

**Слайды к курсу лекций по дисциплине**  
**«Биохимия»**

**для бакалавров направления подготовки**  
**19.03.02 – Продукты питания из растительного сырья**

**Модуль 4. Липиды**

**Разработчик: *д-р техн. наук,***  
***профессор кафедры ТХПЗ Егорова Е.Ю.***

**2016**

---

## **Тема 8. Липиды: общая характеристика и классификация**

**Липиды** – сложная смесь жиров и жироподобных органических соединений, нерастворимых в воде, но хорошо растворимых в неполярных растворителях (эфире, бензине, хлороформе) – глицериды (ацилглицерины, ацилглицеролы), фосфолипиды, воски, стеринны, жирорастворимые витамины.

**Липиды** – производные жирных кислот, спиртов, альдегидов, построенные с помощью сложноэфирной, простой эфирной, фосфоэфирной или гликозидной связи.

---

---

## **Локализация липидов в растительном сырье:**

Семена злаков – зародыш.

Семена масличных культур, орехи – всё ядро (=эндосперм) и зародыш.

Плоды, ягоды – семена (всё ядро, как у масличных).

Корни и корневища (у отдельных видов пряного и эфирно-масличного сырья).

---

---

## **Функции липидов**

- энергетическая = резервная (свободные липиды);
  - структурная (связанные липиды);
  - регуляторная;
  - метаболическая;
  - защитная и теплоизоляционная;
  - смазывающая и водоотталкивающая.
-

# ЛИПИДЫ

## ЖИРЫ

(эфиры глицерина и высших жирных кислот). Химическое название - ацилглицерины. Преобладают триацилглицерины

## ФОСФОЛИПИДЫ

отличительная особенность - остаток фосфорной кислоты в составе молекулы

## ГЛИКОЛИПИДЫ

содержат углеводный компонент

## МИНОРНЫЕ ЛИПИДЫ

(свободные жирные кислоты, жирорастворимые витамины, биологически активные вещества липидной природы - простагландины и др.

## СТЕРОИДЫ

в основе строения - полициклическая структура циклопентанпергидрофенантрен = стеран

## СТЕРИНЫ

(спирты)  
Наиболее важен холестерин.

## СТЕРИДЫ

эфиры стерinov и высших жирных кислот. Наиболее распространены эфиры холестерина

---

**Простые липиды** – производные жирных кислот и спиртов: глицеролипиды, воски, холестерин, гликолипиды и другие соединения.

**Сложные липиды** содержат в своем составе не только остатки высокомолекулярных карбоновых кислот, но и остатки фосфорной, серной кислоты или азот.

**Омыляемые липиды** – производные жирных кислот, гидролизуются. **Неомыляемые липиды** не являются производными жирных кислот, не способны к гидролизу.

**Нейтральные липиды** – сложные эфиры жирных кислот и спиртов (высших одноатомных, глицерина, холестерина и др). Наиболее важные – жиры и воски.

---

# Омыляемые липиды

Нейтральные липиды

Фосфолипиды

Гликолипиды

Жиры

Воски

Фосфоглицериды

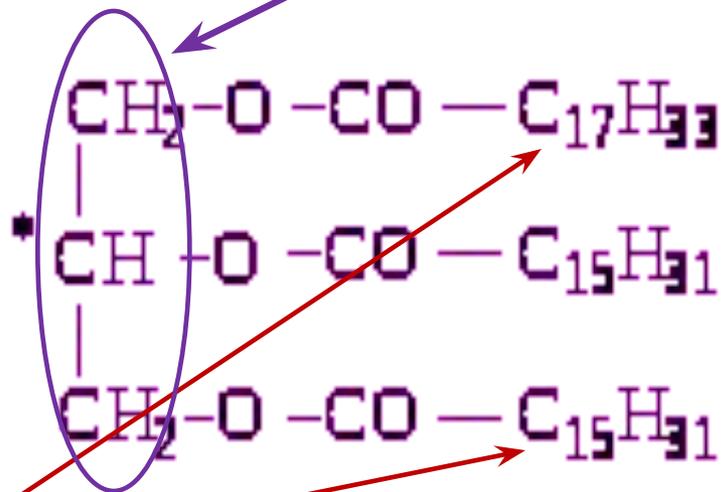
Фосфинголипиды

## Жиры:

- ацилглицериды (моно-, ди-, три-) и
- свободные жирные кислоты.

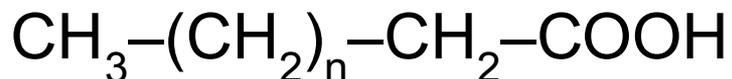
*(Три)ацилглицериды* – сложные эфиры глицерина и жирных (= высших карбоновых) кислот.

*Простые триацилглицериды* содержат остатки одинаковых жирных кислот, *смешанные триацилглицериды* содержат остатки разных жирных кислот.



## Основные жирные (высшие карбоновые) кислоты

1) Насыщенные:



миристиновая (C14:**0**), пальмитиновая (C16:**0**), стеариновая (C18:**0**)

2) **Моно**ненасыщенные:



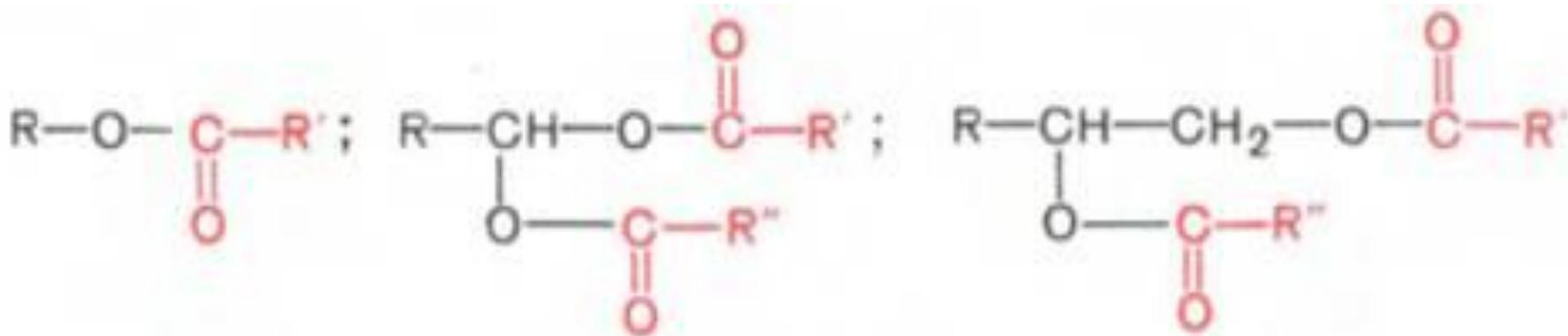
пальмитолеиновая (C16:**1**), олеиновая (C18:**1**) ...

3) **Поли**ненасыщенные:



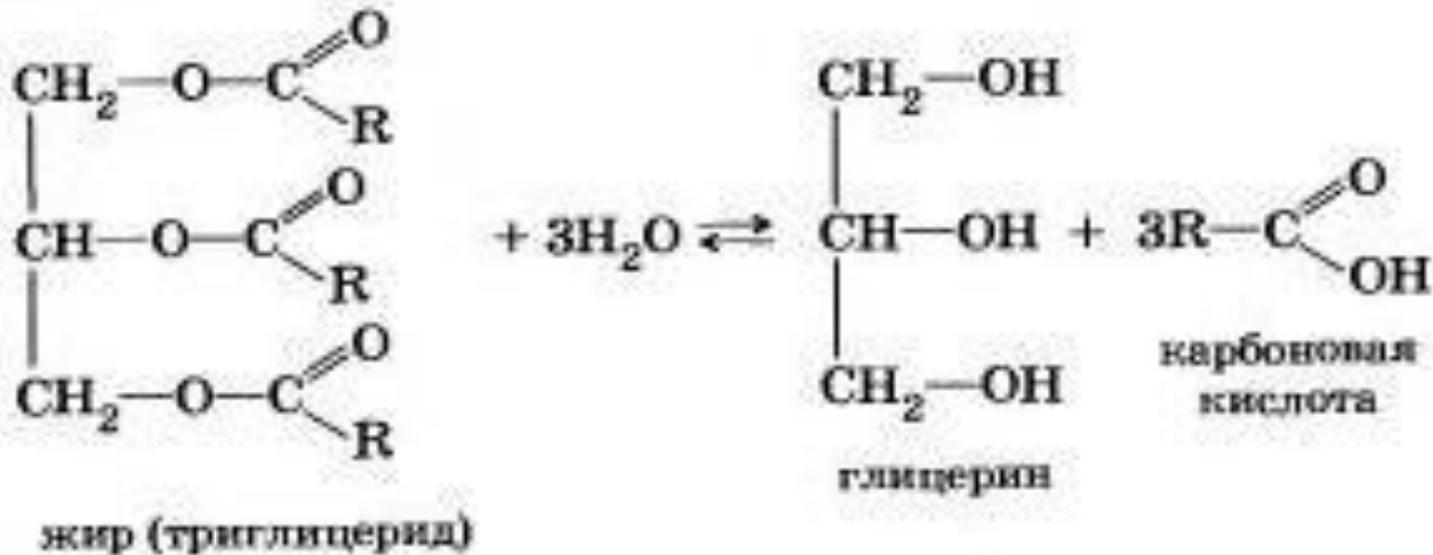
при n=2 – линолевая (C18:**2**), при n=3 – линоленовая (C18:**3**) ...

*Воски* – сложные эфиры высших карбоновых кислот и одноатомных высокомолекулярных спиртов.

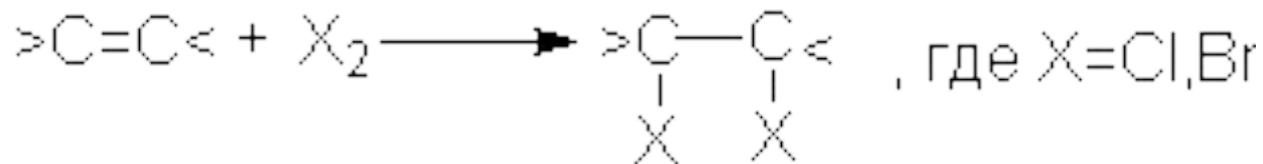


# ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА ЖИРОВ

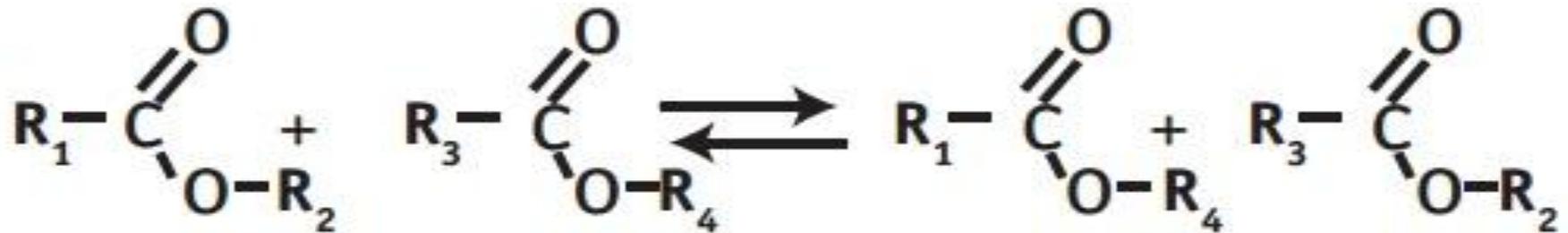
1) **гидролиз** под действием кислот и щелочей:



2) участие в реакциях **присоединения по двойной СВЯЗИ**, например, галогенирование (и гидрирование):

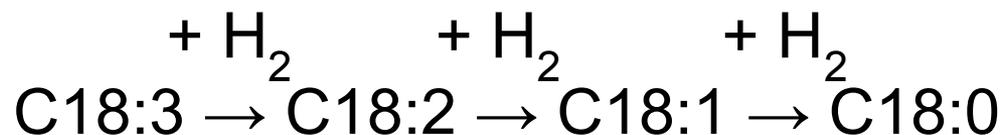


3) участие в реакции **переэтерификации**:

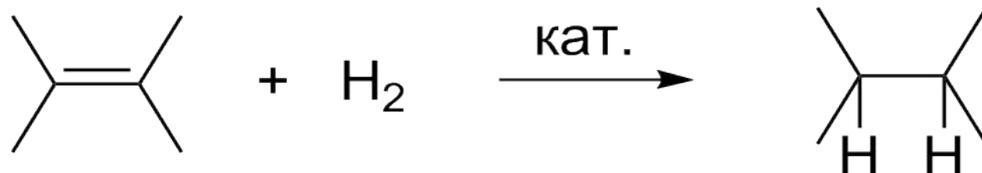


4) способность образовывать комплексы с другими биологическими молекулами, то есть способность образовывать «сложные липиды».

## ГИДРИРОВАНИЕ:



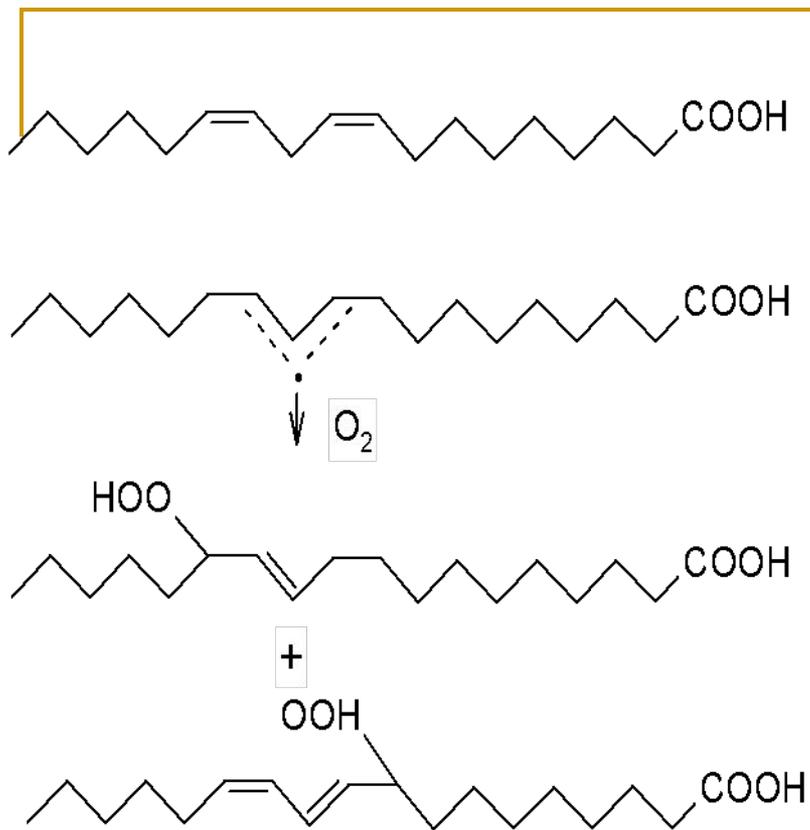
*ИЛИ:*



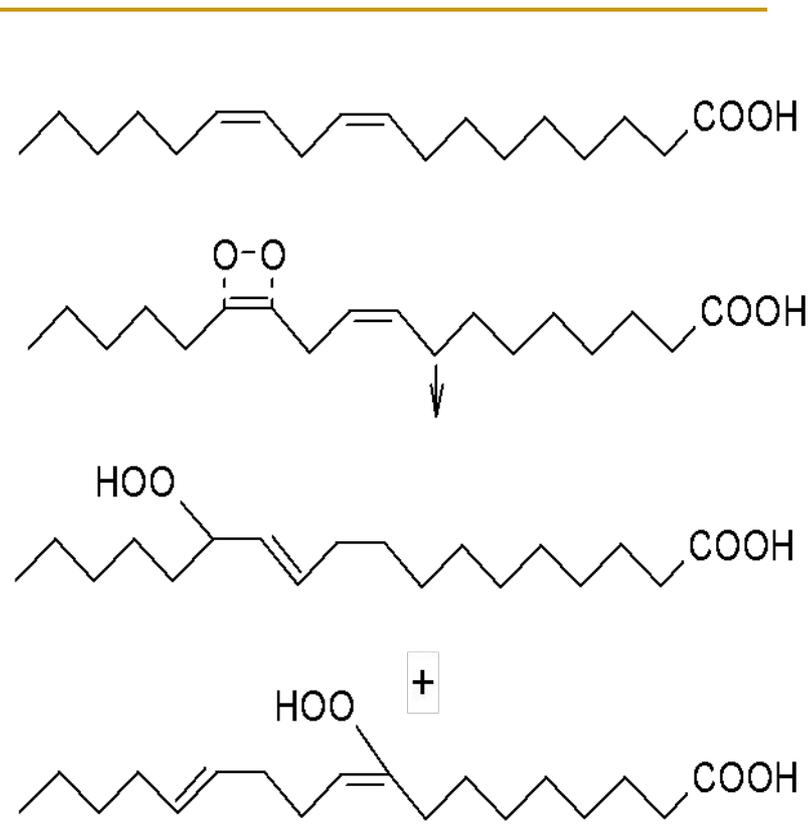
## ОКИСЛЕНИЕ:

ЖИРНАЯ КИСЛОТА → ГИДРОПЕРОКСИД →  
→ ЭПОКСИСОЕДИНЕНИЯ → СПИРТЫ →  
→ АЛЬДЕГИДЫ (КЕТОНЫ) → КАРБОНОВАЯ КИСЛОТА

Скорость окисления: C18:3 / C18:2 / C18:1 как 77 : 27 : 1.



**а**



**б**

**Пример:** Схема образования моноперекисей линолевой кислоты при свободнорадикальном окислении (**а**) и при взаимодействии с синглетным кислородом (**б**)

---

# ОСНОВНЫЕ ТИПЫ СЛОЖНЫХ ЛИПИДОВ

**1. Гликолипиды** – группа липидов, построенных на основе спирта сфингозина и содержащих, кроме остатков высших карбоновых кислот, одну или несколько молекул сахаров.

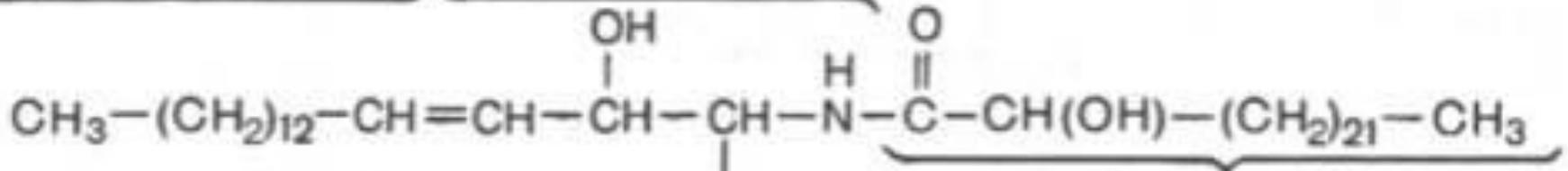
Выполняют структурные функции: участвуют в построении мембран, в формировании клейковинных белков.

В построении молекул гликолипидов чаще всего участвуют D-галактоза, D-глюкоза, D-манноза.

---

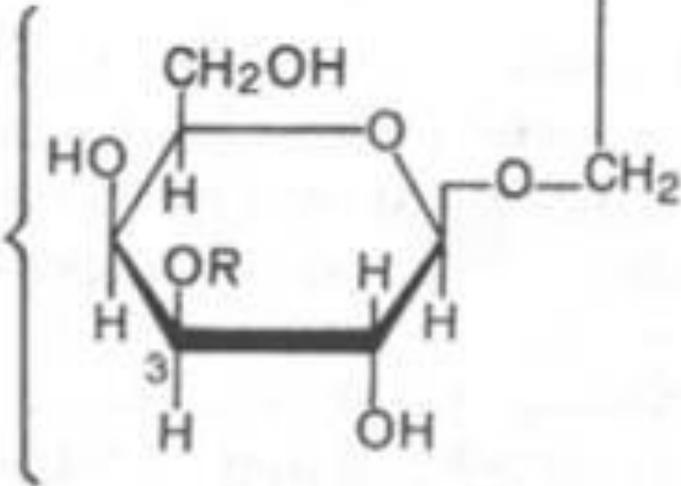
# Общее строение гликолипидов:

сфингозин



жирная кислота

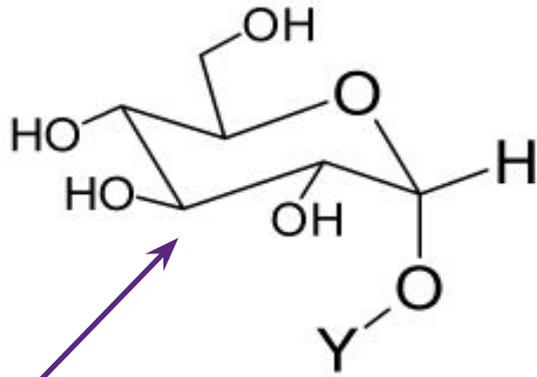
галактоза



**Галактозилцерамид**

# Примеры гликолипидов:

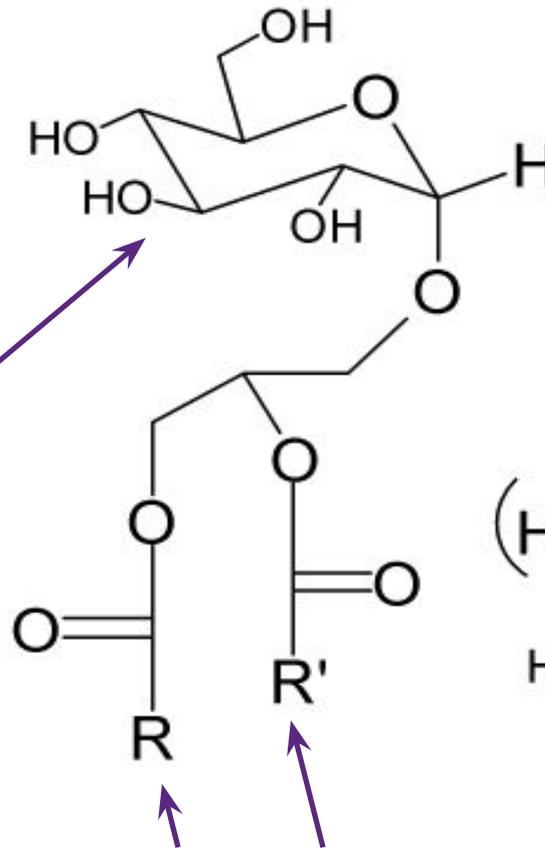
## Гликолипид



Y = липид

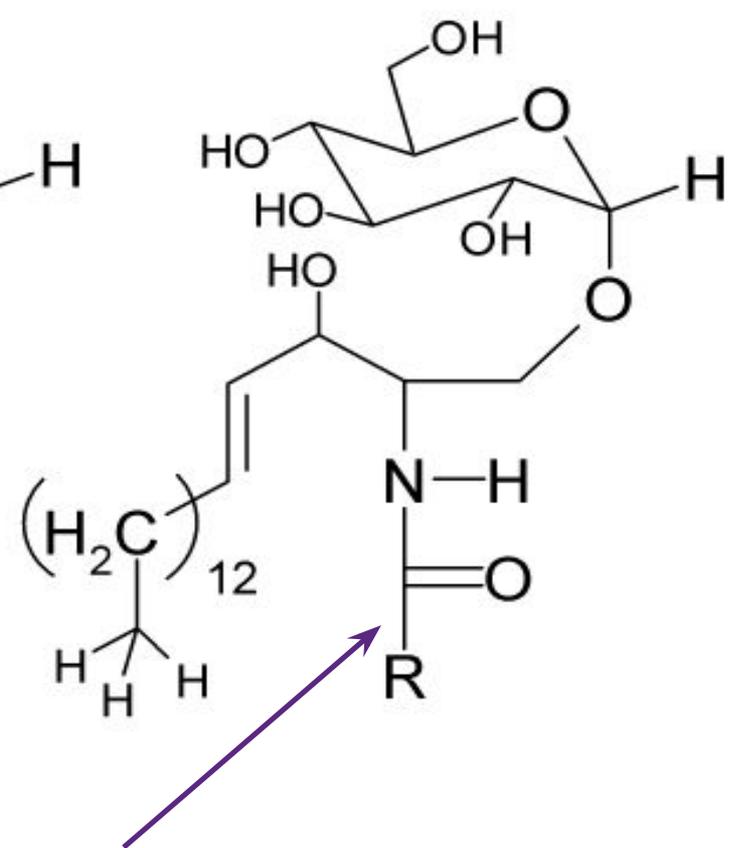
углеводы

## Глицеро-гликолипид



остатки жирных кислот

## Сфинго-гликолипид



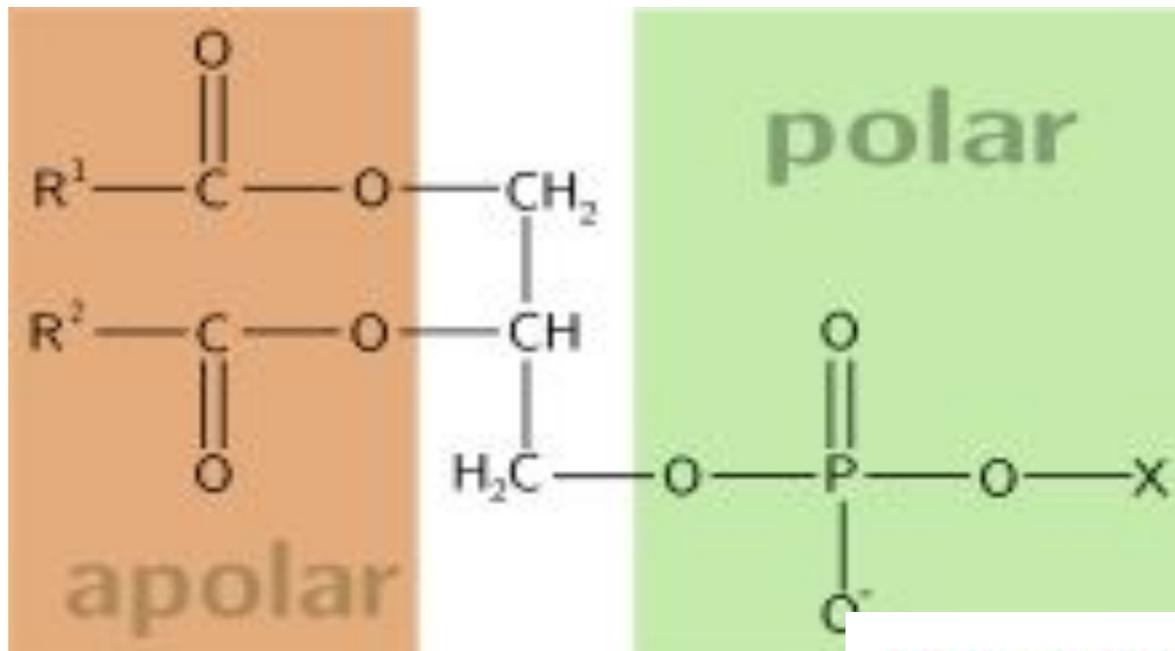
---

**2. Фосфолипиды** – сложные эфиры многоатомных спиртов и высших жирных кислот.

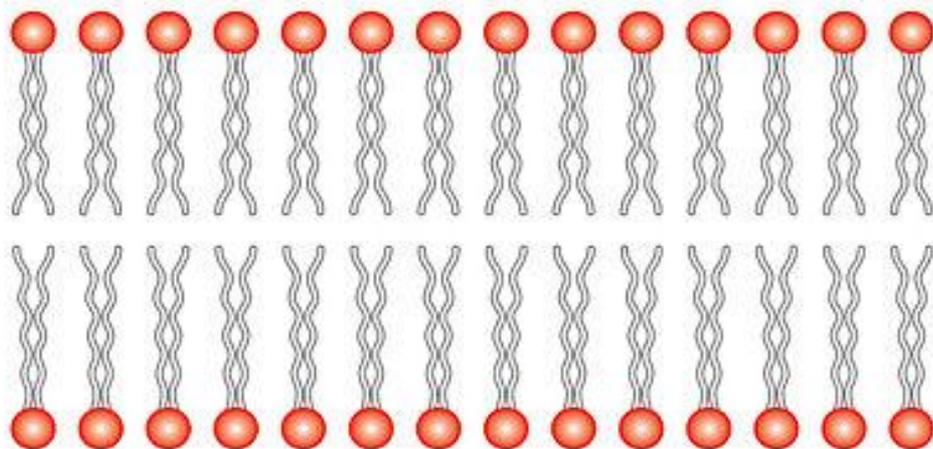
Молекулы фосфолипидов построены из остатков спиртов (глицерина, сфингозина), жирных кислот, фосфорной кислоты, аминоспиртов (этаноламина или холина), могут содержать остатки аминокислот и некоторых других соединений.

---

## Общее строение фосфолипидов:



**Бислой  
фосфолипидов**



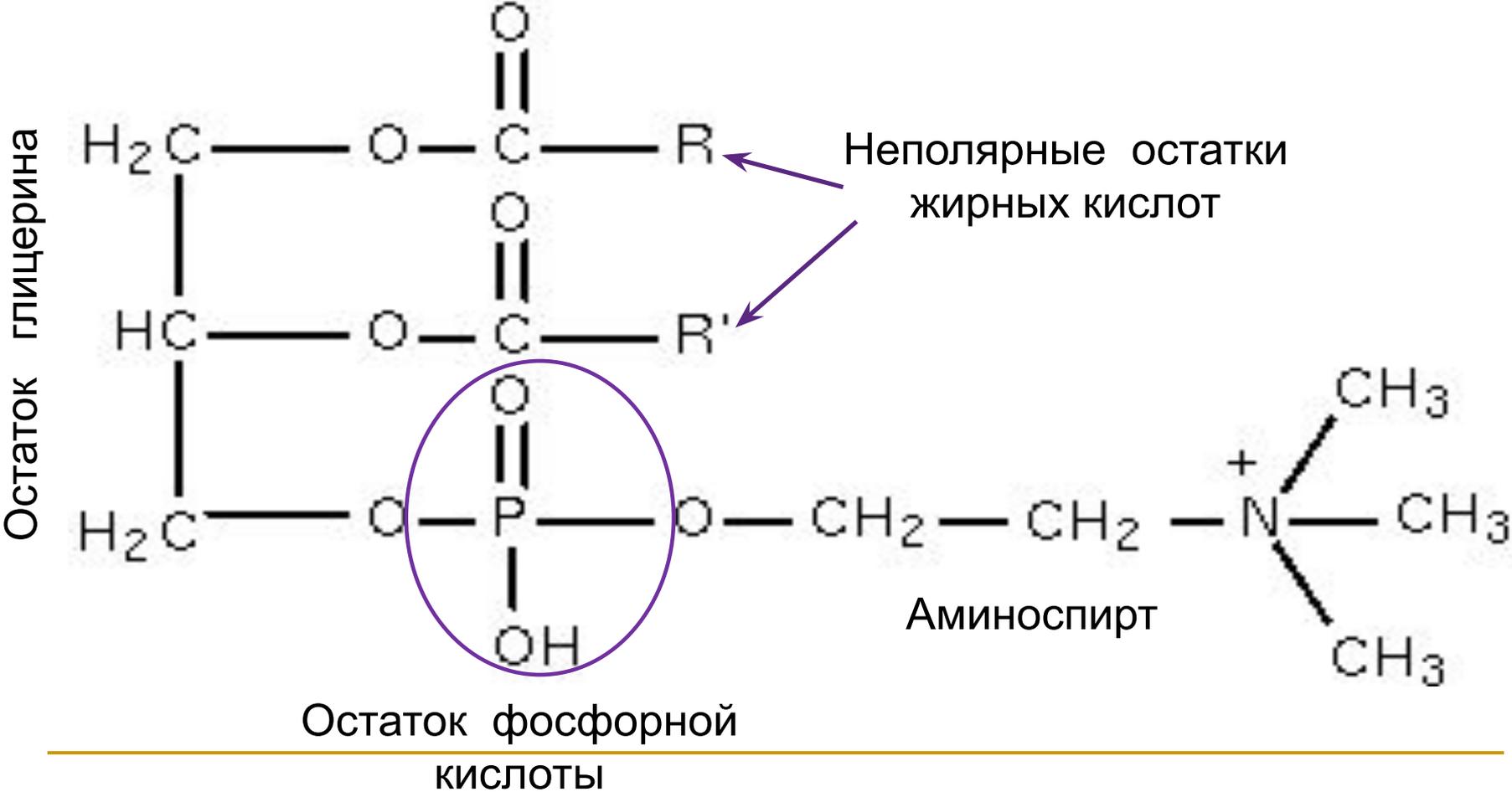
## Классификация фосфолипидов

- **глицерофосфолипиды** (=глицерофосфатиды).

Содержат остаток глицерина:

- фосфатидилхолин (=лецитин);
- фосфатидилэтаноламин (=кефалин);
- фосфатидилсерин (с участием АК серина);
- кардиолипин;
- плазмалоген (этаноламиновый плазмалоген);
- **фосфосфинголипиды**. Содержат остаток сфингозина:
- сфингомиелины;
- **фосфоинозитиды**. Содержат остаток инозитола:
- фосфатидилинозитол (не содержит азот).

# Фосфатидилхолин (лецитин)



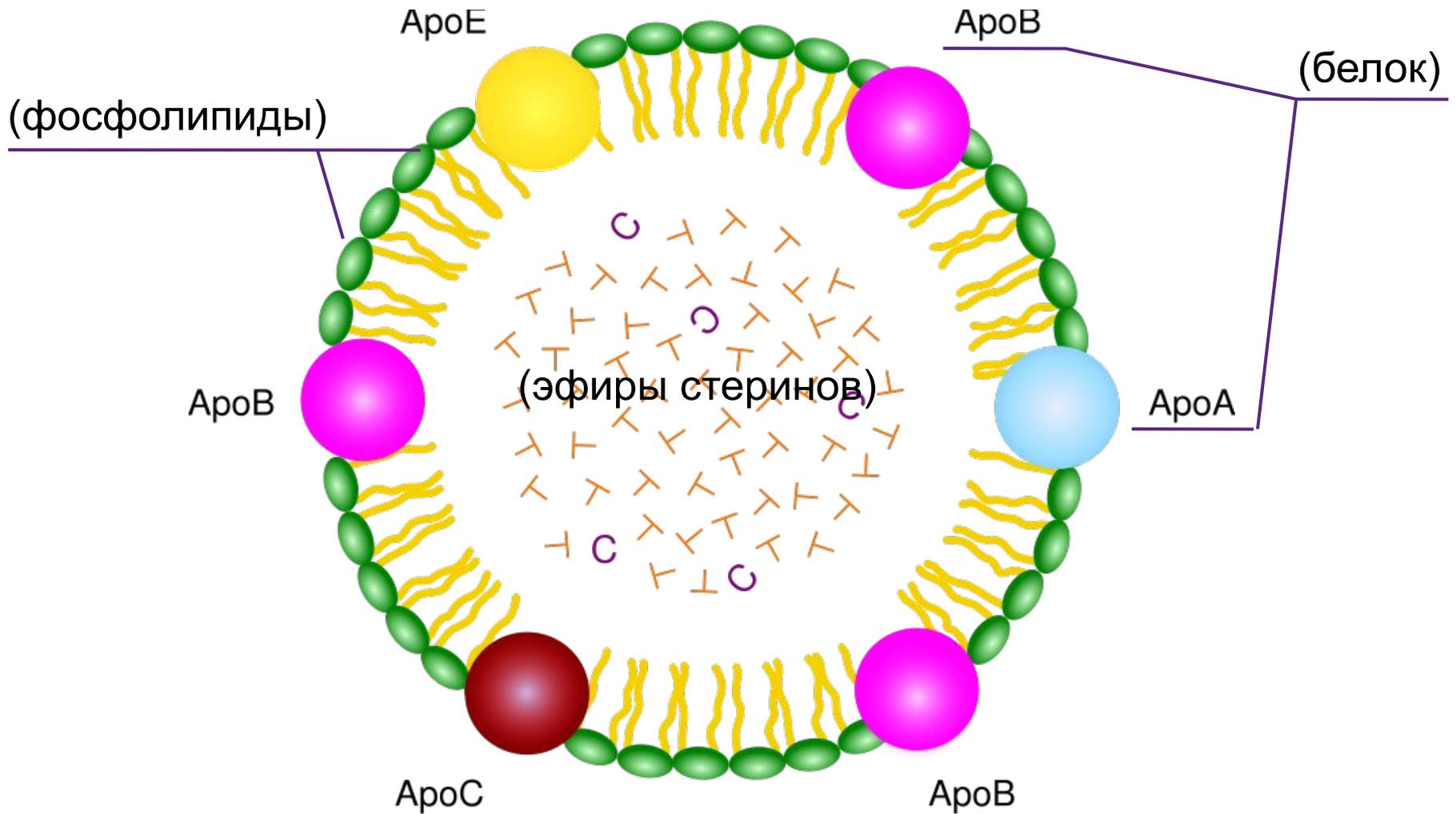
---

**3. Липопротеины** – сложные образования, содержащие триацилглицеролы, холестерол и белки. При этом белки (аполипопротеины, сокращенно – апо-ЛП) не имеют ковалентных связей с липидами.

Различают свободные и структурные липопротеины.

---

# Общее строение липопротеинов:

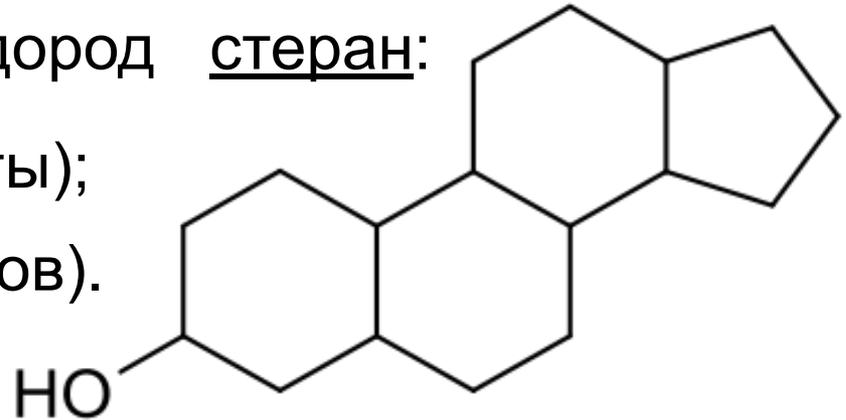




**Строение  
липопротеинов крови**

**Стероиды** – сложные липиды, в основе структуры молекулы которых лежит насыщенный тетрациклический углеводород стеран:

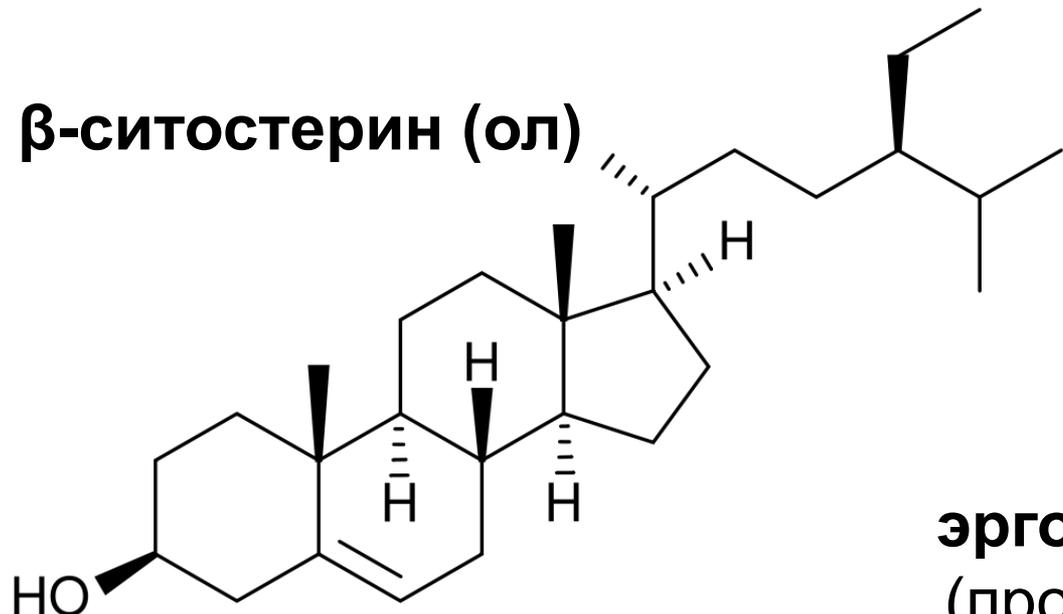
- стерины (стеролы=спирты);
- стериды (эфиры стеринов).



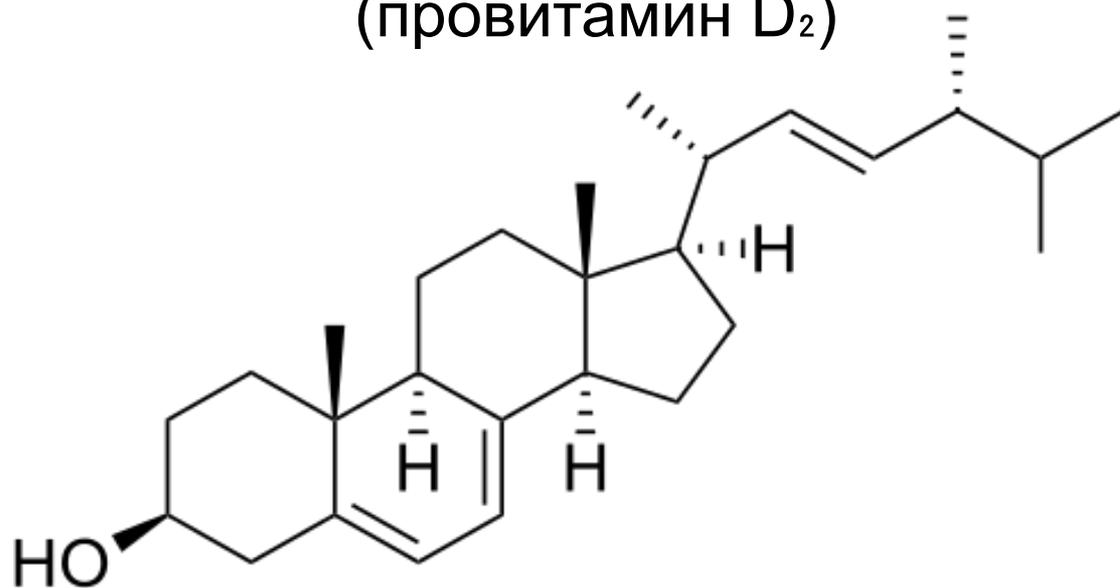
### **Стерины:**

- зоостерины (животные);
- фитостерины (растительные);
- микостерины (из грибов).

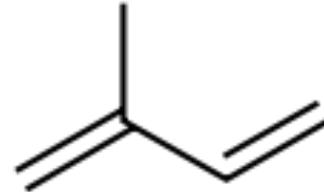
**β-ситостерин (ол)**



**эргостерин (ол)**  
(провитамин D<sub>2</sub>)



**Терпены** – класс углеводородов  
на основе изопрена:

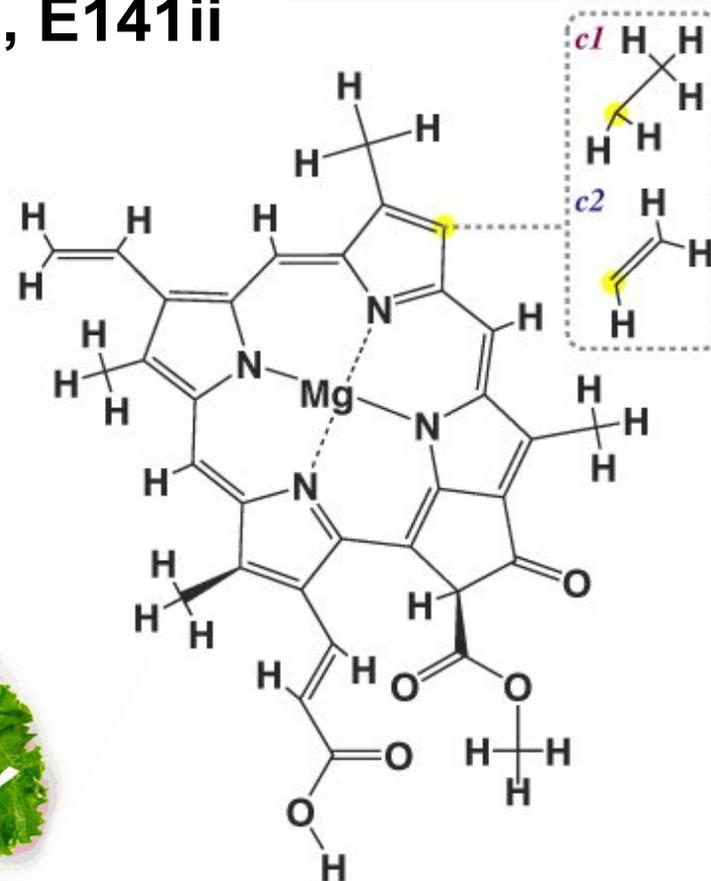


Различают:

- монотерпены (терпены);
- сесквитерпены (полуторатерпены);
- дитерпены;
- тритерпены;
- тетратерпены;
- политерпены.

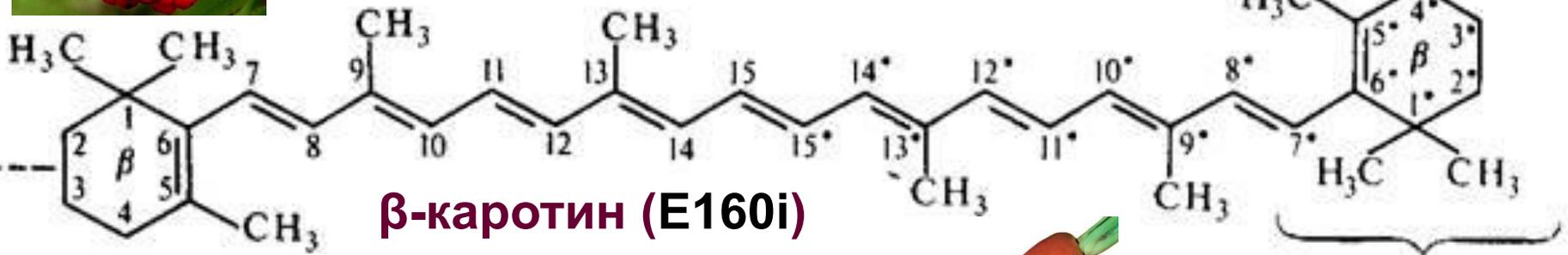
# ХЛОРОФИЛЛЫ

## E140, E141i, E141ii



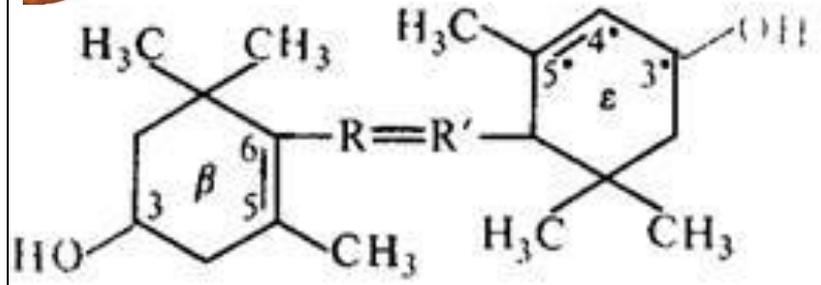
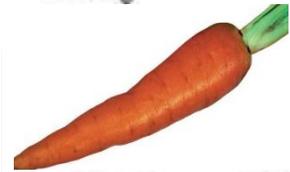
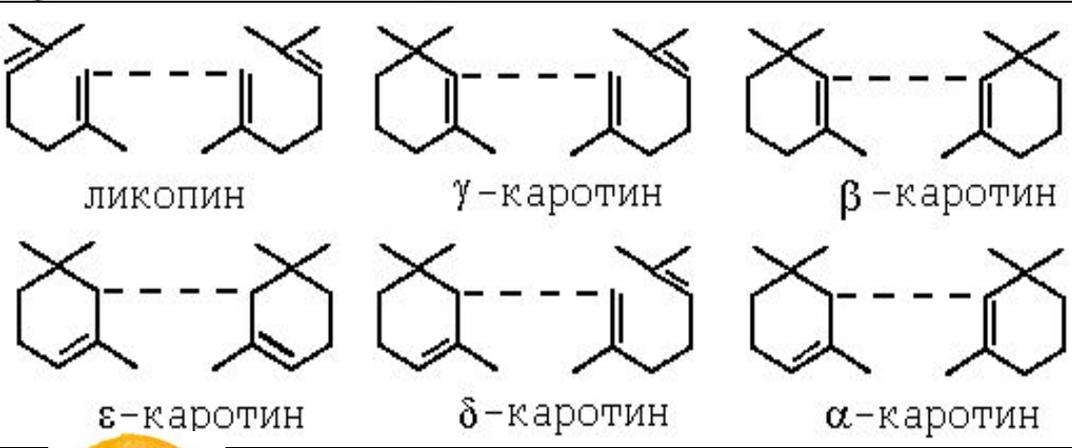


# КАРОТИНОИДЫ (E160ii)

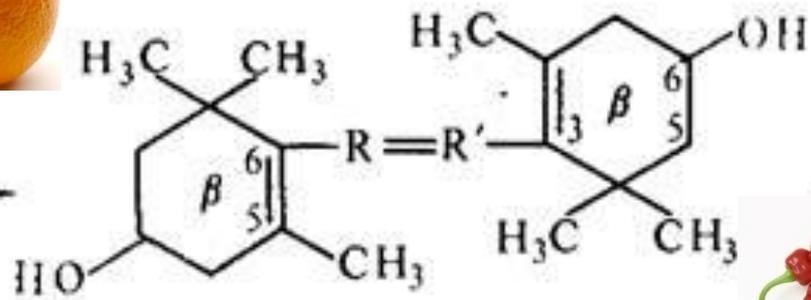
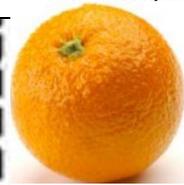


**β-каротин (E160i)**

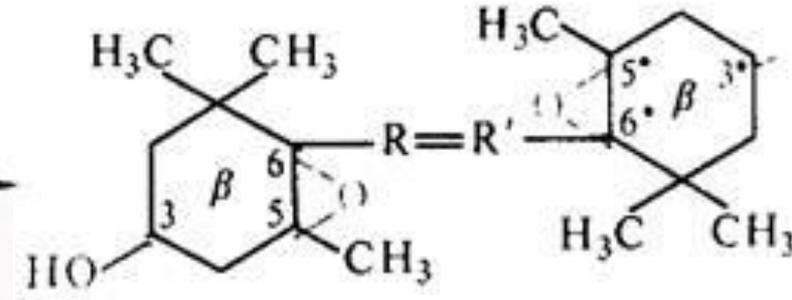
Иононовое кольцо



**лютеин**



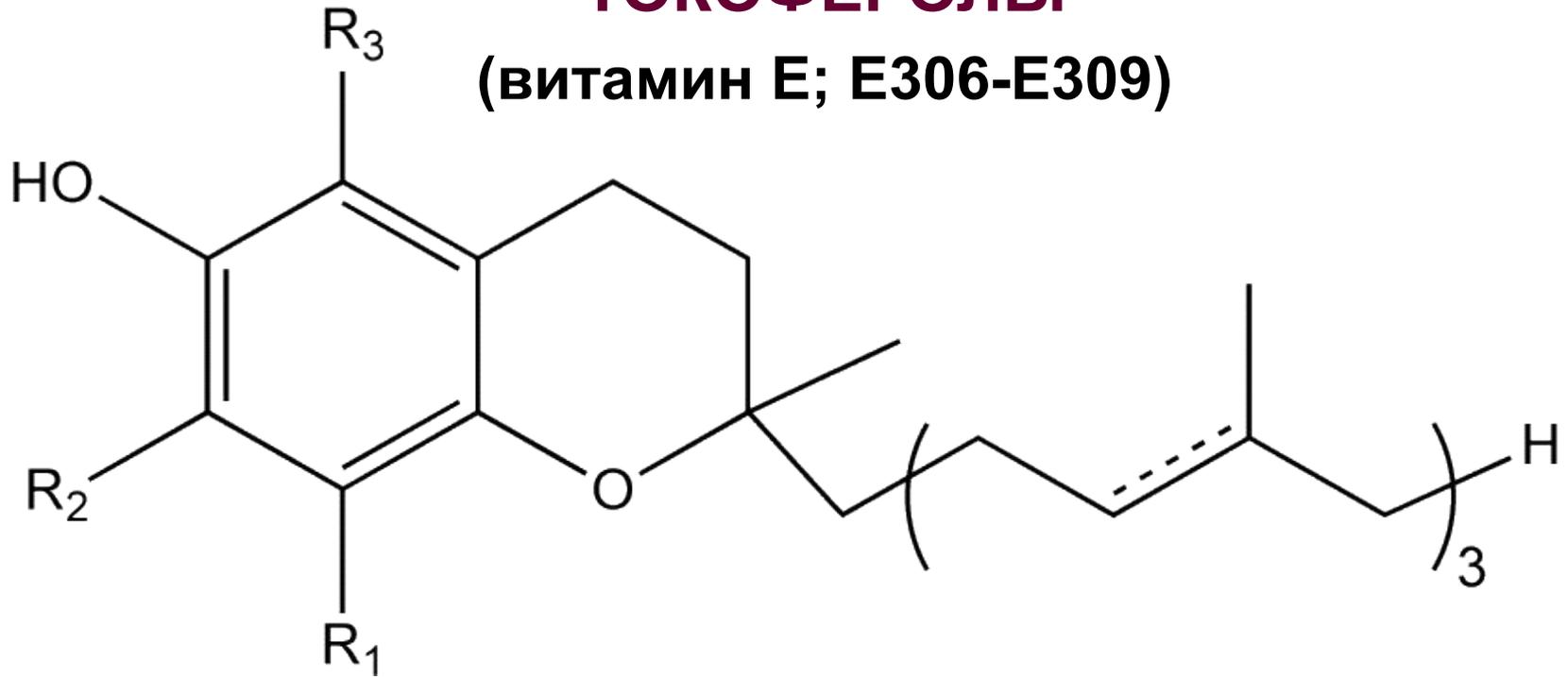
**зеаксантин**



**виолаксантин**

# ТОКОФЕРОЛЫ

(витамины E; E306-E309)



$\alpha$ -tocopherol,  $R_1 = R_2 = R_3 = \text{CH}_3$

$\alpha$ -tocotrienol,  $R_1 = R_2 = R_3 = \text{CH}_3$

$\beta$ -tocopherol,  $R_1 = R_3 = \text{CH}_3$ ;  $R_2 = \text{H}$

$\beta$ -tocotrienol,  $R_1 = R_3 = \text{CH}_3$ ;  $R_2 = \text{H}$

$\gamma$ -tocopherol,  $R_1 = R_2 = \text{CH}_3$   $R_3 = \text{H}$

$\gamma$ -tocotrienol,  $R_1 = R_2 = \text{CH}_3$   $R_3 = \text{H}$

$\delta$ -tocopherol,  $R_1 = R_2 = R_3 = \text{H}$

$\delta$ -tocotrienol,  $R_1 = R_2 = R_3 = \text{H}$



## Содержание фитина в зернопродуктах, %

Отруби (пшеничные и ржаные)			0,77
Крупы из цельных зерен: пшеница, рожь, ячмень, овсянка, кукуруза			0,2–0,4
Зерно	Морфологические структуры	Фитиновая кислота,	Фитиновый фосфор
Кукуруза	Эндосперм	0,04	0,01
	Зародыш	<b>6,39</b>	1,80
	Оболочка (отруби)	0,07	0,02
	Среднее содержание	0,89	0,25
Кукуруза с высоким содержанием лизина	Оболочка (отруби)	0,25	0,07
	Среднее содержание	0,96	0,27
	Эндосперм	0,04	0,01
	Зародыш	<b>5,72</b>	1,61
Мягкая пшеница	Эндосперм	0,004	0,001
	Зародыш	<b>3,91</b>	1,10
	Оболочка (отруби)	0,00	0,00
	Алейроновый слой	4,12	1,16
	Среднее содержание	1,14	0,32
Шелушенный рис	Эндосперм	0,01	0,004
	Зародыш	<b>3,48</b>	0,98
	Перикарпий	3,37	0,95
	Среднее содержание	0,89	0,25

