

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

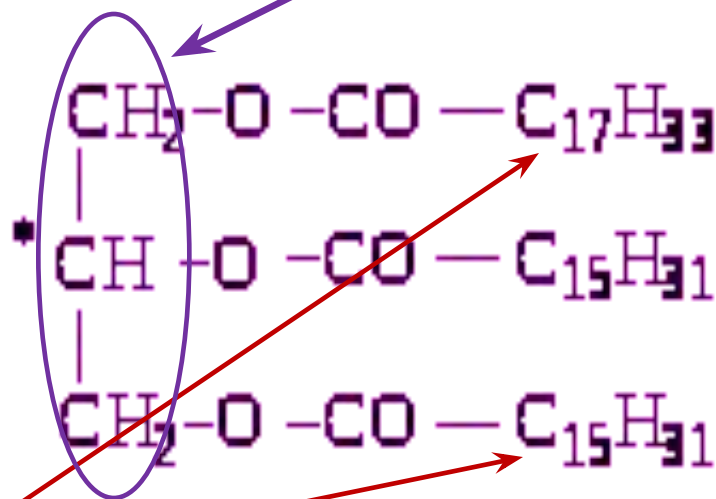
Фосфинголипиды

Жиры:

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

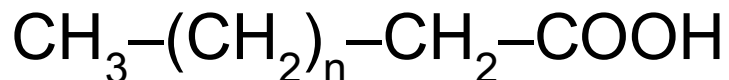
(Три)ацилглицериды – сложные эфиры глицерина и жирных (= высших карбоновых) кислот.

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:



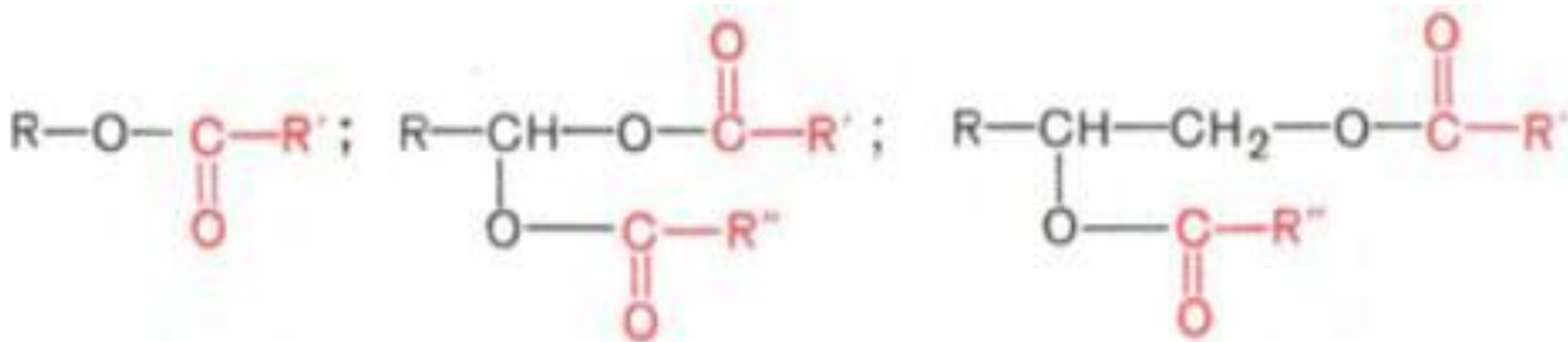
пальмитолеиновая (C16:**1**), олеиновая (C18:**1**) ...

3) **Поли**ненасыщенные:



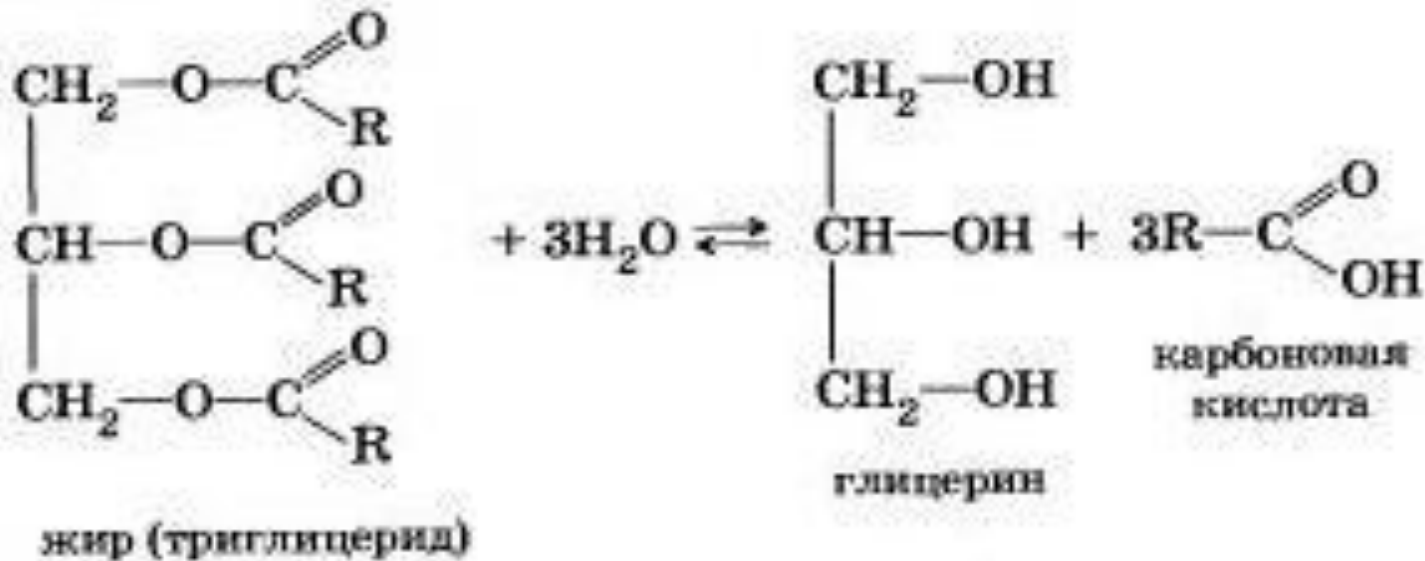
при n=2 – линолевая (C18:**2**), при n=3 – линоленовая (C18:**3**) ...

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

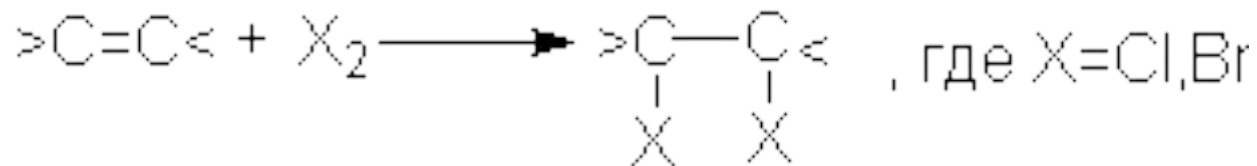


ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА ЖИРОВ

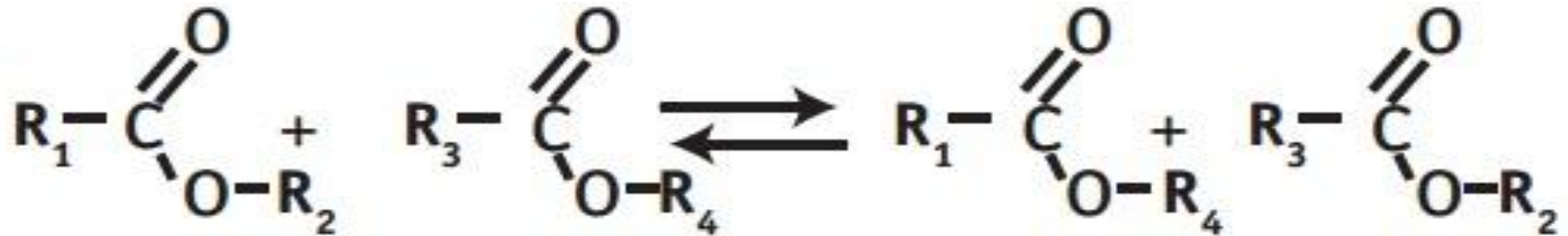
1) **гидролиз** под действием кислот и щелочей:



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

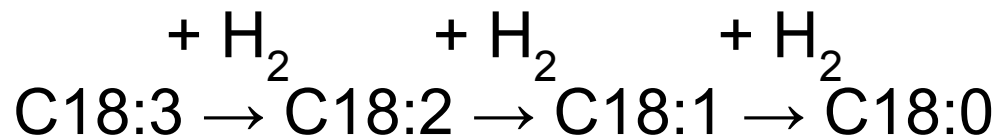


3) участие в реакции **переэтерификации**:

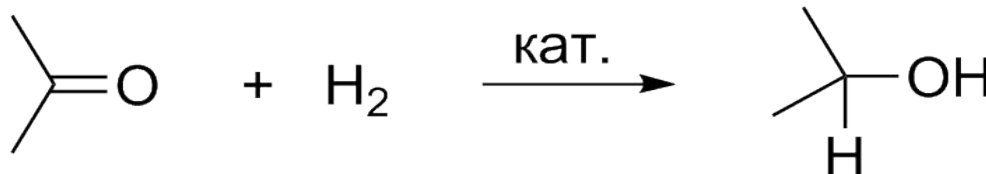
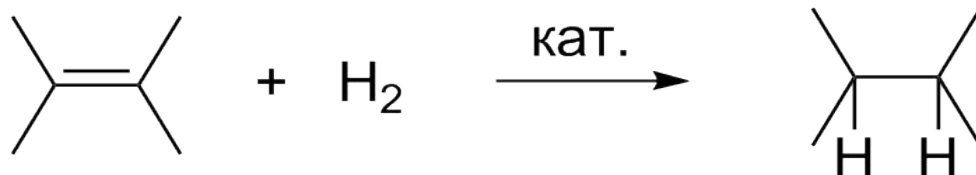


4) способность образовывать комплексы с другими биологическими молекулами, то есть способность образовывать «сложные липиды».

ГИДРИРОВАНИЕ:



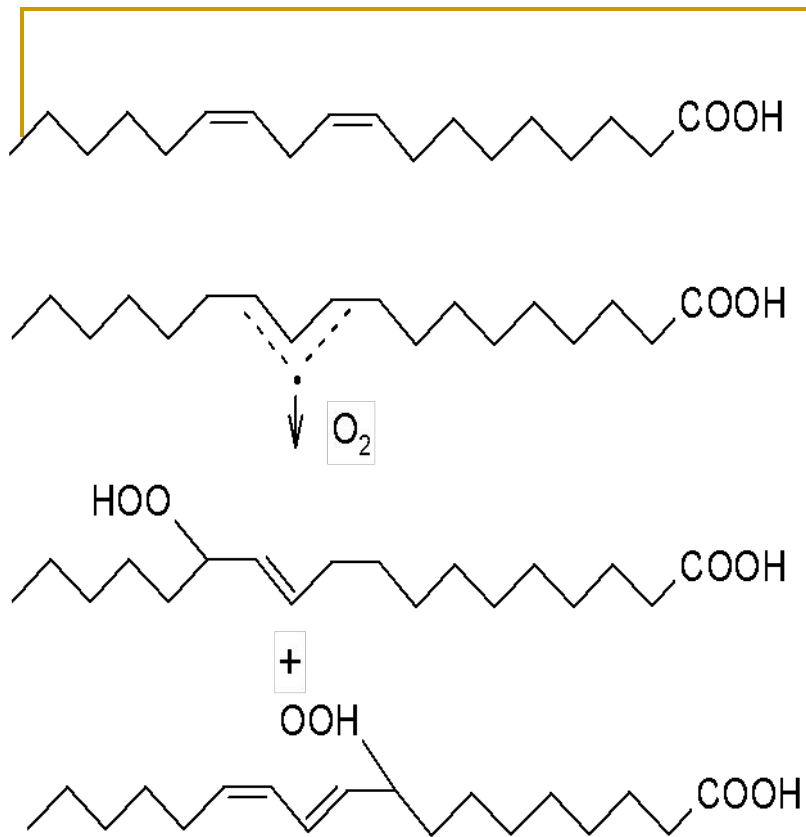
ИЛИ:



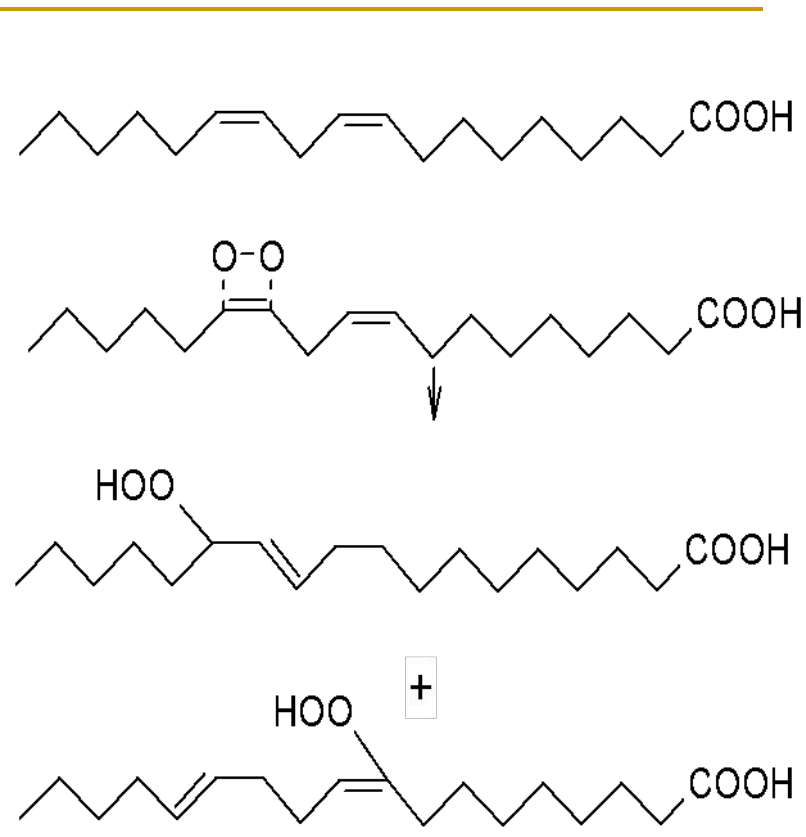
ОКИСЛЕНИЕ:

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

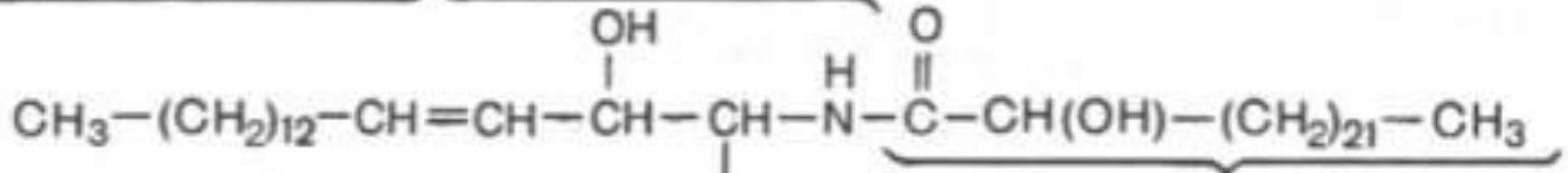
1. Гликолипиды – группа липидов, построенных на основе спирта сфингозина и содержащих, кроме остатков высших карбоновых кислот, одну или несколько молекул сахаров.

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

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

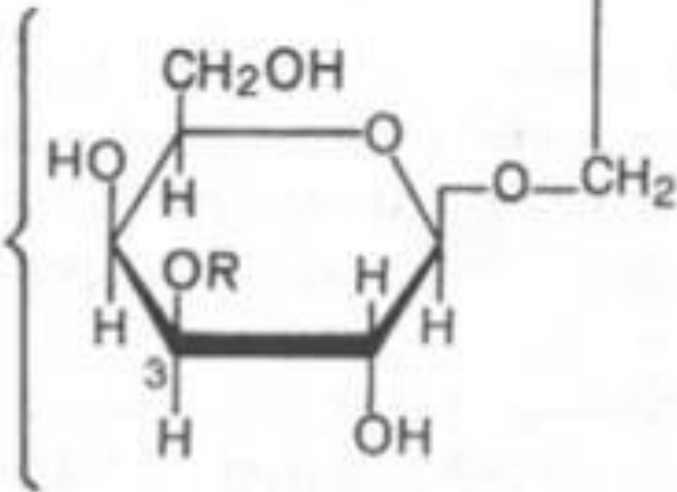
Общее строение гликолипидов:

сфингозин



жирная кислота

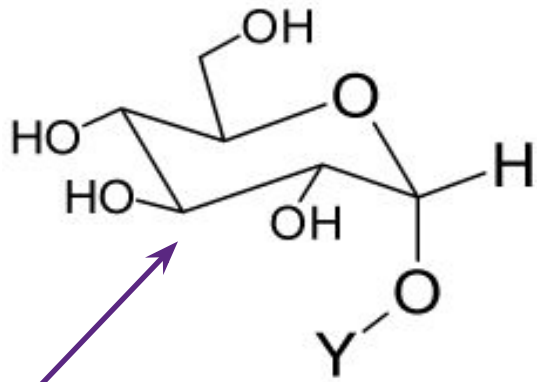
галактоза



Галактозилцерамид

Примеры гликолипидов:

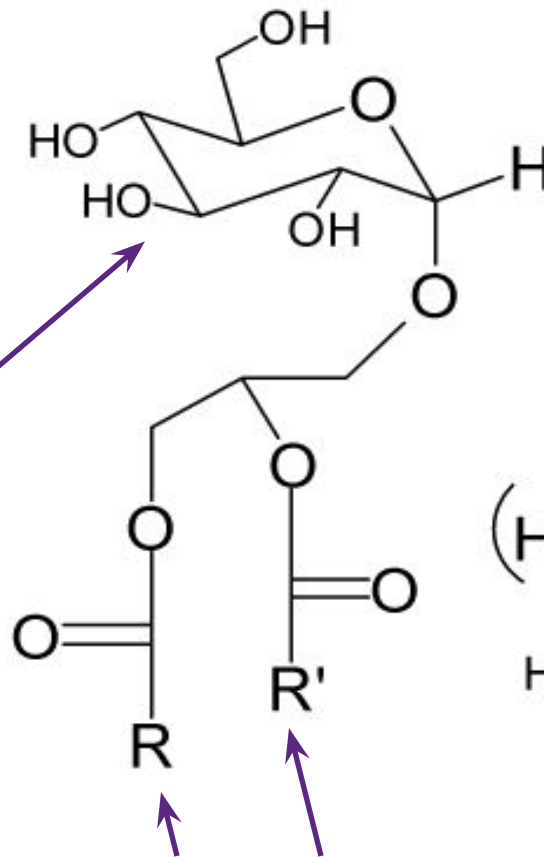
Гликолипид



Y = липид

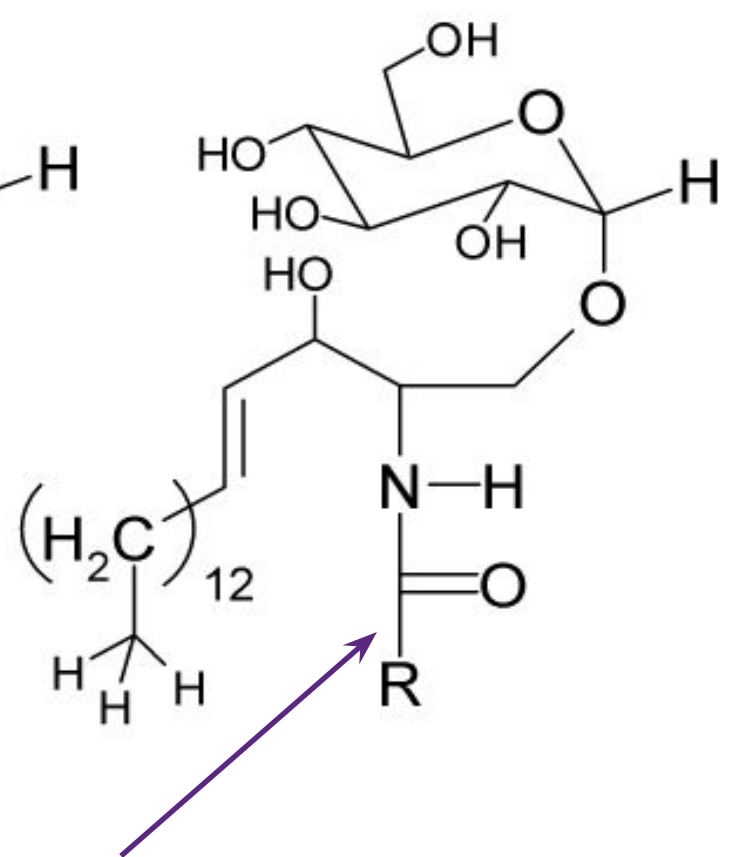
углеводы

Глицеро-гликолипид



остатки жирных кислот

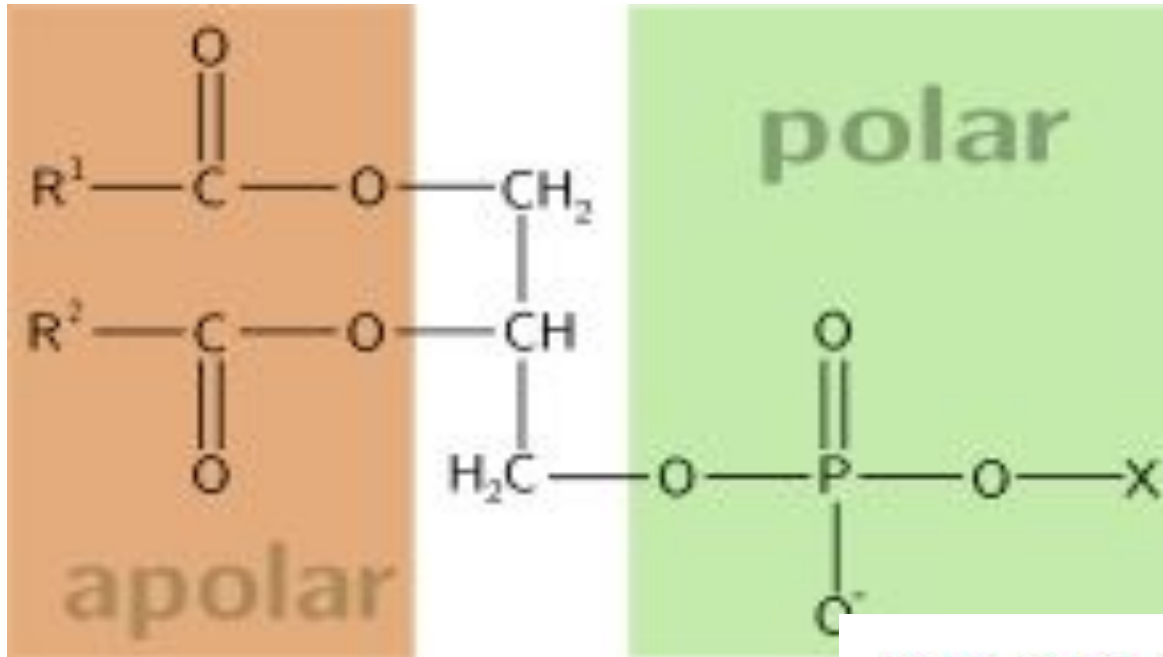
Сфинго-гликолипид



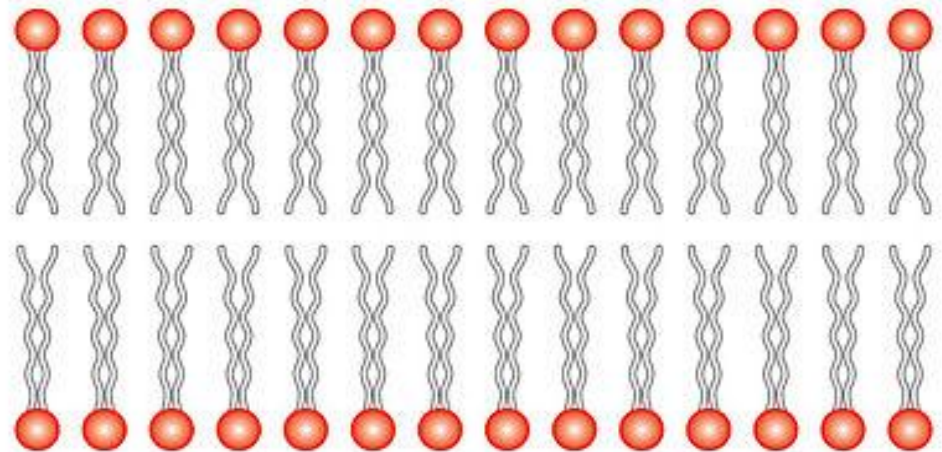
2. Фосфолипиды – сложные эфиры многоатомных спиртов и высших жирных кислот.

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**



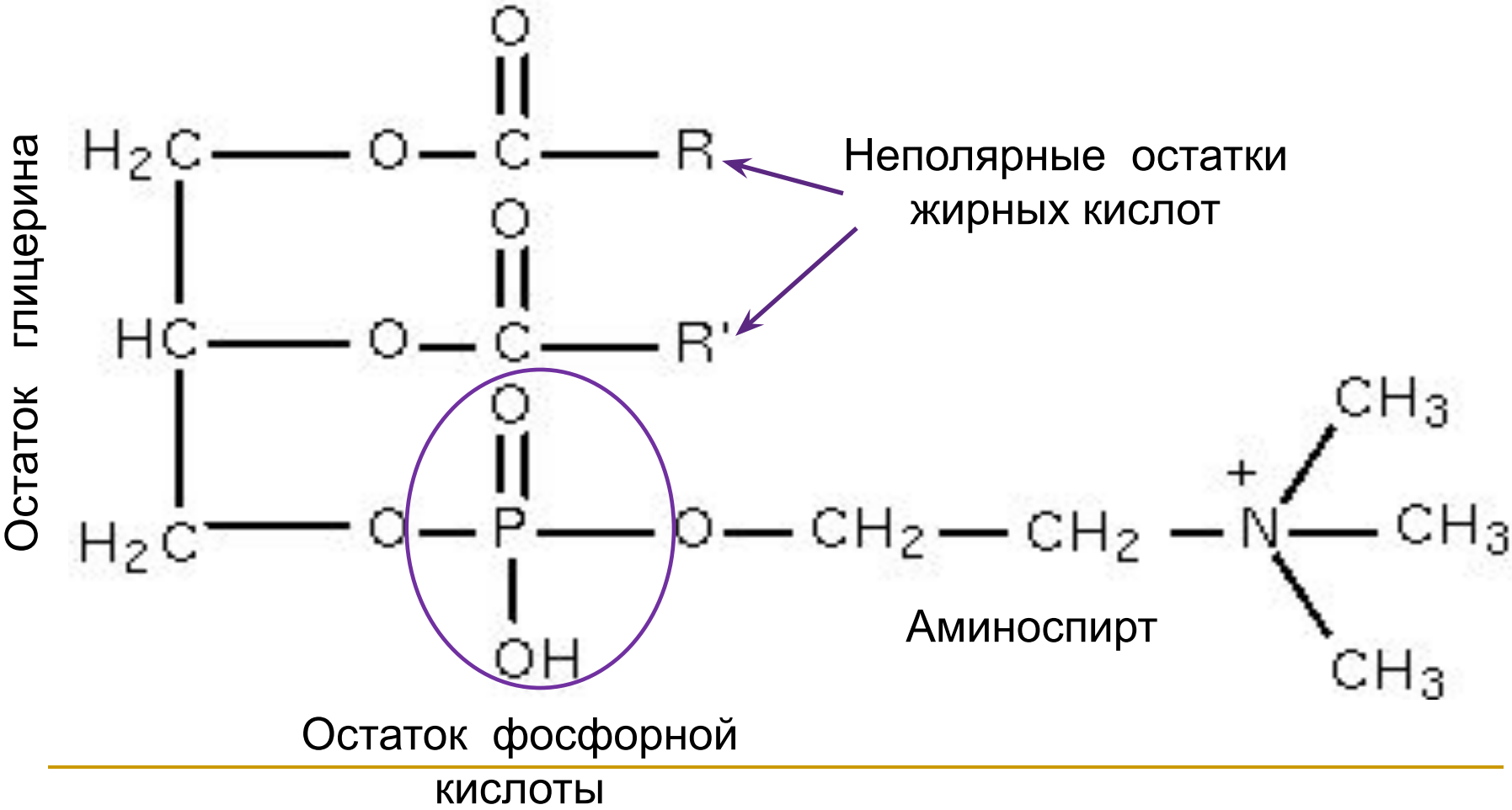
Классификация фосфолипидов

- **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).

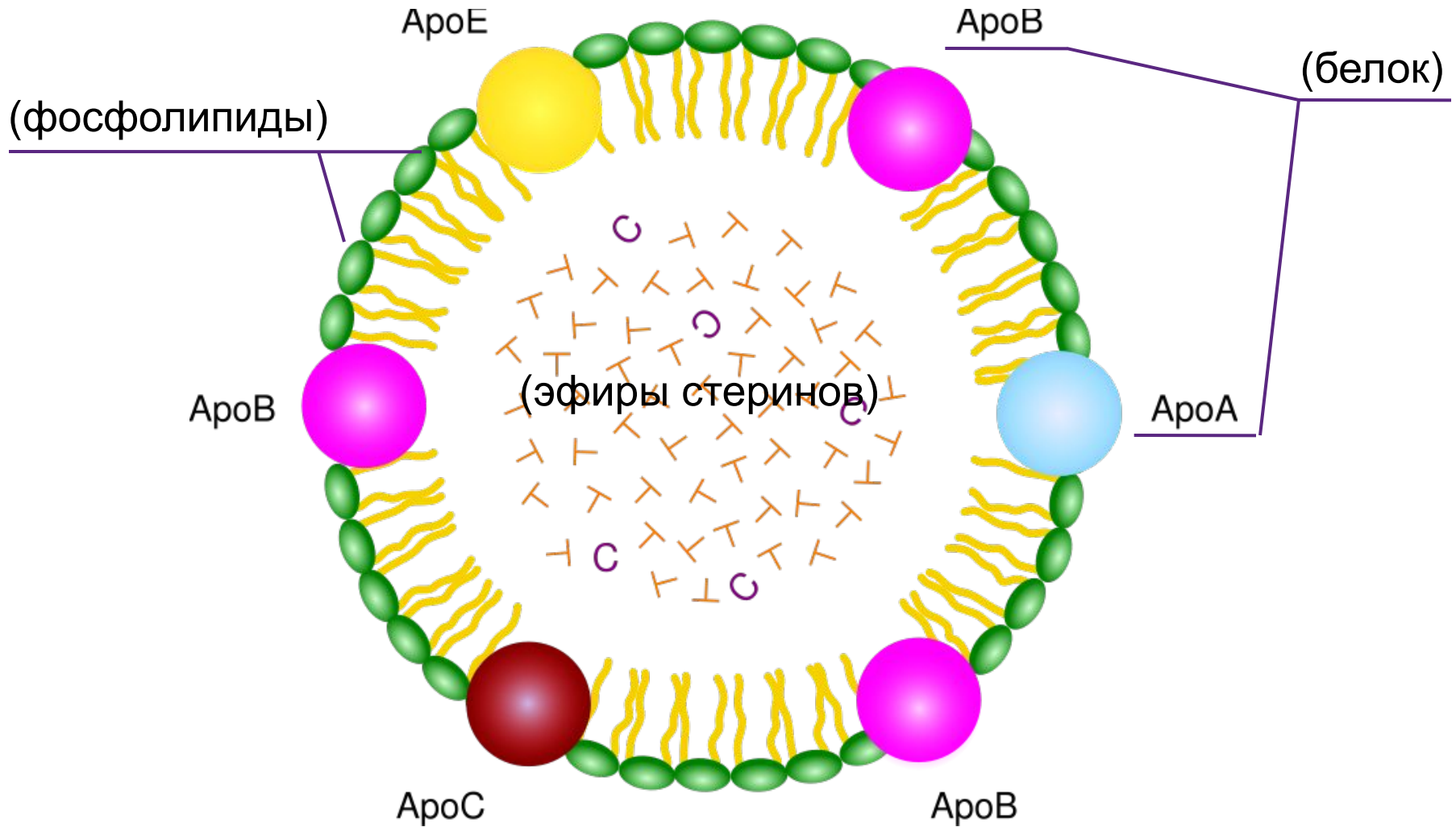
Фосфатидилхолин (лецитин)



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:

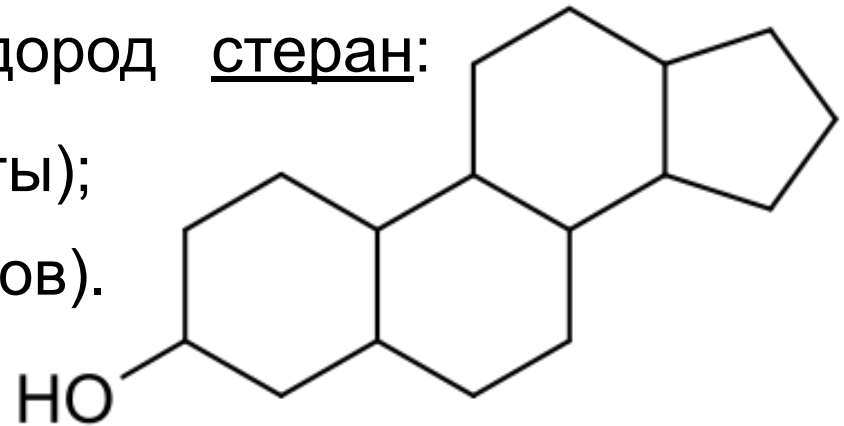




**Строение
липопротеинов крови**

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

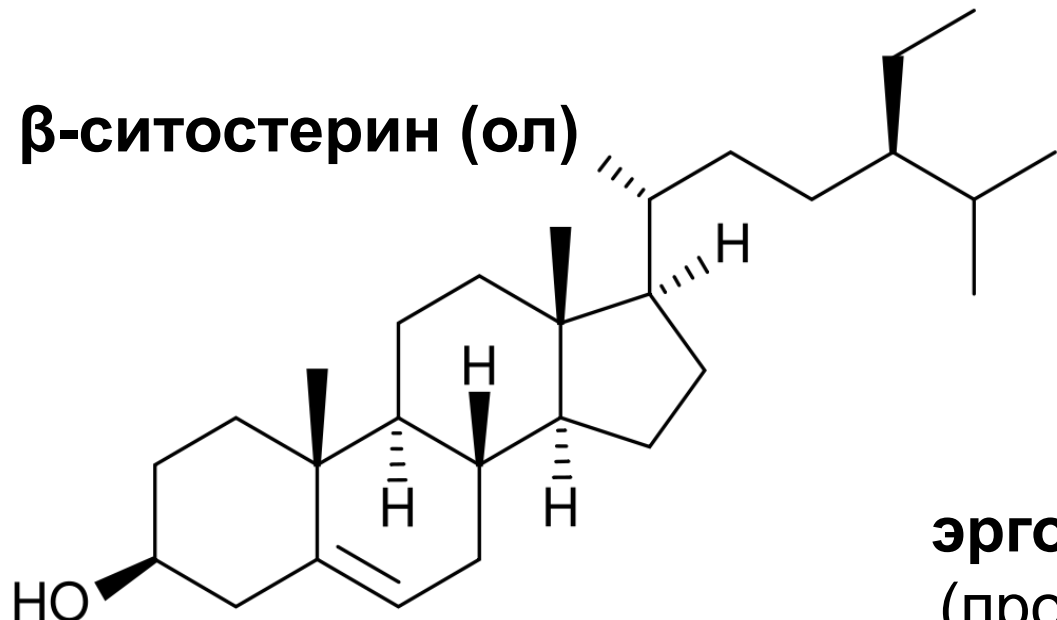
- стерины (стеролы=спирты);
- стериды (эфиры стеринов).



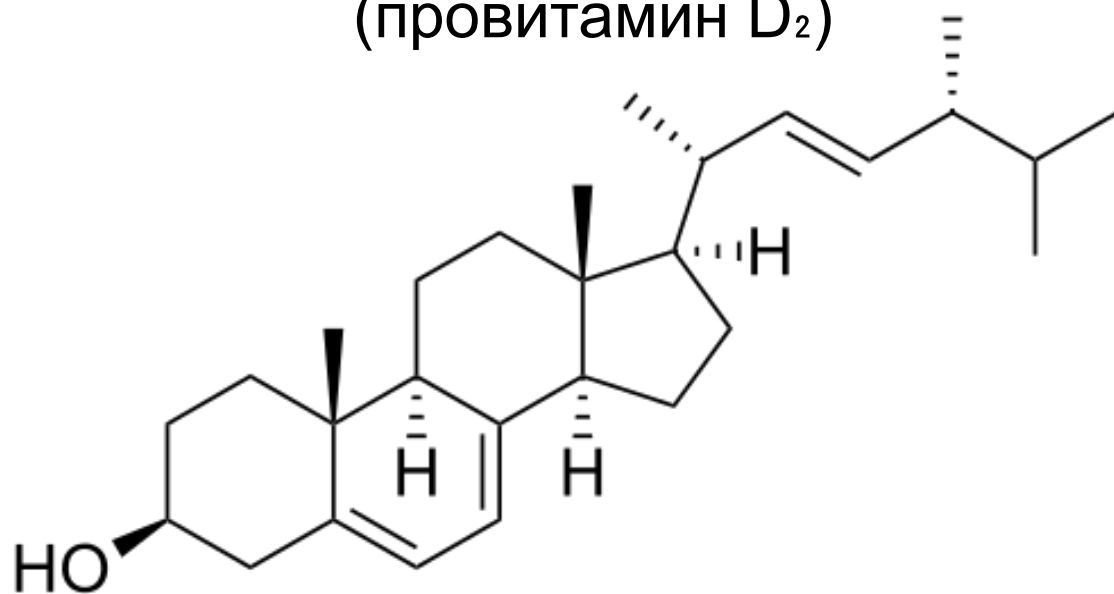
Стерины:

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

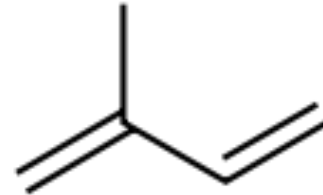
β-ситостерин (ол)



эргостерин (ол)
(провитамин D₂)



Терпены – класс углеводородов
на основе изопрена:

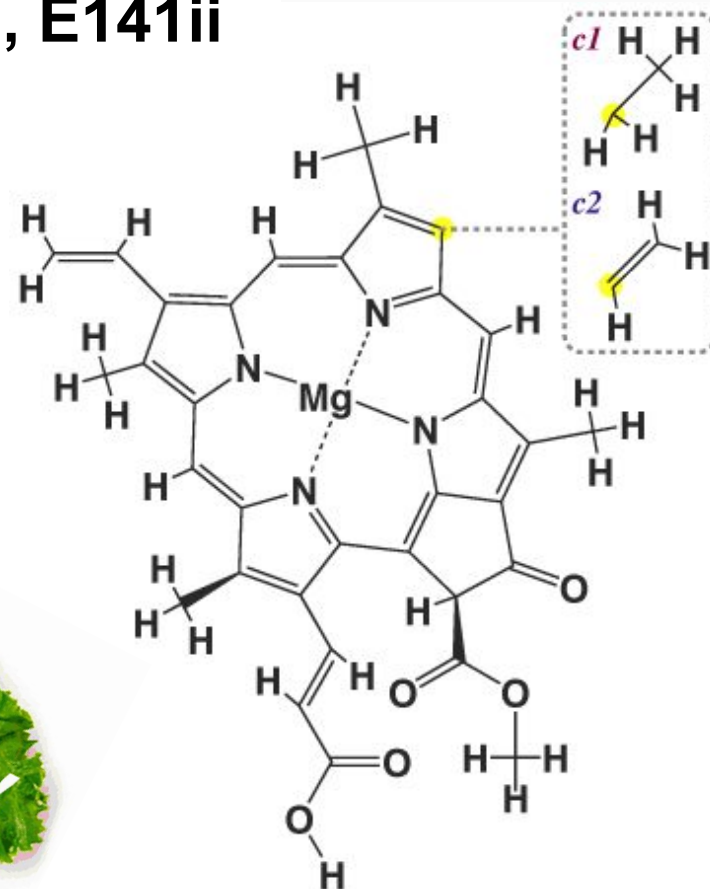


Различают:

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

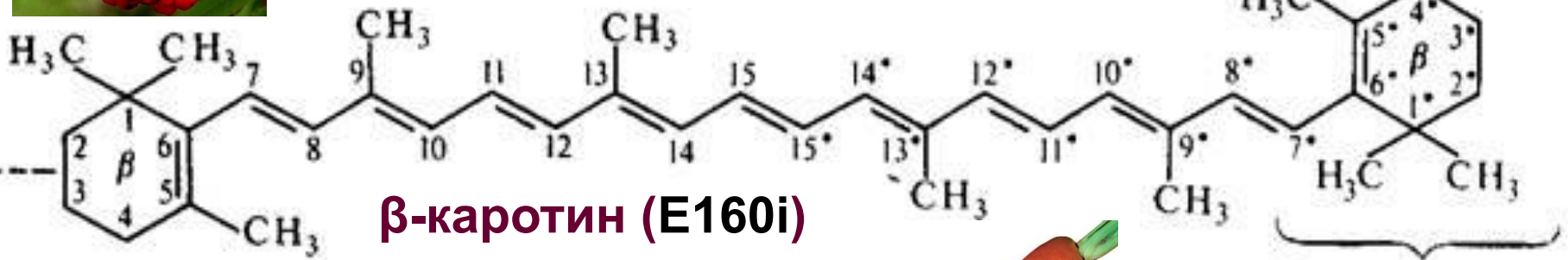
ХЛОРОФИЛЛЫ

E140, E141i, E141ii



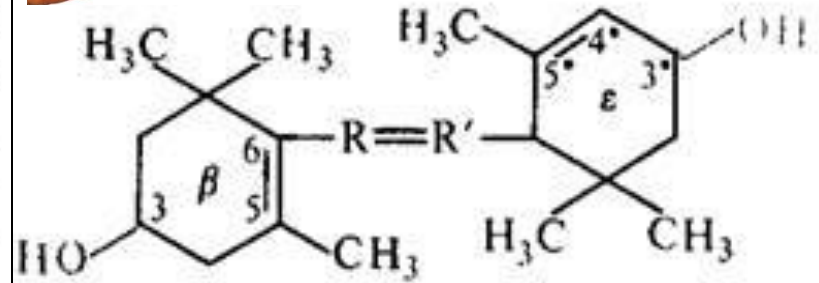
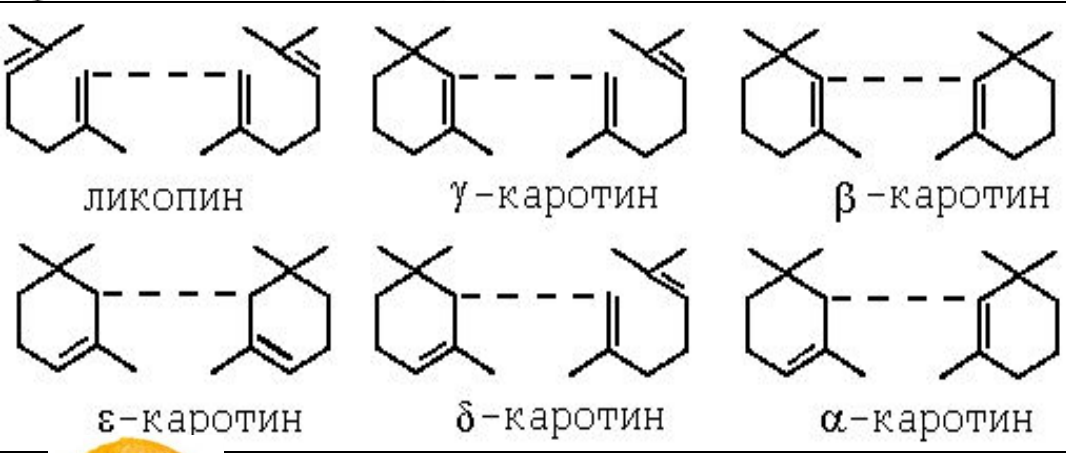


КАРОТИНОИДЫ (E160ii)

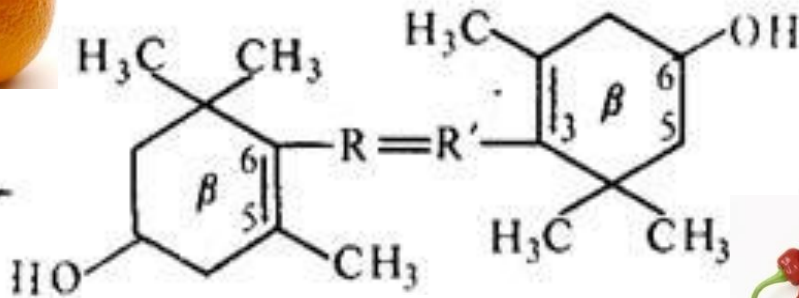
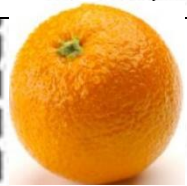


β-каротин (E160i)

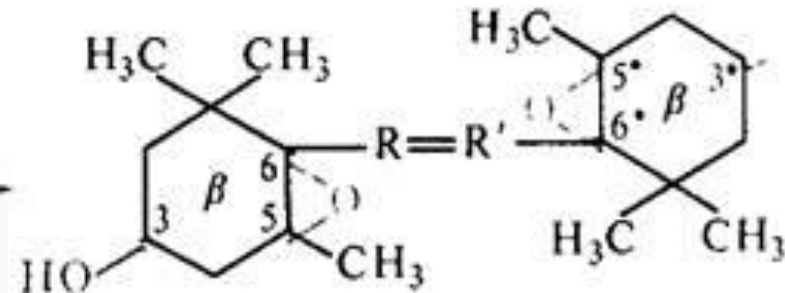
Иононовое кольцо



лютеин



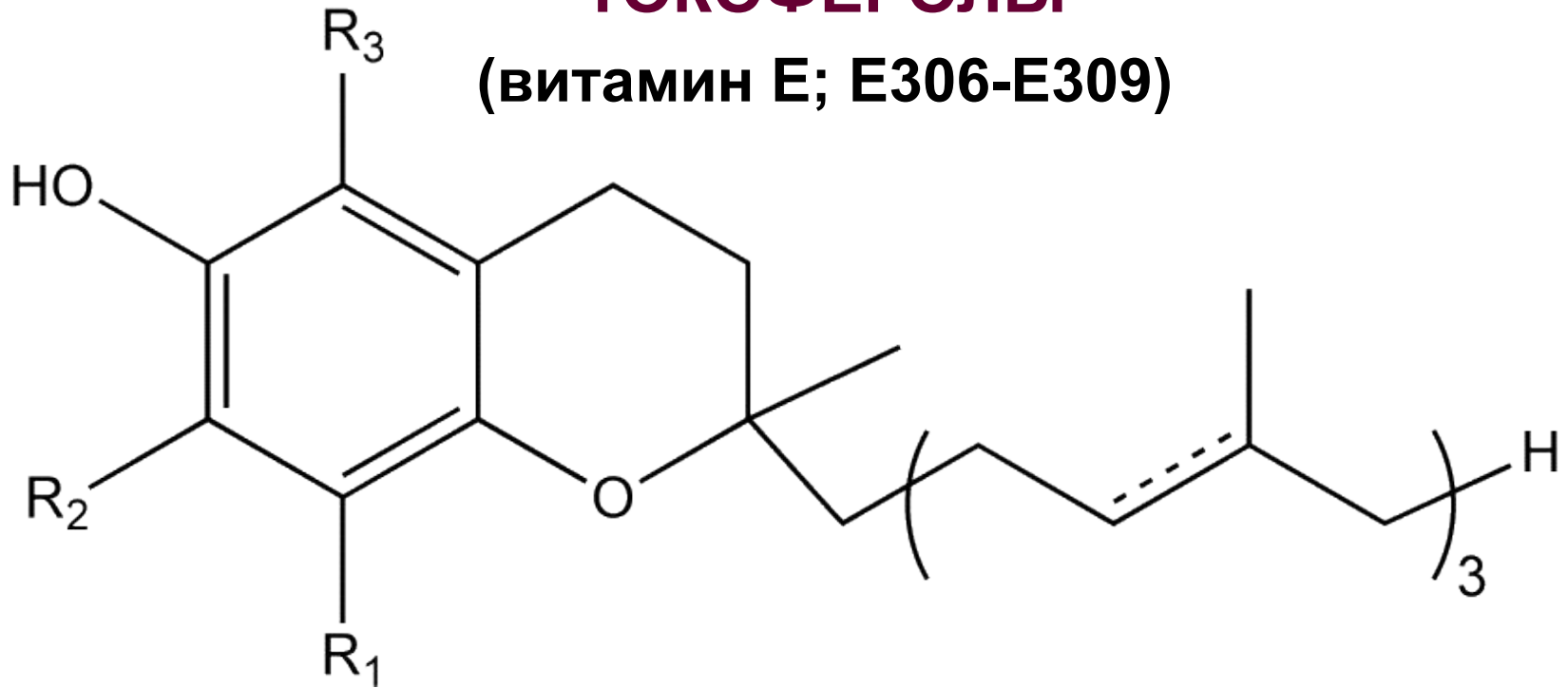
зеаксантин



виолаксантин

ТОКОФЕРОЛЫ

(витамины E; E306-E309)



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

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

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

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

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

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

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

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

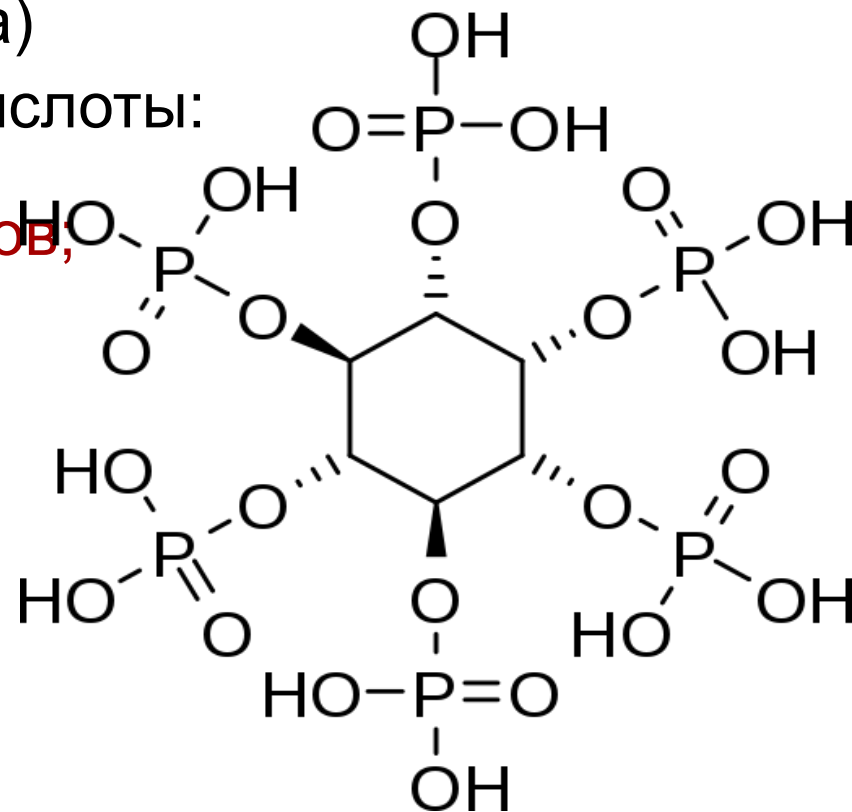
Фитиновая кислота – D-мио-инозитол-1,2,3,4,5,6-гексаксидигидрофосфорной кислоты, сложный эфир циклического шестиатомного полиспирта

мио-инозитола (мио-инозита)
и 6 остатков фосфорной кислоты:

- **ингибирует окисление жиров,**

- тормозит расщепление
белков и углеводов;

- снижает биодоступность
минеральных элементов.



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	6,39	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	5,72	1,61
Мягкая пшеница	Эндосперм	0,004	0,001
	Зародыш	3,91	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	3,48	0,98
	Перикарпий	3,37	0,95
	Среднее содержание	0,89	0,25

Цикл Кребса

