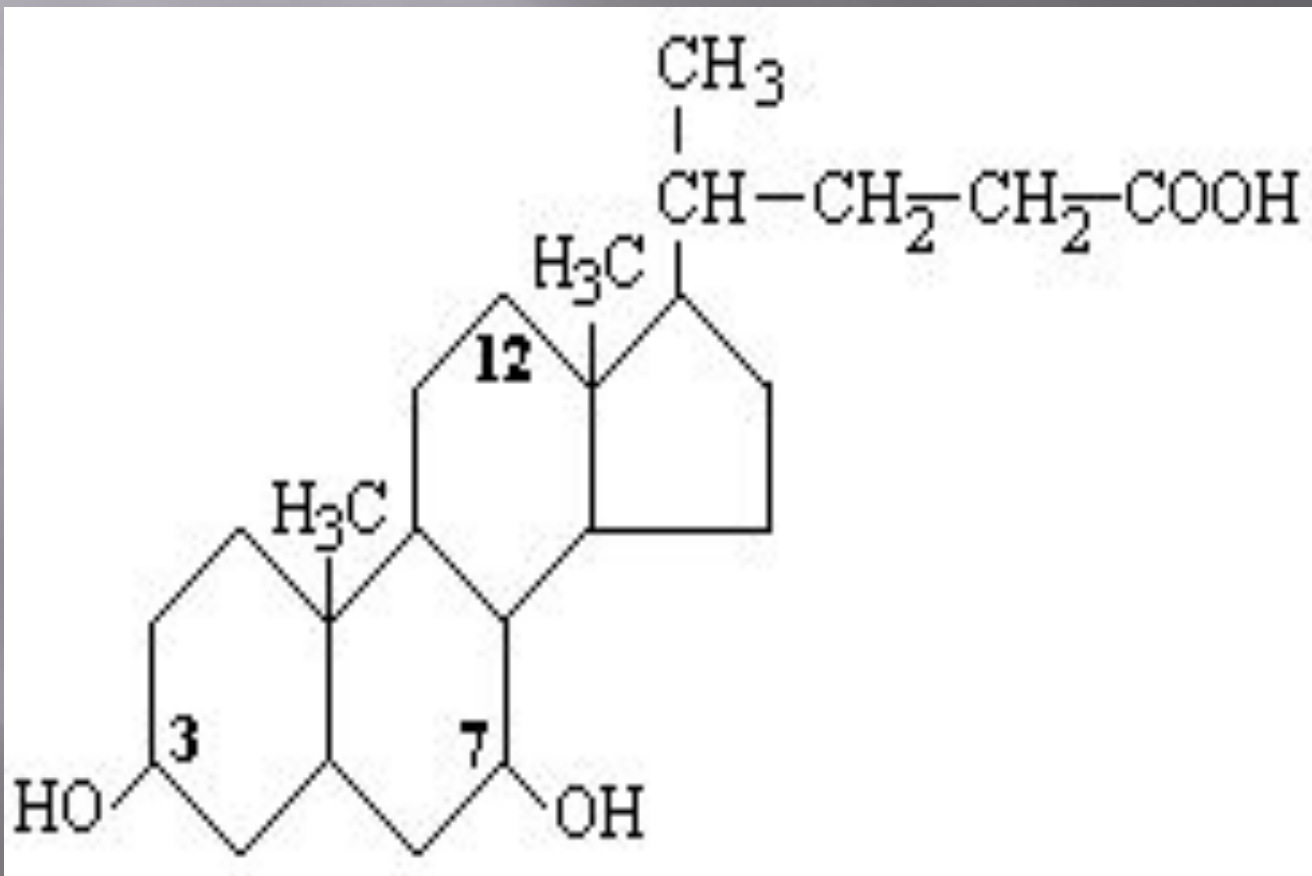
ХОЛЕВАЯ КИСЛОТА (-ОН в положении 3, 7, 12)



Дезоксихолеваая кислота (-ОН в положении 3, 12)



Хенодезоксихолеваая кислота (-ОН в положении 3, 7)



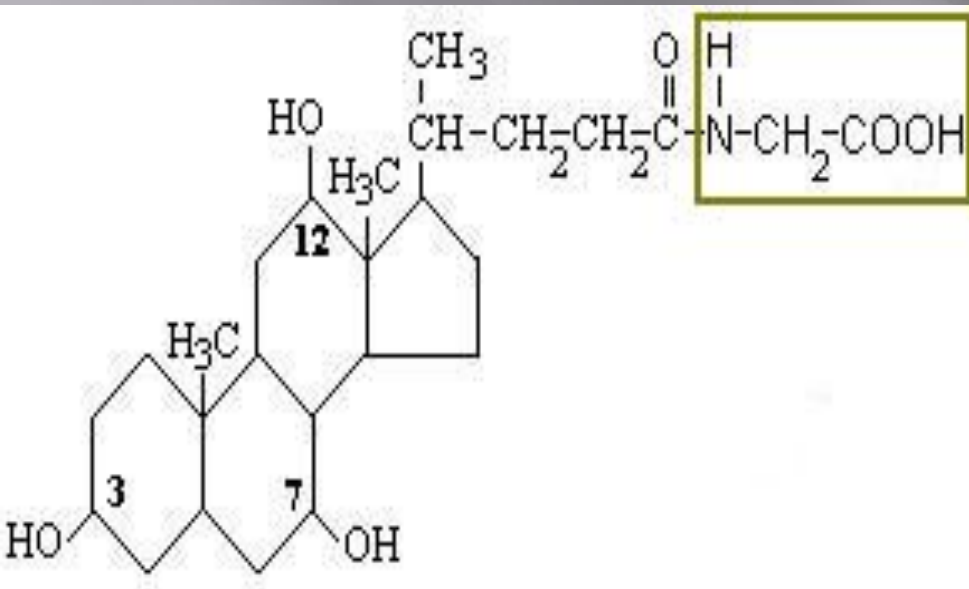
ПАРНЫЕ ЖЕЛЧНЫЕ КИСЛОТЫ

СОСТОЯТ ИЗ ДВУХ КОМПОНЕНТОВ:

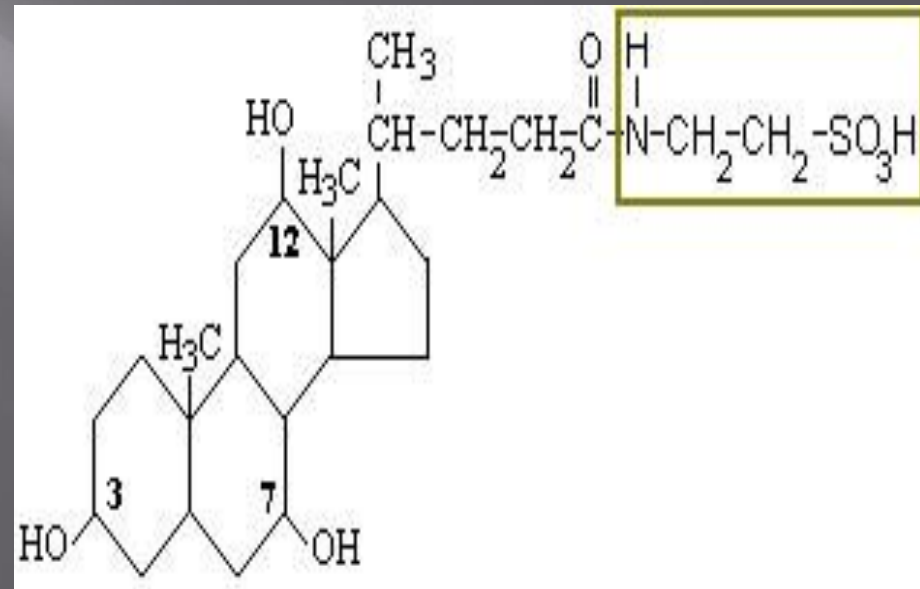
- ЖЕЛЧНОЙ КИСЛОТЫ
- ГЛИЦИНА

или

ТАУРИНА



Гликохолевая



Таурохолевая

Ферментативный гидролиз пищевых липидов

Панкреатический сок содержит ферменты
переваривания липидов

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

Панкреатическая липаза

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

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.

НАРУШЕНИЕ ПЕРЕВАРИВАНИЯ И ВСАСЫВАНИЯ

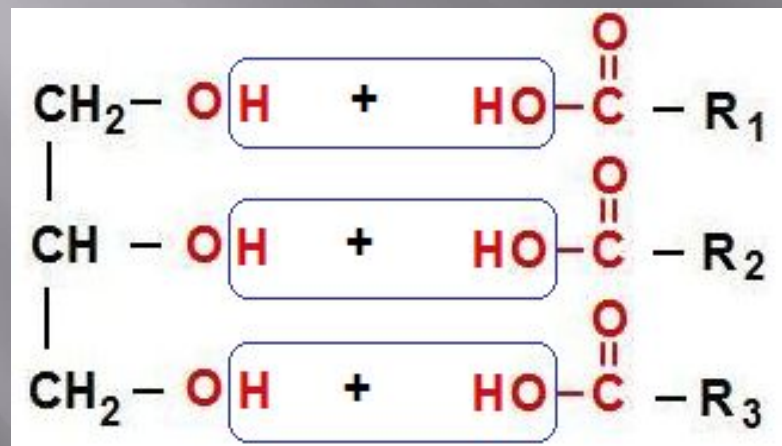
Всегда сопровождаются стеатореей – обнаружение не переваренного нейтрального жира в кале.

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).
2. 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.

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

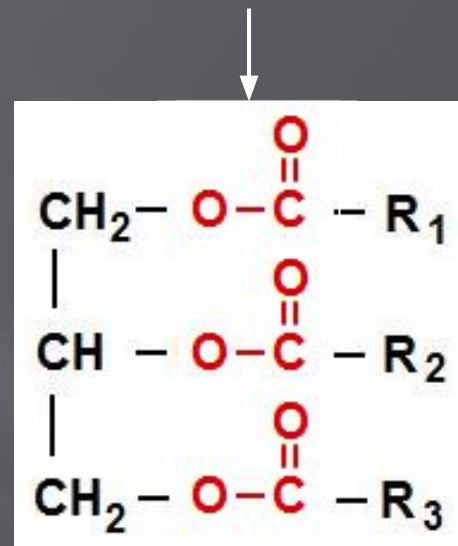
Роль ТГ: энергетическая (запасающая), теплоизолирующая, амортизирующая (механическая защита).



этерификация

- 3 H₂O

Сложная эфирная связь



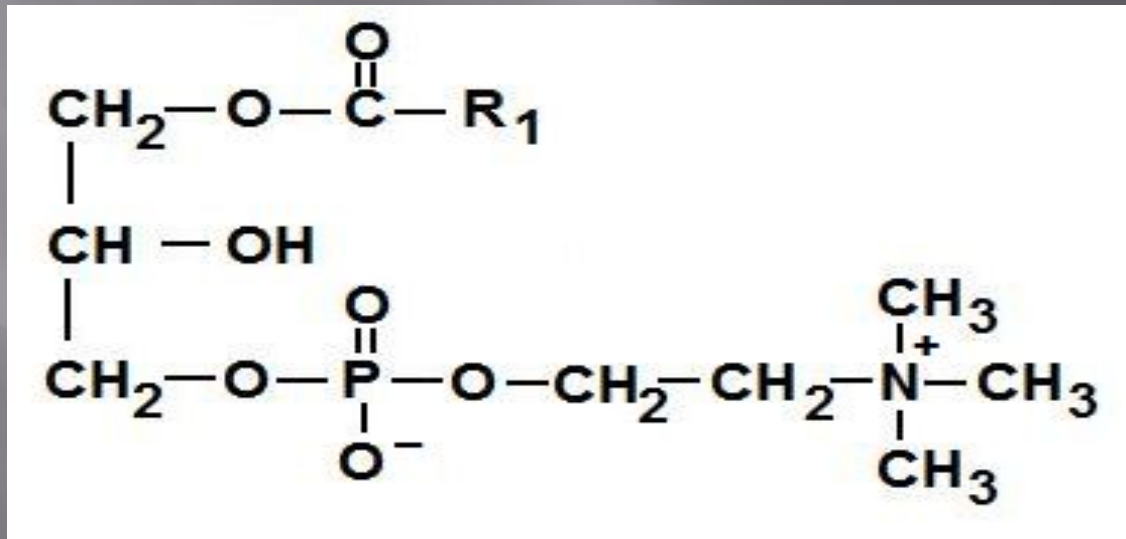
Глицерин

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

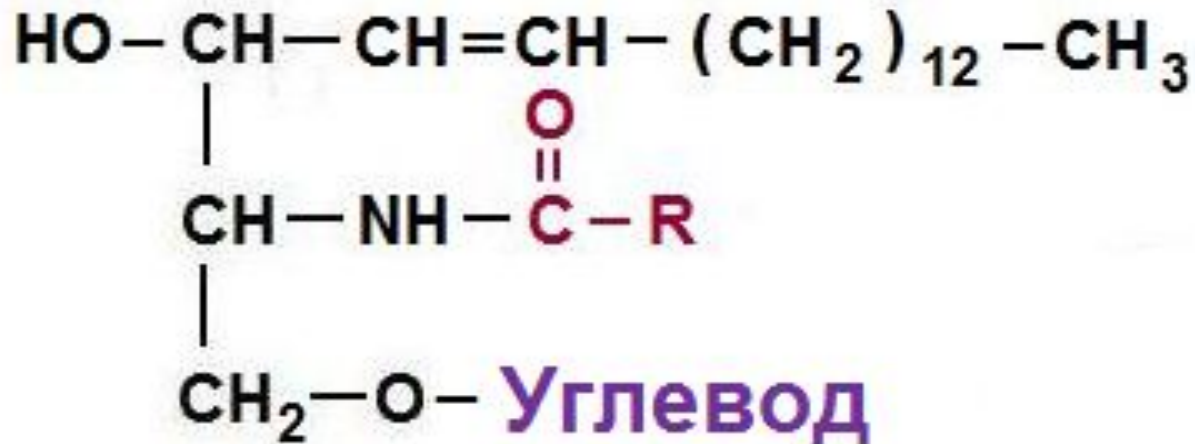
Состав:
Сфингозин
+
ВЖК
+
Олигосахарид
+
Сиаловая
кислота

Сульфатиды

Состав:
Сфингозин
+
ВЖК
+
Гексоза
+
сульфат

Роль ГЛ: структурная (образуют биологические мембраны)

Схема строения гликолипида



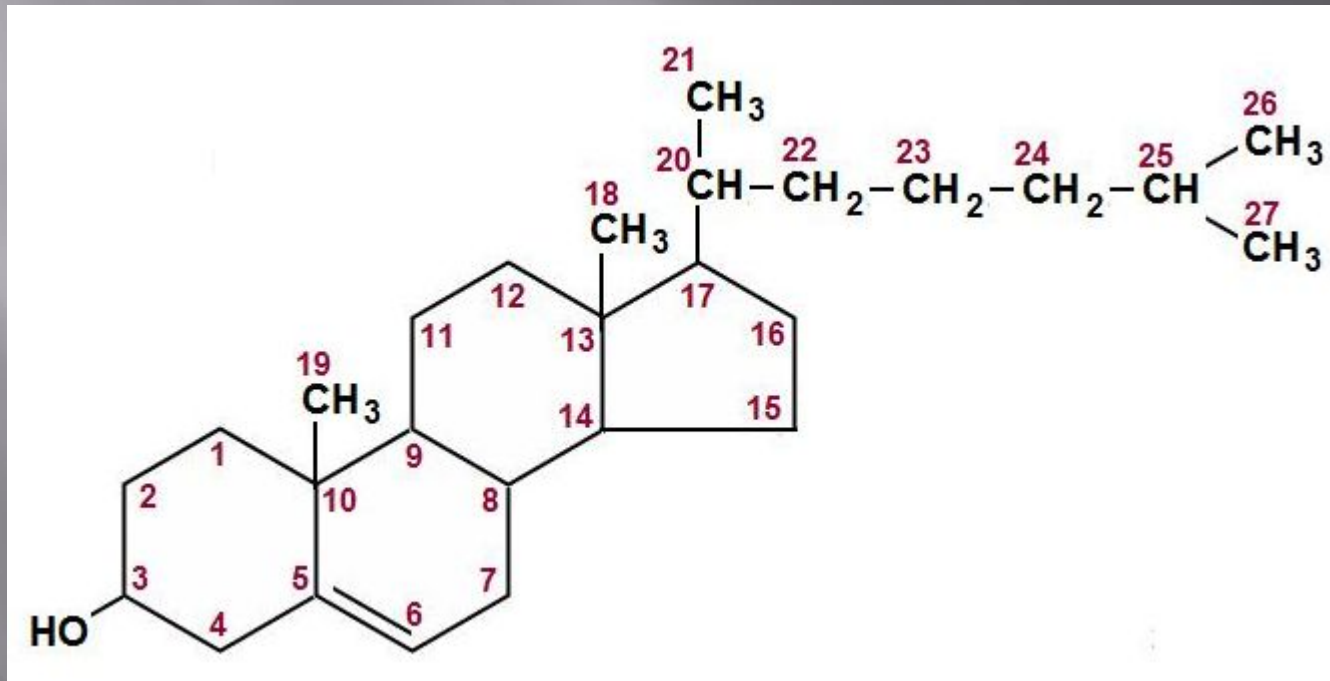
Стероиды

-это производные циклопентанпергидрофенантрена
Классифицируются на:

1) Стерины – спирты стероидной природы.

Примеры: холестерин, жёлчные кислоты.

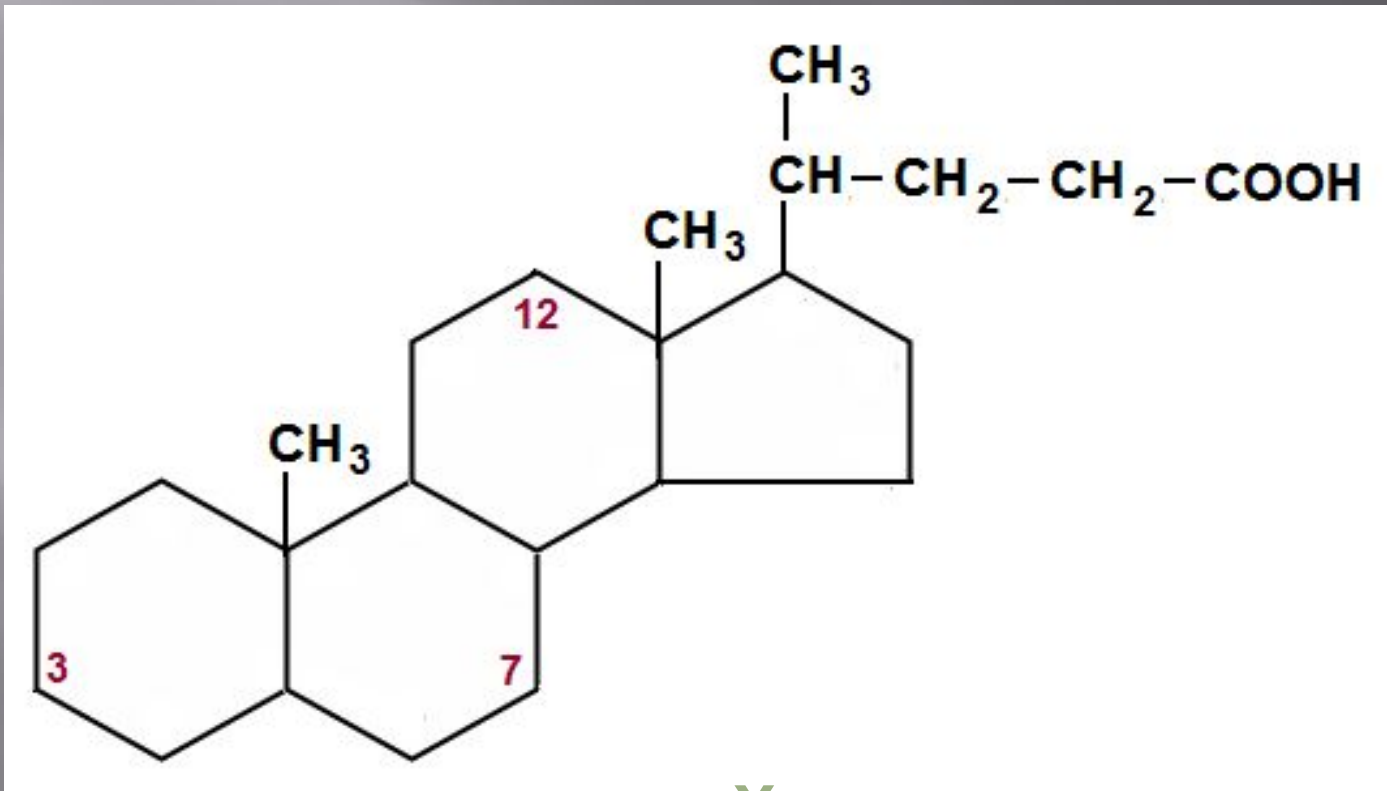
2) Стериды – сложные эфиры стеринов и ВЖК.



Холестерин

Желчные кислоты

- это производные холановой кислоты, синтезируются из холестерина



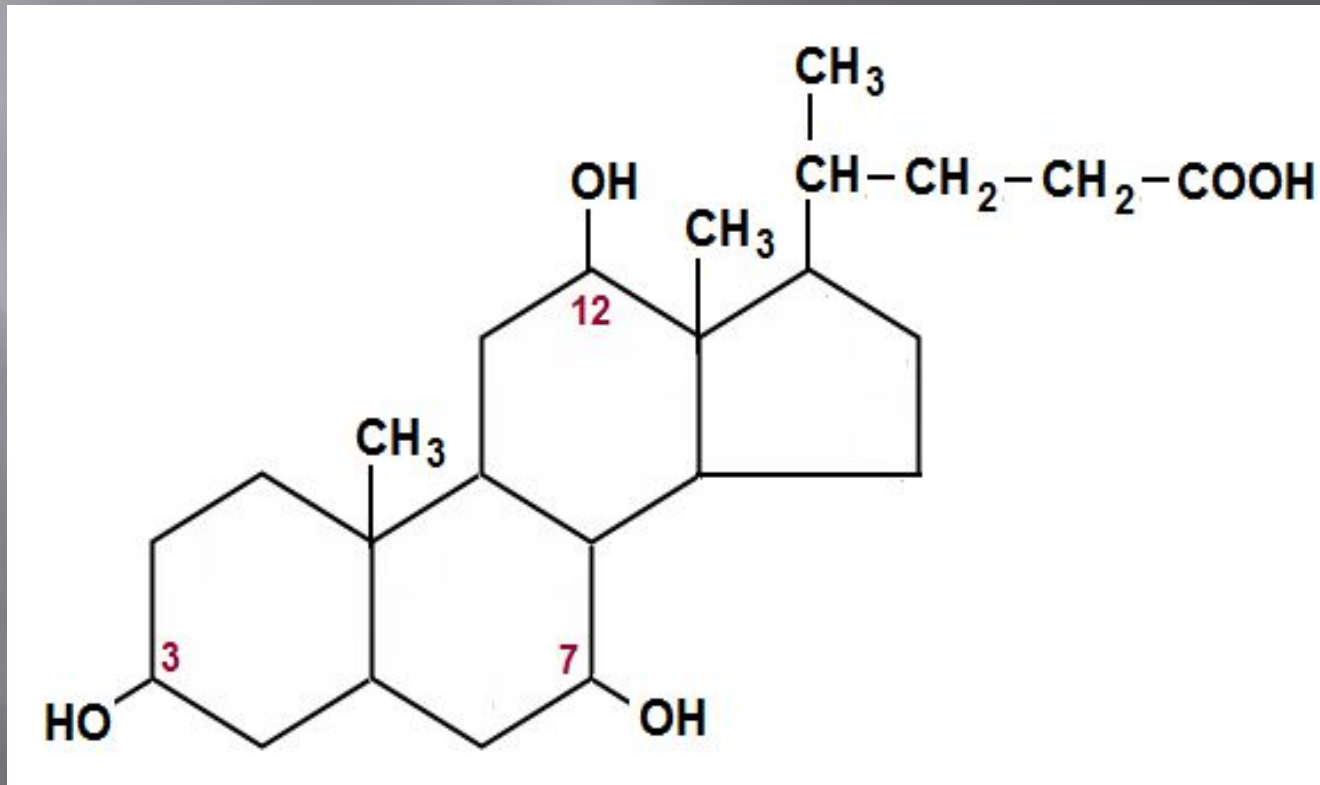
Холановая кислота

Роль жёлчных кислот:

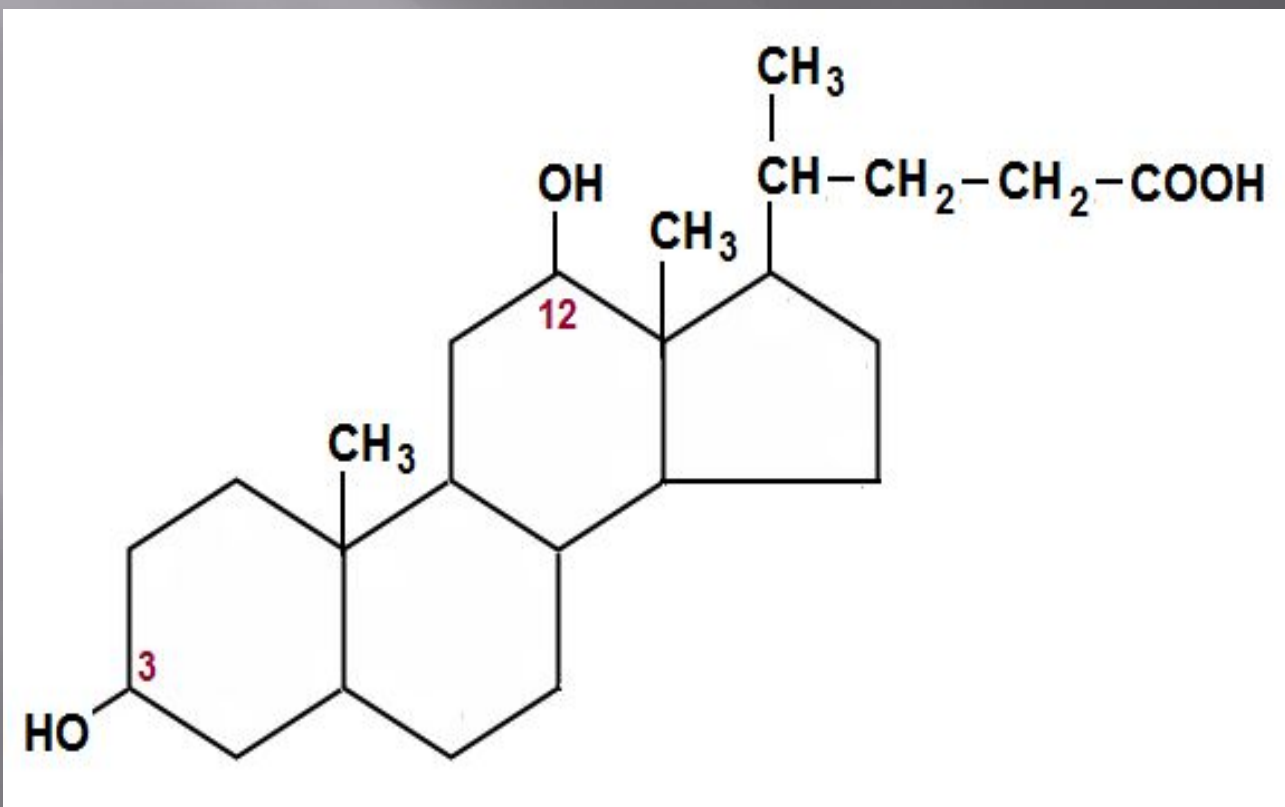
- 1) являются ПАВ, эмульгируют жиры в кишечнике,
- 2) активируют липазу
- 3) образуют холеиновые комплексы (мицеллы) для всасывания ВЖК и ХС

Холевая кислота -

3,7,12-тригидроксихолановая кислота

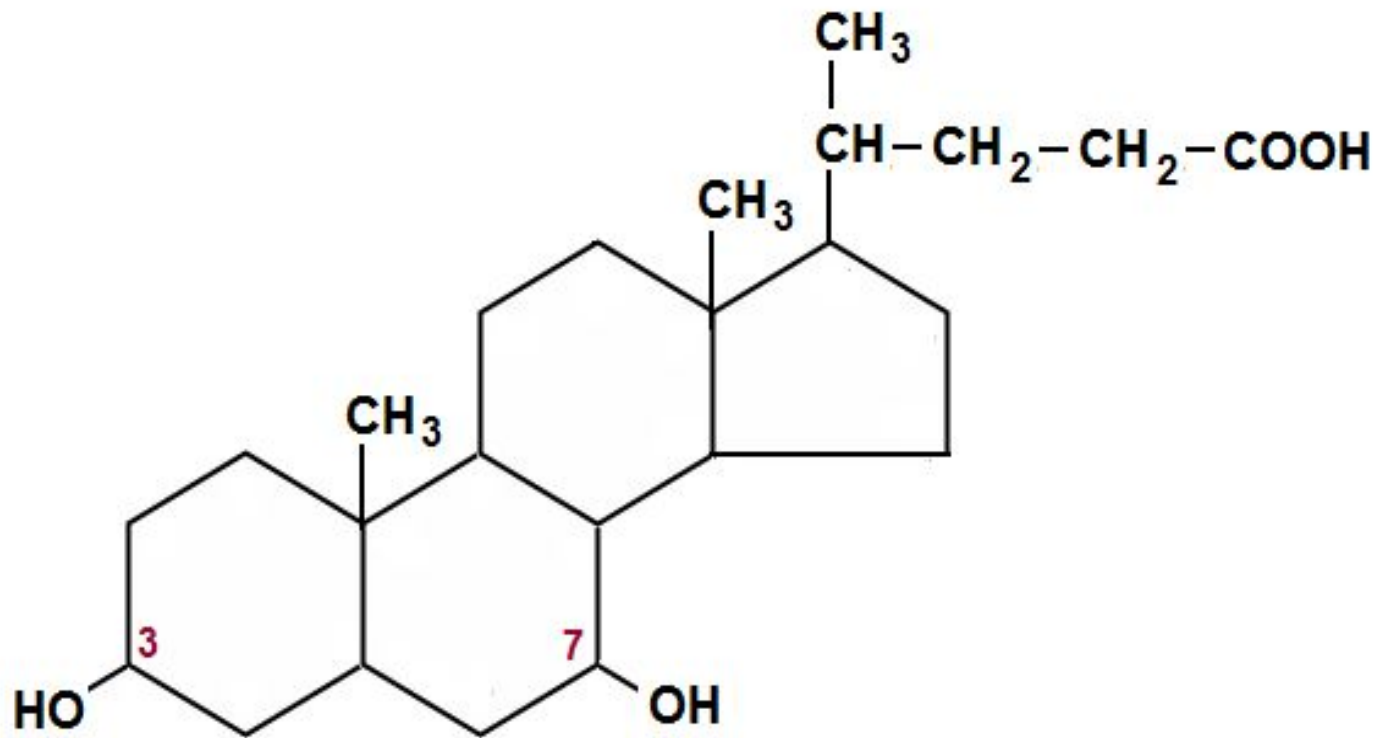


**Дезоксихолеваая кислота -
3,12-дигидроксихолановая кислота**



Хенодезоксихолеваая кислота -

3,7-дигидроксихолановая кислота



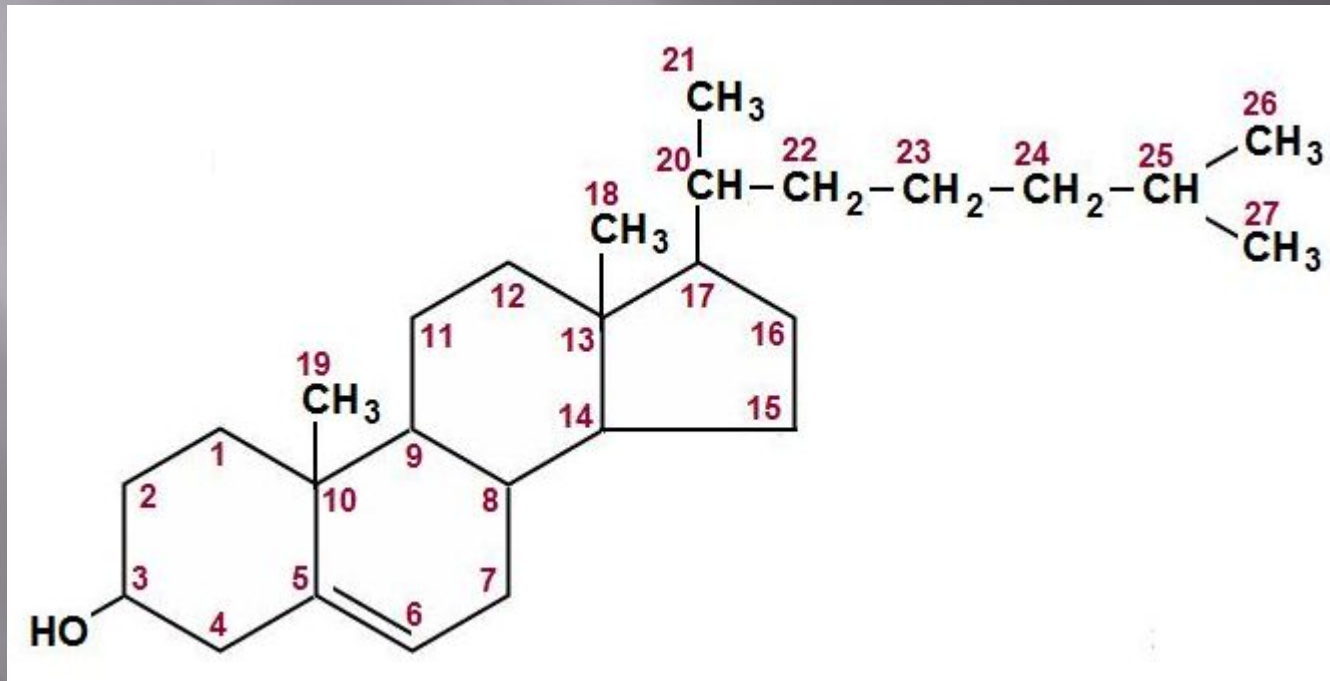
Стероиды

-это производные циклопентанпергидрофенантрена
Классифицируются на:

1) Стерины – спирты стероидной природы.

Примеры: холестерин, жёлчные кислоты.

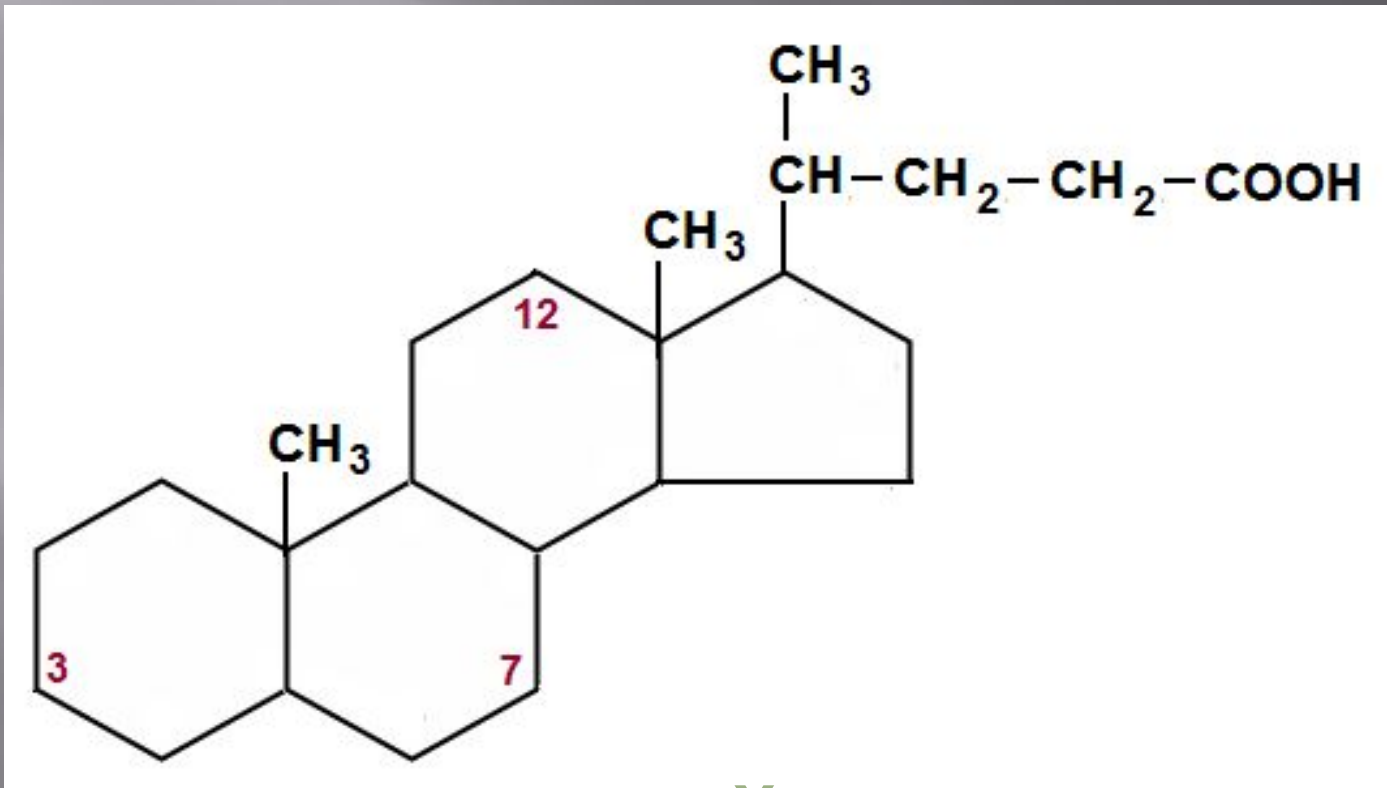
2) Стериды – сложные эфиры стеринов и ВЖК.



Холестерин

Желчные кислоты

- это производные холановой кислоты, синтезируются из холестерина



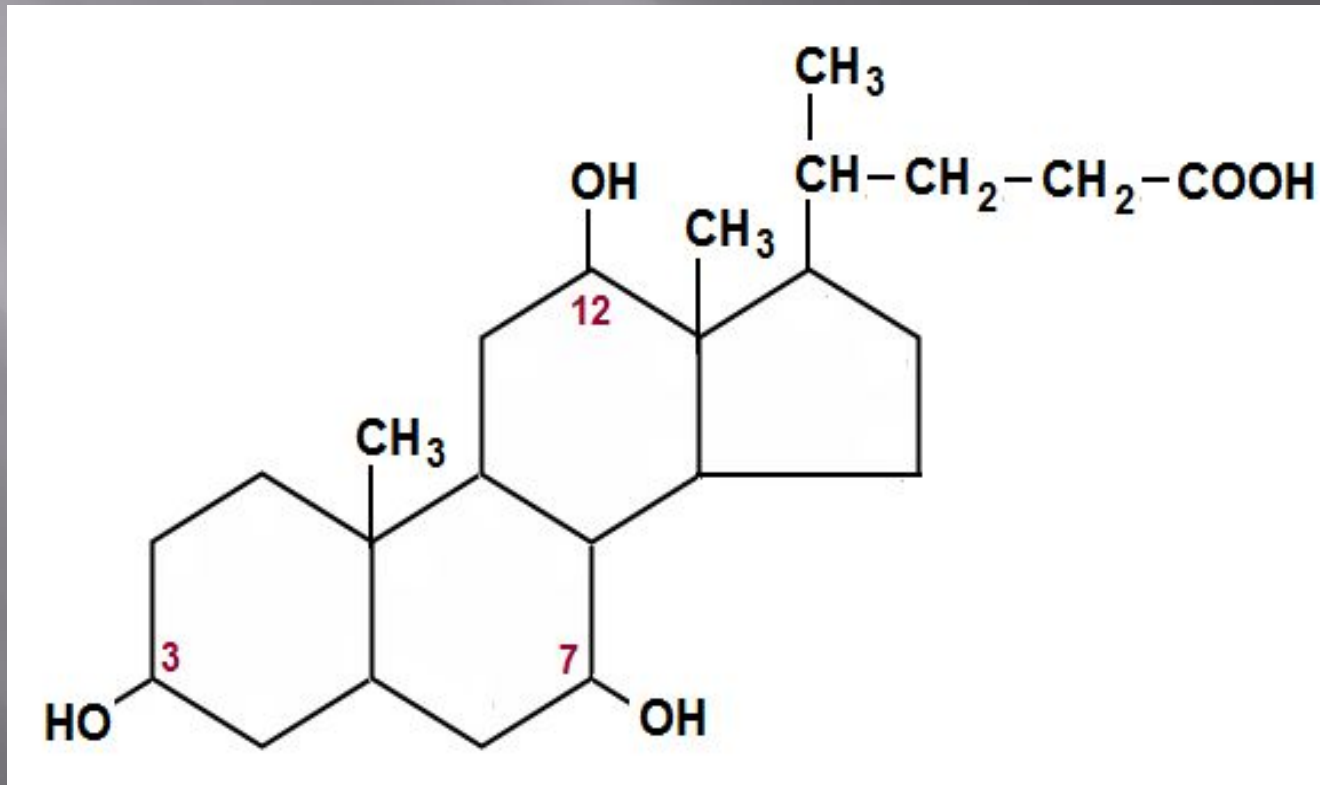
Холановая кислота

Роль жёлчных кислот:

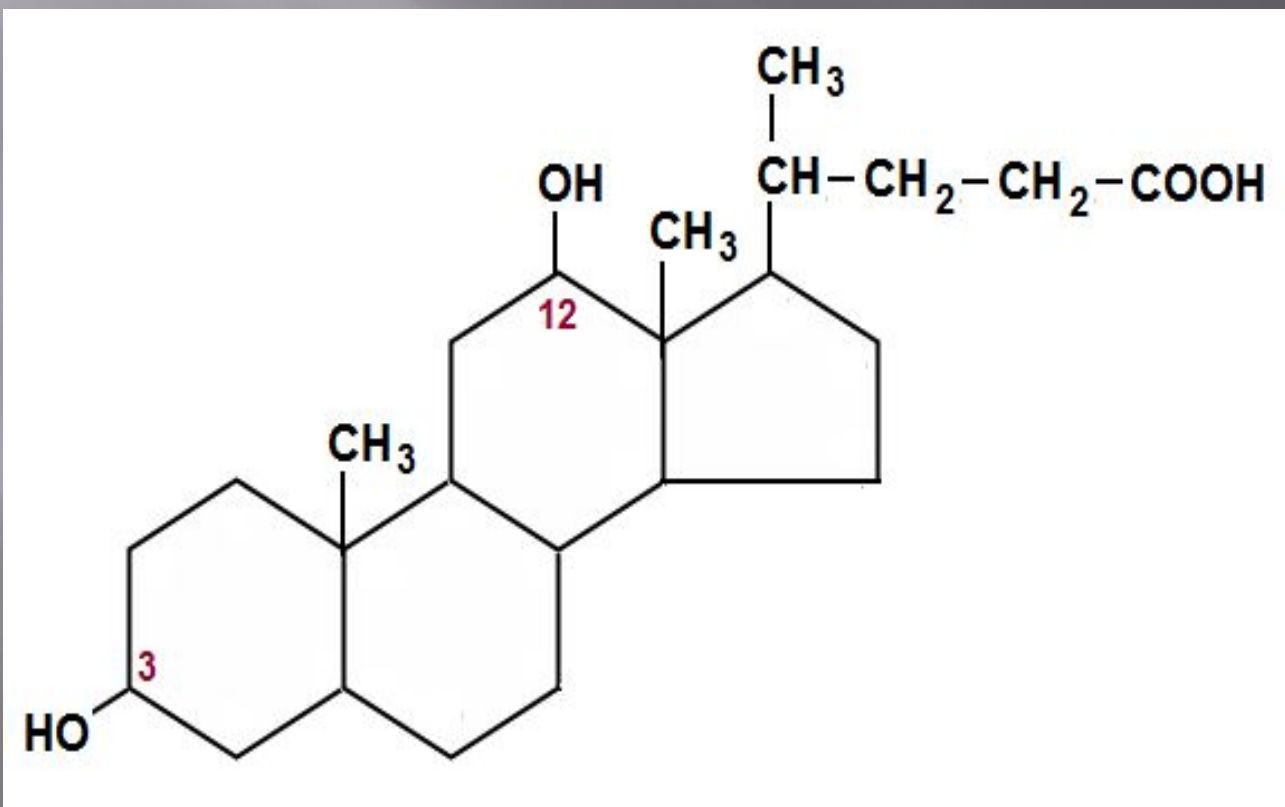
- 1) являются ПАВ, эмульгируют жиры в кишечнике,
- 2) активируют липазу
- 3) образуют холеиновые комплексы (мицеллы) для всасывания ВЖК и ХС

Холевая кислота -

3,7,12-тригидроксихолановая кислота

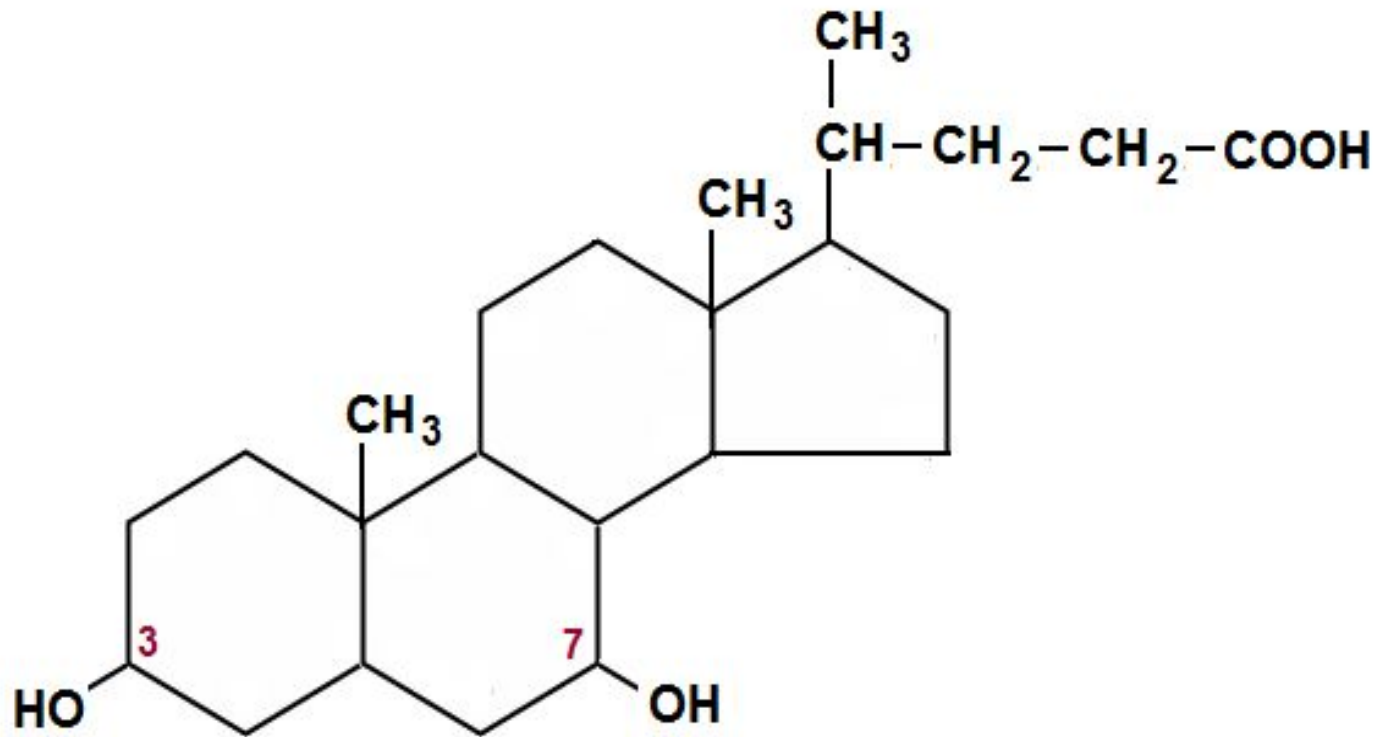


Дезоксихолеваая кислота -
3,12-дигидроксихолановая кислота



Хенодезоксихолеваая кислота -

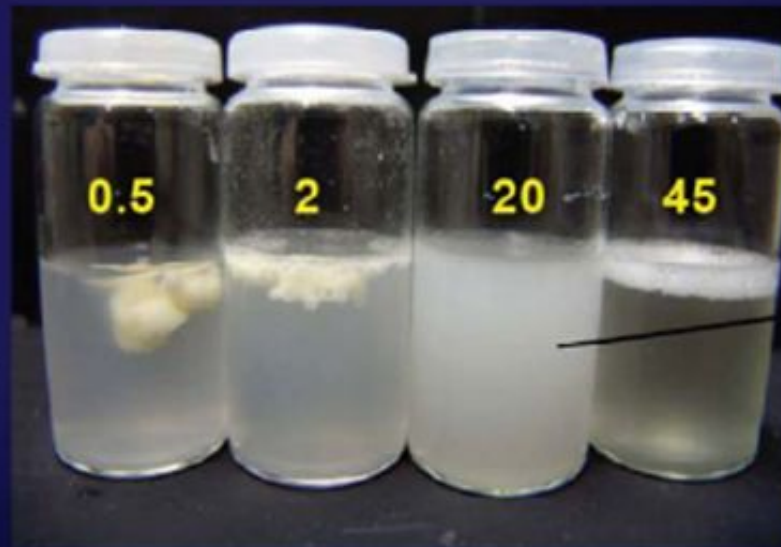
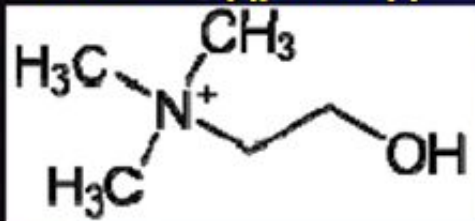
3,7-дигидроксихолановая кислота



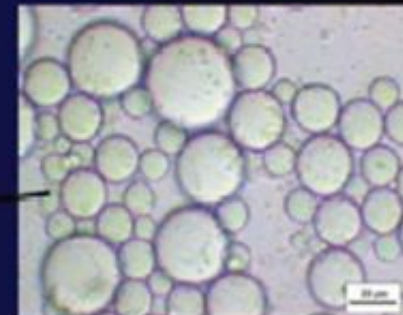
Солубилизация (растворение) триглицеридов (жиров)



+ Choline hydroxide
холин гидроксид



массовая доля холин : масло



Тест № 2

ОТВЕТИТЬ ПИСЬМЕННО ДОМА

- В чем отличие биологической мембраны от мыльного пузыря?



**ЛЕТНЯЯ СЕССИЯ ЧЕРЕЗ МЕСЯЦ, А
ТЫ ЕЩЕ НЕ ЗАКРЫЛ ЗИМНЮЮ**

Я ТОЖЕ ЛЮБЛЮ РИСКОВАТЬ

pik.abu.ru

Спасибо за Внимание !!!