

# ЛИПИДЫ



**ЛИПИДЫ – это жирные кислоты и их производные. Нерастворимы в воде. Растворимы в неполярных растворителях, таких как: хлороформ, эфир, бензол. Имеют низкую теплопроводность.**

**Жирные кислоты – алифатические монокарбоновые кислоты: R – COOH.**

**АЛИФАТИЧЕСКИЕ СОЕДИНЕНИЯ** (от греч. *aleiphar*, род. п. *aleiphatos* - жир) (жирные соединения, ациклические соединения), органические соединения, в молекулах которых атомы углерода образуют "открытые" линейные (алифатические соединения нормального строения) или разветвленные (алифатические соединения изостроения) цепи.

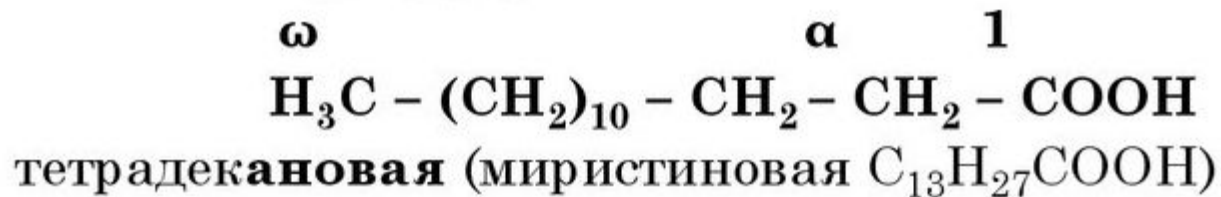
Включают углеводороды (напр., алканы, олефины) и их производные (напр., спирты, карбоновые кислоты, амины).

Подразделяются на насыщенные, которые содержат только простые связи (C-C), и ненасыщенные, содержащие кратные связи (C=C, C≡C). Основные источники углеводородов - нефть и природный газ, их производных - растительные и животные организмы.

# ЖИРНЫЕ КИСЛОТЫ

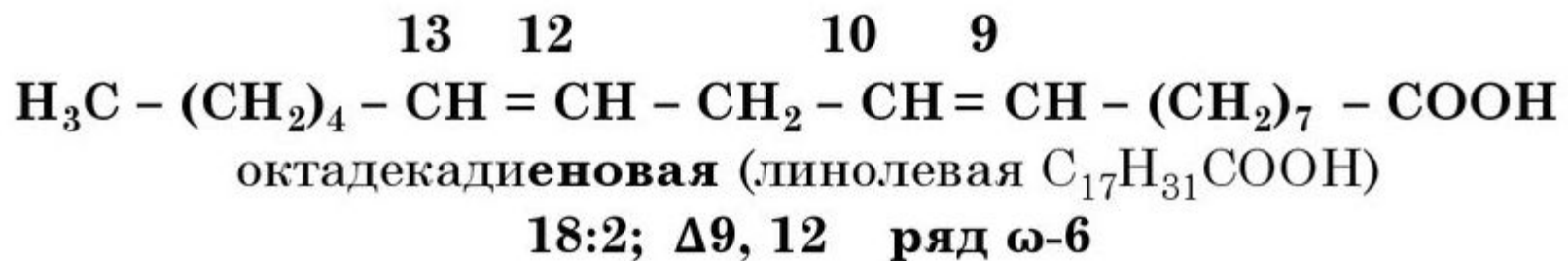
## АЛИФАТИЧЕСКИЕ КАРБОНОВЫЕ КИСЛОТЫ

**Насыщенные:**  $C_n H_{2n+1} COOH$



**Ненасыщенные:**  $C_n H_{(2n+1)-2m} COOH$

m – количество двойных связей (моно-, полиеновые)



- в природных жирах – четное число атомов С (12 – 24)
- природные полиеновые ЖК имеют цис-конфигурацию

# Вещества

Гидрофобные

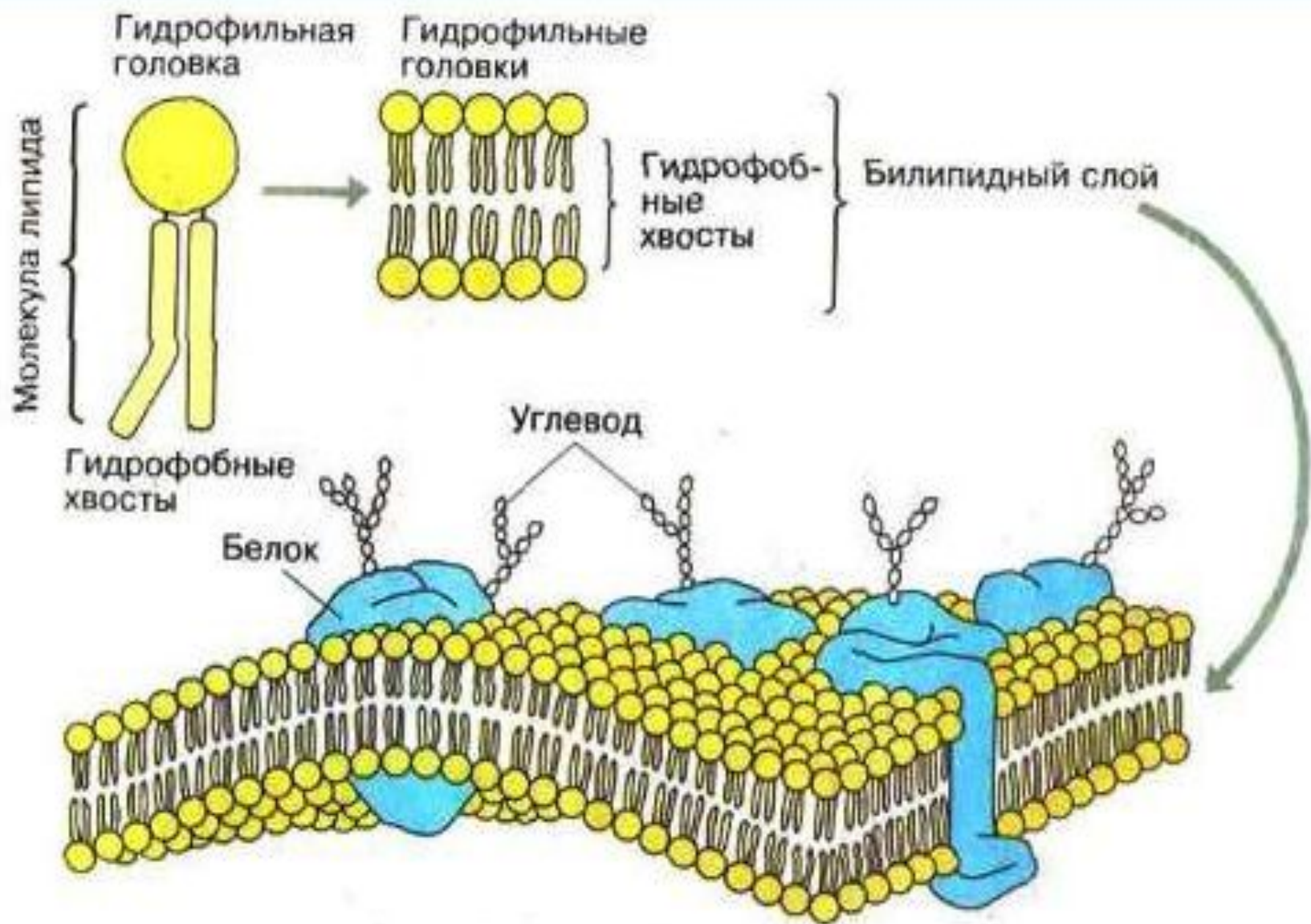
**Липиды, жиры,  
нерастворимые  
соли,  
некоторые белки**

Гидрофильные

**Соли, сахара,  
аминокислоты,  
нуклеиновые  
кислоты,  
спирты,  
неорганические  
Кислоты**

# Функции липидов

Функции	Сущность
1) Структурная	В состав мембран входят фосфолипиды, гликолипиды.
2) Энергетическая	При расщеплении одного грамма жира выделяется 38,9кДж. 9,8
3) Запасающая	Создание резервного источника энергии (капля жира в клетке, жировое тело насекомого, подкожная жировая клетчатка млекопитающих). ккал
4) Защитная	Водоотталкивающее средство (воск, перья, шерсть), электрическая изоляция, физическая защита от механических повреждений.
5) Терморегуляторная	Тепловая изоляция (подкожный жир «бурый жир»)- биологический обогреватель.
6) Источник эндогенной воды	Окисление 100г жира дает 107 мл воды.
7) Регуляторная	Липиды- предшественники синтеза жирорастворимых витаминов: А, D, Е, К.



*Строение клеточной мембраны*

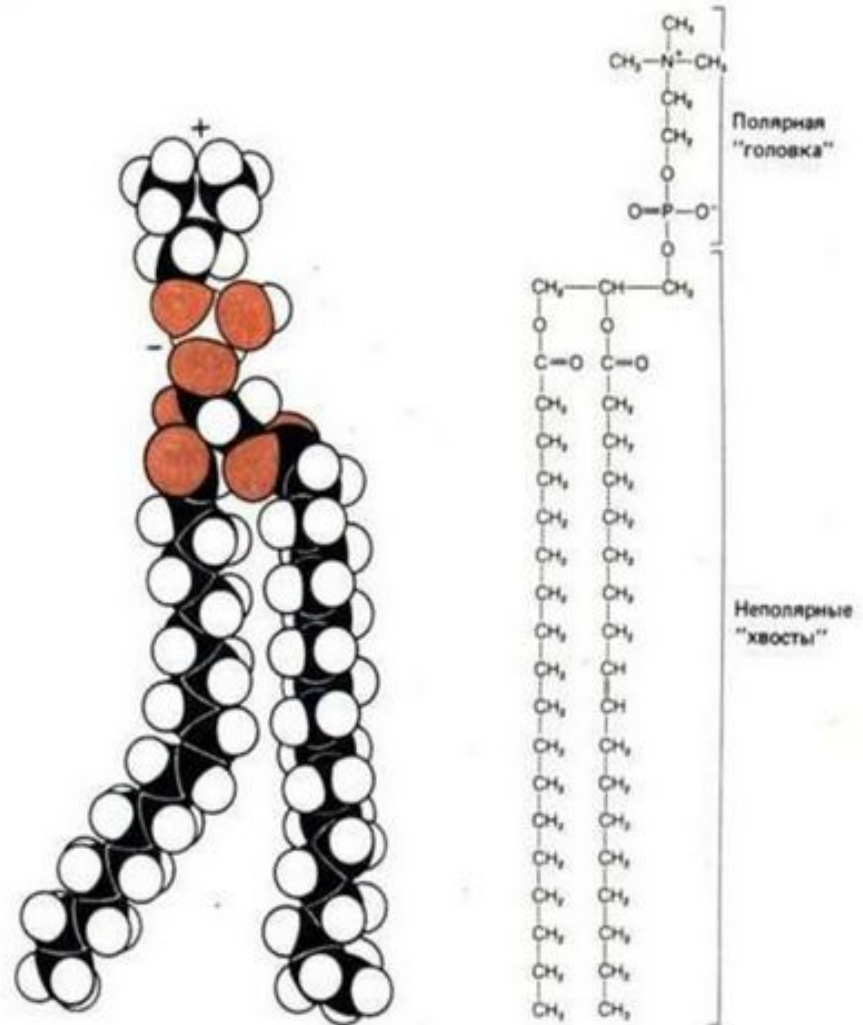
# Строение липидов

Липиды состоят из:

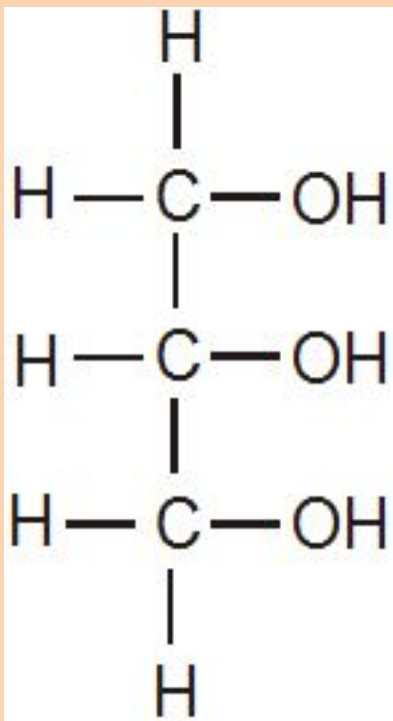
1. **полярной** (гидрофильной) **ГОЛОВКИ**,
2. **шейки**
3. **неполярных** (гидрофобных) **ХВОСТОВ**.

Головка образована:  
остатком фосфорной  
кислоты (фосфолипиды)  
или остатком сахаров  
(гликолипиды).

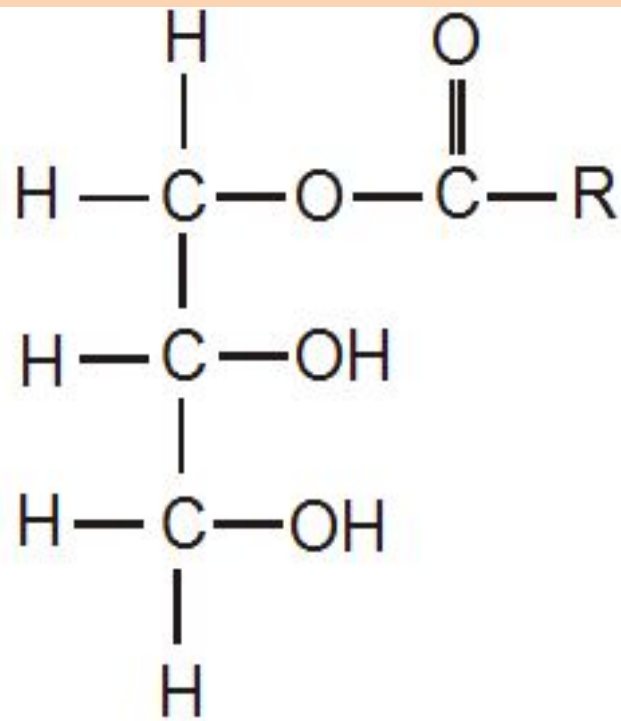
Шейка образована:  
остатком глицерина  
(глицеролипиды) или  
сфингозина  
(сфинголипиды).



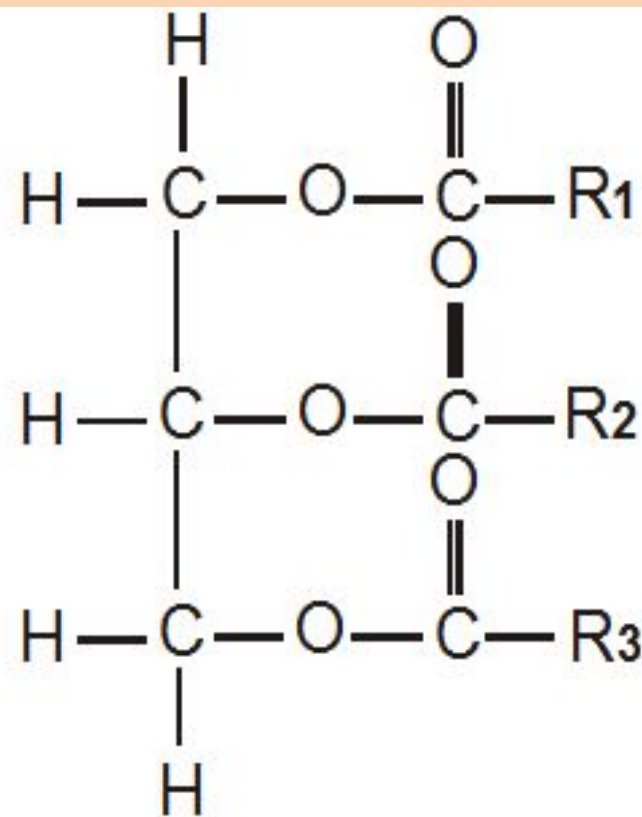




*Глицерол*



*1-моноацилглицерин*



*Триацилглицерин*



# ЛИПИДЫ

Органические вещества биологической природы, нерастворимые в воде, но растворимые в неполярных растворителях (бензол, эфир, хлороформ)

## ОМЫЛЯЕМЫЕ ЛИПИДЫ

При гидролизе в щелочной среде образуют спирт и соли жирных кислот

### ПРОСТЫЕ ЛИПИДЫ

При гидролизе образуют спирты и жирные кислоты

- ВОСКА
- ТРИАЦИЛГЛИЦЕРИНЫ (нейтральные жиры)

### СЛОЖНЫЕ ЛИПИДЫ

При гидролизе образуют спирты, жирные кислоты и другие вещества (углеводы, азотсодержащие вещества, фосфорную кислоту)

#### ФОСФОЛИПИДЫ

#### ГЛИКОЛИПИДЫ

- Цереброзиды
- Сульфолипиды
- Ганглиозиды

#### ГЛИЦЕРОФОСФОЛИПИДЫ

- Фосфатидилхолины (лецитины)
- Фосфатидилэтаноламины (кефалины)
- Фосфатидилсерины
- Фосфатидилинозитолы
- Плазмалогены
- Кардиолипиды

#### СФИНГОФОСФОЛИПИДЫ

Сфингомиелины

## НЕОМЫЛЯЕМЫЕ ЛИПИДЫ

Не гидролизуются в щелочной или кислой среде

Производные насыщенного углеводорода – циклопентанпергидрофенантрена. Стероиды делят на группы в зависимости от количества углеродных атомов боковой цепи у C<sub>17</sub>

#### СТЕРИНЫ, СТЕРИДЫ

Эфиры стерина и жирных кислот (восемь углеродных атомов у C<sub>17</sub>) – холестерин, эфиры холестерина

#### ЖЕЛЧНЫЕ КИСЛОТЫ

Холевая, дезоксихолевая и хенодезоксихолевая кислоты (пять углеродных атомов у C<sub>17</sub>)

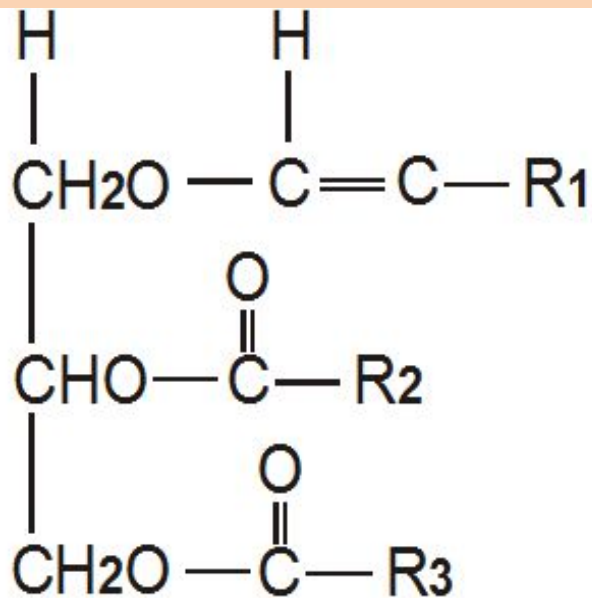
#### СТЕРОИДНЫЕ ГОРМОНЫ

Кортикостероиды и прогестероны (два углеродных атома C<sub>17</sub>)

#### СТЕРОИДНЫЕ ВИТАМИНЫ

Витамины D<sub>2</sub> и D<sub>3</sub>, провитамины D (эргостерин, 7-дегидрохолестерин), восемь углеродных атомов у

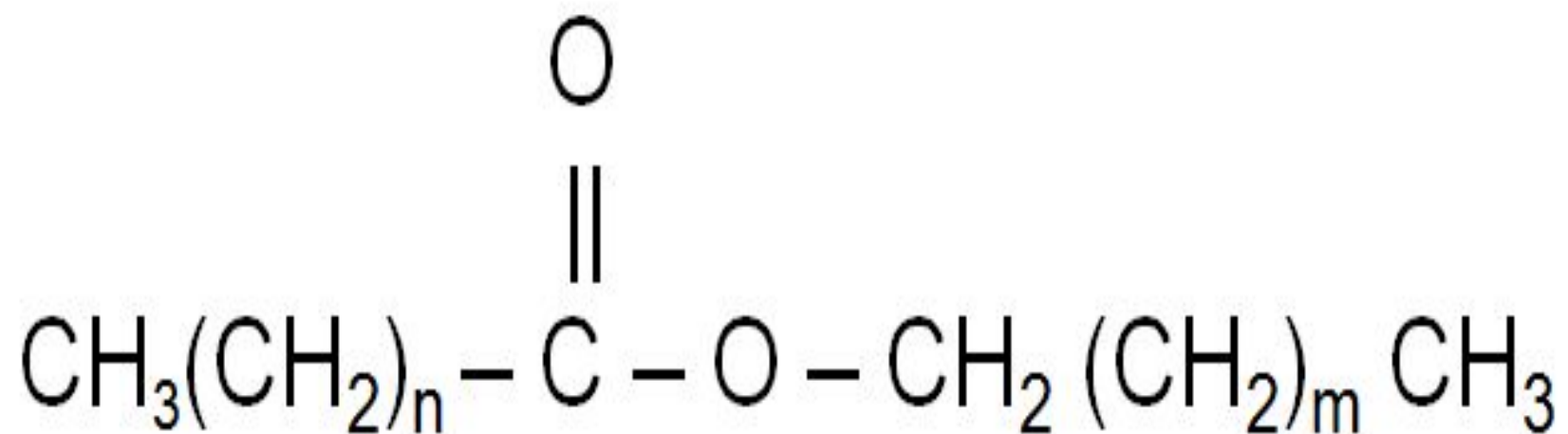
# Нейтральные плазмалогены



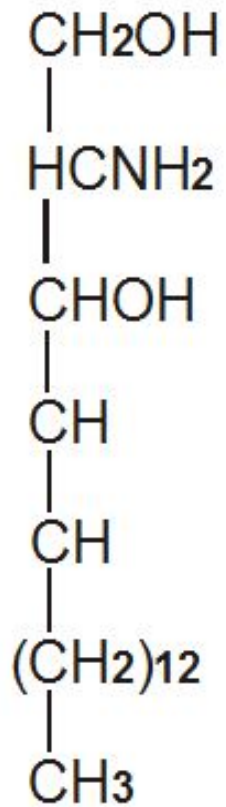
*Плазмоген*

*(R-ненасыщенный алифатический спирт, R<sub>1</sub>, R<sub>2</sub> - жирные кислоты)*

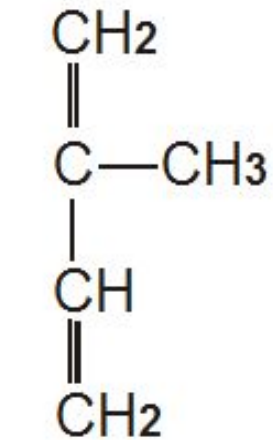
# Воска



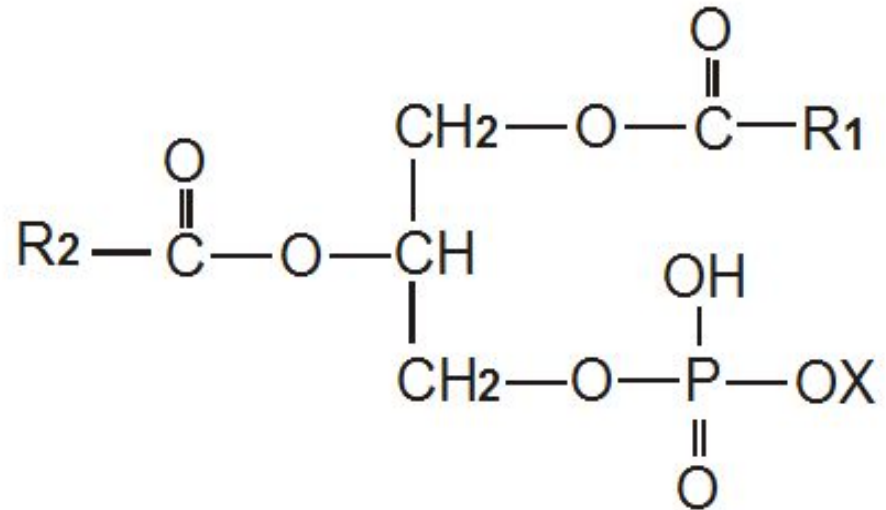
# Гликолипиды



Сфингозин

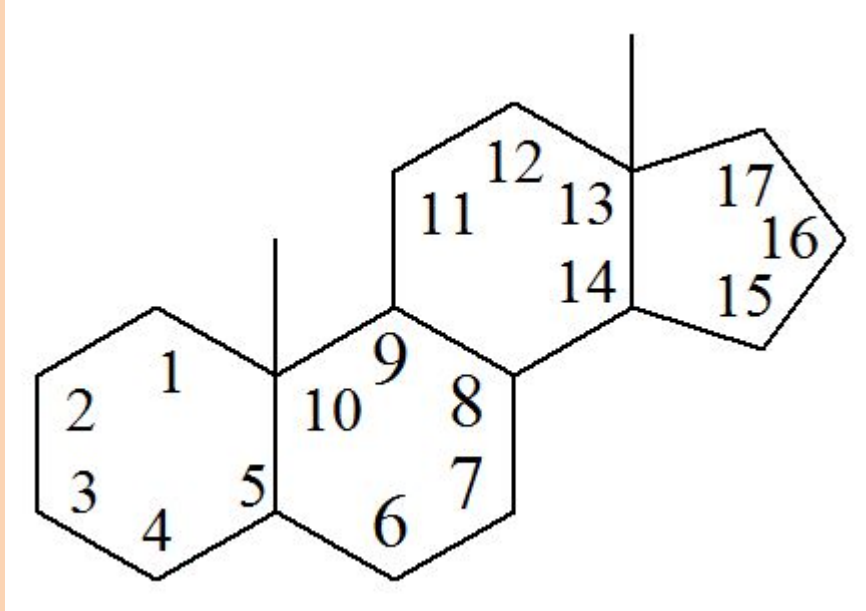


Изопрен

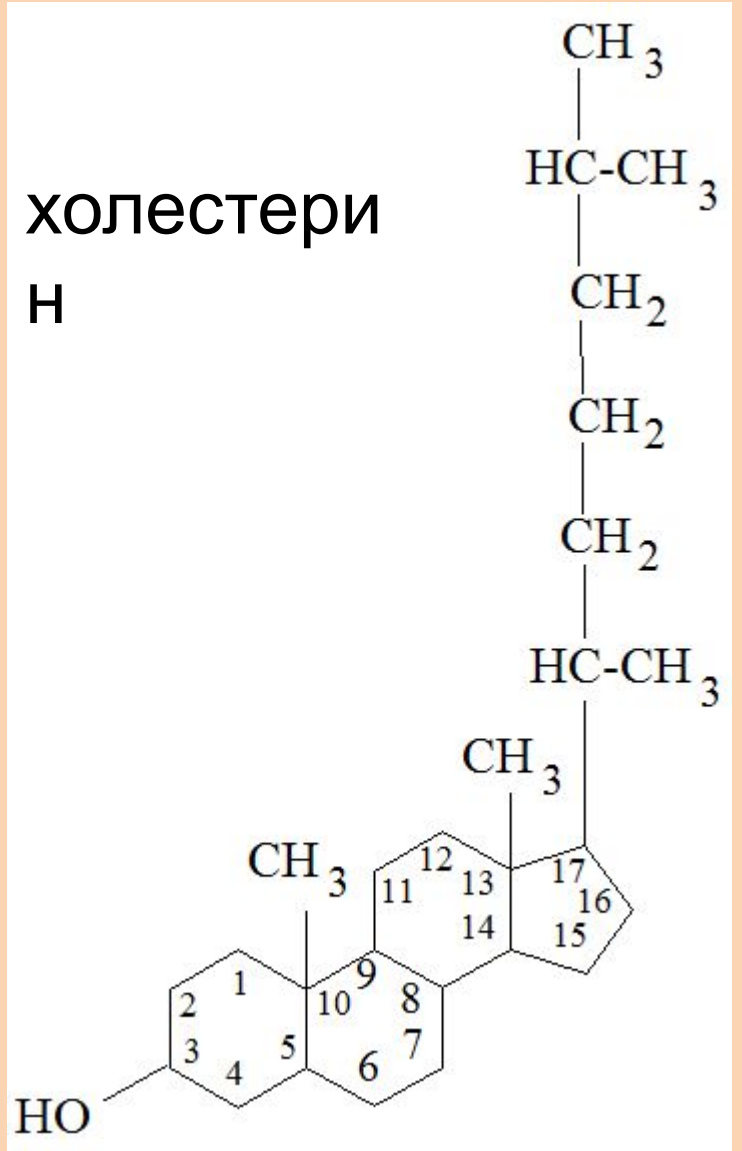


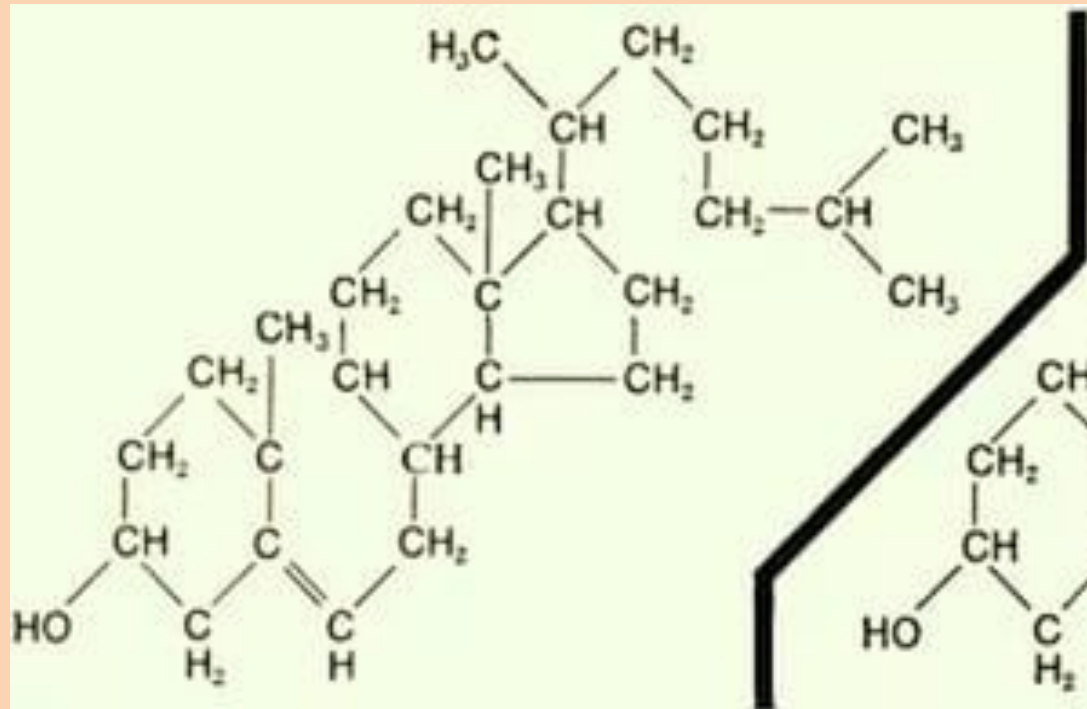
Глицерофосфолипид

# стероиды

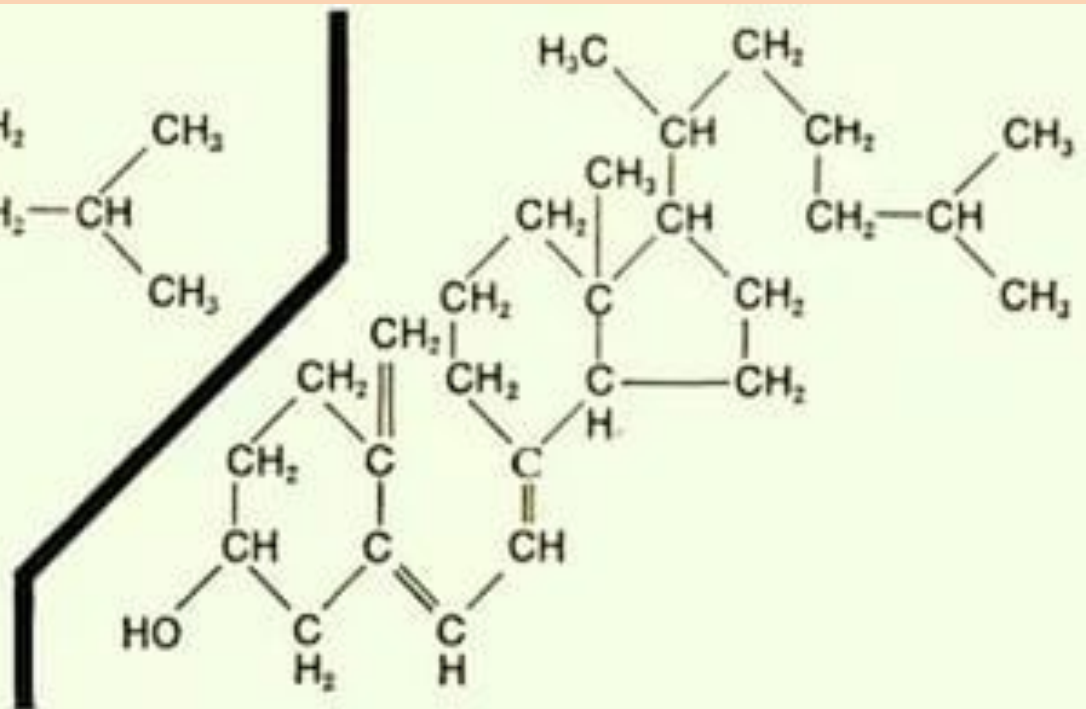


ЦОКЛОПЕНТАПЕРГИДРОФЕНА  
НТРЕН





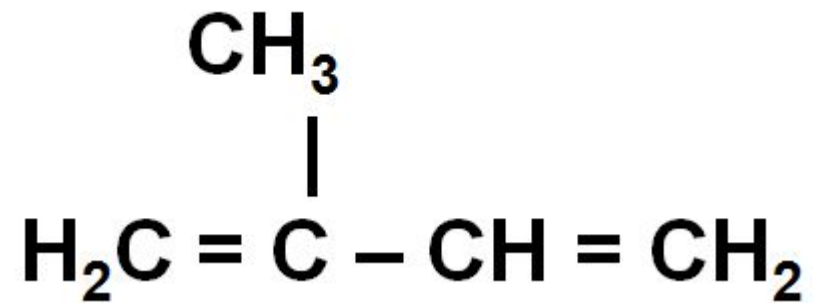
Структурная формула холестерина



Структурная формула витамина D<sub>3</sub>



# Терпены



**ИЗОПР  
ЕН**

# Химическая классификация липидов

```
graph TD; A[Химическая классификация липидов] --> B[Нейтральные липиды]; A --> C[Полярные липиды];
```

## Нейтральные липиды

- 1) Глицеролипиды
- 2) Диольные липиды
- 3) Воска
- 4) Эфиры холестерина

## Полярные липиды

- 1) Фосфолипиды
- 2) Сфинголипиды
- 3) Гликолипиды
- 4) Сульфолипиды
- 5) Фосфонолипиды

# ЛИПИДЫ

10 - 20 % от массы тела человека  
(10-12 кг)

до 18 кг

2-3 кг

резервные

структурные

ацилглицерины

все остальные

энергетическая  
ценность

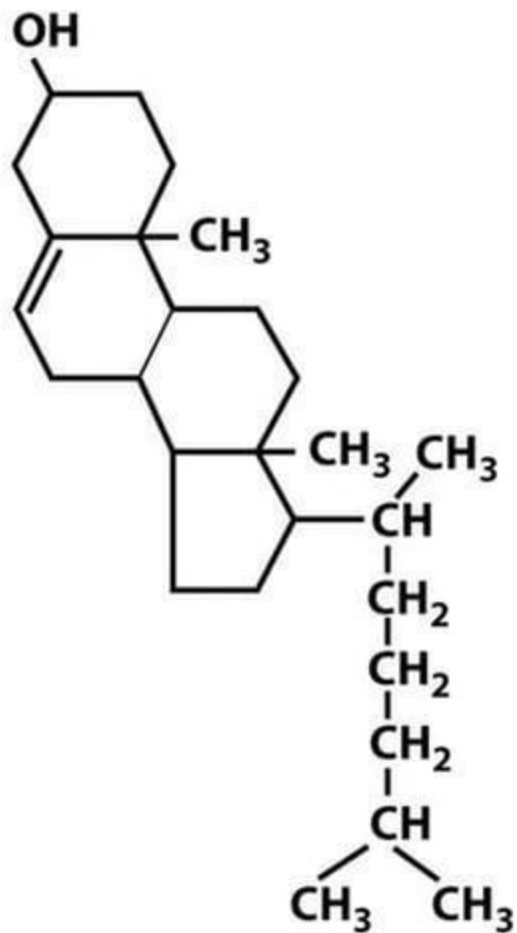
около 98%  
содержатся в  
жировой ткани

- биологические
- мембраны
- покровы растений
- покровы насекомых
- кожа животных

20- 25% в нервной  
ткани

40% в  
биологических  
мембранах

# ЛИПИДЫ КЛЕТОЧНЫХ МЕМБРАН



структурная формула  
холестерина

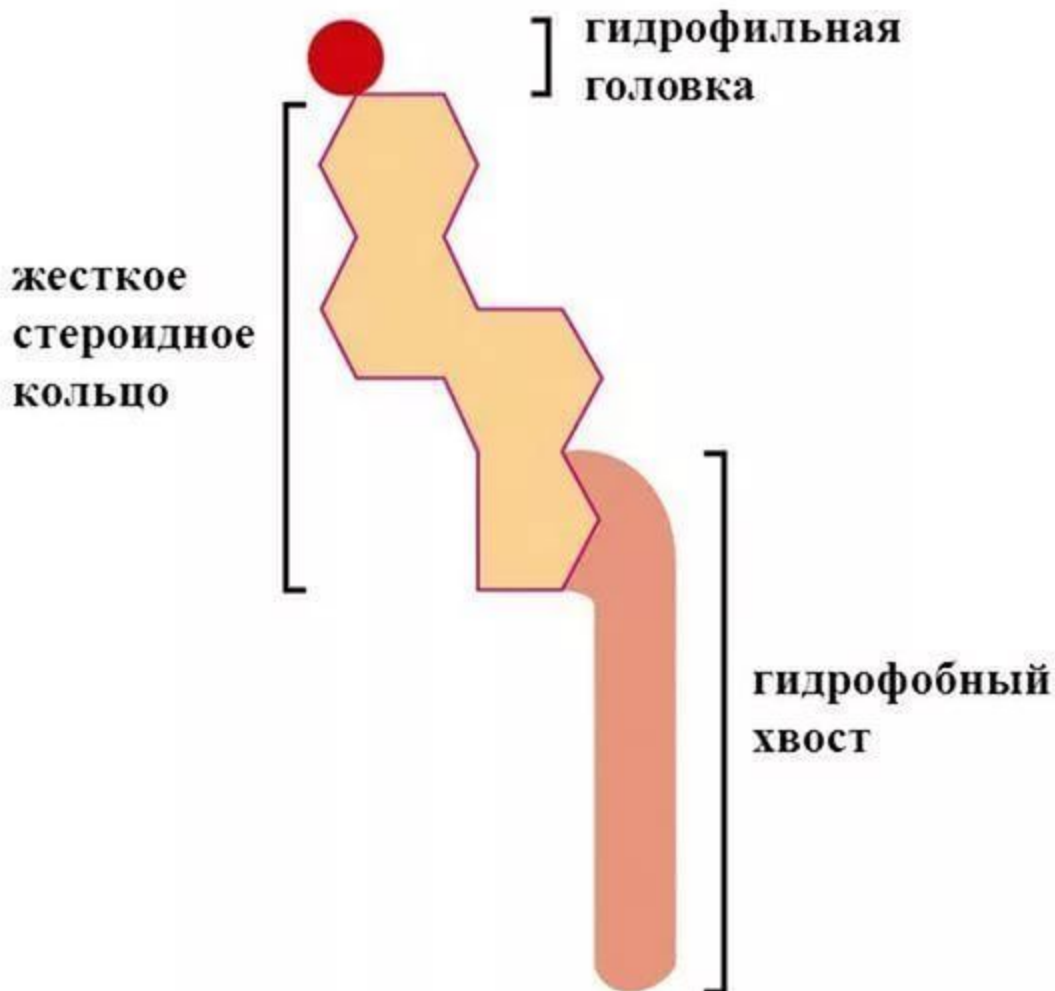


схема строения  
холестерина



Жирные кислоты	Основные пищевые источники
<i>Полиненасыщенные жирные кислоты:</i>	
$\omega$ -6	
линолевая	Овощное масло, орехи, семечки
$\omega$ -3	
линоленовая	Льняное, соевое масло
эйкозопентаеновая, дексозогексаеновая	Рыба, рыбий жир, планктон
<i>Мононенасыщенные жирные кислоты <math>\omega</math>-9:</i>	
олеиновая (цис-форма)	Растительные масла (оливковое, соевое, Подсолнечное), орехи, авокадо
олеиновая (транс-форма)	Маргарины
<i>Насыщенные жирные кислоты</i>	Продукты животного происхождения

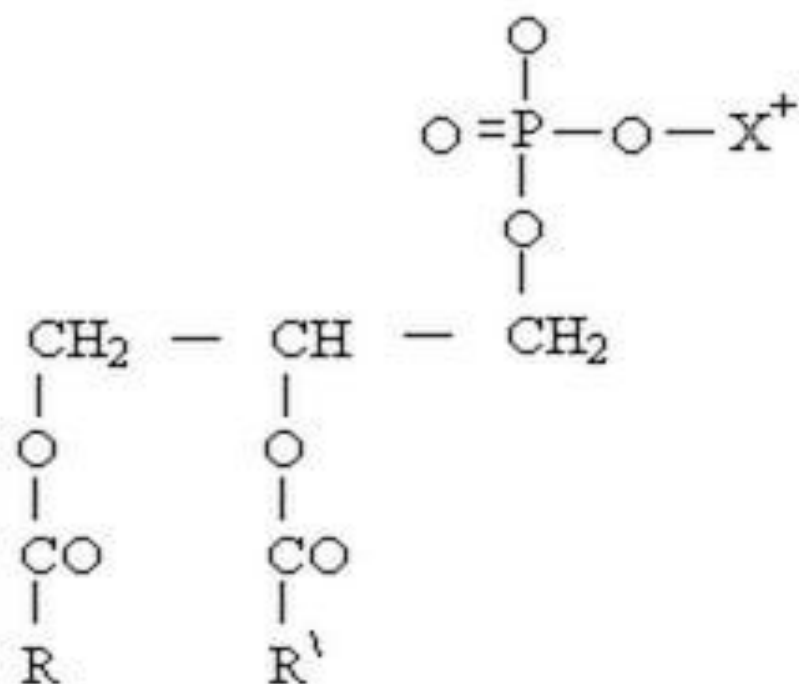
В пище и препаратах встречаются четыре вида Омега-3 полиненасыщенных жирных кислот (ПНЖК):

альфа-линоленовая кислота (**ALA**)

эйкозопентаеновая кислота (**EPA**)

докозагексаеновая кислота (**DHA**)

докозопентаеновая кислота (**DPA**)



где RCO - остаток насыщенной кислоты;

R'\text{CO} - остаток ненасыщенной кислоты;

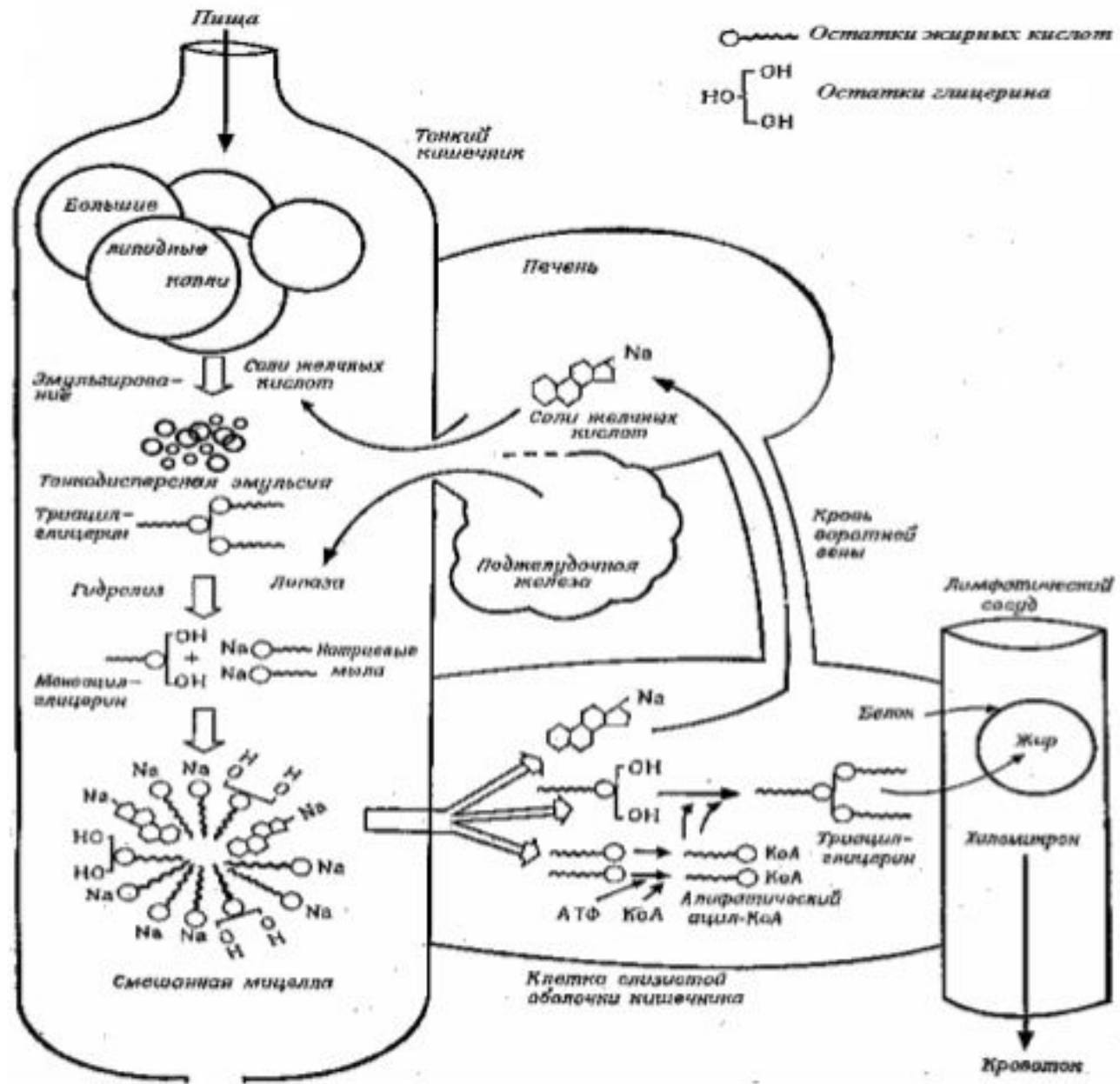
X = - CH<sub>2</sub> - CH<sub>2</sub> - NH<sub>3</sub><sup>+</sup> - фосфатидилэтаноламины;

- CH<sub>2</sub> - CH<sub>2</sub> - N(CH<sub>3</sub>)<sub>3</sub> - фосфатидилхолины;

- CH<sub>2</sub> - CH - COO<sup>-</sup> - фосфатидилсерины  
           |  
           NH<sub>3</sub><sup>+</sup>

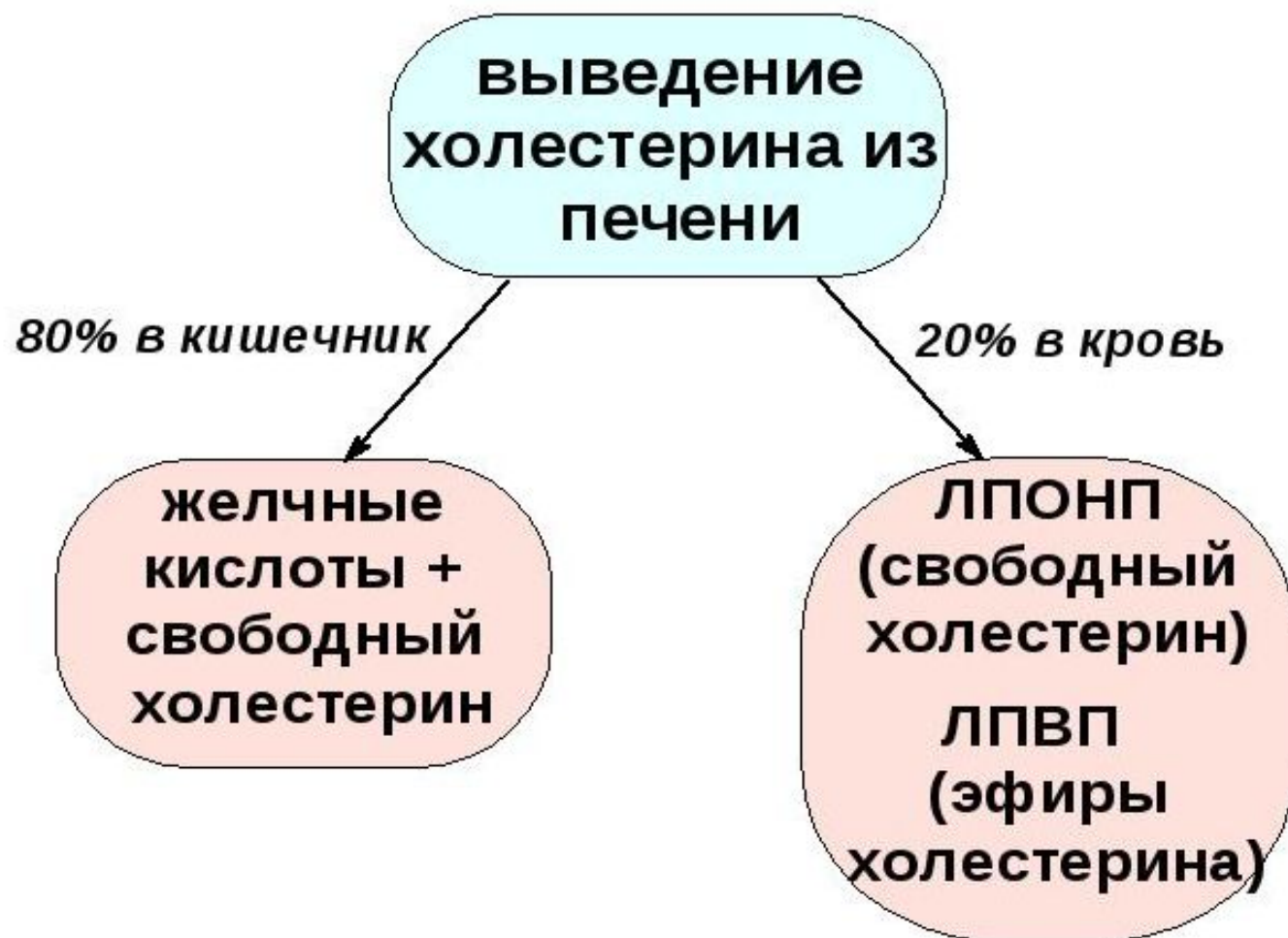






ПЕРЕВАРИВАНИЕ И ВСАСЫВАНИЕ ЖИРОВ

# СУДЬБА ХОЛЕСТЕРИНА



## Общая структура липопротеинов плазмы

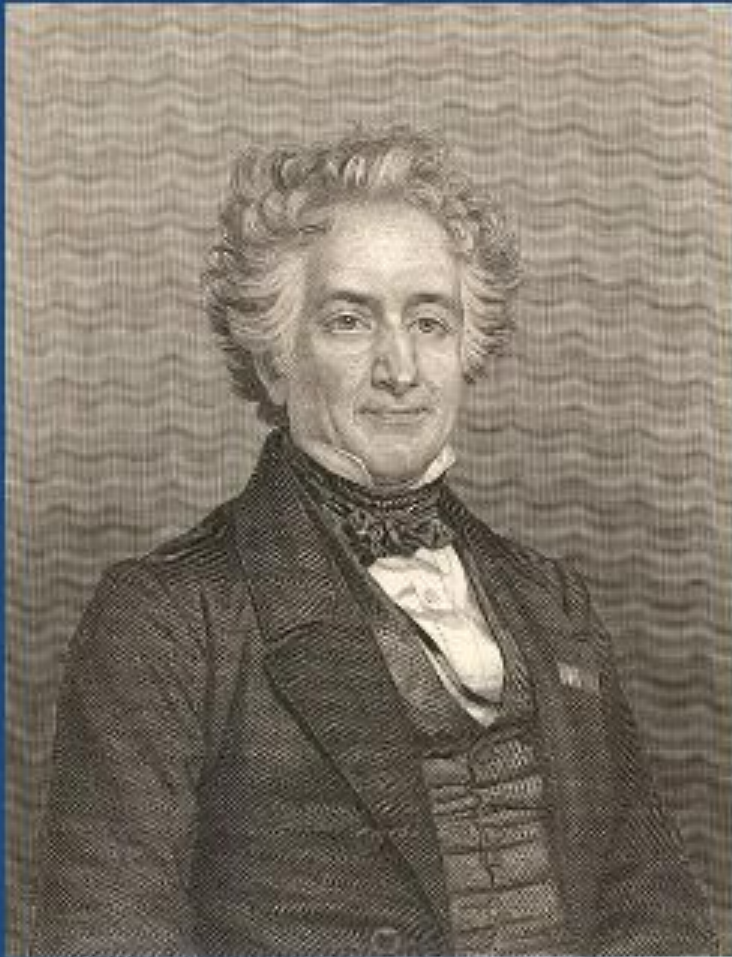


# История изучения жиров



- То, что в состав жиров входит глицерин, впервые выяснил в 1779 г. знаменитый шведский химик **Карл Вильгельм Шееле**. Нагревая оливковое масло с влажным свинцовым глётком ( $PbO$ ), он выделил из смеси неизвестное ранее жидкое вещество - «сладкое начало масел».

# История изучения жиров



- Впервые состав жиров определил в начале прошлого века французский химик **Мишель Эжен Шеврёль**, основоположник химии жиров.
- Действуя водными растворами кислот и щелочей на различные жиры, он получил в результате реакции гидролиза глицерин и различные жирные кислоты.

# История изучения жиров

- В 1854 французский химик **Марселен Бертло** (1827–1907) провел реакцию этерификации, то есть образования сложного эфира между глицерином и жирными кислотами и таким образом впервые синтезировал жир.



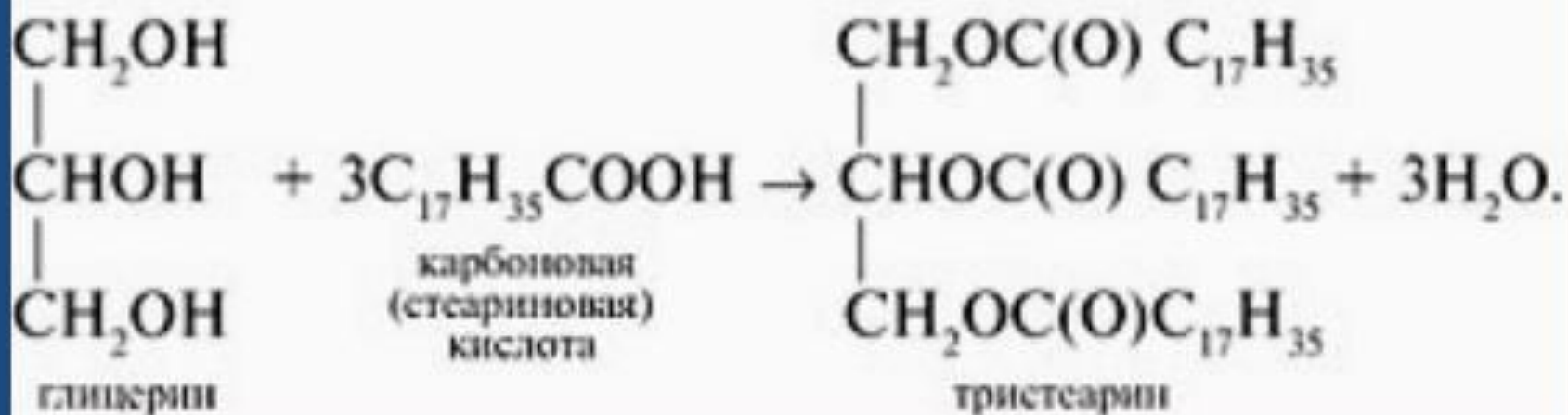
# История изучения жиров



- В 1859 его соотечественник **Шарль Вюрц** (1817–1884), используя реакцию, названную его именем, синтезировал жиры, нагревая трибромпропан с «серебряными мылами».

# Синтез жиров – реакция этерификации

Синтез одного из жиров (тристеарина)  
можно представить схемой:





# Химические свойства жиров

- Непредельные жиры могут вступать в реакцию **окисления**, например, окисляются кислородом воздуха, обесцвечивают раствор перманганата калия  $\text{KMnO}_4$  и бромную воду.



Облепиховое, пихтовое и подсолнечное масла обесцвечивают раствор  $\text{KMnO}_4$  после интенсивного встряхивания.

# Химические свойства жиров

- **Йодирование**. Для определения степени ненасыщенности жира используют «йодное число», которое равно массе йода, способного присоединиться к 100 г жира (для твердых жиров оно мало, а для жидких доходит до 200).
- Непредельные жиры способны к реакции **полимеризации**. Конопляное, льняное и др. масла являются высыхающими, так как в них из-за присутствия двойных связей возможна полимеризация – «сшивка» отдельных молекул с образованием нерастворимой пленки. Это свойство широко используют для приготовления натуральной олифы – растворителя для масляных красок.



- Конечно, намного проще и дешевле получать жиры из природных источников, но Бертелло и Вюрц вовсе не собирались заменять природный жир синтетическим. Проведенный ими так называемый «встречный синтез» однозначно доказывал состав природных жиров.



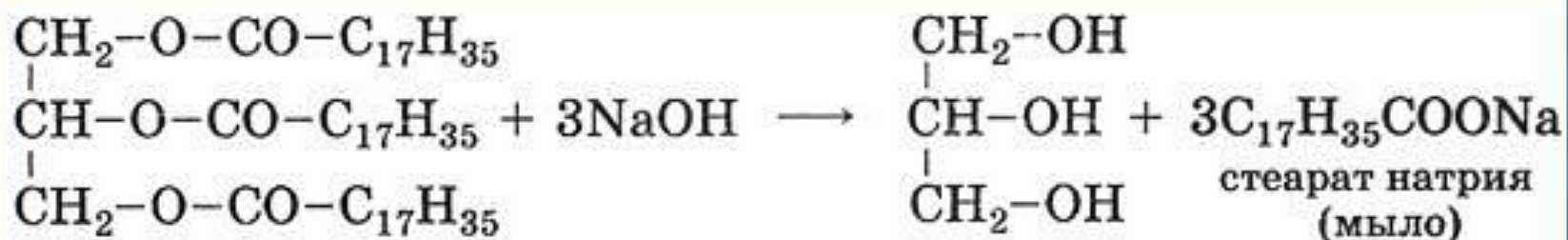
# Физические свойства жиров

- Животные жиры – *твердые* легкоплавкие вещества легче воды (плотность 0,91–0,94 г/см<sup>3</sup>), плохо проводят тепло.
- Большинство растительных масел – *жидкости*, застывающие ниже 0°С (подсолнечное – от –16 до –19° С, оливковое – от –2 до –6° С и потому оно легко замерзает).
- Кипят масла при атмосферном давлении лишь при высокой температуре (порядка 300°С) и при этом разлагаются; их можно перегонять только в вакууме.



# Химические свойства жиров

- **Гидролиз**



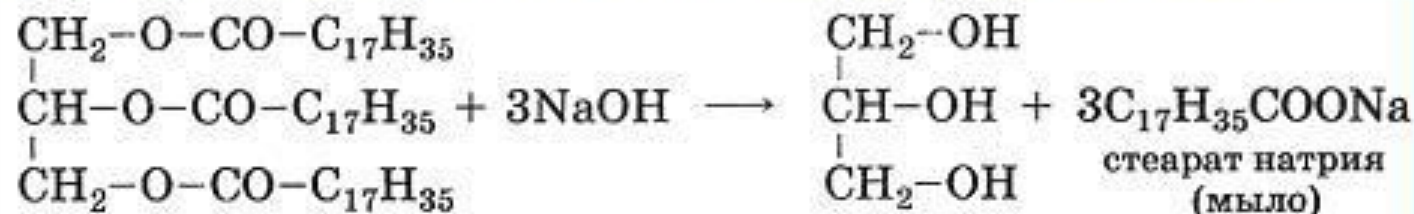
- При длительном хранении в обычных условиях жиры, например сливочное масло, подвергаются частичному гидролизу. Образовавшаяся, хотя и в небольшом количестве, масляная (бутановая) кислота  $\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{COOH}$  придает сливочному маслу неприятный вкус и запах.

Этот процесс называют **прогорканием**.



# Химические свойства жиров

- Щелочной гидролиз – **омыление**



- Этот процесс известен с древних времен, когда для получения мыла животные жиры кипятили с водой и древесной золой, содержащей карбонат калия.



- На реакции щелочного гидролиза основан один из традиционных методов исследования жиров – определение их «эфирного числа», которое равно массе KOH (мг), необходимой для омыления 1 г жира, для говяжьего жира это число составляет 185–190.



