

# Лекция 9: ЛИПИДЫ

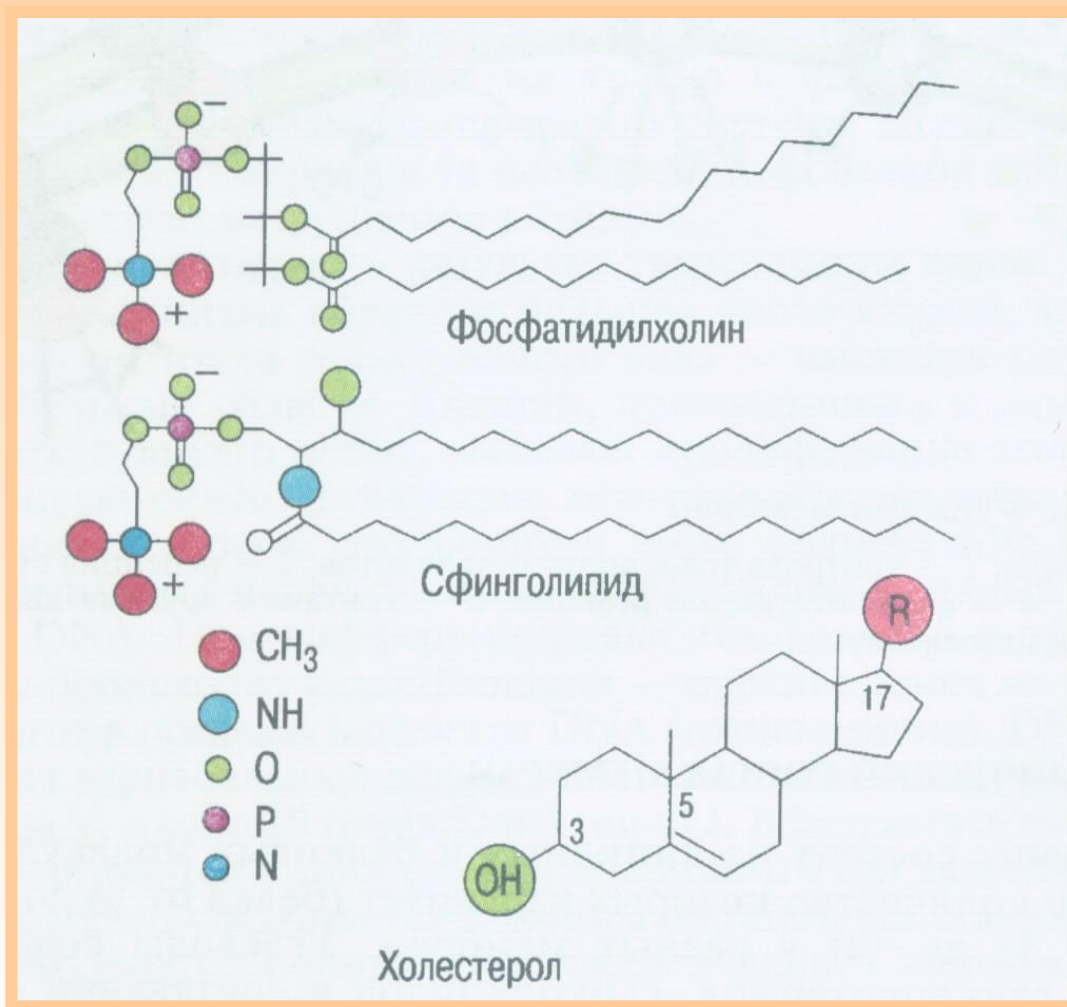


# Липиды

- Классификация:
  - 1.Омыляемые и неомыляемые липиды
  - 2.Простые и сложные липиды
- Строение
- Основные составляющие:  
высшие карбоновые кислоты и спирты
- Свойства: гидролиз, окисление

Липиды - это большая группа разнородных веществ, содержащихся в животных и растительных тканях.

Липиды растворимы в органических растворителях и не растворимы в воде

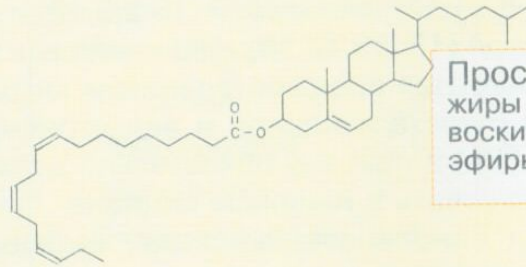
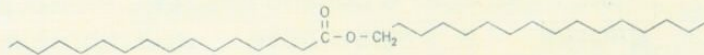


# Биологические функции липидов

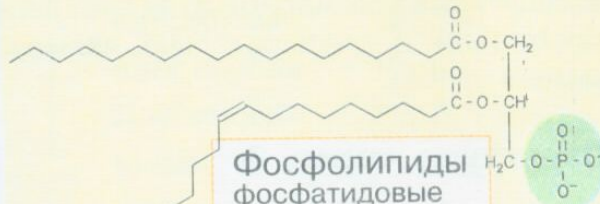
- компоненты клеточных мембран
- основная форма запасаения углерода и энергии
- защитные барьеры, предохраняющие от термического, электрического, физического воздействий
- предшественники важных биосоединений

# Классификация липидов

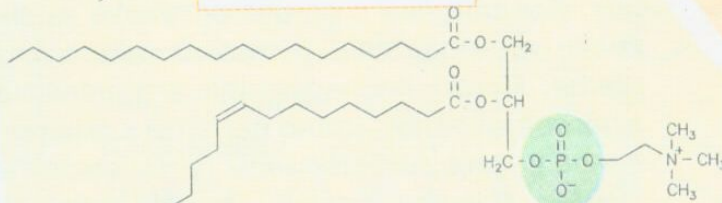
## Омыляемые липиды



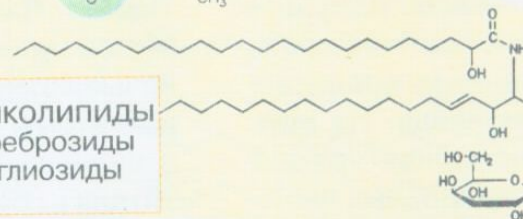
Простые эфиры  
жиры  
воски  
эфиры стерина



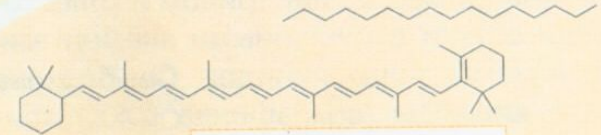
Фосфолипиды  
фосфатидовые  
кислоты  
фосфатиды  
сфинголипиды



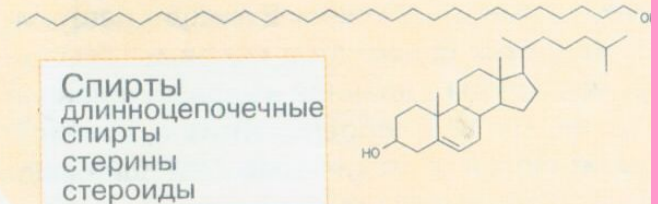
Гликолипиды  
цереброзиды  
ганглиозиды



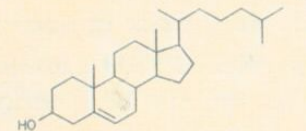
## Неомыляемые липиды



Углеводороды  
алканы  
каротиноиды



Спирты  
длинноцепочечные  
спирты  
стерины  
стероиды



Кислоты  
жирные  
кислоты  
эйкозаноиды



# Липиды

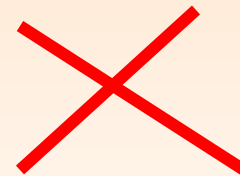
Омыляемые

$\text{H}_2\text{O}$

Смесь веществ:  
карбоновые  
кислоты,  
спирты и пр.

Неомыляемые

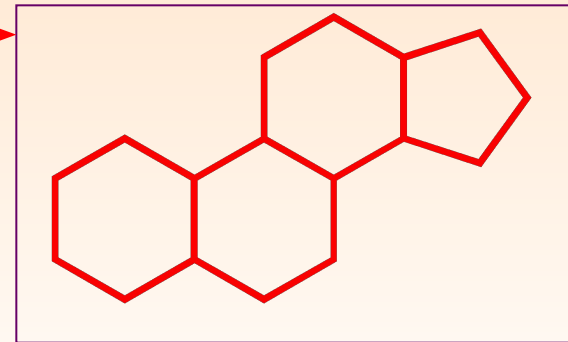
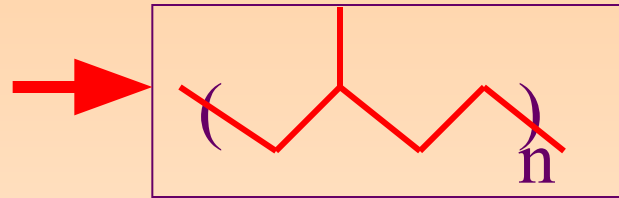
$\text{H}_2\text{O}$



Нет гидролиза

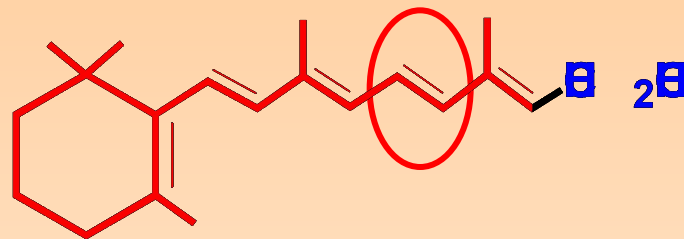
# Низкомолекулярные биорегуляторы (неомыляемые липиды)

- **Изопреноиды**-соединения, построенные из фрагментов **изопрена**
- **Стероиды**-соединения, имеющие в основе структуру **эстрана**



# Жирорастворимые витамины (изопреноиды)

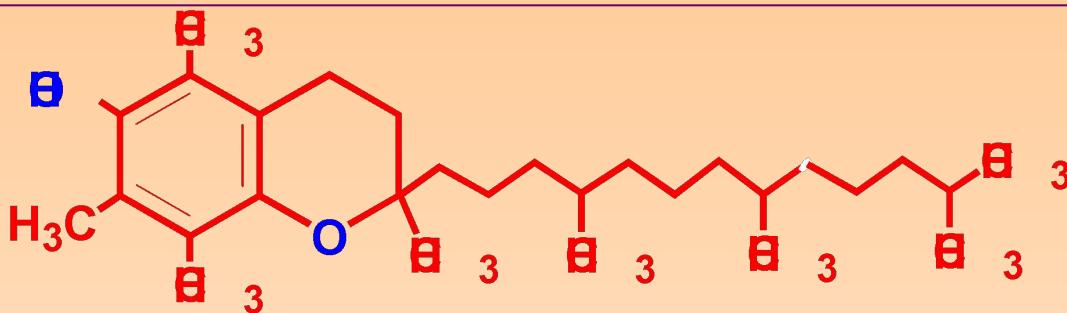
Каротиноиды,  
 $\beta$ -каротин и  
витамин А



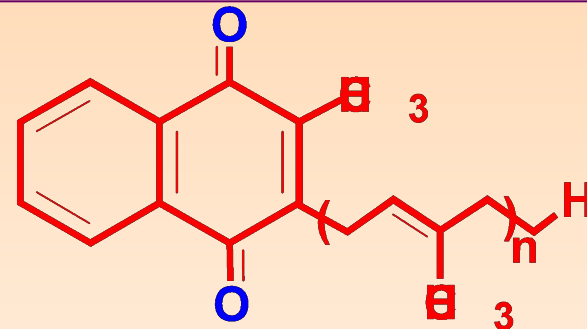
Витамин А - ретинол, необходим для нормального эмбрионального развития, играет большую роль в фотохимических процессах зрения



Витамин Е  
( $\alpha$ -токоферол)

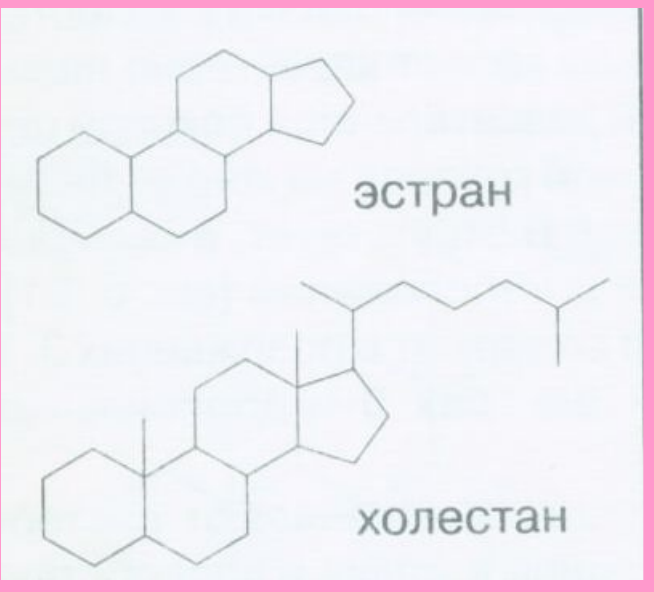


Витамин К

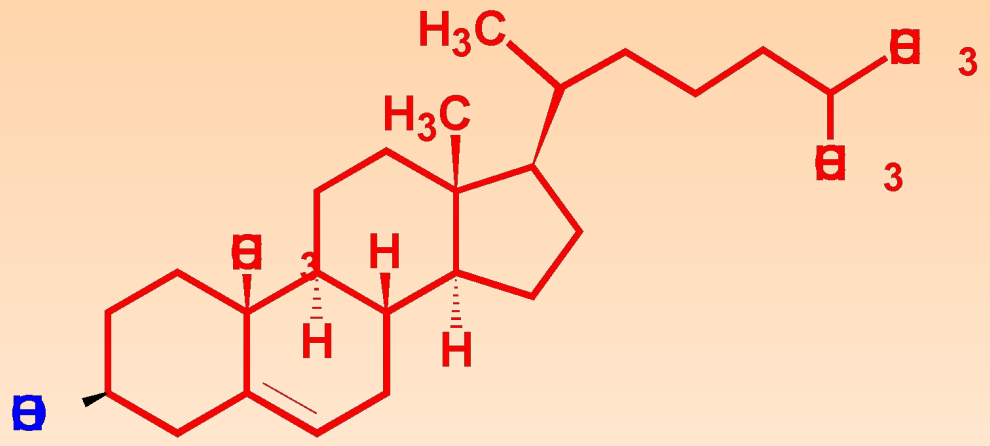


«Ловушка»  
для свободных  
радикалов,  
антиоксидант

Регулятор системы  
свертывания крови

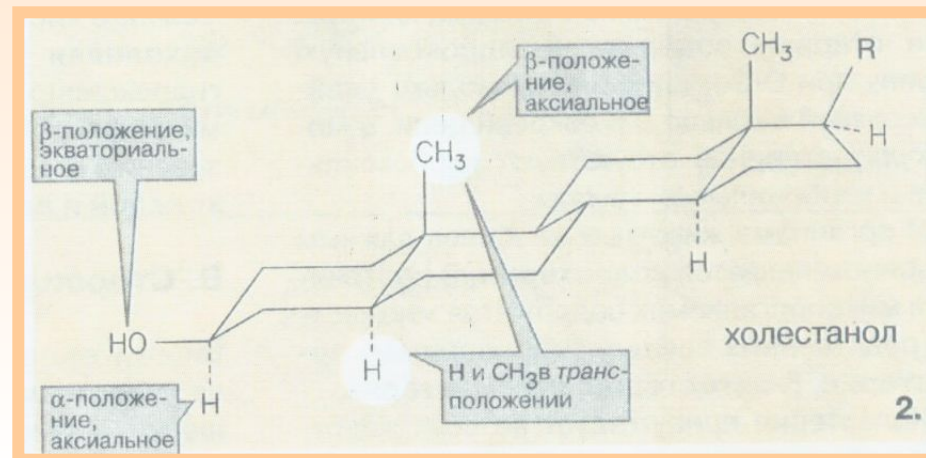


# холестерин

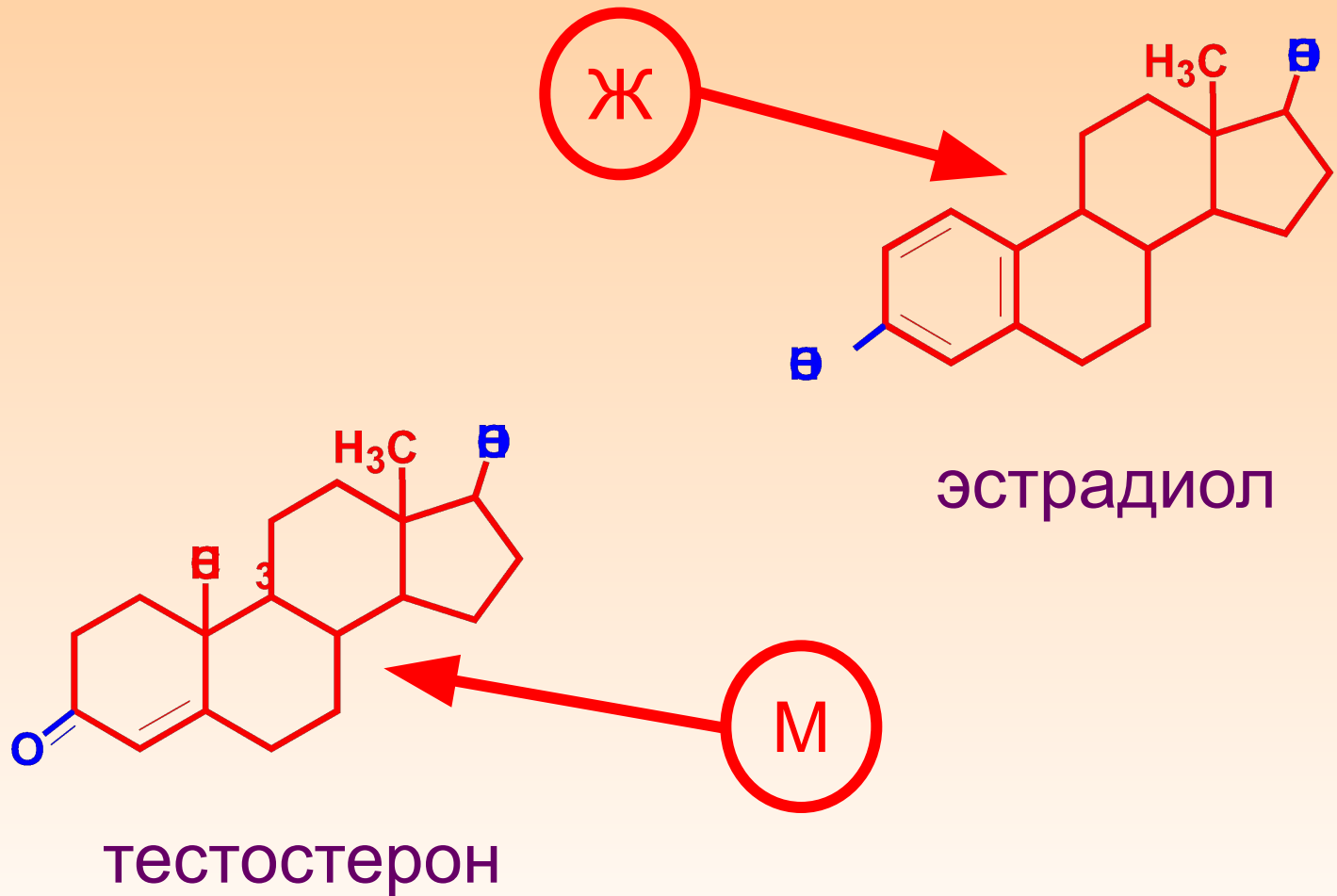


# Биологическое значение холестерина

Холестерин присутствует во всех животных тканях является важнейшей частью клеточных мембран, где регулирует их текучесть. Запасной и транспортной формами холестерина являются его эфиры с желчными кислотами

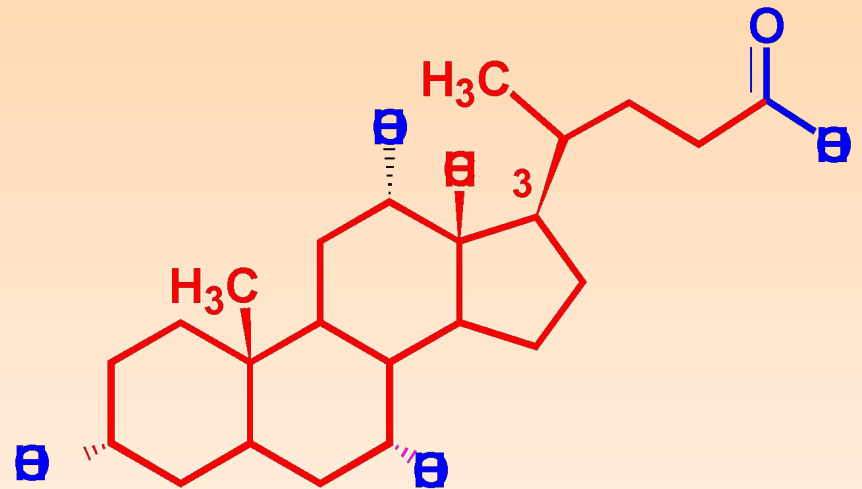


# Стероидные гормоны



# Желчные кислоты

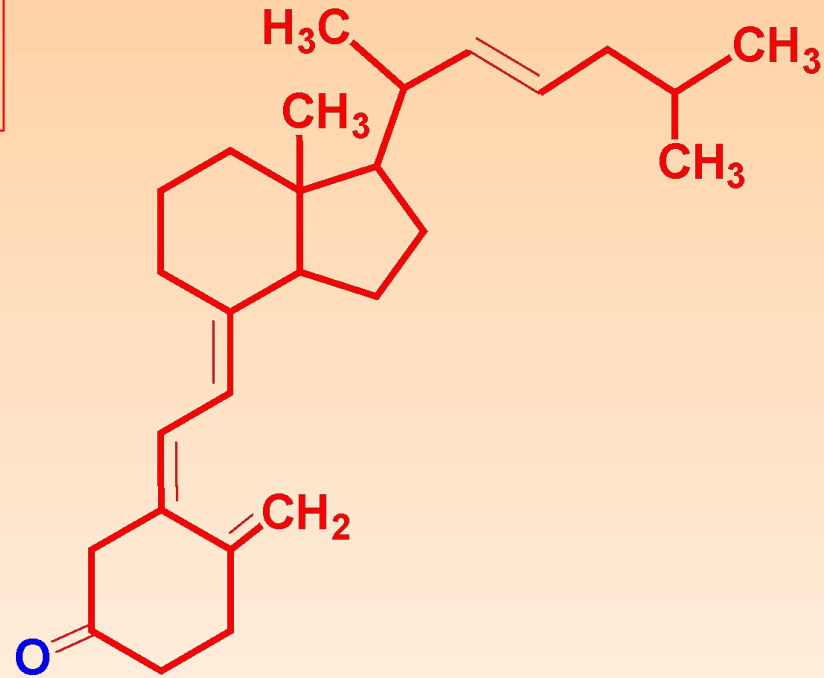
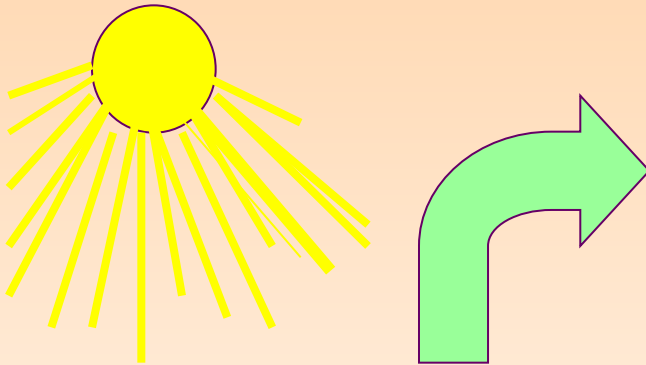
Обеспечивают растворимость холестерина в желчи;  
способствуют эмульгированию и перевариванию жиров



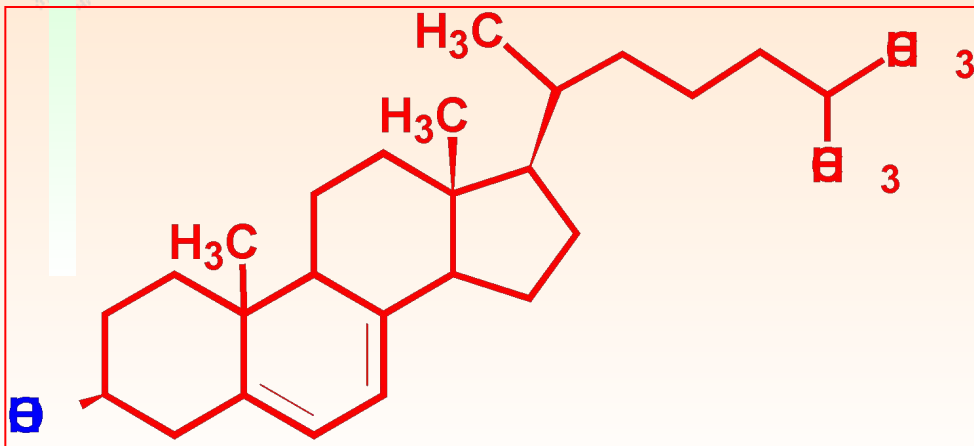
Холевая кислота

# Витамин D - кальциферол

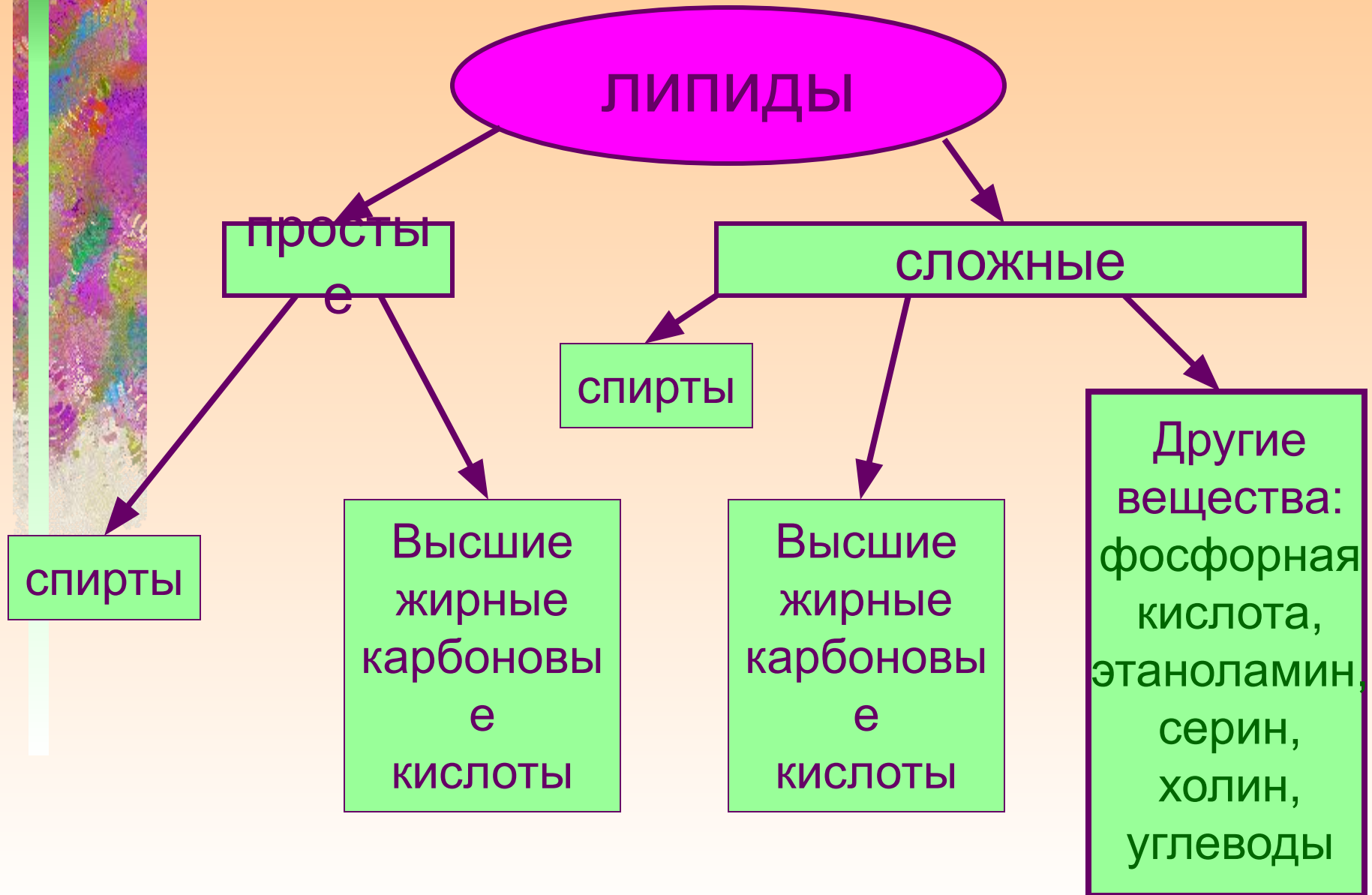
Регулирует метаболизм  
кальция,



При недостатке  
витамина D у детей  
развивается рахит



# Классификация омыляемых липидов



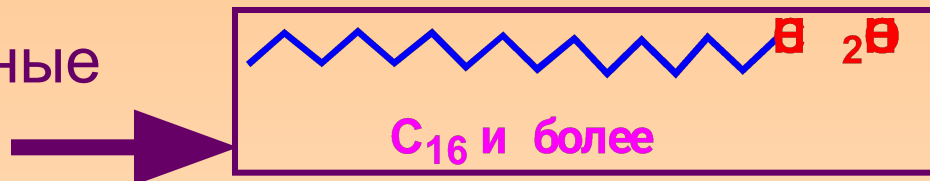
# Структурные компоненты липидов

Обязательные компоненты:  
спирты и  
высшие карбоновые кислоты

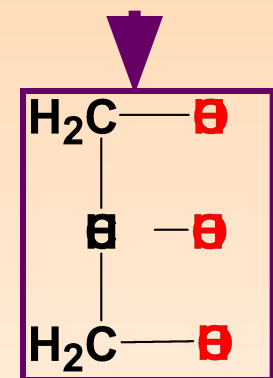


# Спирты

- Высшие одноатомные спирты

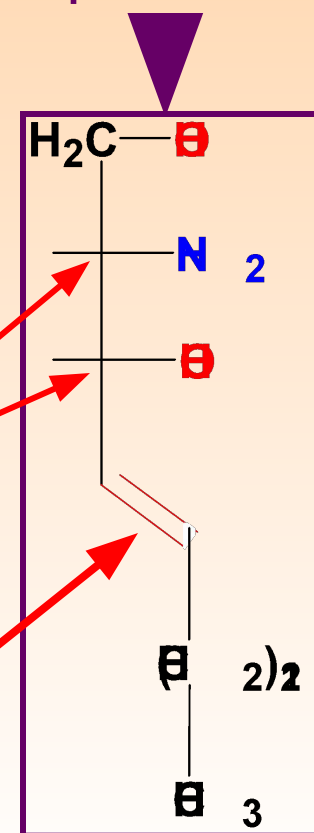


- Трехатомный спирт  
глицерин



D-конфигурация

- Двухатомный аминоспирт  
сфингозин



Транс-  
двойная связь

# Высшие жирные кислоты липидов

Название	Число атомов С и связей С=C	Формула	T <sub>пл.</sub>
<b>Насыщенные</b>			
Лауриновая	C <sub>12</sub>		44
Миристиновая	C <sub>14</sub>		54
Пальмитиновая	C <sub>16</sub>		64
Стеариновая	C <sub>18</sub>		70
Арахидиновая	C <sub>20</sub>		78,5

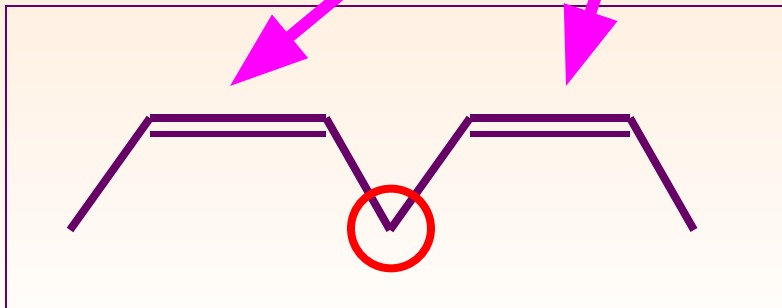
# Высшие жирные кислоты липидов

## Ненасыщенные

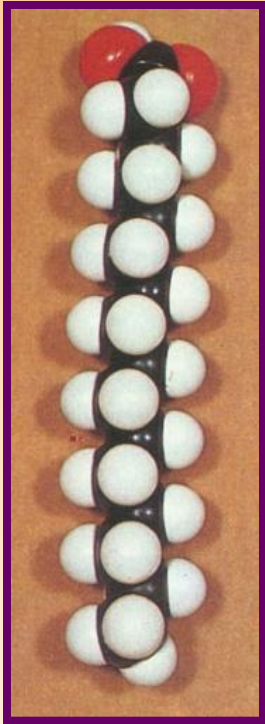
Название	Число атомов С и связей C=C	Формула	T <sub>пл.</sub>
Пальмитоолеиновая	C <sub>16:1;9</sub>		-0,5
Олеиновая	C <sub>18:1;9</sub>		14
Линолевая	C <sub>18:2;9,12</sub>		-5
Линоленовая	C <sub>18:3;9,12,15</sub>		-11
Арахидоновая	C <sub>20:4;5,8,11,14</sub>		-49,5
Элаидиновая	C <sub>18:1;9</sub>		52

# Особенности строения жирных природных кислот

- Линейная углеродная цепь
- Четное число атомов С  
(чаще всего от  $C_{18}$  до  $C_{20}$ )
- Двойные связи имеют **цис**-конфигурацию
- Двойные связи разделены одной  $CH_2$ -группой

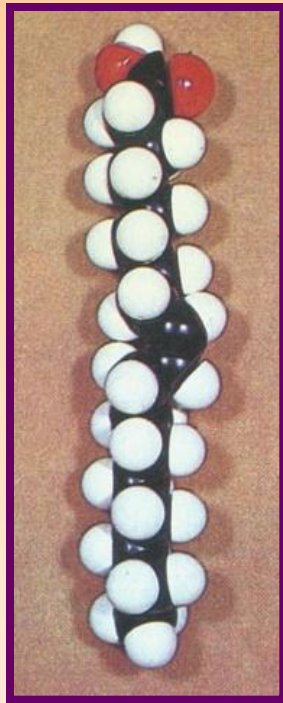


# Строение природных карбоновых кислот



**C16**

пальмитиновая



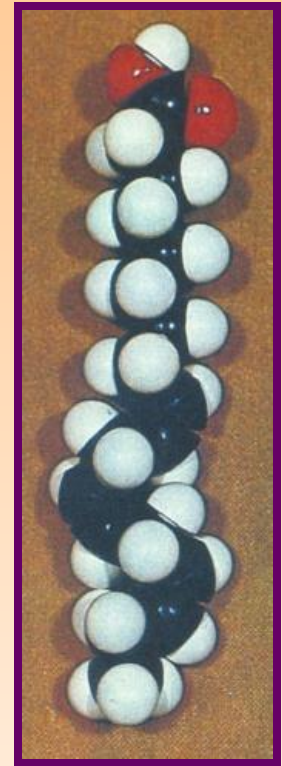
**C 18:1; 9**

олеиновая




**C18:2; 9,12**

линолевая



**C18:3; 9,12,15**

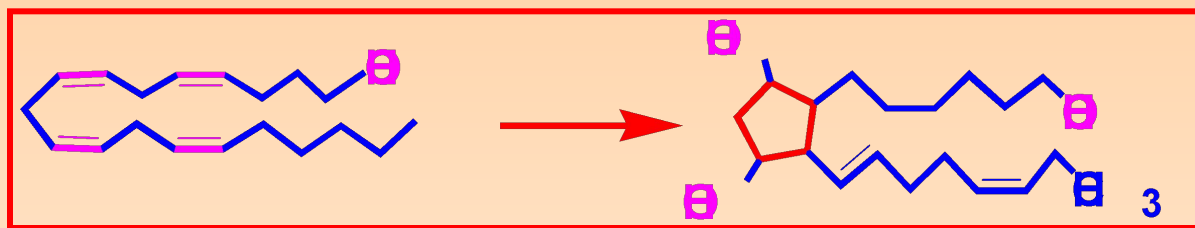
линоленовая



**Незаменимые** карбоновые кислоты -  
**линолевая и линоленовая** (5 г в день)  
Способствуют снижению в крови  
холестерина

**Транс- ВКК** - сильный атерогенный фактор,  
образуются при гидрировании растительных  
масел с целью получения твердых жиров  
(маргаринов)

# Простагландины имеют широкий спектр биологического действия



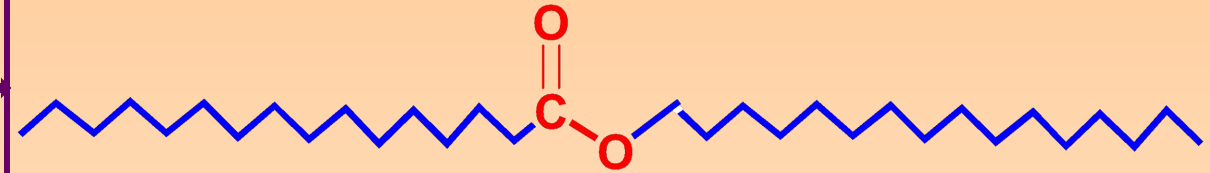
Арахидоновая  
кислота

Простагландин

Простагландины расширяют сосуды,  
ингибируют свертывание крови,  
ингибируют выделение желудочного сока  
стимулируют работу легких и бронхов

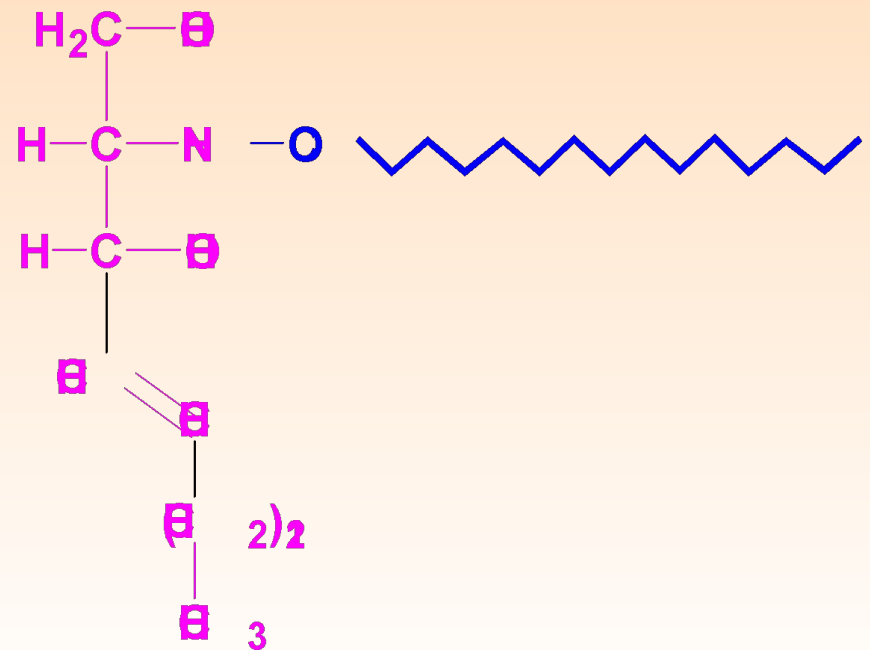
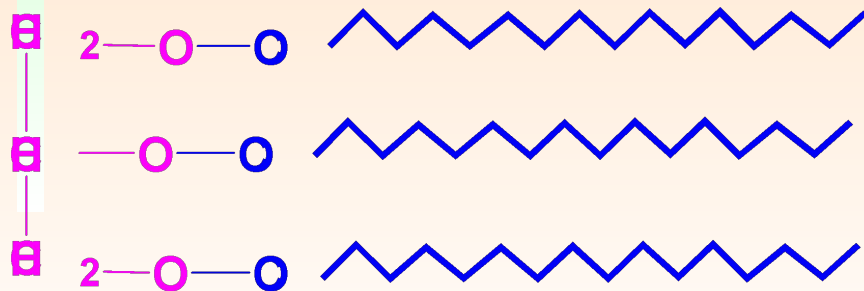
# Простые липиды

**Воски**  
(алкил-ацилаты)



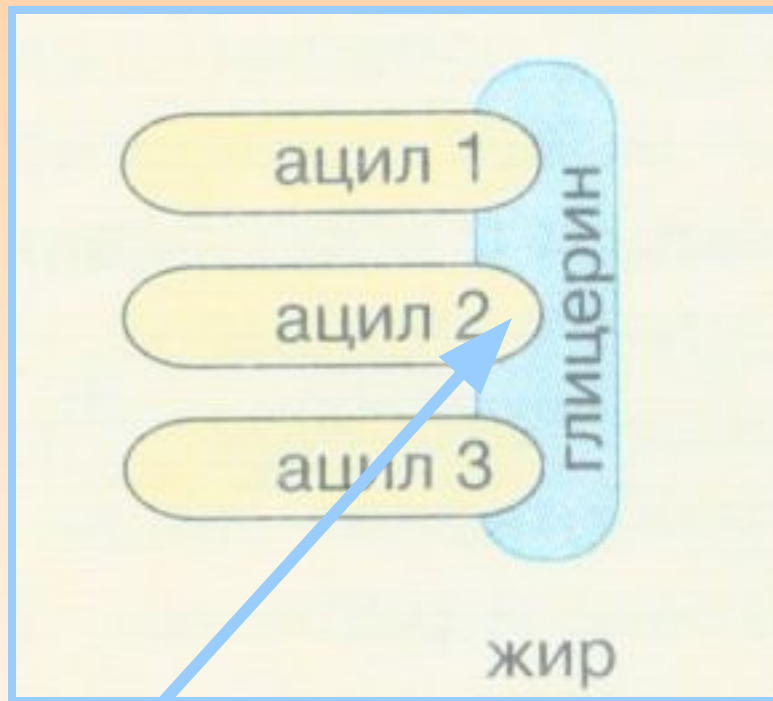
**Жиры, масла**  
(триацил-глицерины)

**Церамиды**  
(N-ацилсфингозины)

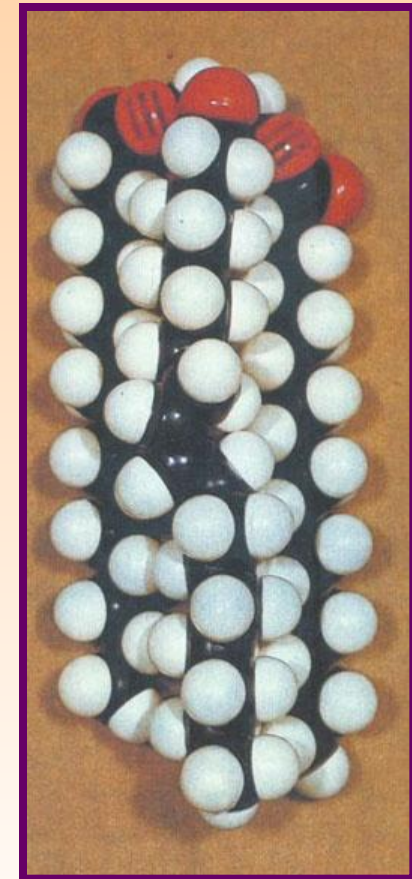




Жиры (триацилглицерины) - сложные эфиры высших карбоновых кислот и трехатомного спирта - глицерина



$C_2$  - хиральный центр



# Биологическая роль жиров

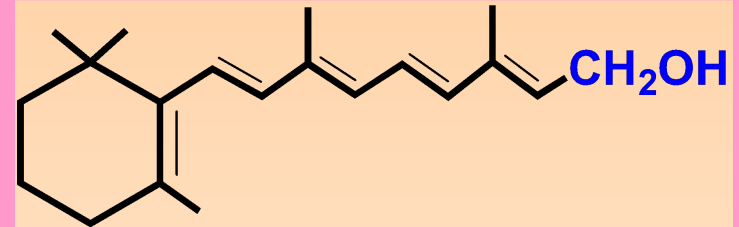
Жиры - наиболее важный резерв энергии в организме животных.

Хранятся в клетках жировой ткани-  
**адипоцитах**

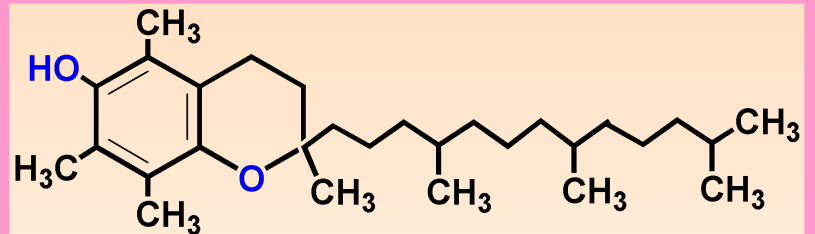
Вместе с жирами при всасывании в организм поступают жирорастворимые  
витамины: **A, E, D, K.**

# Жирорастворимые витамины

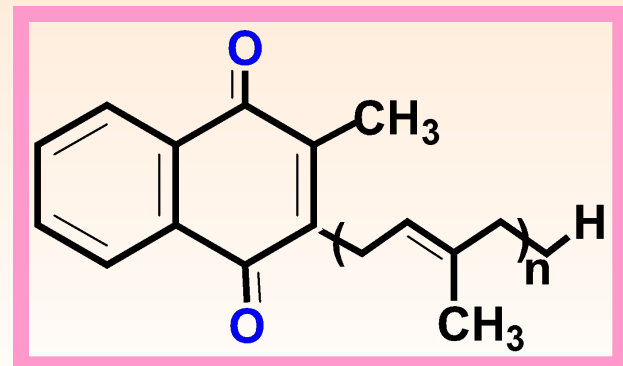
**Витамин А**

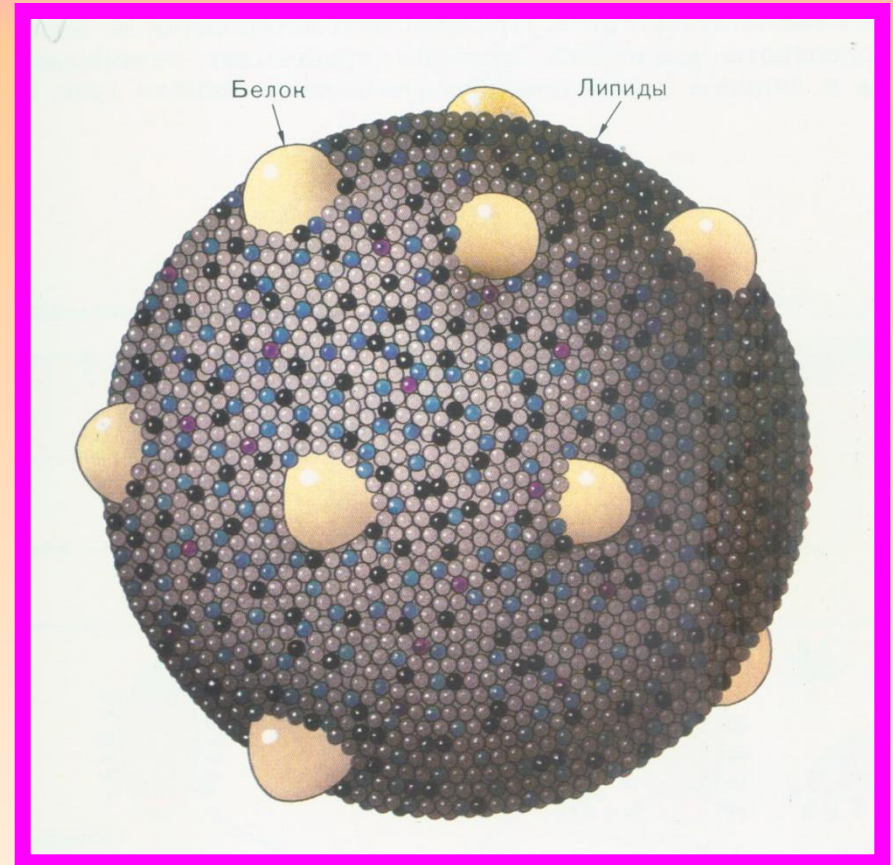


**Витамин Е**



**Витамин К**





**Транспорт** жиров в органы и ткани через лимфатическую систему и кровотоков возможен только после включения их в состав **хиломикронов**.

# Сложные липиды

фосфолипиды

сфинголипиды

гликолипиды

цереброзиды

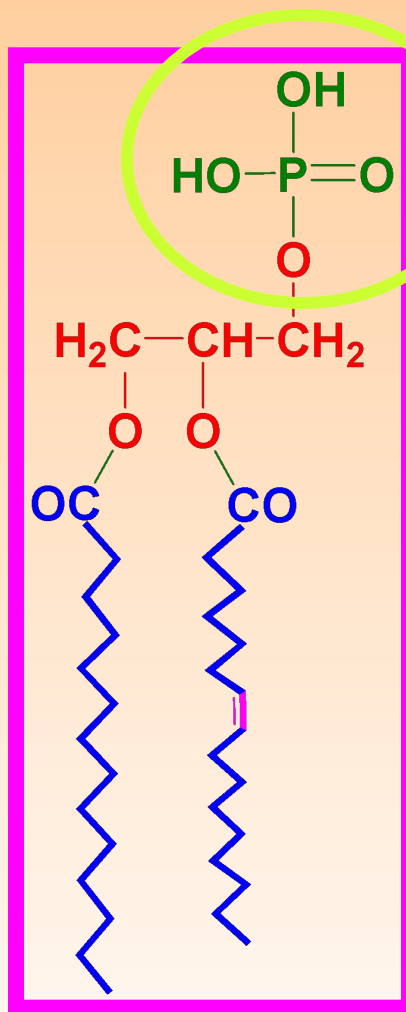
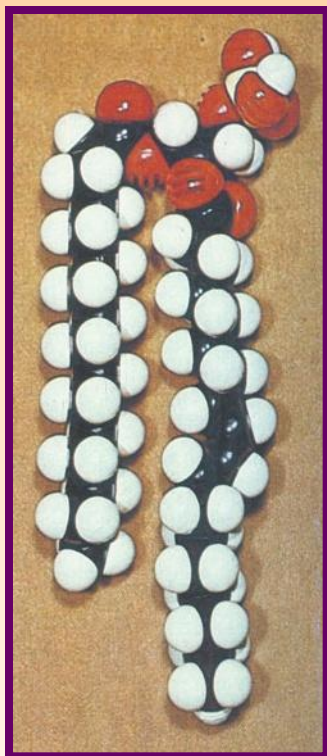
ганглиозиды

фосфатиды

сфингомиелины



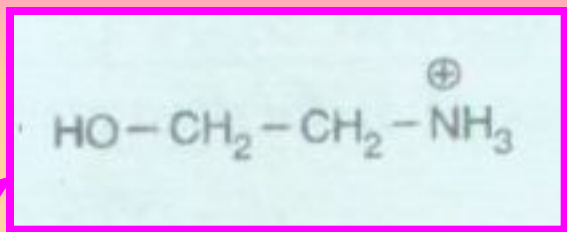
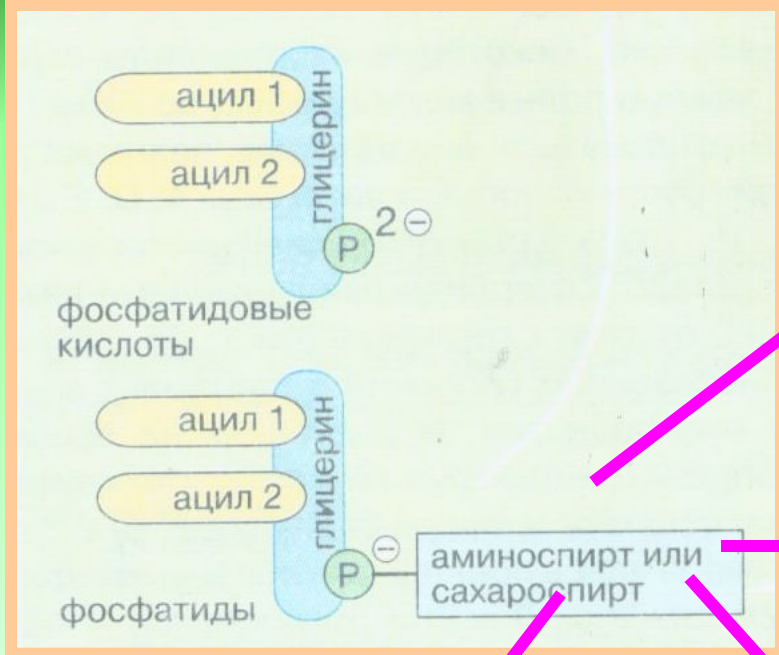
# Фосфолипиды



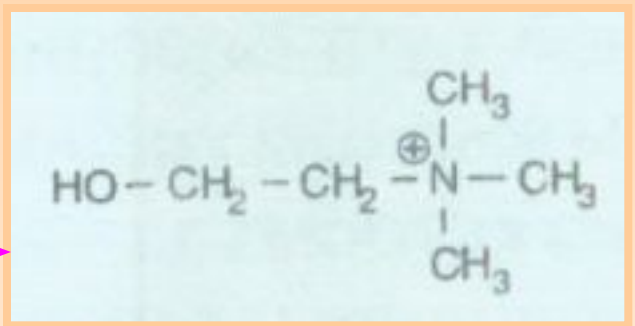
Фосфатидовая  
кислота

Одна из концевых  
гидрокси-групп  
глицерина  
этерифицирована  
фосфорной кислотой

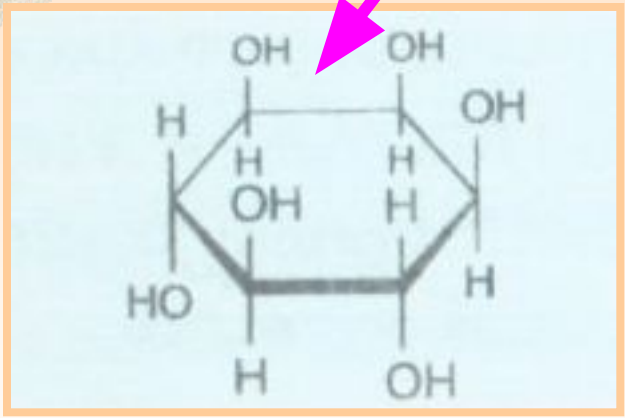
# фосфатиды



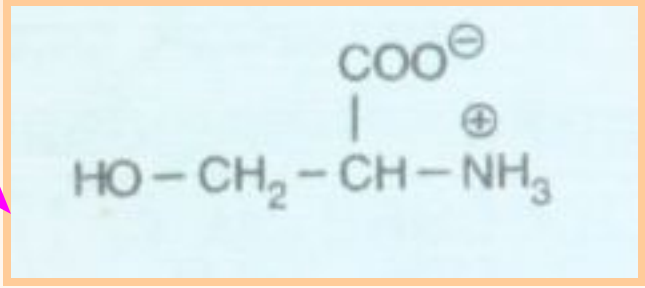
этаноламин



ХОЛИН

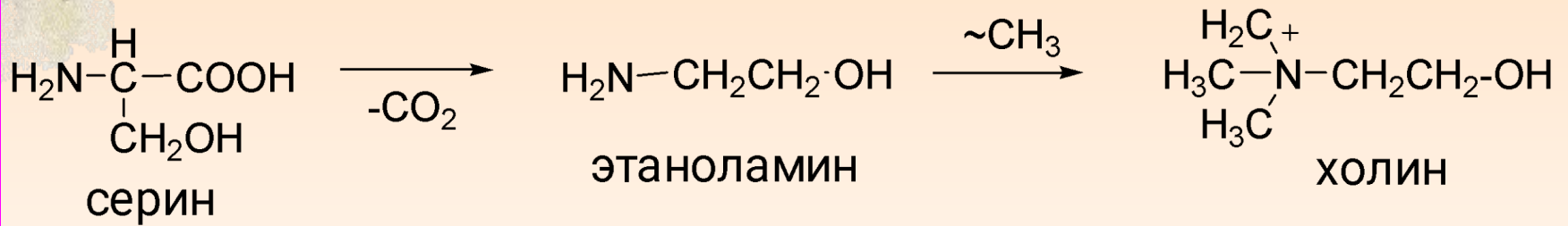


МИОИНОЗИТ

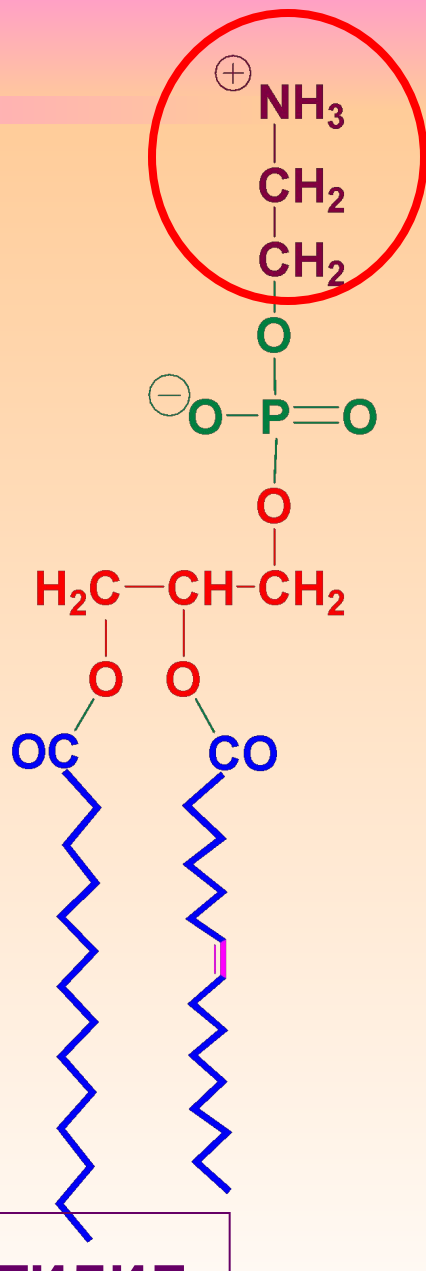


серин

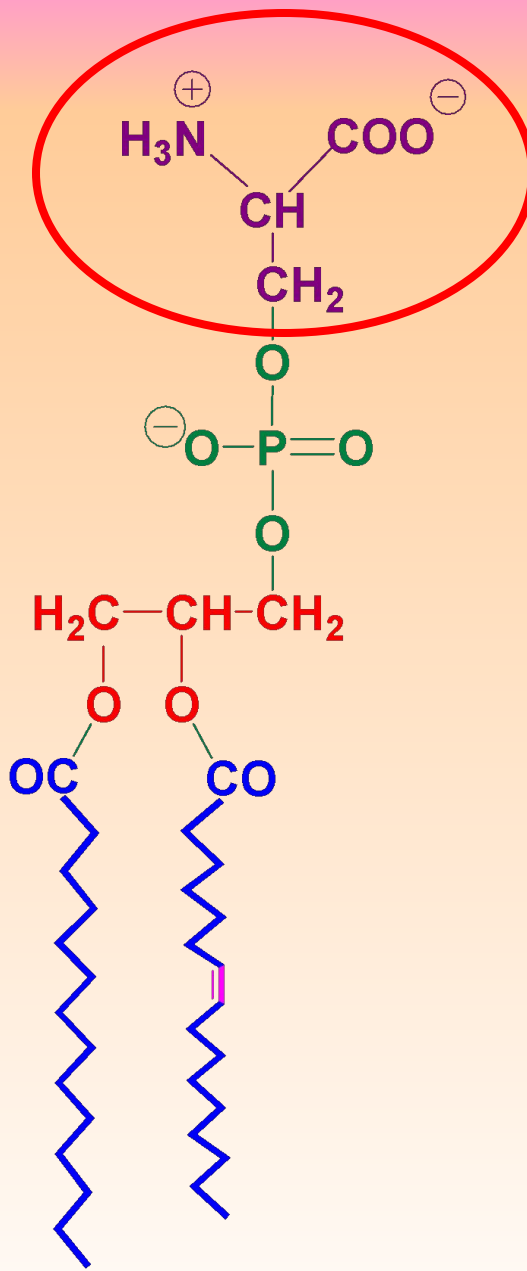
Этерифицирующие агенты могут  
взаимно  
превращаться в процессе  
метаболизма



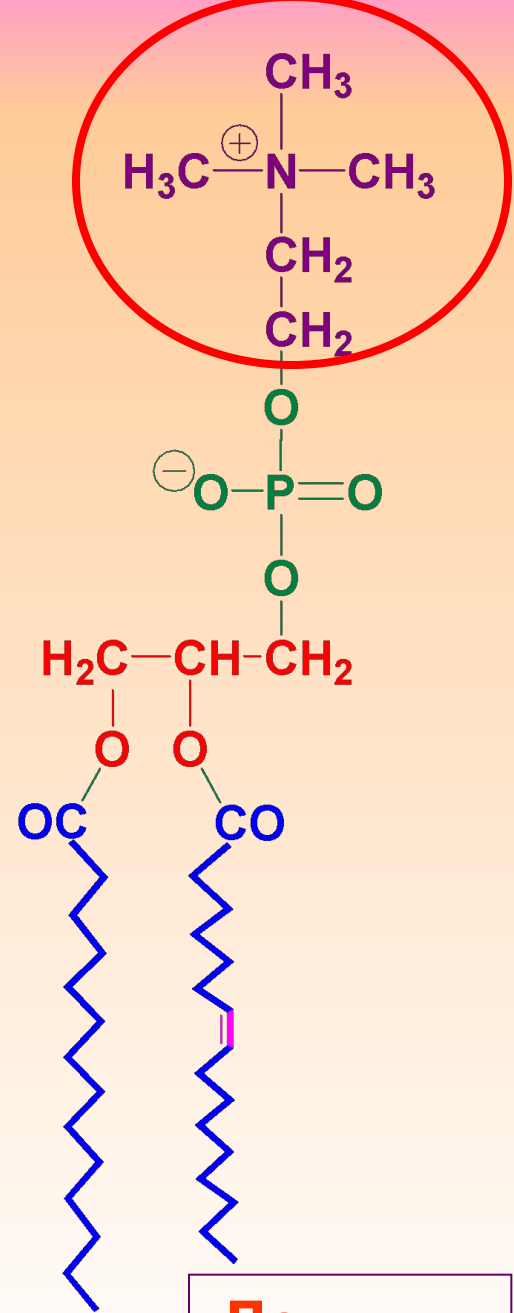




**Фосфатидил-этаноламин**

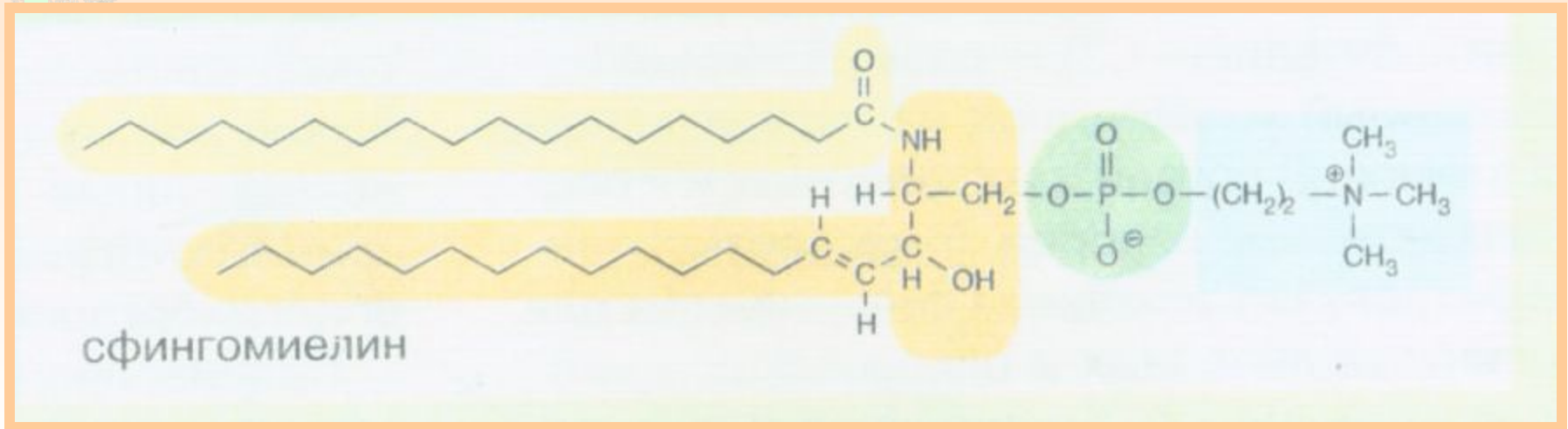
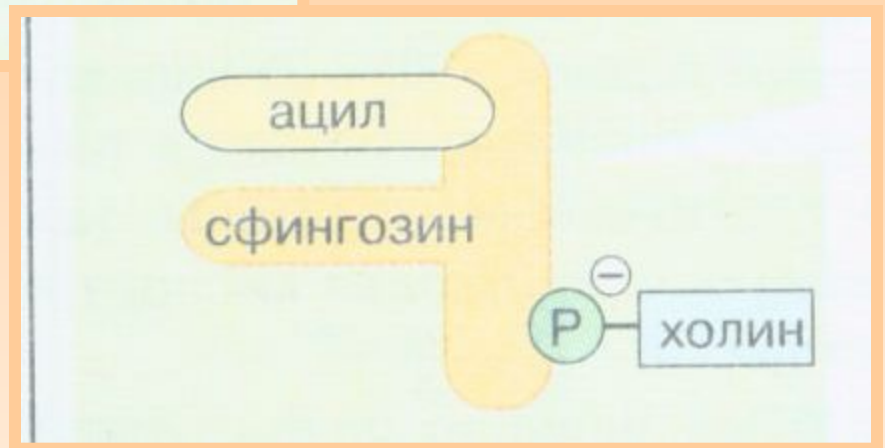
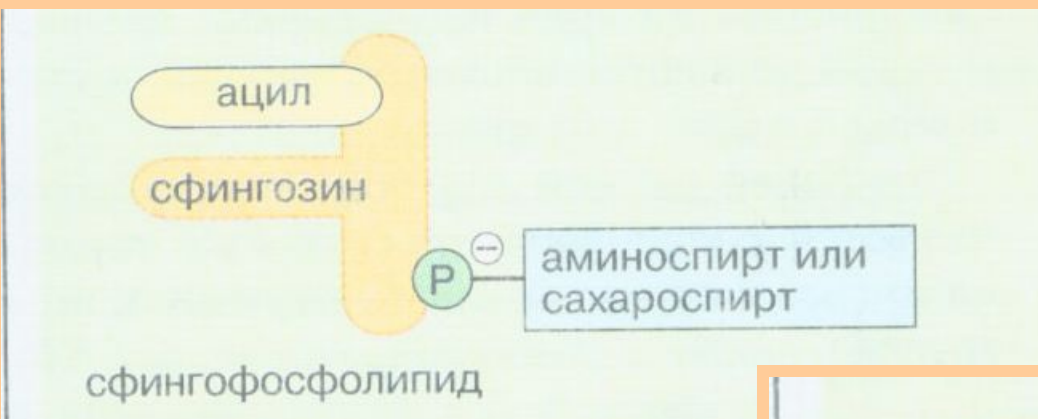


**Фосфатидилсерин**



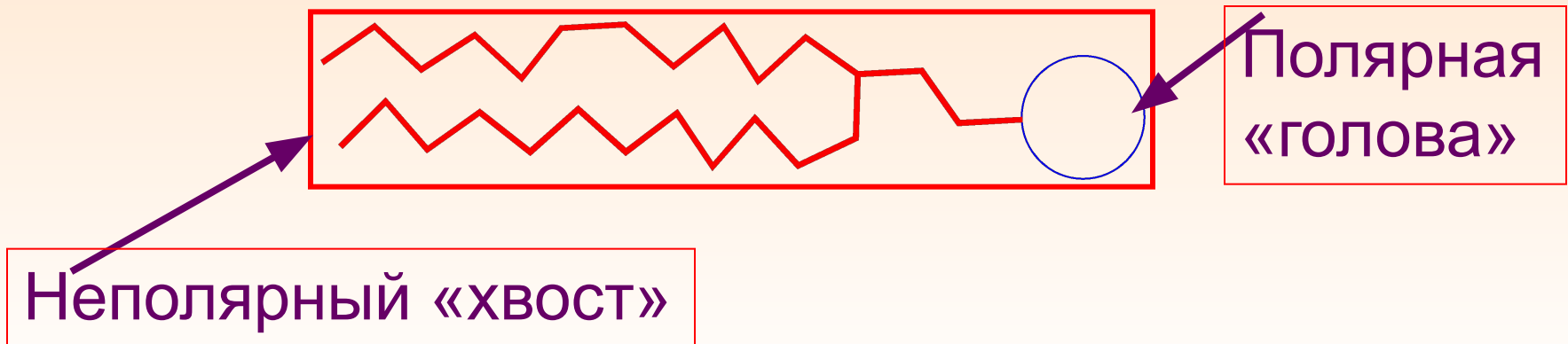
**Лецитин**

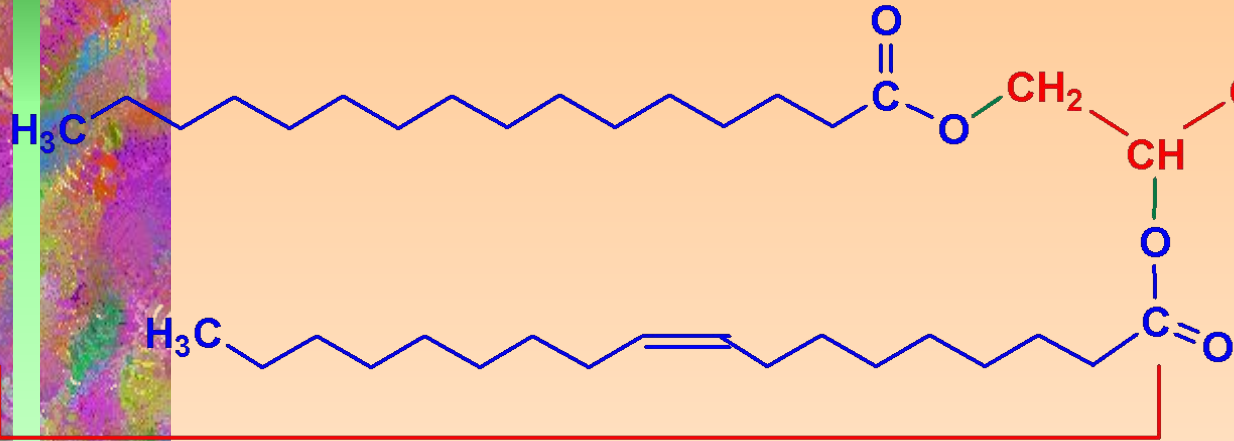
# сфинголипиды



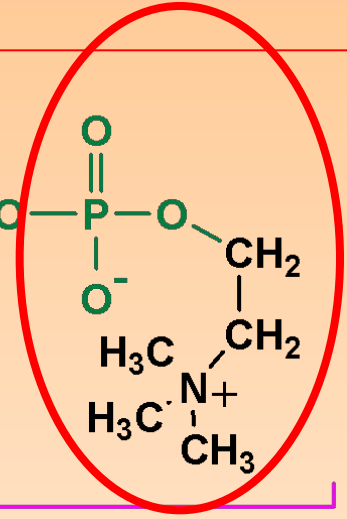
# Значение сфинго- и глицерофосфолипидов

Это мембранные липиды, их содержание в клеточных мембранах может достигать 80%.  
Основное свойство при образовании клеточной мембраны - самоорганизация в бислои благодаря **амфифильности**.

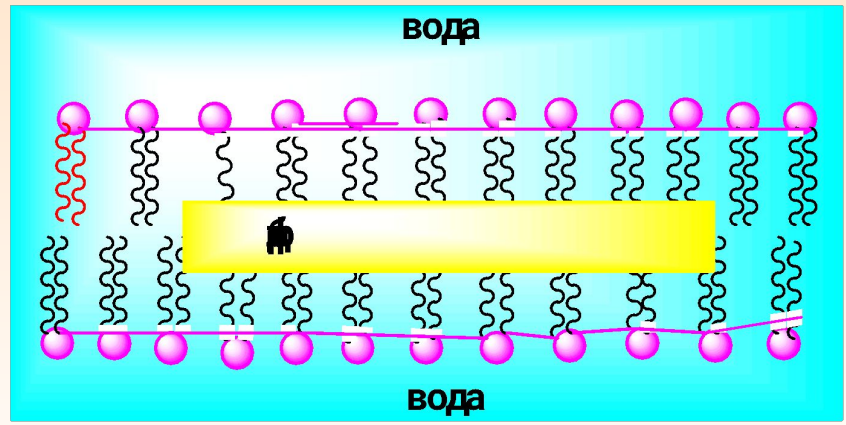




гидрофобный "хвост"

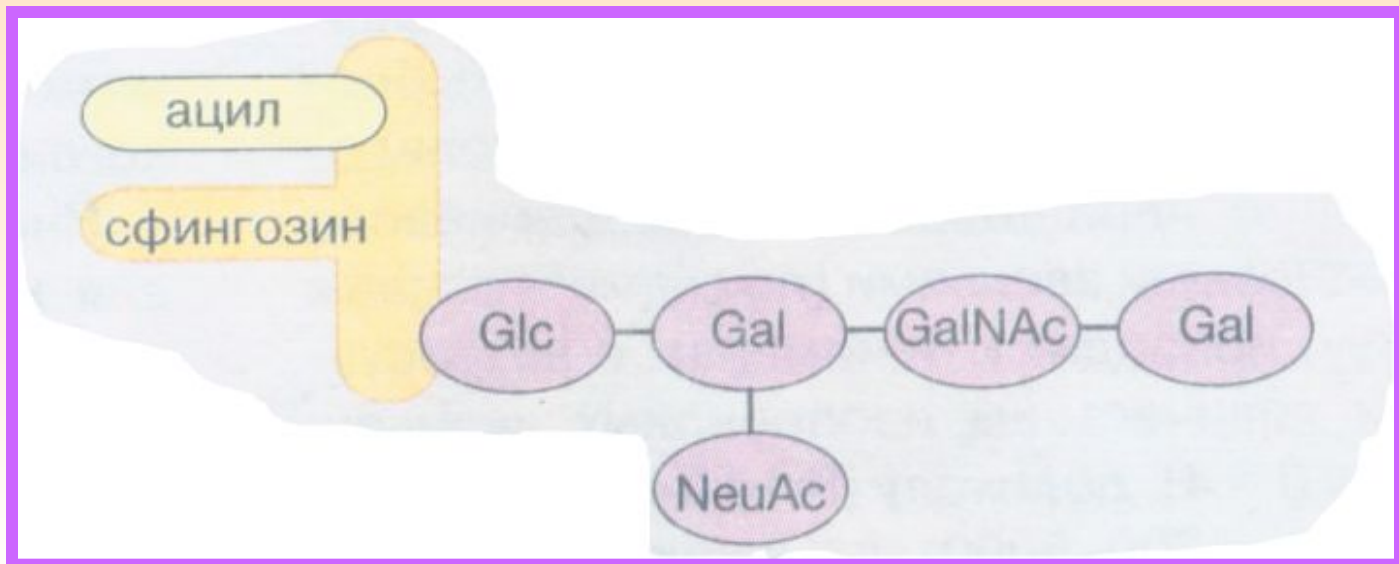
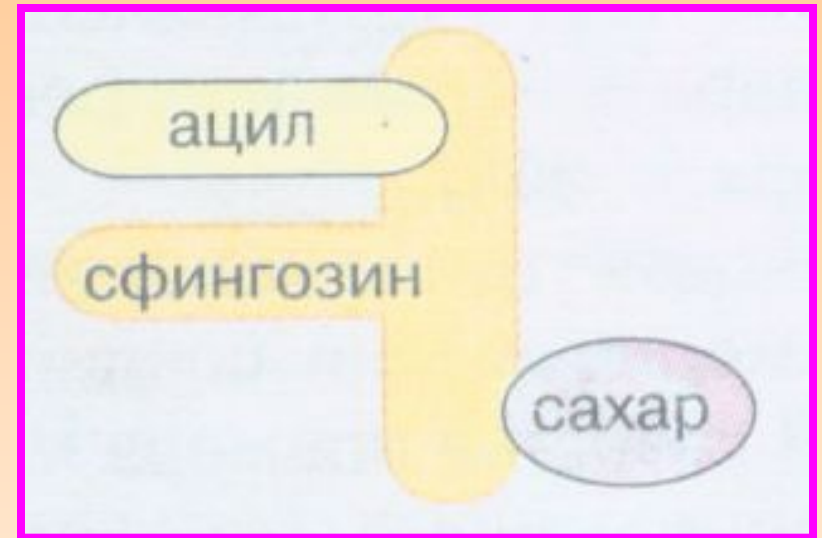


гидрофильная "головка"



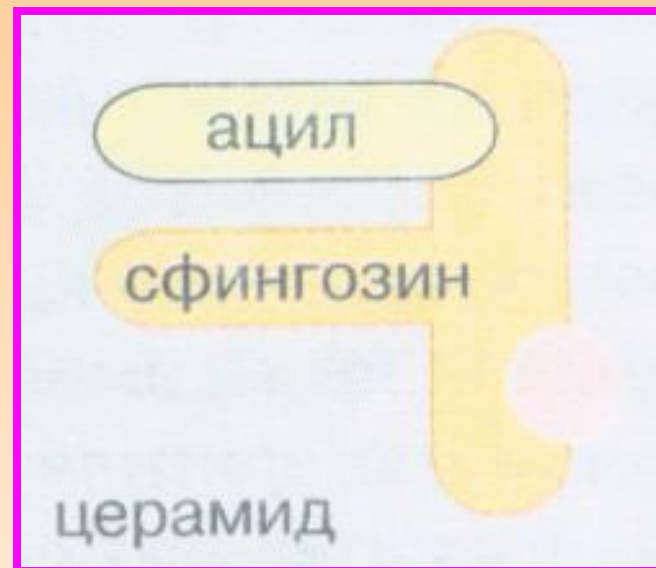
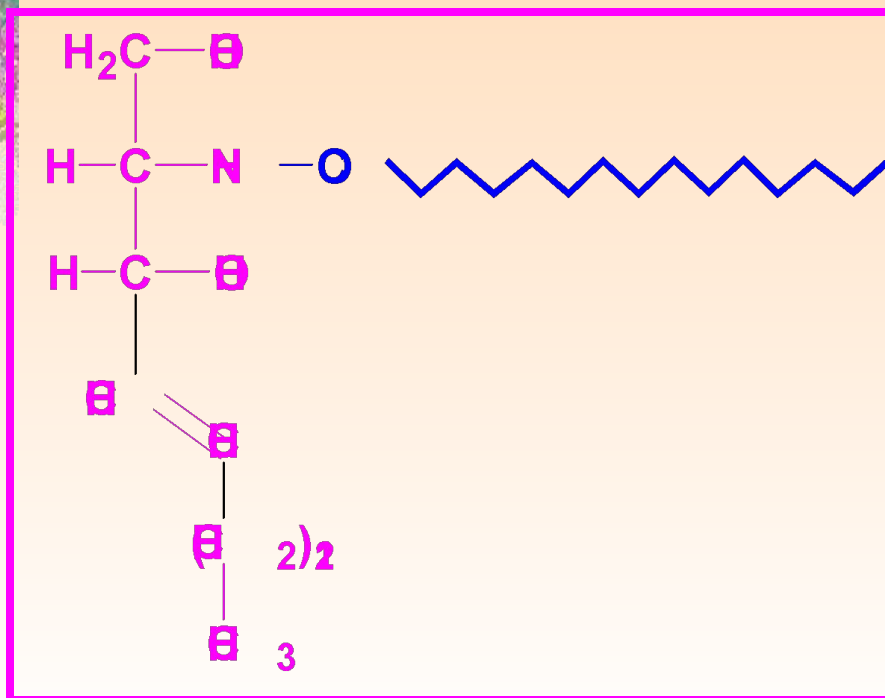
бислой

# Гликолипиды



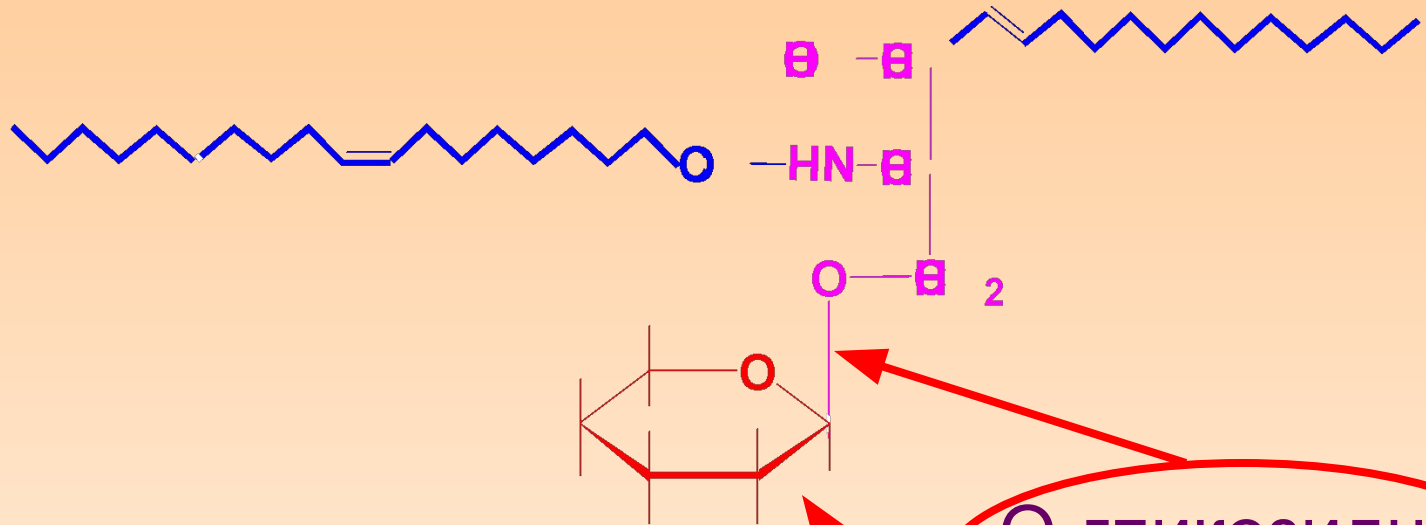
# Гликолипиды: цереброзиды и ганглиозиды

Содержатся  
во всех тканях,  
особенно в наружном  
слое плазматических  
мембран



Основа-  
церамид

# Цереброзиды



О-гликозидная  
связь

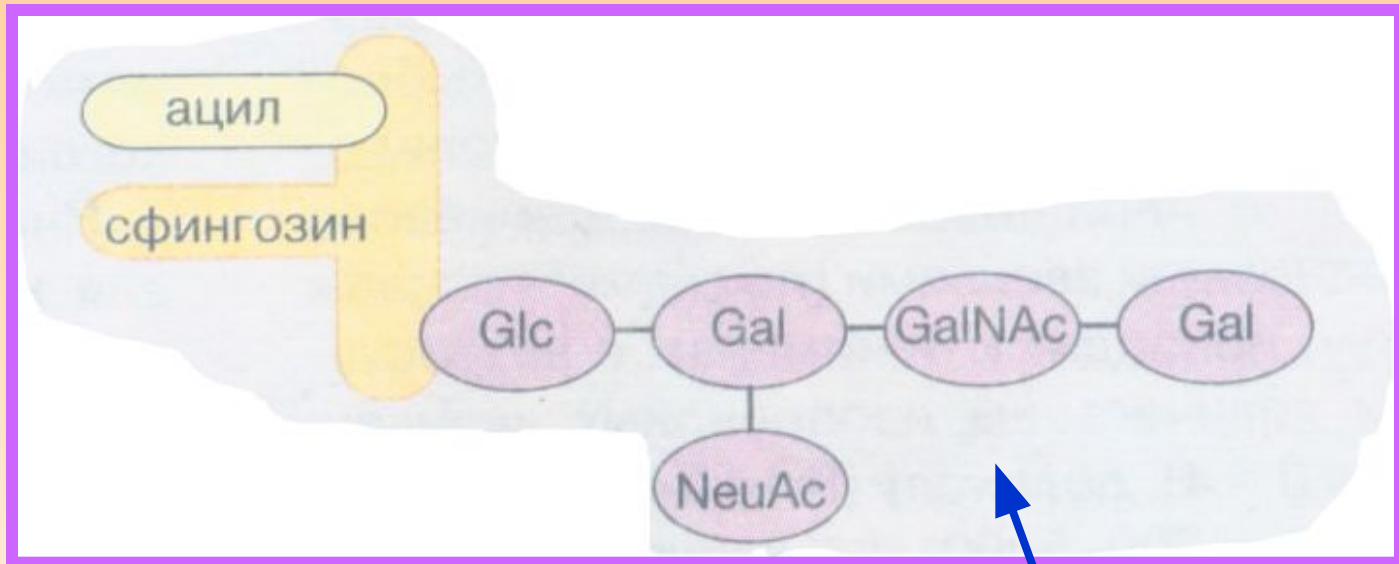
Гликозильный  
фрагмент:  
D-Gal или D-Glc

ацил

сфингозин

сахар

# Ганглиозиды

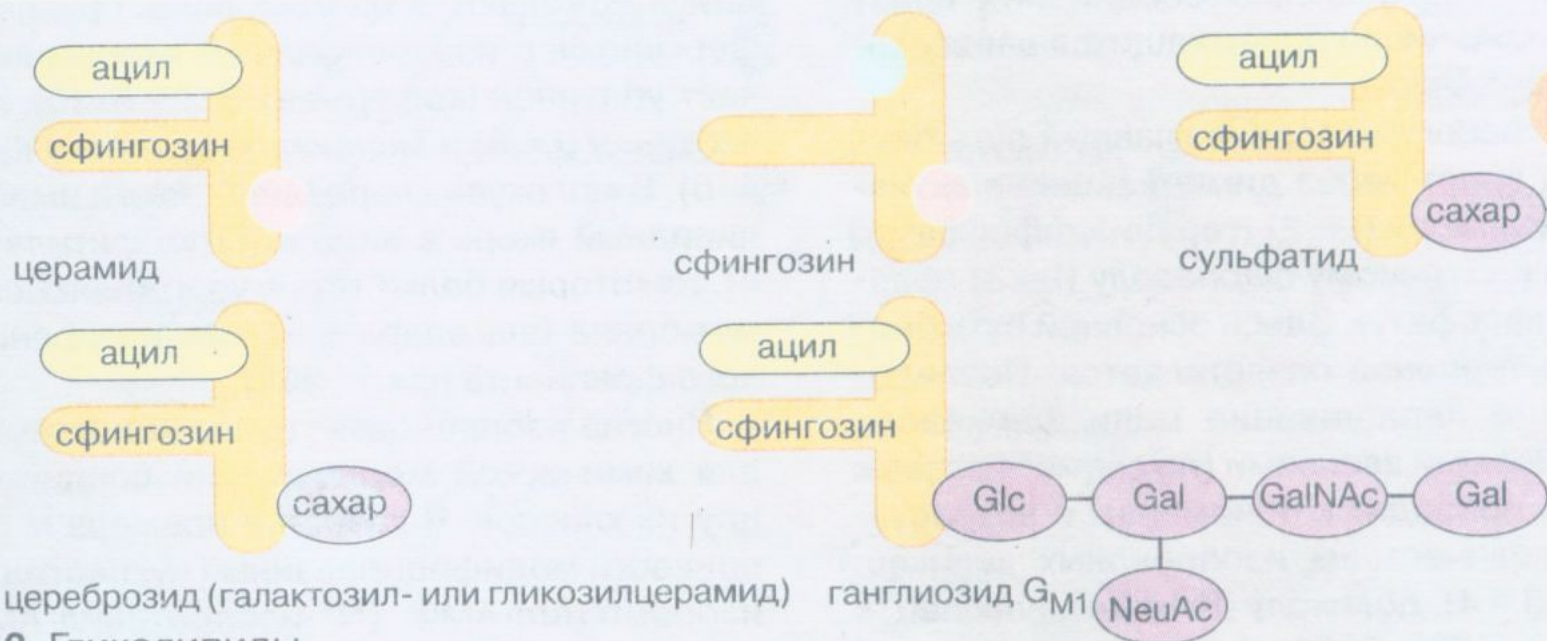


Олигосахаридная группа



# Функции гликолипидов:

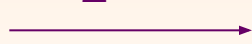
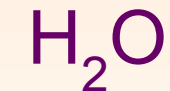
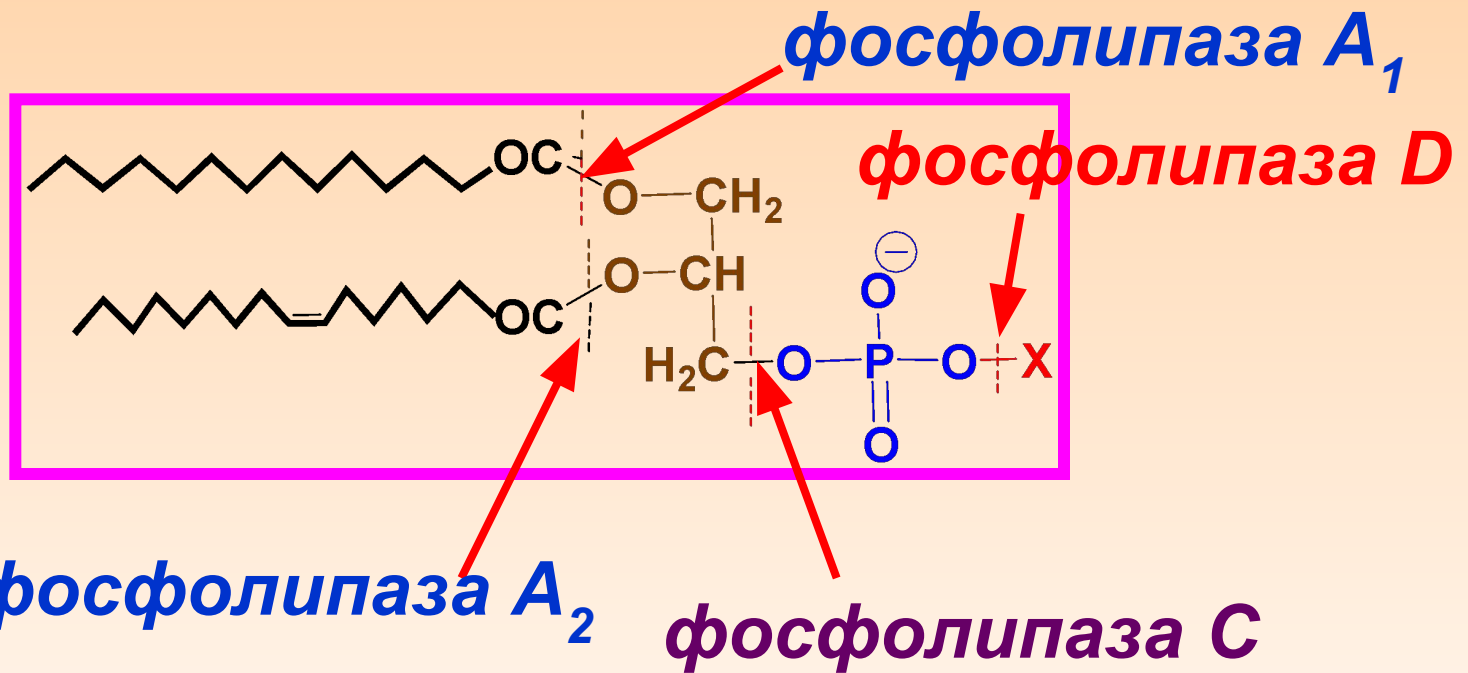
формирование маркеров  
клеточной дифференциации;  
регуляция роста клеток



### 3. Гликолипиды

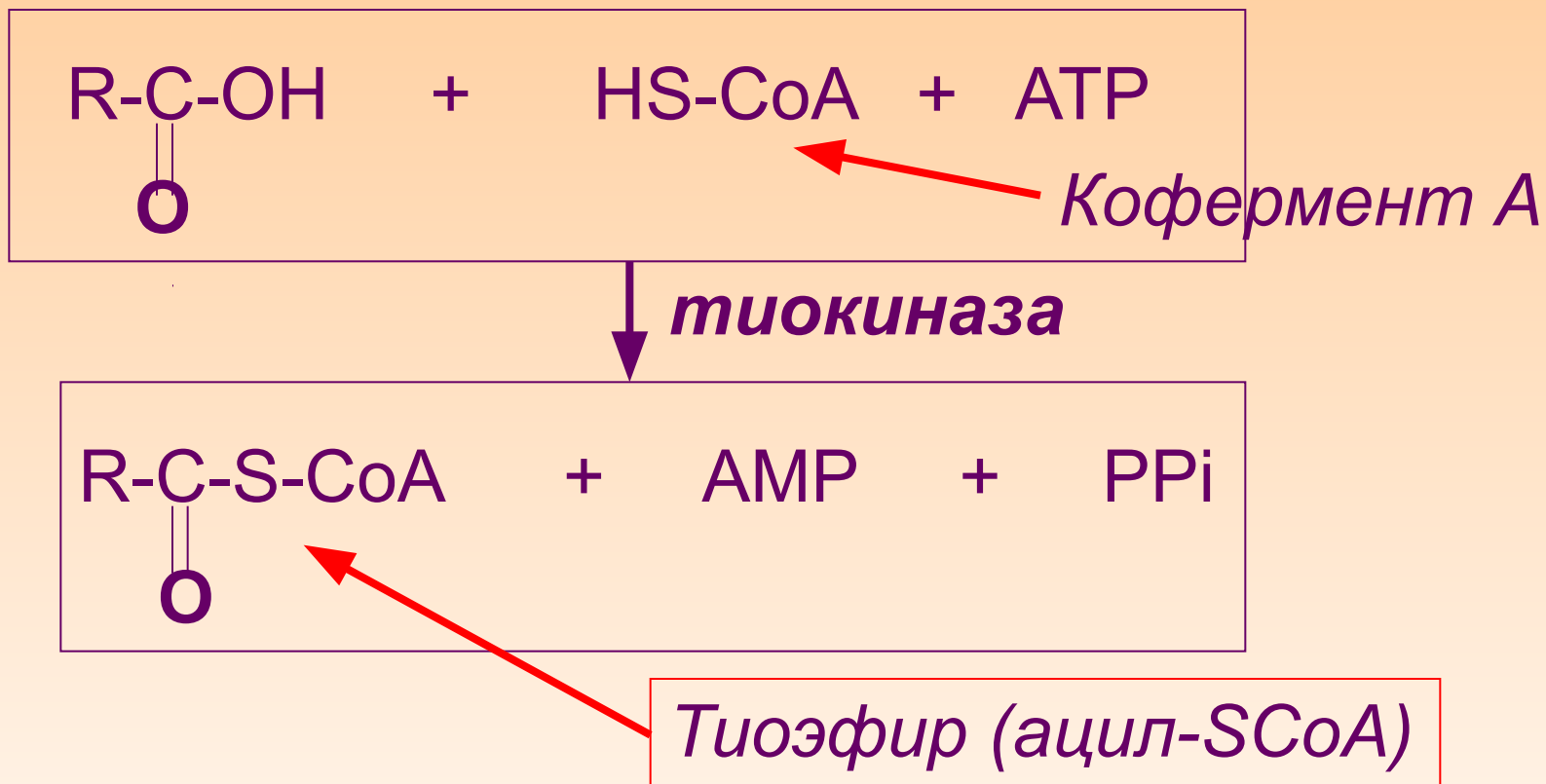
# Превращения липидов in vivo:

## 1. гидролиз

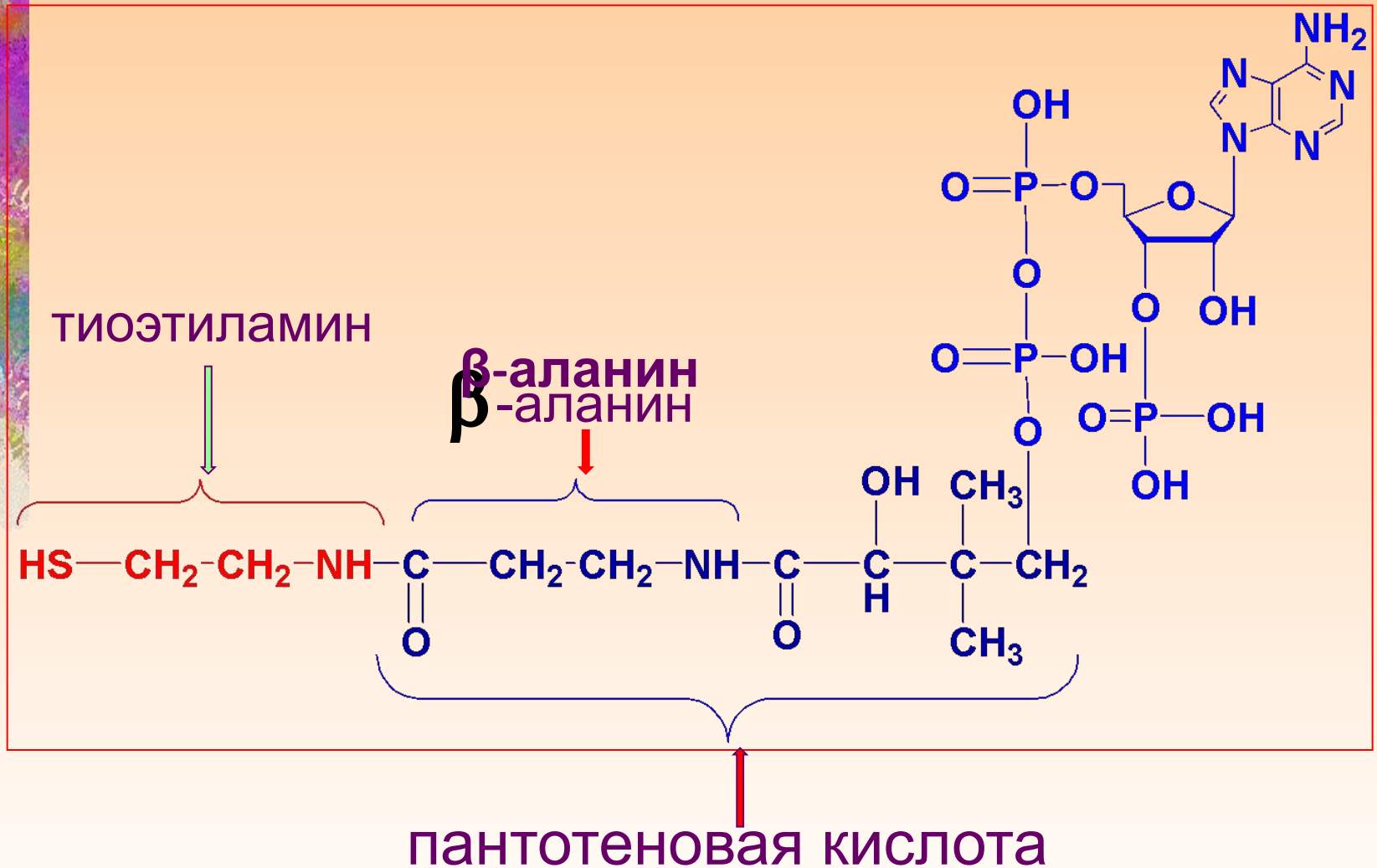


Карбоновые кислоты +  $H_3PO_4$  + X-OH

## 2. образование тио-эфиров

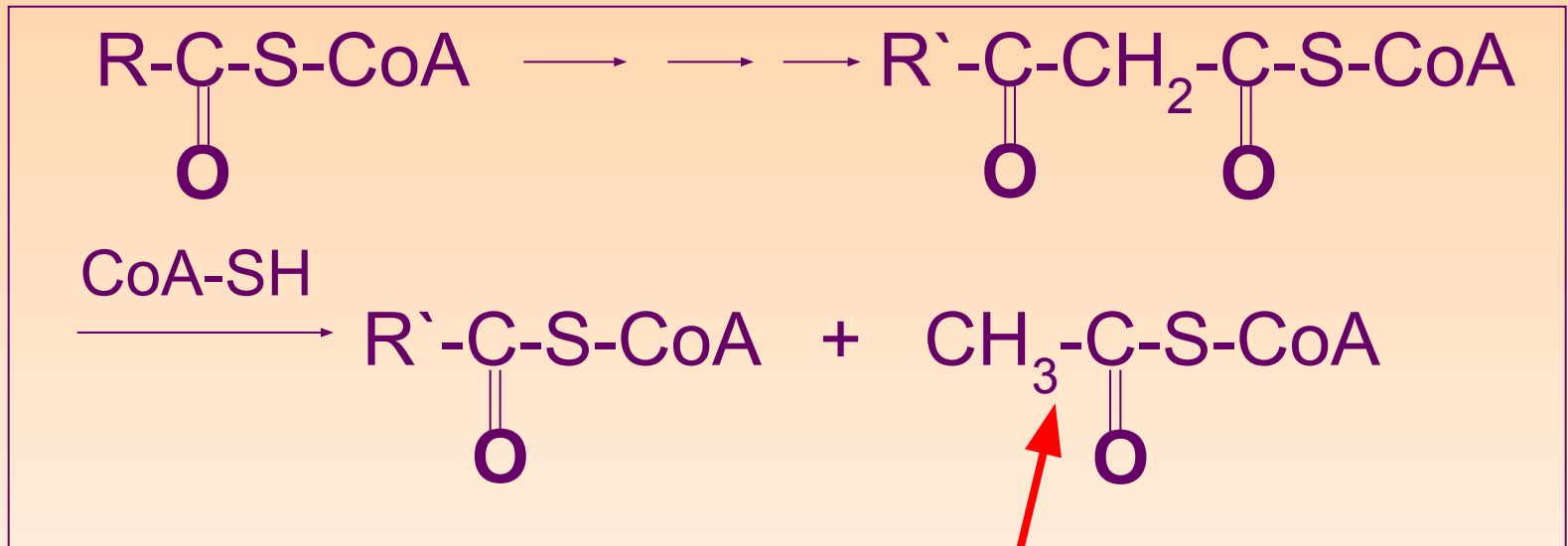


# CoA- SH - кофермент А



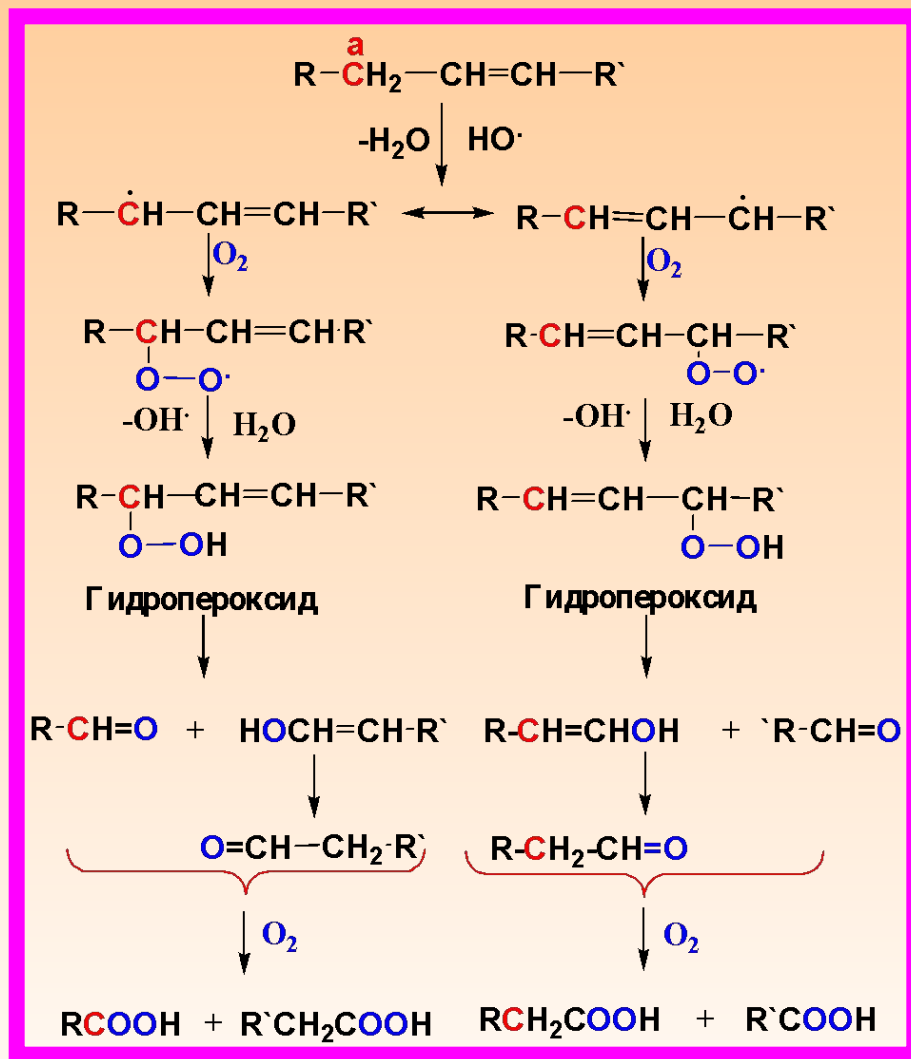
### 3. окисление

#### а. $\beta$ -окисление (метаболическое)

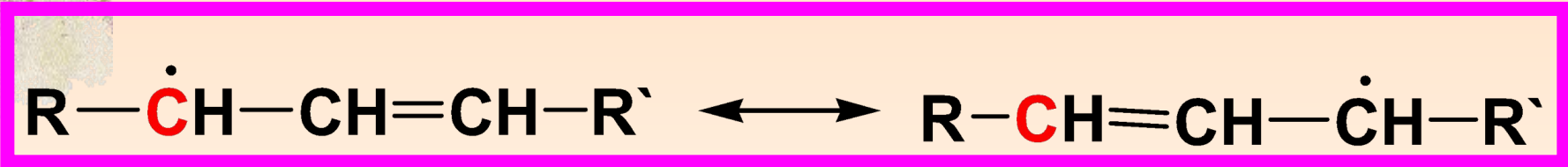
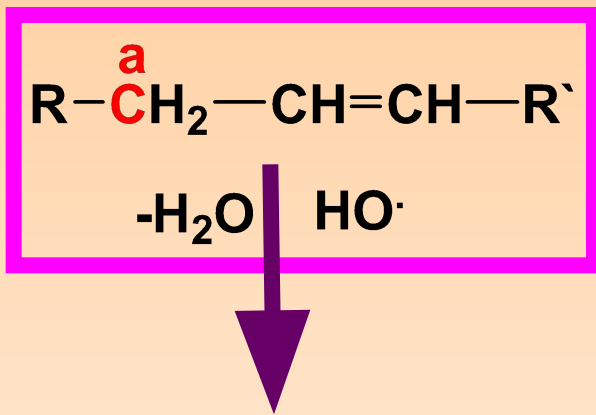


Ацетил-кофермент

## б. пероксидное окисление

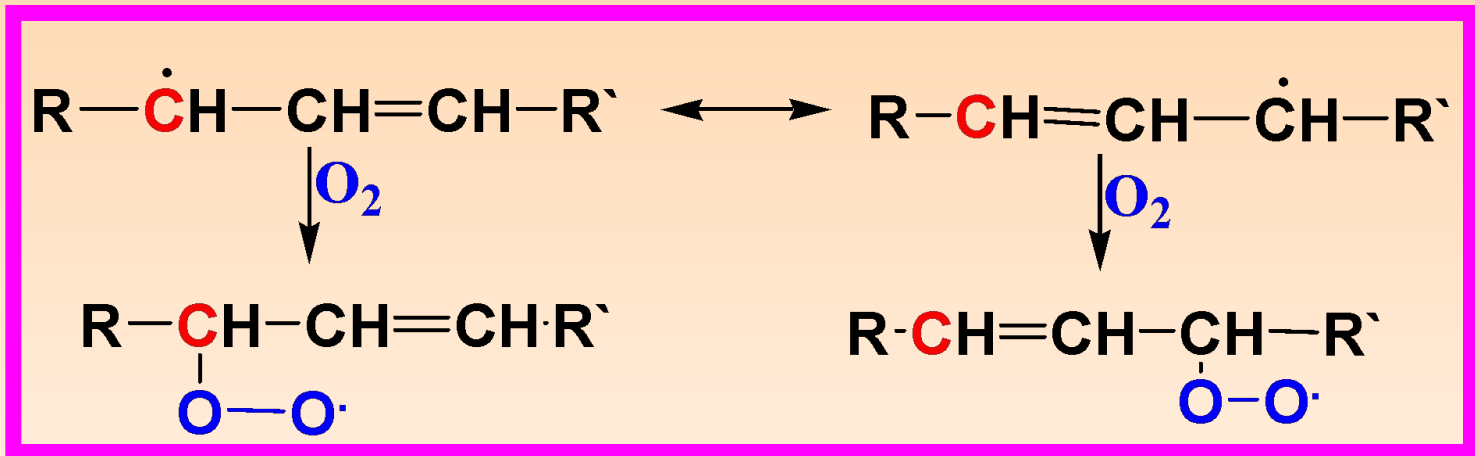


1. Отрыв атома водорода в аллильном положении



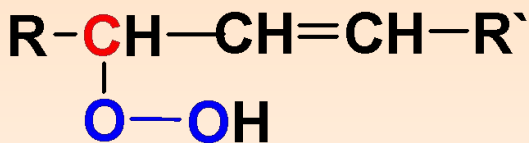
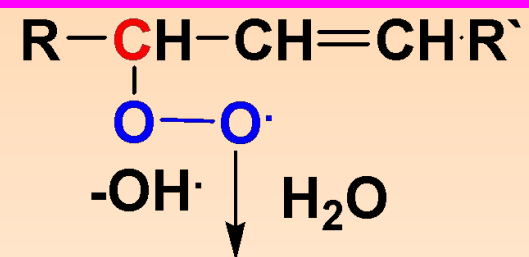
Резонансно стабилизированный *аллильный* радикал

## 2. Образование пероксидных радикалов при участии кислорода

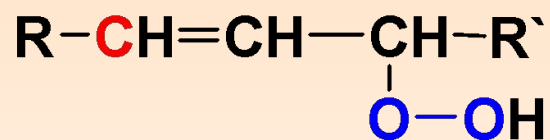
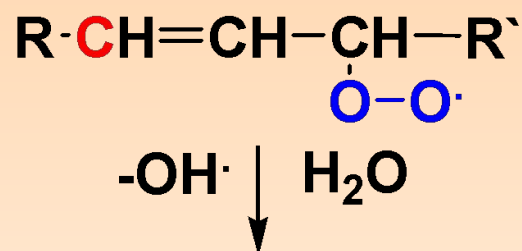




### 3. Образование гидропероксидов

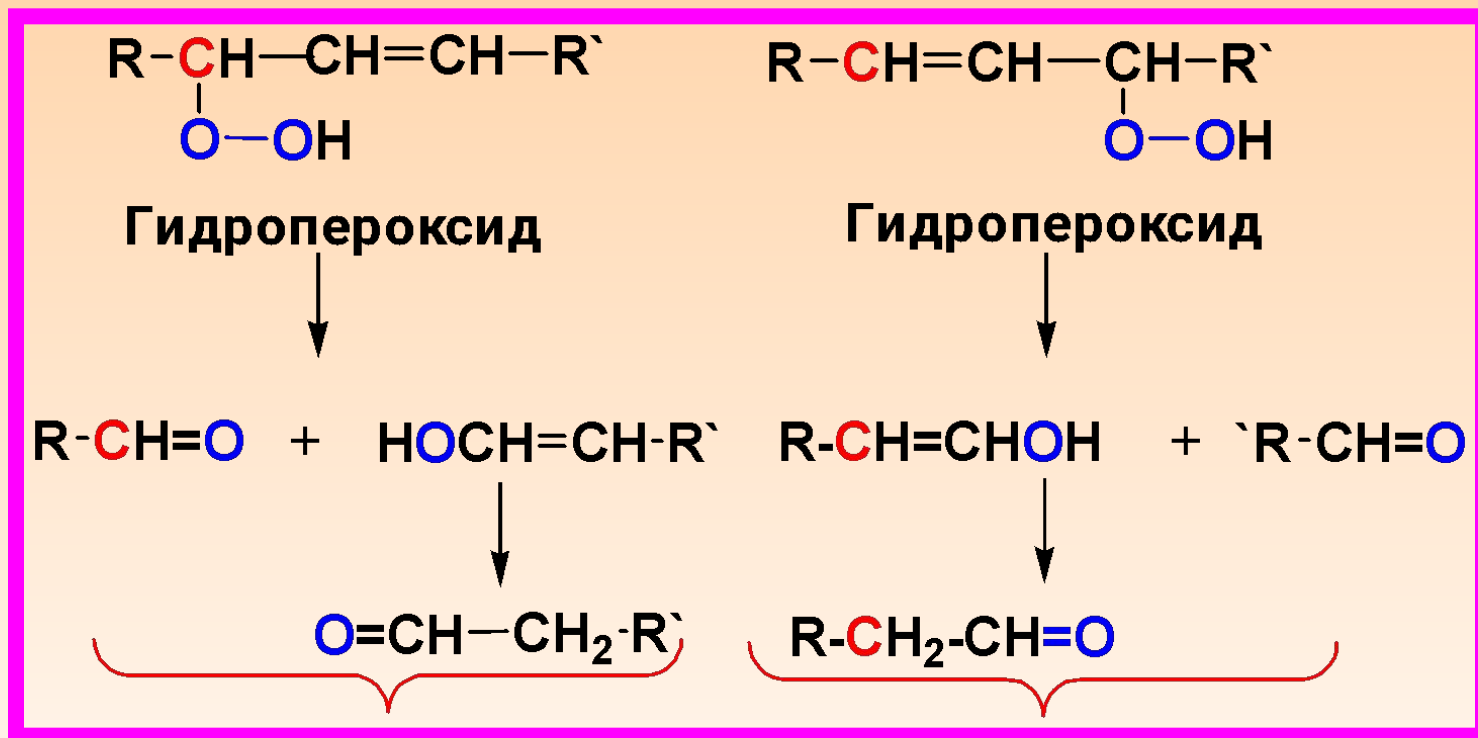


Гидропероксид

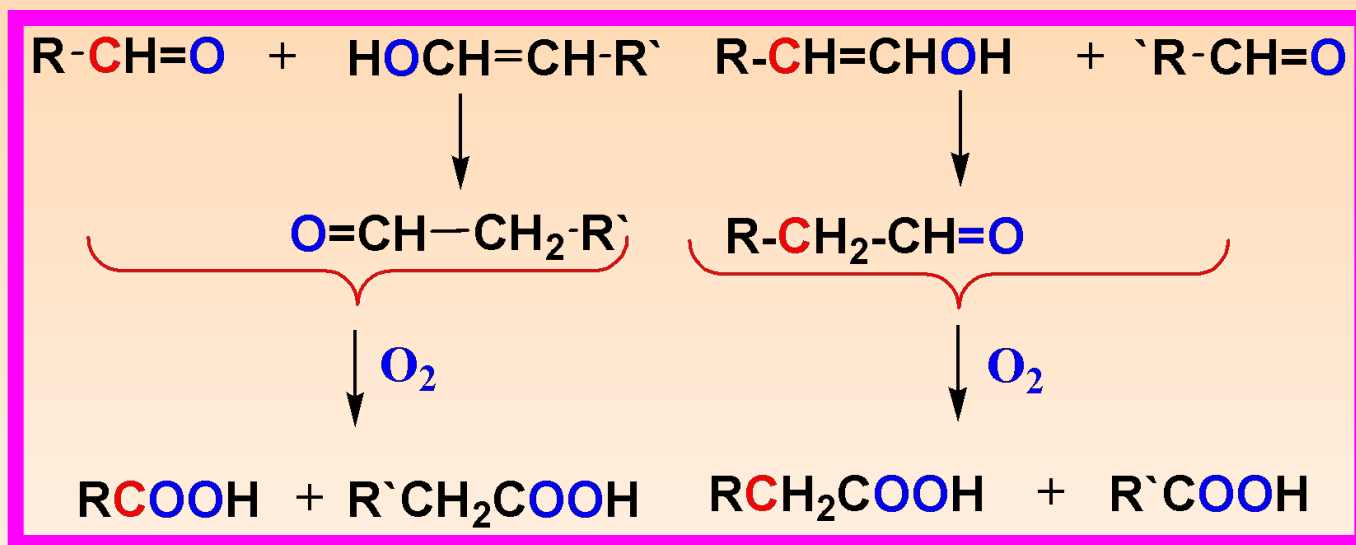


Гидропероксид

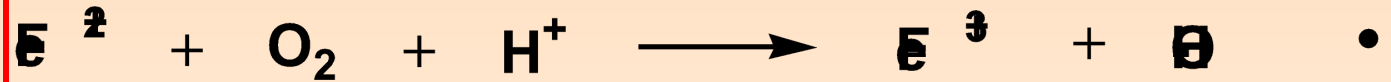
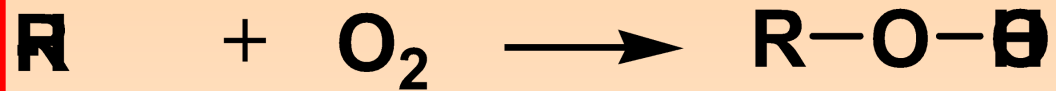
## 4. Расщепление гидропероксидов



## 5. Окончательное окисление до КК



## Источники перокси-радикалов



**Антиоксиданты:** глутатион,  
аскорбиновая кислота (вит С),  
токоферол (вит Е)

# **Литература:**

- **Румянцев Е.В. Химические основы жизни.-М.: Химия,2007,**
- **гл.7, с.250-262**