

# БИОХИМИЯ И МОЛЕКУЛЯРНАЯ БИОЛОГИЯ

## *Лекция 6. Липиды – строение, свойства, функции*

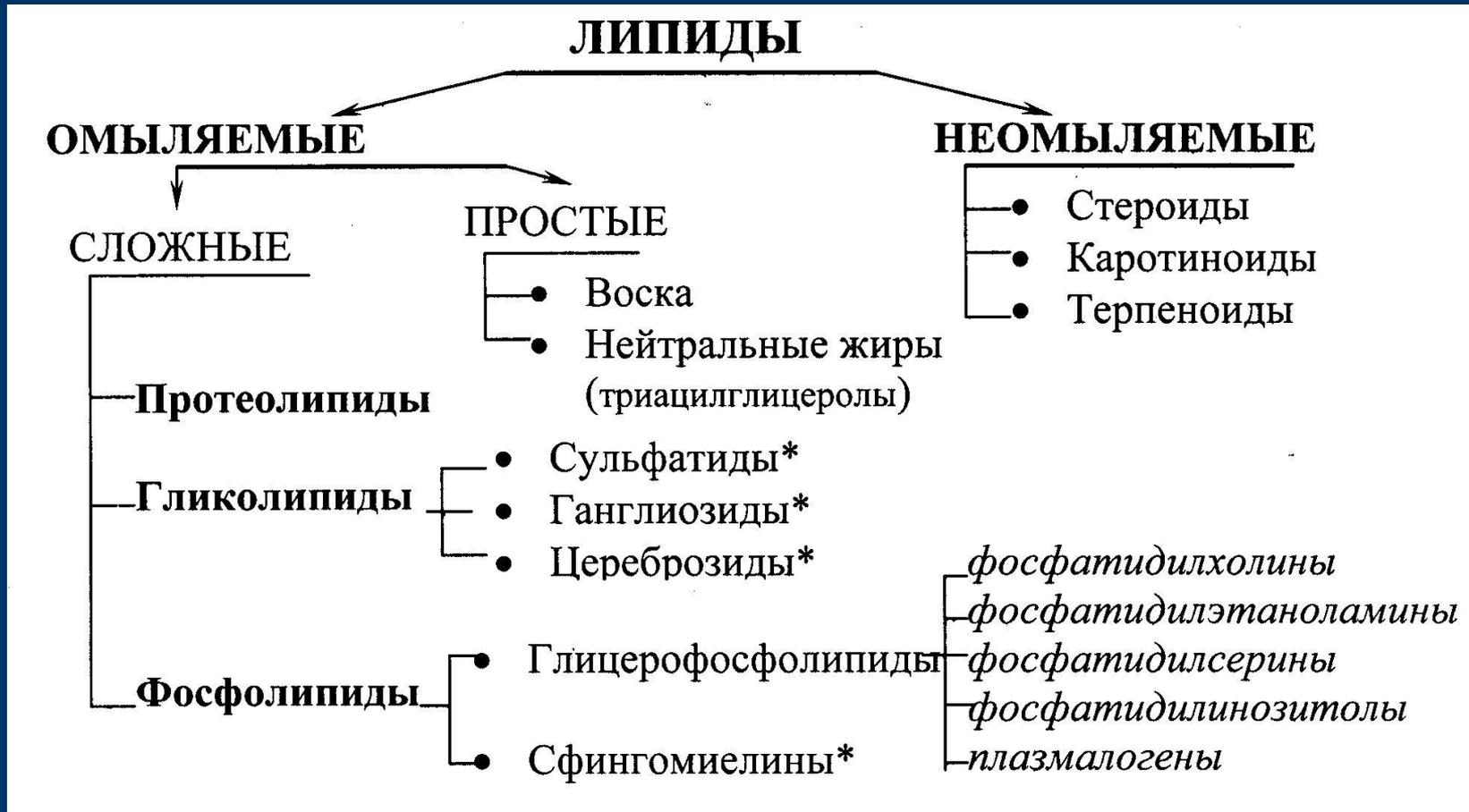
# План лекции

- Классификация липидов
- Функции липидов
- Жирные кислоты
- Простые липиды
- Сложные липиды

Липидами называют органические вещества биологической природы, нерастворимые в воде, и растворимые в неполярных органических растворителях, таких, как хлороформ, эфир или бензол.

Класс липидов объединяет обширную группу веществ, имеющих разную структуру и биологические функции.

# Классификация липидов



## Классификация липидов

По способности к гидролизу подавляющее большинство липидов можно отнести либо к омыляемым, либо к неомыляемым.

Омыляемые липиды – это липиды, содержащие остатки жирных кислот, которые при гидролизе в присутствии KOH или NaOH подвергаются омылению, т.е. из остатков жирных кислот образуются мыла (соли жирных кислот). Неомыляемые липиды не содержат остатков жирных кислот и поэтому не способны образовывать мыла.

---

## *Липиды – общие представления*

---

Омыляемые липиды.

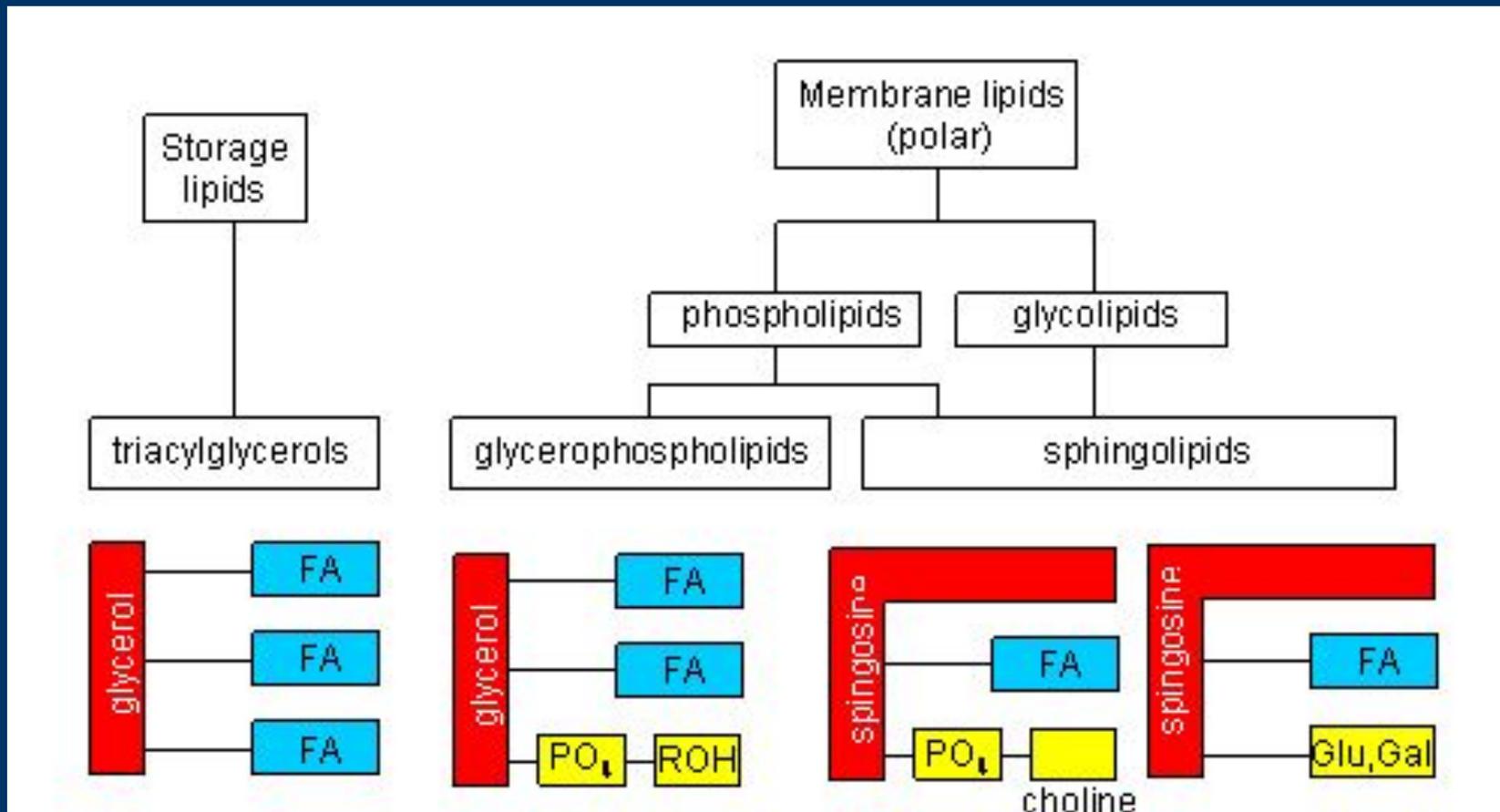
Простые омыляемые липиды: нейтральные жиры, воска.

Сложные омыляемые липиды: фосфолипиды (глицерофосфолипиды, сфингофосфолипиды), гликолипиды (цереброзиды, ганглиозиды), сульфолипиды.

Неомыляемые липиды.

Высшие жирные кислоты, высшие спирты, стероиды (стерины, стероидные гормоны и др.).

## Классификация липидов



## **Функции липидов**

- 1).** Структурная. Липиды являются наряду с белками структурными элементами мембран клеток и клеточных органелл.
- 2)** Энергетическая. При окислении **1** г жира выделяется **39,1** кДж энергии, т.е. в **2** раза больше, чем при расщеплении **1** г углеводов (**16,1** кДж). Кроме того, при окислении **100** г жира выделяется **105** г метаболической воды.
- 3)** Резервная. Липиды являются запасными питательными веществами, в форме которых депонируется метаболическое топливо.
- 4)** Защитная.
- 5)** Термоизоляционная.
- 6).** Регуляторная.

## Жирные кислоты

Жирными кислотами (ЖК) называют производные алифатических углеводородов, содержащие COOH-группу. ЖК различаются длиной цепи, наличием, числом и положением двойных связей, некоторые ЖК содержат заместители. Жирные кислоты по степени ненасыщенности делят на **3** группы: насыщенные, моноеновые и полиеновые.



Нумерация углеродных атомов в жирной кислоте



## Жирные кислоты

### Наименование и структура наиболее часто встречающихся насыщенных жирных кислот

Символ	Тривиальное название	Систематическое название	Структура
<b>C12:0</b>	Лауриновая	Додекановая	<b>CH<sub>3</sub>(CH<sub>2</sub>)<sub>10</sub>COOH</b>
<b>C14:0</b>	Миристиновая	Тетрадекановая	<b>CH<sub>3</sub>(CH<sub>2</sub>)<sub>12</sub>COOH</b>
<b>C16:0</b>	Пальмитиновая	Гексадекановая	<b>CH<sub>3</sub>(CH<sub>2</sub>)<sub>14</sub>COOH</b>
<b>C18:0</b>	Стеариновая	Октадекановая	<b>CH<sub>3</sub>(CH<sub>2</sub>)<sub>16</sub>COOH</b>
<b>C20:0</b>	Арахидиновая	Эйкозановая	<b>CH<sub>3</sub>(CH<sub>2</sub>)<sub>18</sub>COOH</b>
<b>C22:0</b>	Бегеновая	Докозановая	<b>CH<sub>3</sub>(CH<sub>2</sub>)<sub>20</sub>COOH</b>
<b>C24:0</b>	Лигноцериновая	Тетракозановая	<b>CH<sub>3</sub>(CH<sub>2</sub>)<sub>22</sub>COOH</b>

## *Жирные кислоты*

### Наименование и структура наиболее часто встречающихся ненасыщенных жирных кислот

Символ	Тривиальное название	Систематическое название	Структура
$C_{16:1;\Delta}^9$	Пальмито-олеиновая	<b>9</b> -гексадеценовая	$CH_3(CH_2)_5CH=CH-(CH_2)_7COOH$
$C_{18:1;\Delta}^9$	Олеиновая	<b>9</b> -октадеценовая $\omega$ <b>9</b> -октадеценовая	$CH_3(CH_2)_7CH=CH-(CH_2)_7COOH$
$C_{18:2;\Delta}^{9,12}$	Линолевая	<b>9,12</b> -октадекадиеновая $\omega$ <b>6</b> -октадекадиеновая	$CH_3(CH_2)_4(CH=CHCH_2)_2(CH_2)_6-COOH$
$C_{18:3;\Delta}^{9,12,15}$	Линоленовая	<b>9,12,15</b> -октадекатриеновая	$CH_3CH_2(CH=CHCH_2)_3(CH_2)_6-COOH$
$C_{20:4;\Delta}^{5,8,11,14}$	Арахидоновая	<b>5,8,11,14</b> -эйкозатетраеновая	$CH_3(CH_2)_4(CH=CHCH_2)_4(CH_2)_2-COOH$

## Полиеновые жирные кислоты

Полиненасыщенные жирные кислоты содержат от **2-х** и более двойных связей, разделенных метиленовой группой. Кроме отличий по количеству двойных связей, кислоты различаются их положением относительно начала цепи (обозначается через греческую букву  $\Delta$  "дельта") или последнего атома углерода цепи (обозначается буквой  $\omega$  "омега").

По положению двойной связи относительно последнего атома углерода полиненасыщенные жирные кислоты делят на  $\omega$ **9**,  $\omega$ **6** и  $\omega$ **3**-жирные кислоты.

## Полиеновые жирные кислоты

### **ω6-жирные кислоты:**

линолевая (C18:2, Δ9,12),

γ-линоленовая (C18:3, Δ6,9,12),

арахидоновая (эйкозотетраеновая, C20:4, Δ5,8,11,14).

### **ω3-жирные кислоты:**

α-линоленовая (C18:3, Δ9,12,15),

тимнодоновая (эйкозопентаеновая, C20:5, Δ5,8,11,14,17),

клупанодоновая (докозопентаеновая, C22:5, Δ7,10,13,16,19),

цервоновая (докозогексаеновая, C22:6, Δ4,7,10,13,16,19).

## **Полиеновые жирные кислоты**

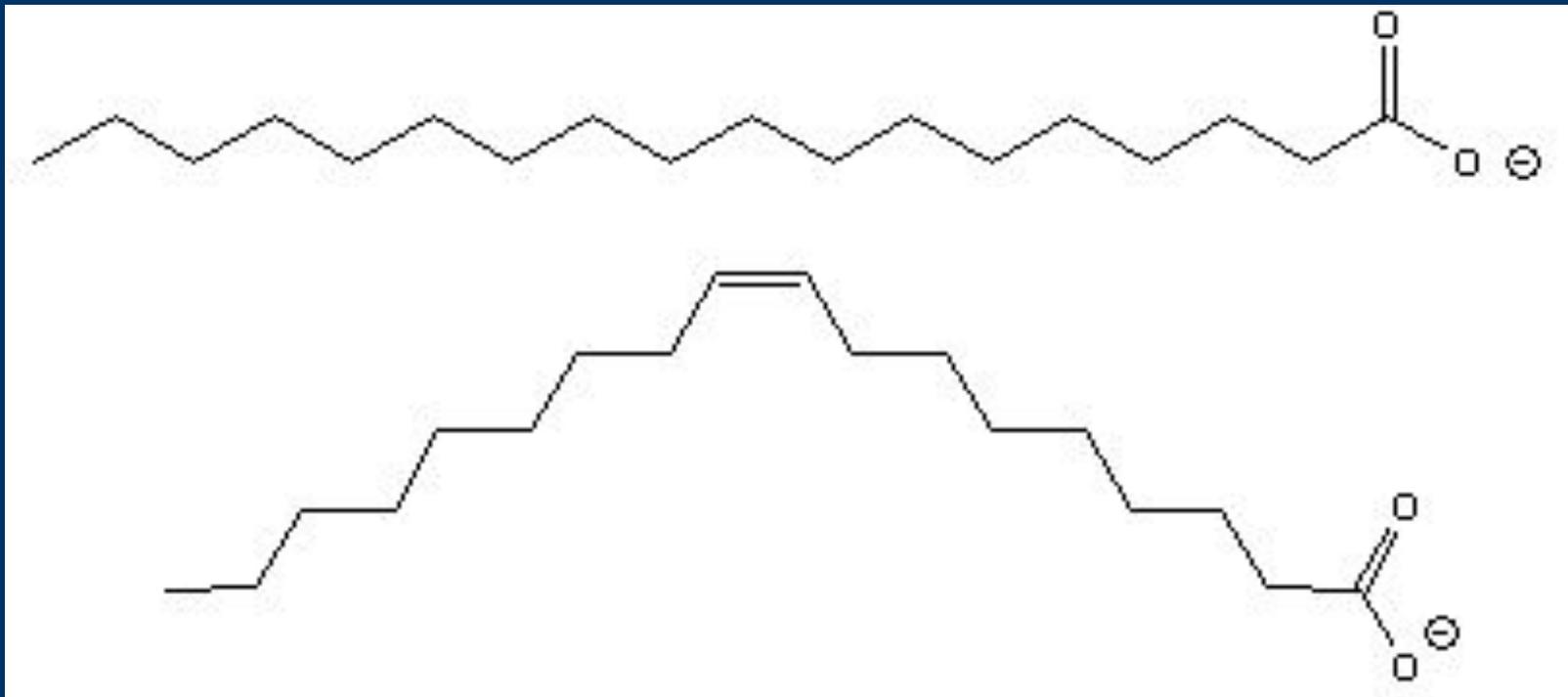
**$\omega$ 6-жирные кислоты** содержатся в значительных количествах в растительных маслах.

Наиболее значимым источником кислот  **$\omega$ 3-группы** служит **жир рыб** холодных морей. Исключением является  **$\alpha$ -линоленовая кислота**, содержащаяся в конопляном, льняном, кукурузном маслах.

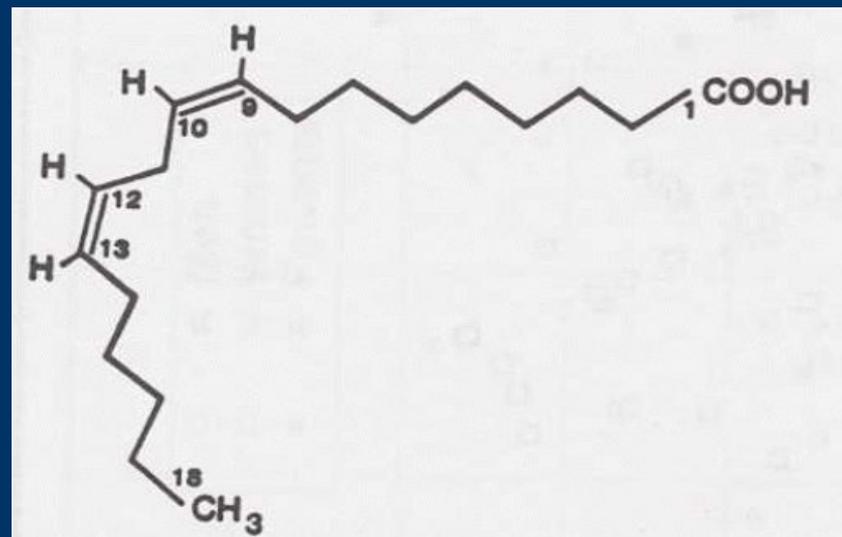
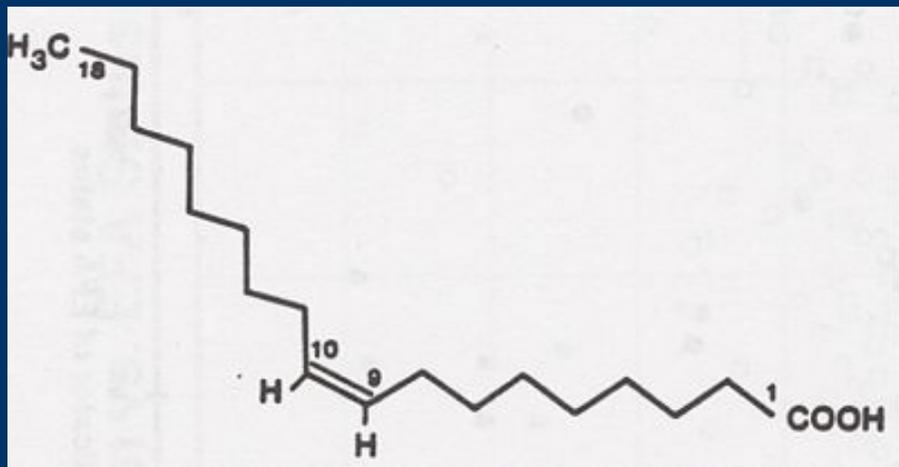
Двойные связи в природных ЖК находятся в цис-конформации. Цис-конформация двойной связи приводит к сильному изгибу алифатической цепи. При наличии нескольких двойных связей цепь приобретает изогнутый и укороченный вид, что способствует более компактной ее упаковке в мембранах клетки, липопротеиновых комплексах и т.д. У насыщенных ЖК конформация углеводородной цепи имеет вид зигзагообразной линии.

В большинстве жирных кислот двойная связь расположена между **9** и **10** атомами углерода ( $\Delta^9$ ). Дополнительные двойные связи обычно располагаются между  $\Delta^9$  – двойной связью и метильным концом цепи.

# Структура стеариновой ( $C_{18:0}$ ) и олеиновой ( $C_{18:1}$ ) кислот



## Олеиновая и линолевая жирные кислоты

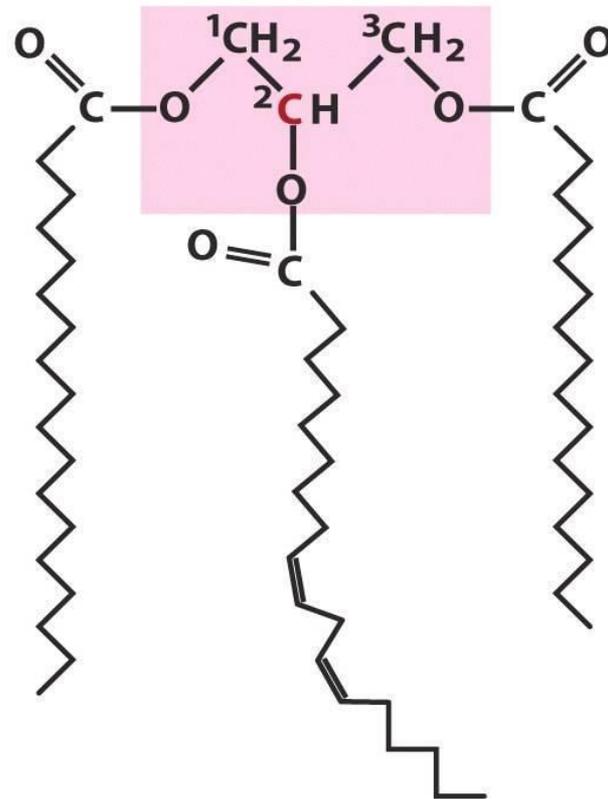
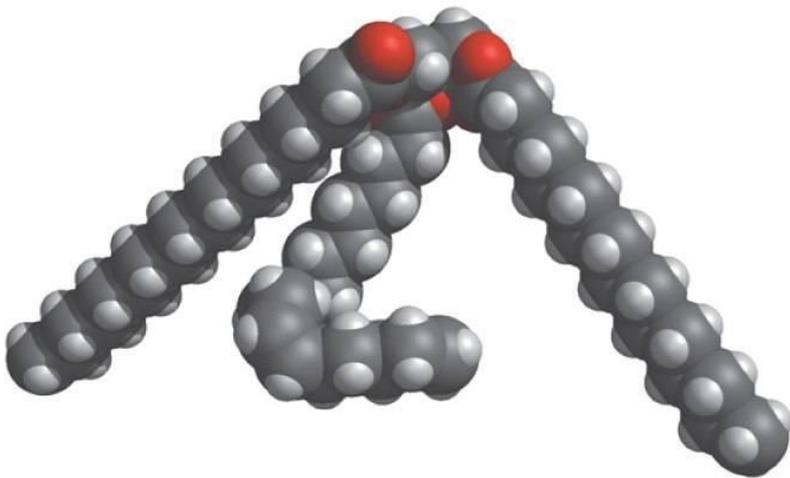


**Физико-химические свойства жирных  
КИСЛОТ**

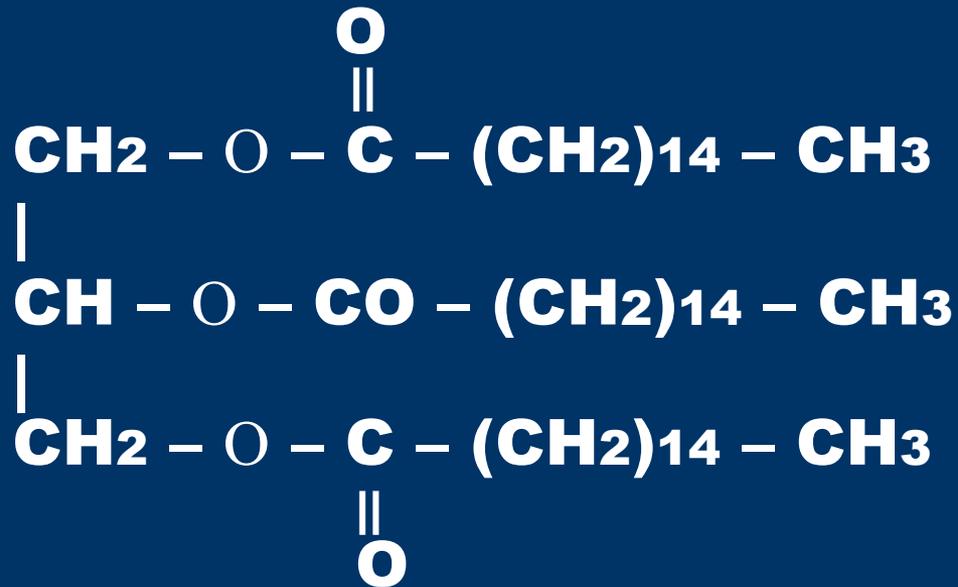
<b>Название</b>	<b>Температура плавления (С)</b>
Лауриновая	<b>44,2</b>
Миристиновая	<b>52</b>
Пальмитиновая	<b>63,1</b>
Стеариновая	<b>69,6</b>
Арахидиновая	<b>75,4</b>

<b>Название</b>	<b>Температура плавления (С)</b>
Олеиновая	<b>13,4</b>
Линолевая	<b>- 9</b>
Линоленовая	<b>- 17</b>
Арахидиновая	<b>- 49</b>

## Триацилглицерины

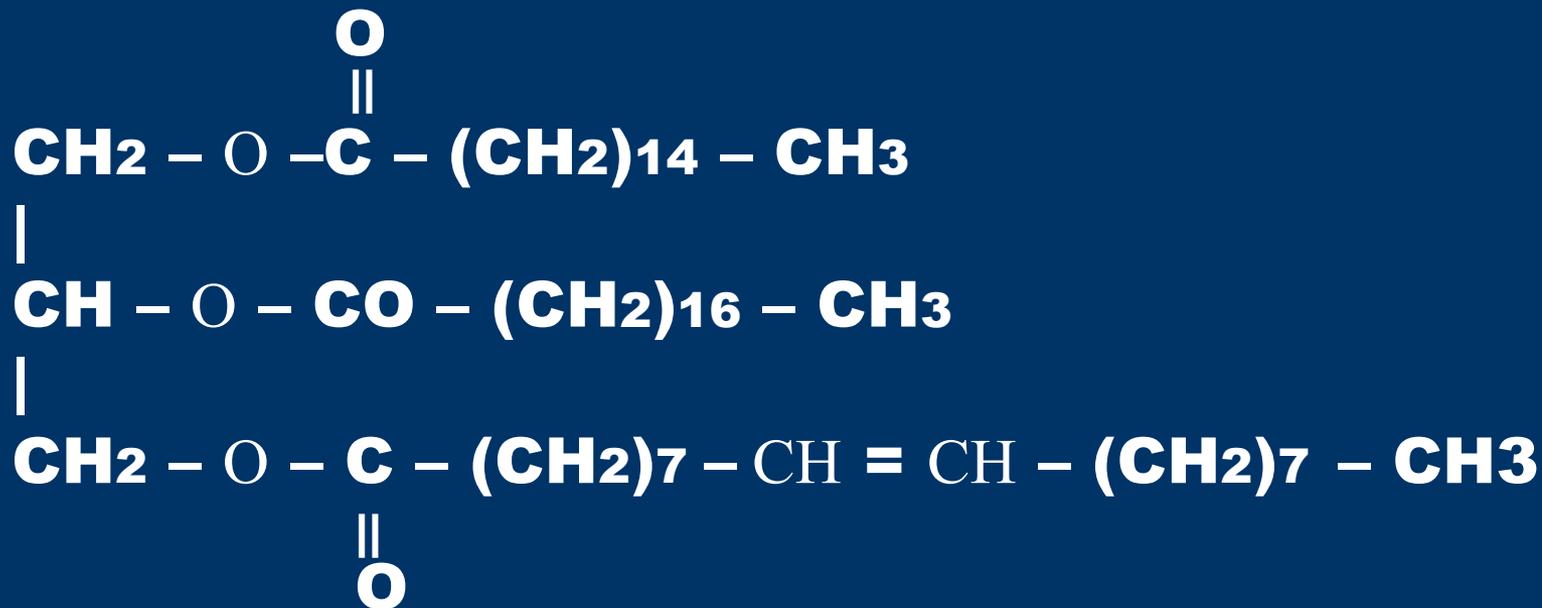


Простой триацилглицерол



Трипальмитин

Смешанный триацилглицерол



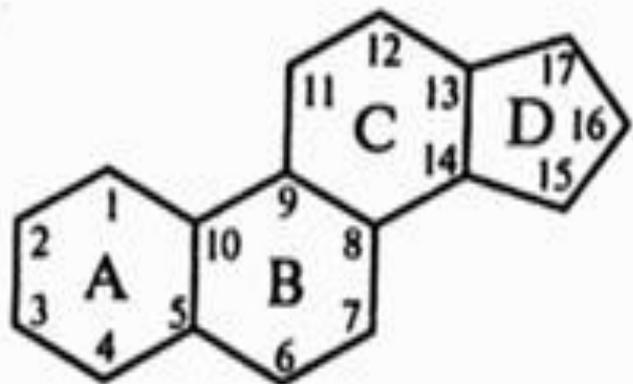
Пальмитостеаролеин

## Простые липиды

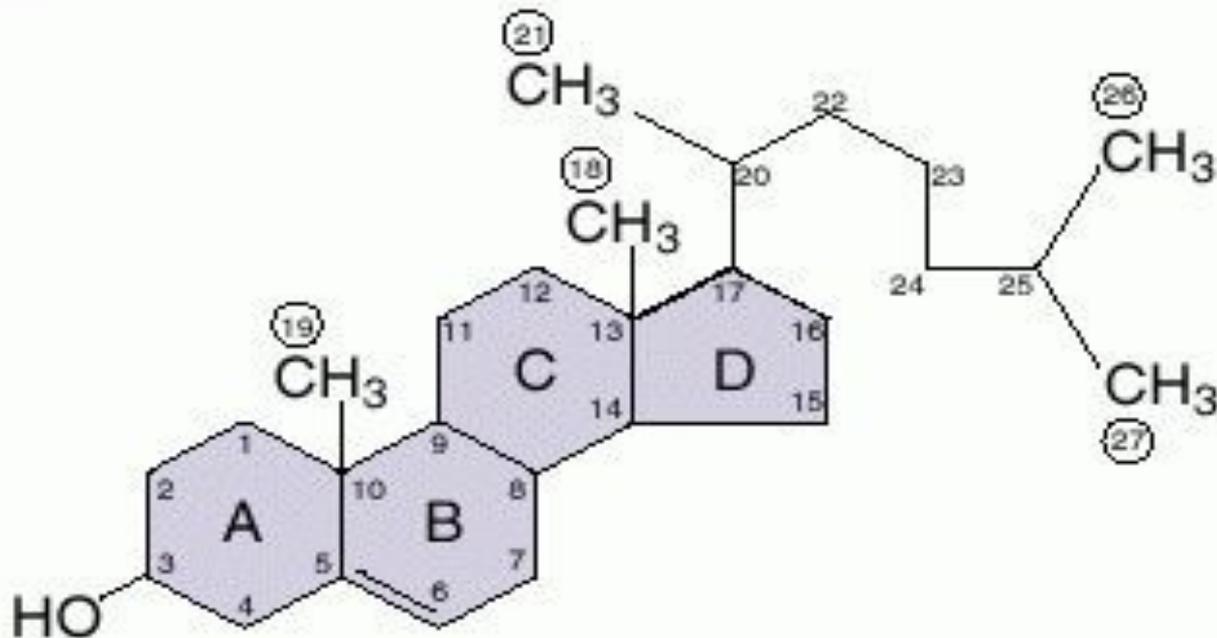
**Среднее содержание масел в семенах и плодах  
важнейших культурных растений**

<b>Культура</b>	<b>Содержание масел, %</b>
<b>Подсолнечник</b>	<b>35</b>
<b>Хлопчатник</b>	<b>28</b>
<b>Соя</b>	<b>20</b>
<b>Лен</b>	<b>29</b>
<b>Арахис</b>	<b>49</b>
<b>Горчица</b>	<b>32</b>
<b>Кукуруза</b>	<b>5</b>
<b>Мак</b>	<b>45</b>

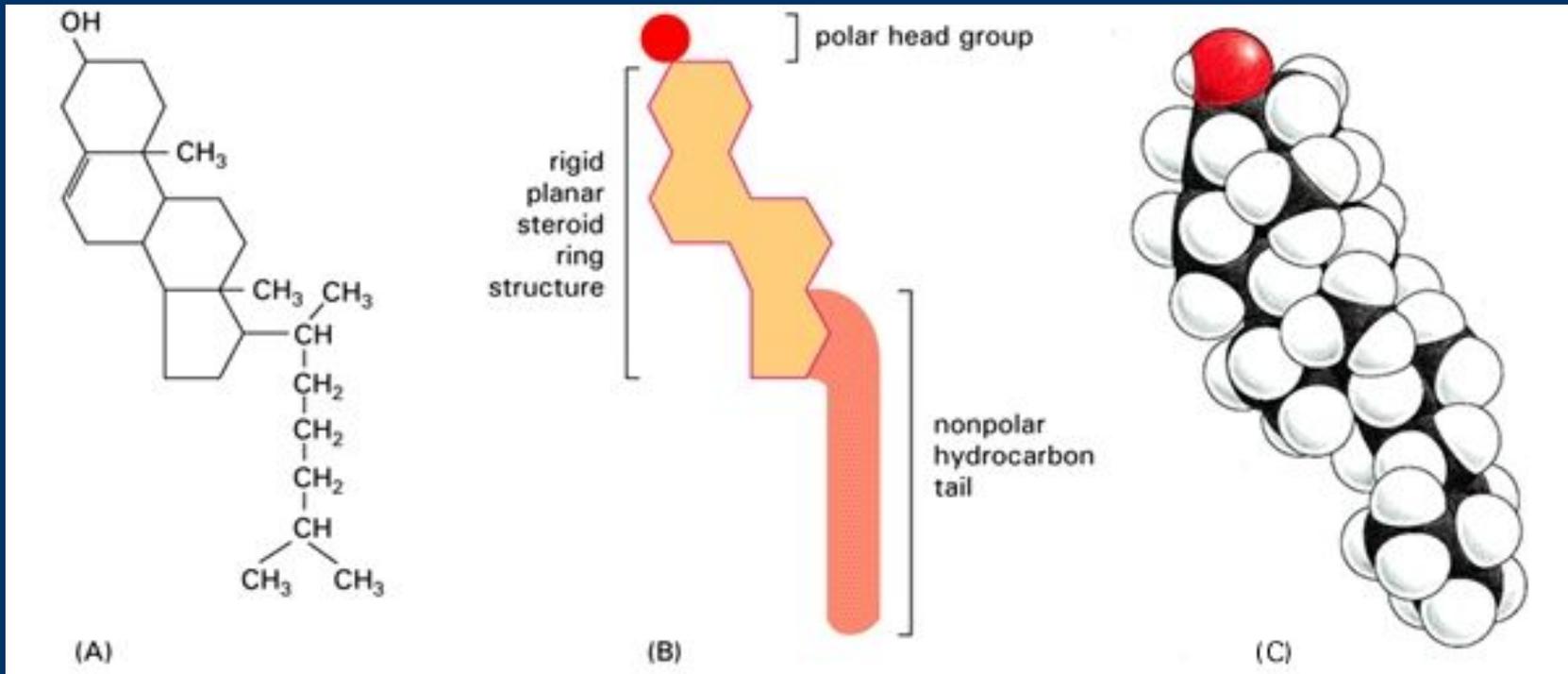
## Простые липиды



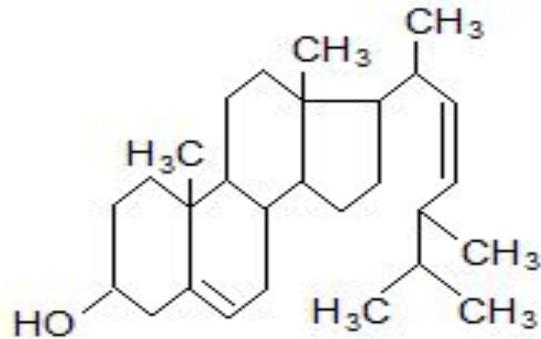
## Холестерин



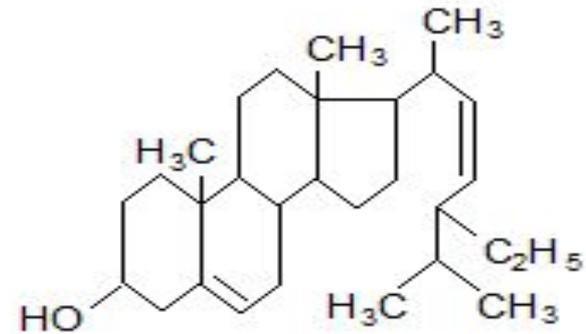
# Холестерин



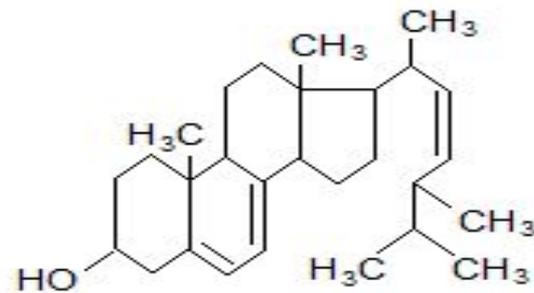
## Простые липиды



Стигмастерин



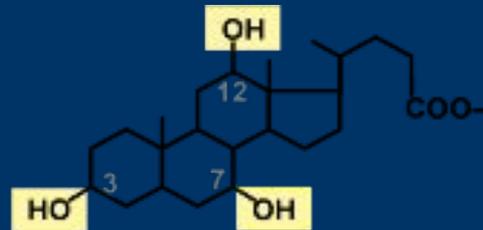
Ситостерин



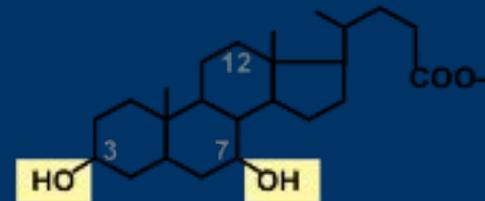
Эргостерин

## Желчные кислоты

Первичные  
желчные  
кислоты

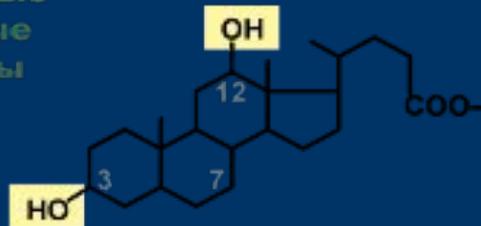


Холевая кислота

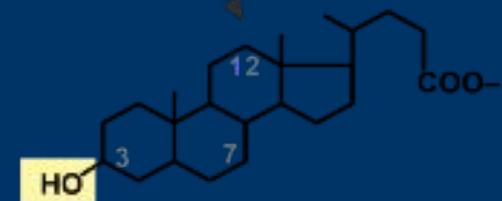


Хенодезоксихолевая кислота

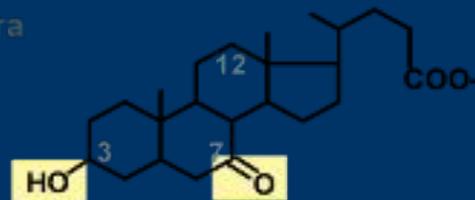
Вторичные  
желчные  
кислоты



Дезоксихолевая кислота

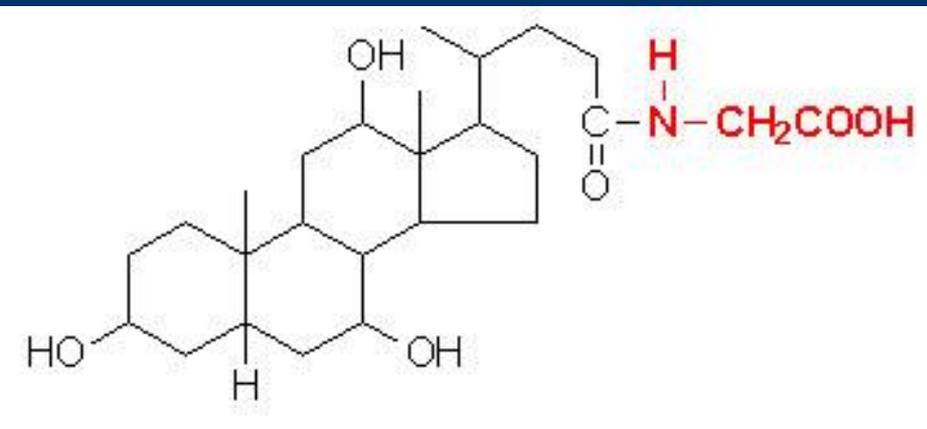


Литохолевая кислота

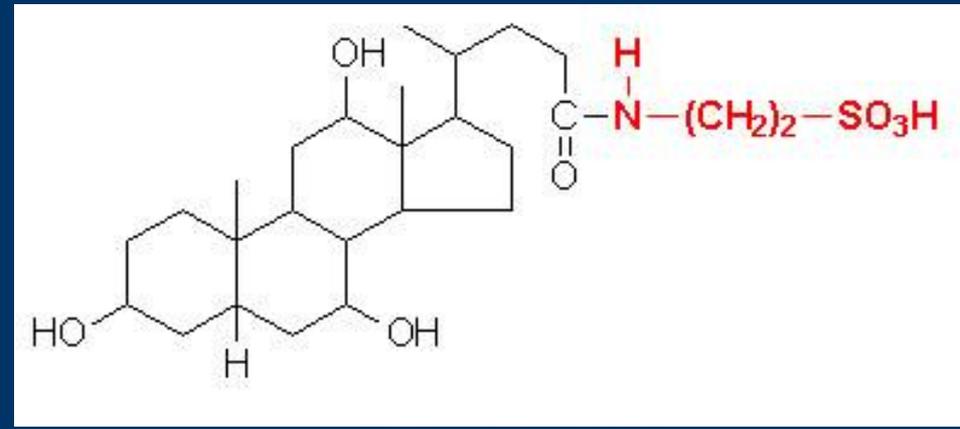


7-Кетолитохолевая кислота

## Конъюгаты желчных кислот

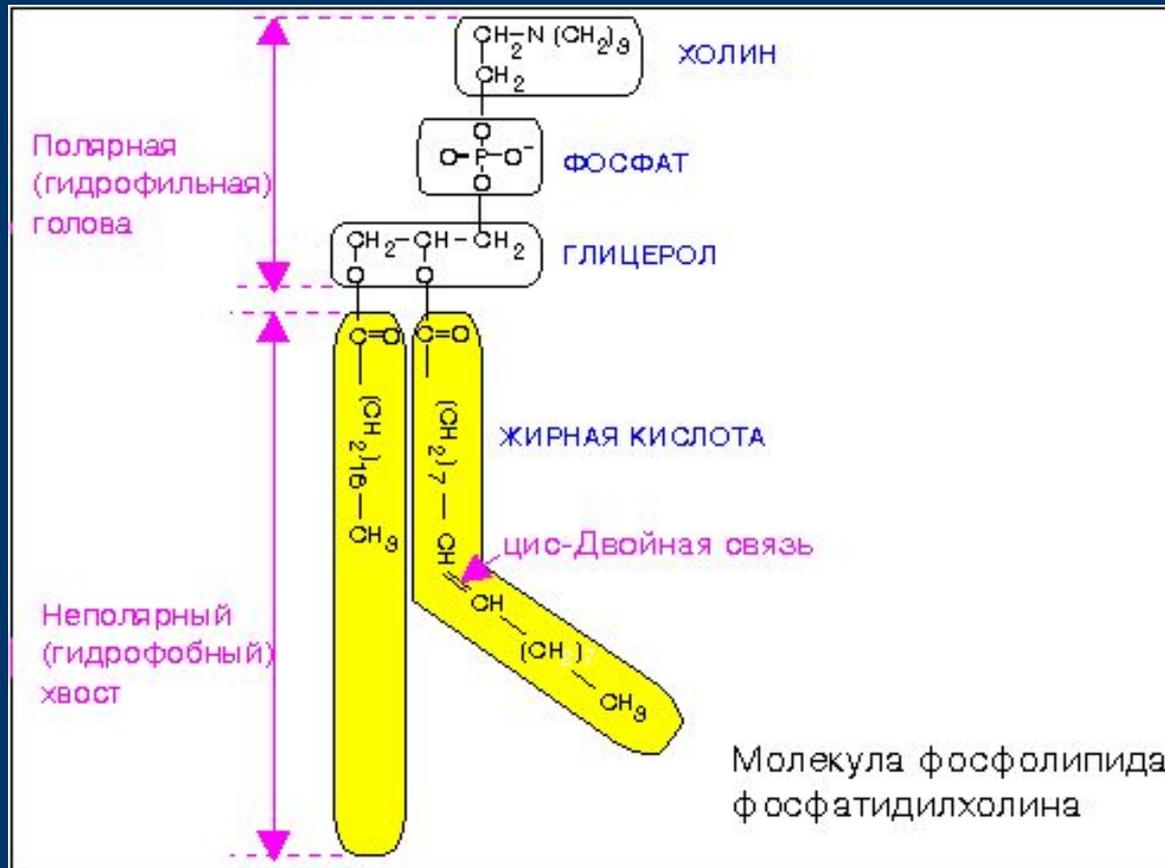


Гликохолевая кислота

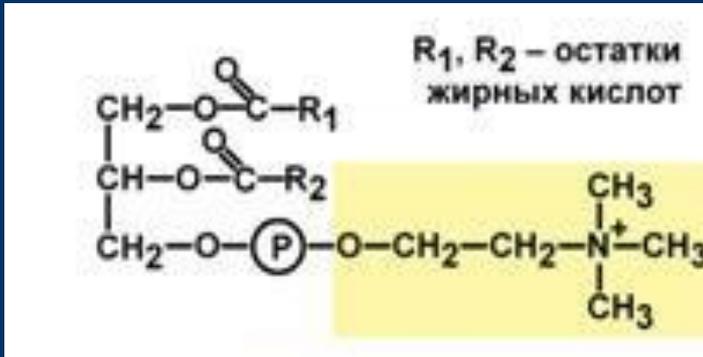


Таурохолевая кислота

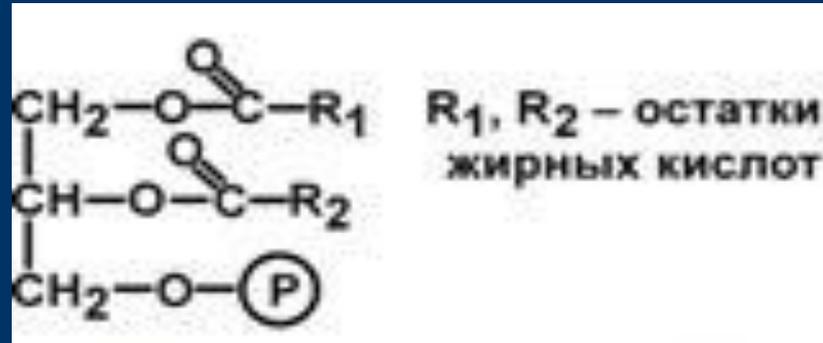
# Глицерофосфолипиды



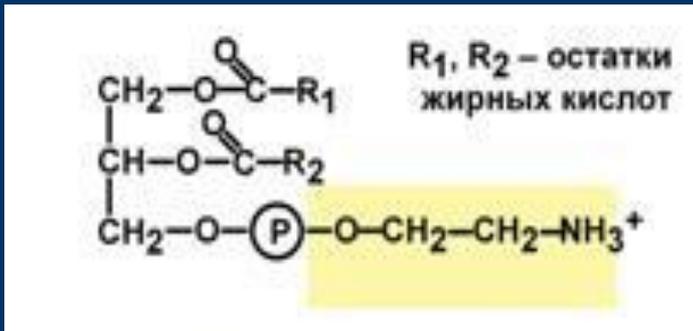
## Глицерофосфолипиды



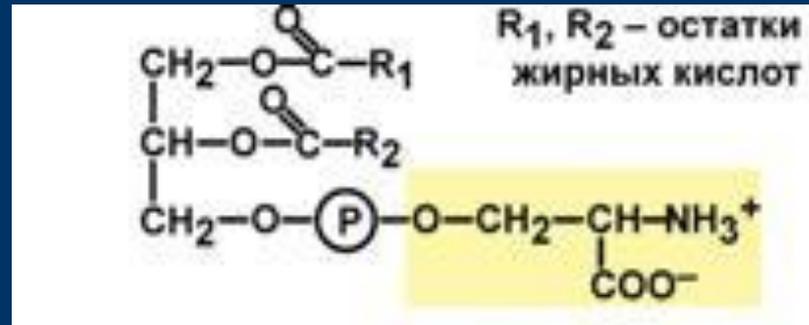
Фосфатидилхолин



Фосфатидная кислота



Фосфатидилэтаноламин

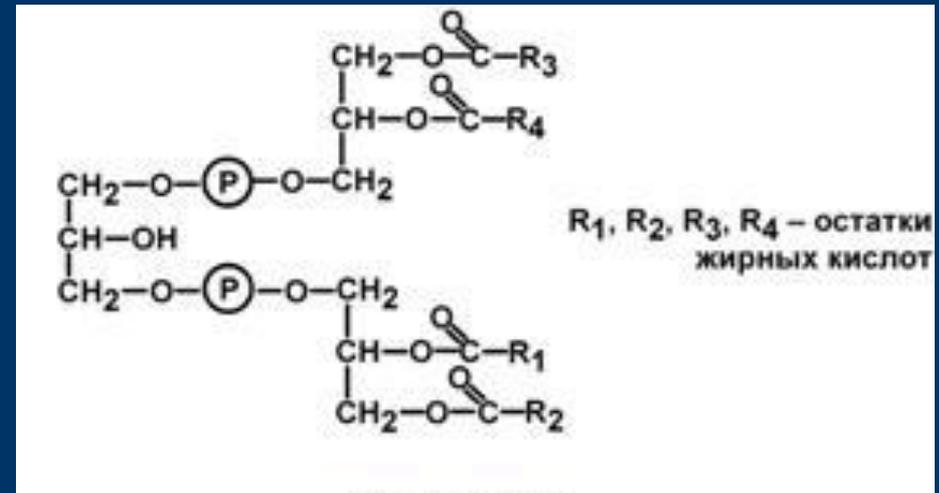


Фосфатидилсерин

## Глицерофосфолипиды



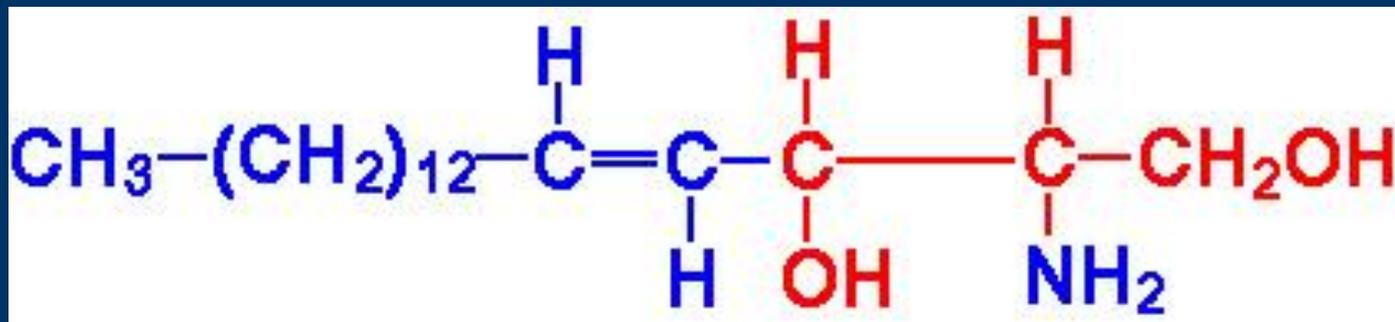
Фосфатидилинозитол



Кардиолипин

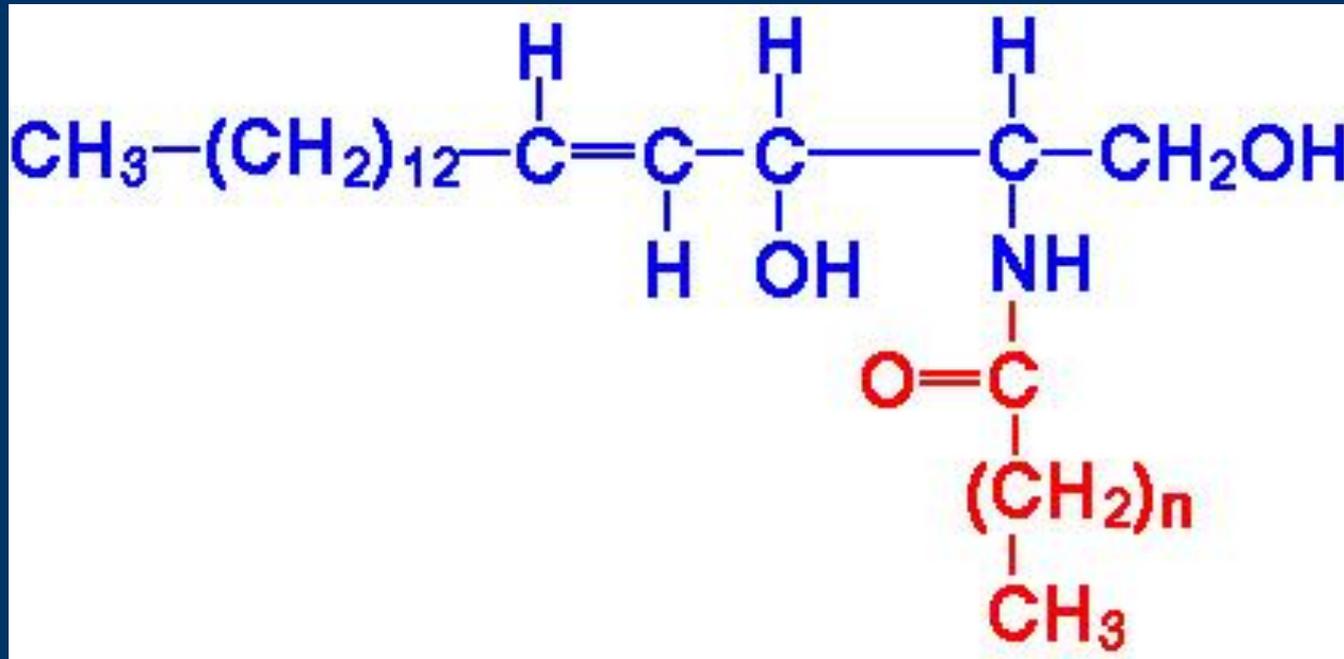
## Сфингофосфолипиды

Структурной основой сфингофосфолипидов является ненасыщенный аминоспирт - сфингозин.

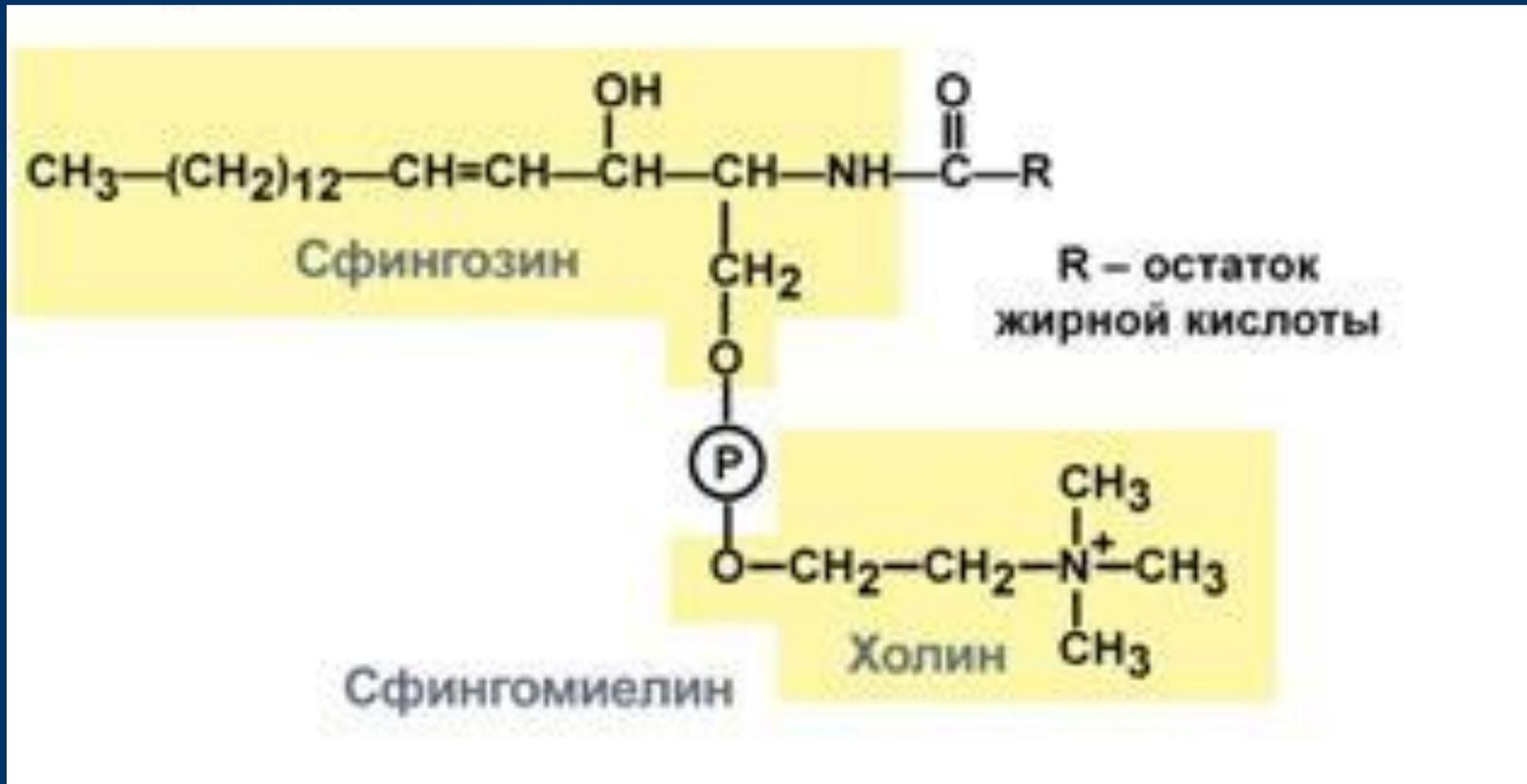


## Сложные липиды

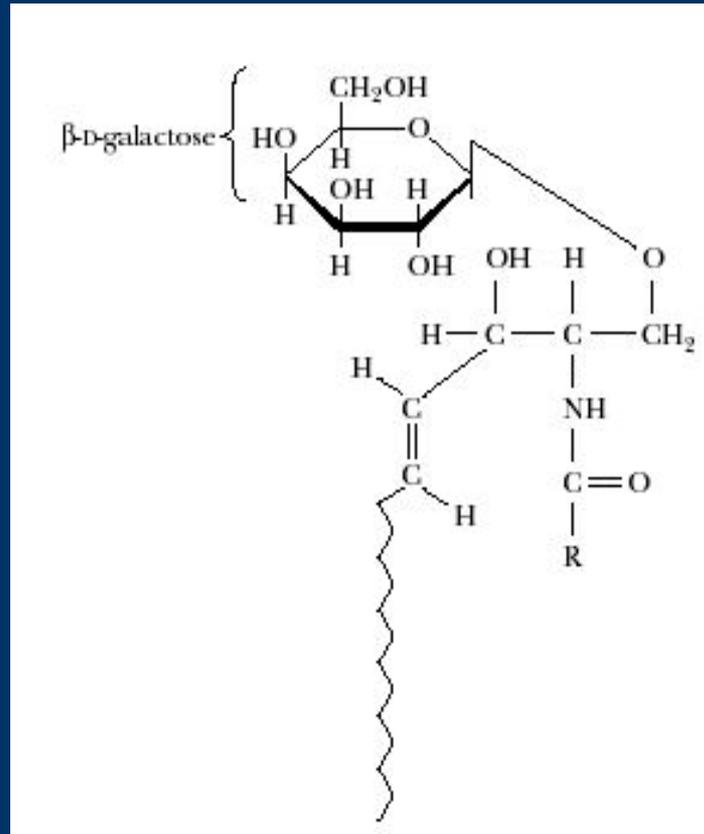
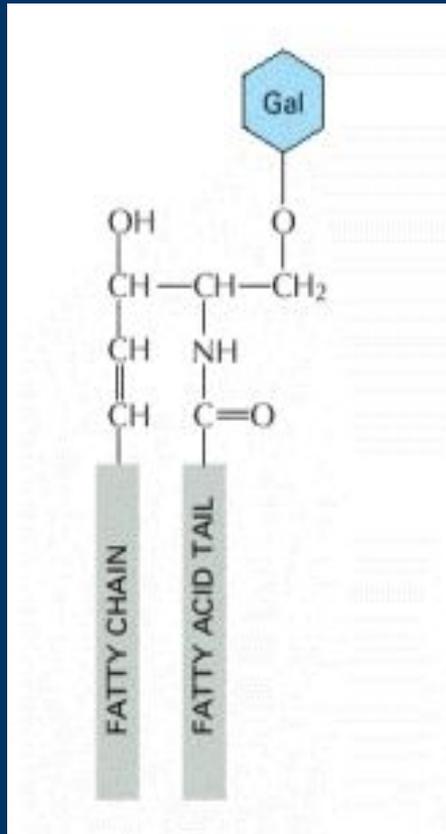
При присоединении к сфингозину различных жирных кислот образуется семейство молекул, называемых церамидами.



## Сфингофосфолипиды



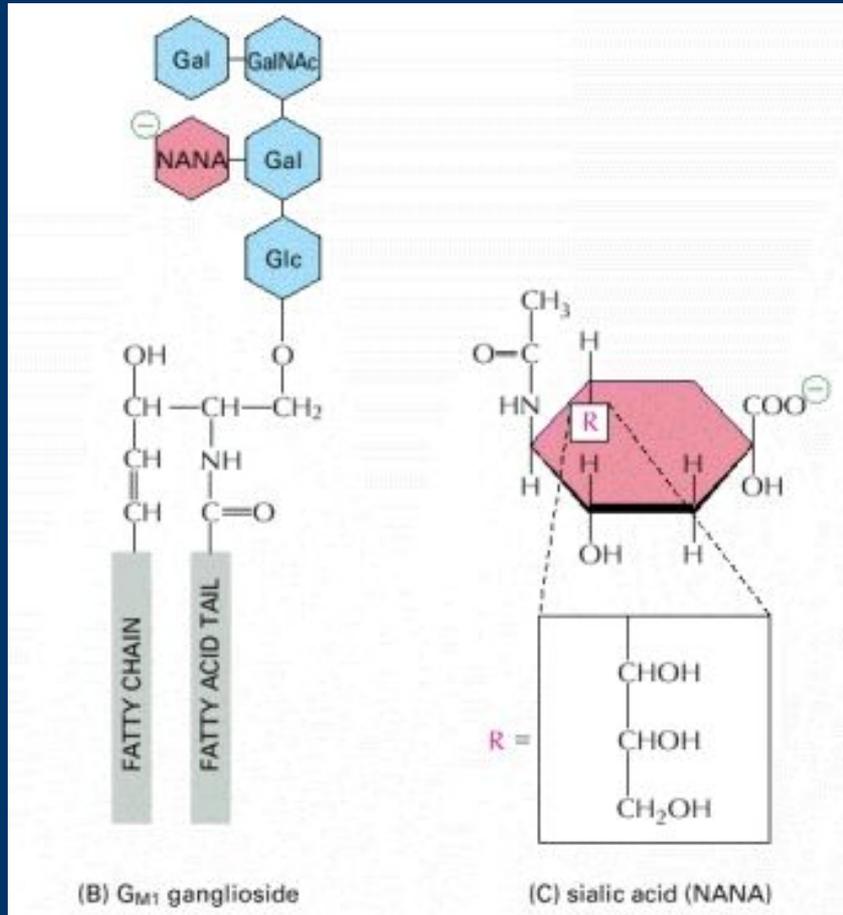
## Гликолипиды



Гликолипиды - большая и разнообразная группа сложных липидов, основу которых составляют **церамиды**, в которых водород их гидроксильной группы замещен на разные углеводные фрагменты. Если углеводный компонент представлен моносахаридом, то гликолипид будет называться **цереброзидом**.

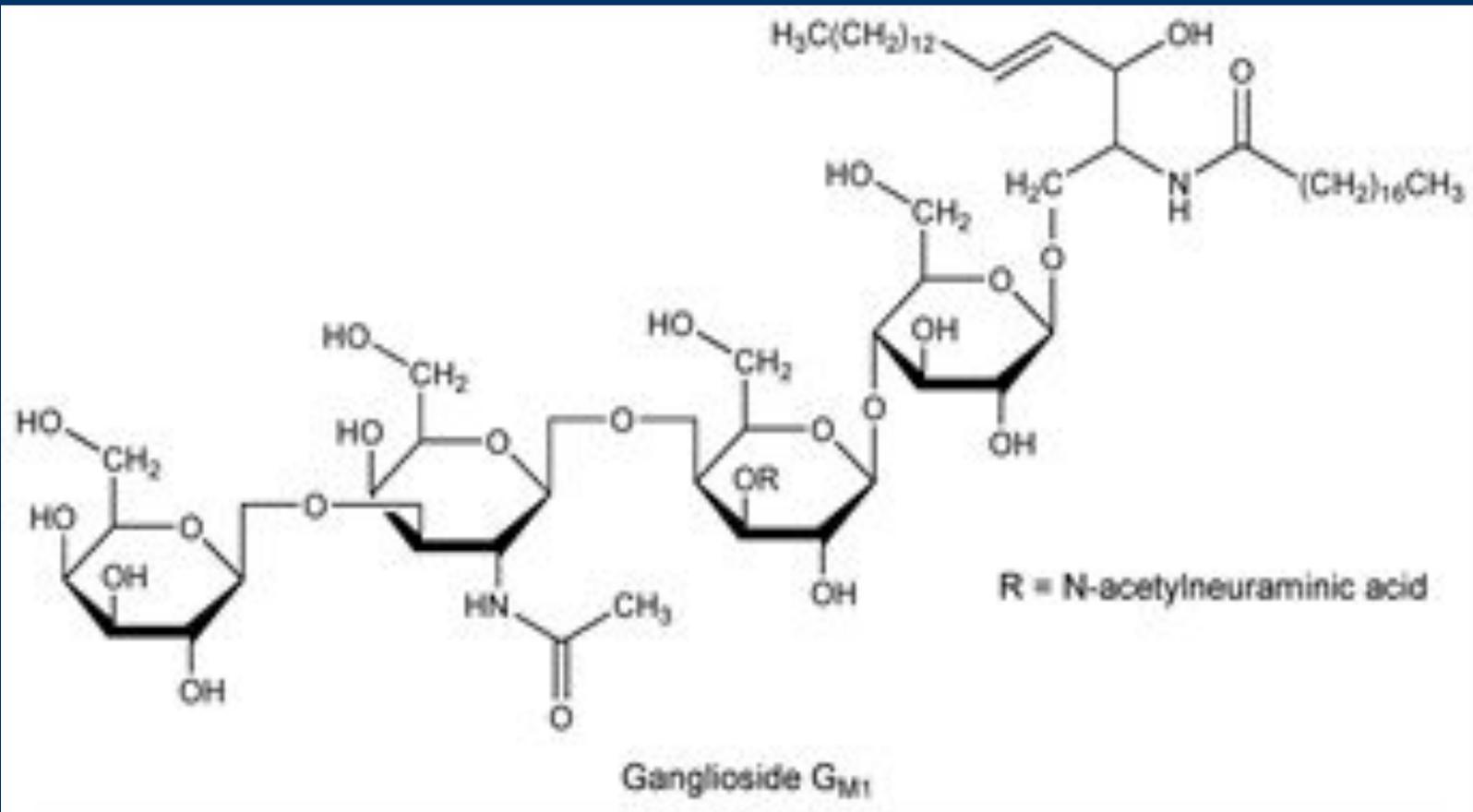
Галактоцереброзид

## Ганглиозид **G<sub>M1</sub>**



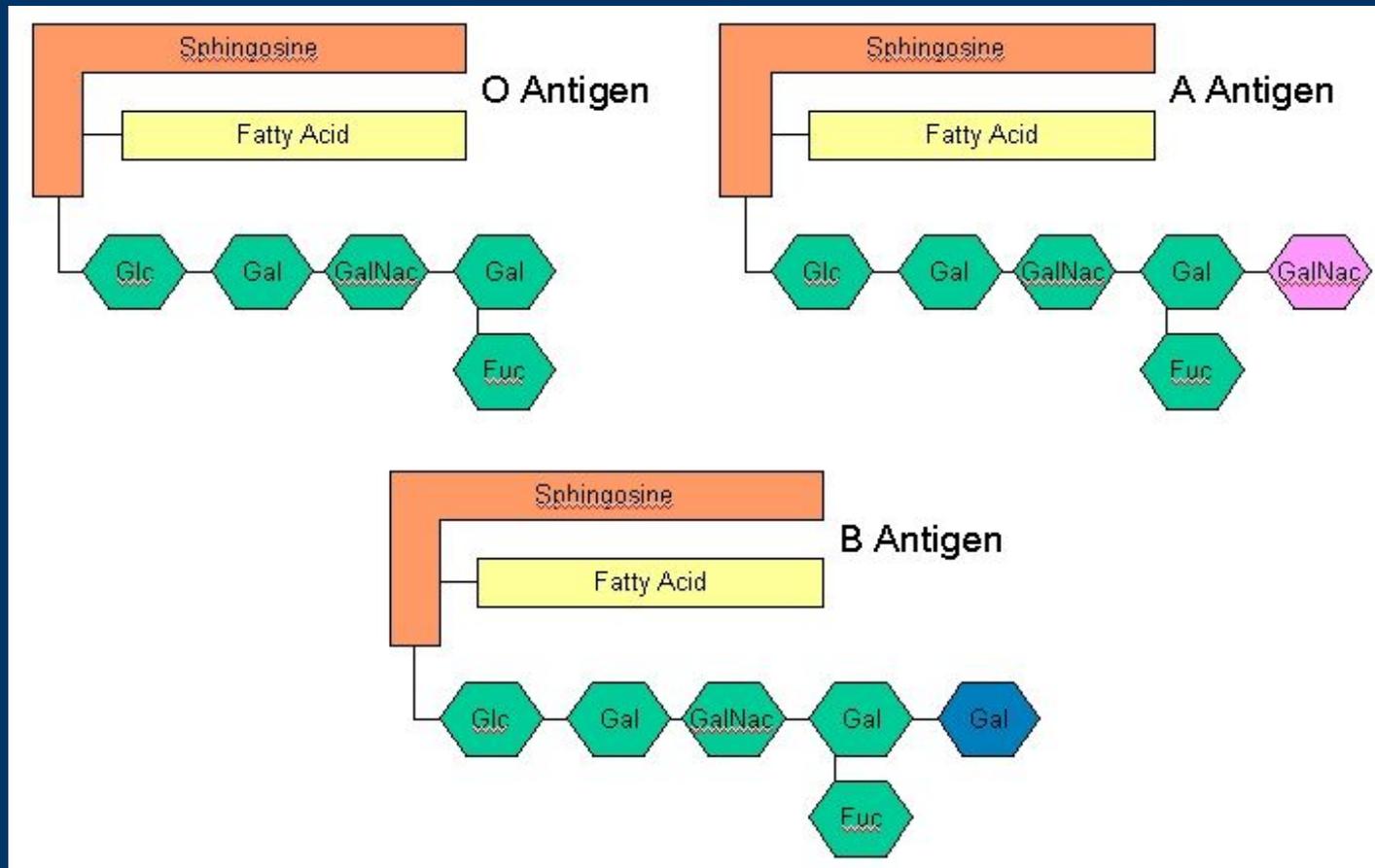
Наиболее сложные по составу липиды - ганглиозиды. В их состав, кроме нескольких углеводных остатков, входит **N-ацетил-нейраминовая кислота (NANA)**.

# Ганглиозид **G<sub>M1</sub>**





## Гликолипиды



Гликофинголипиды, определяющие группы крови