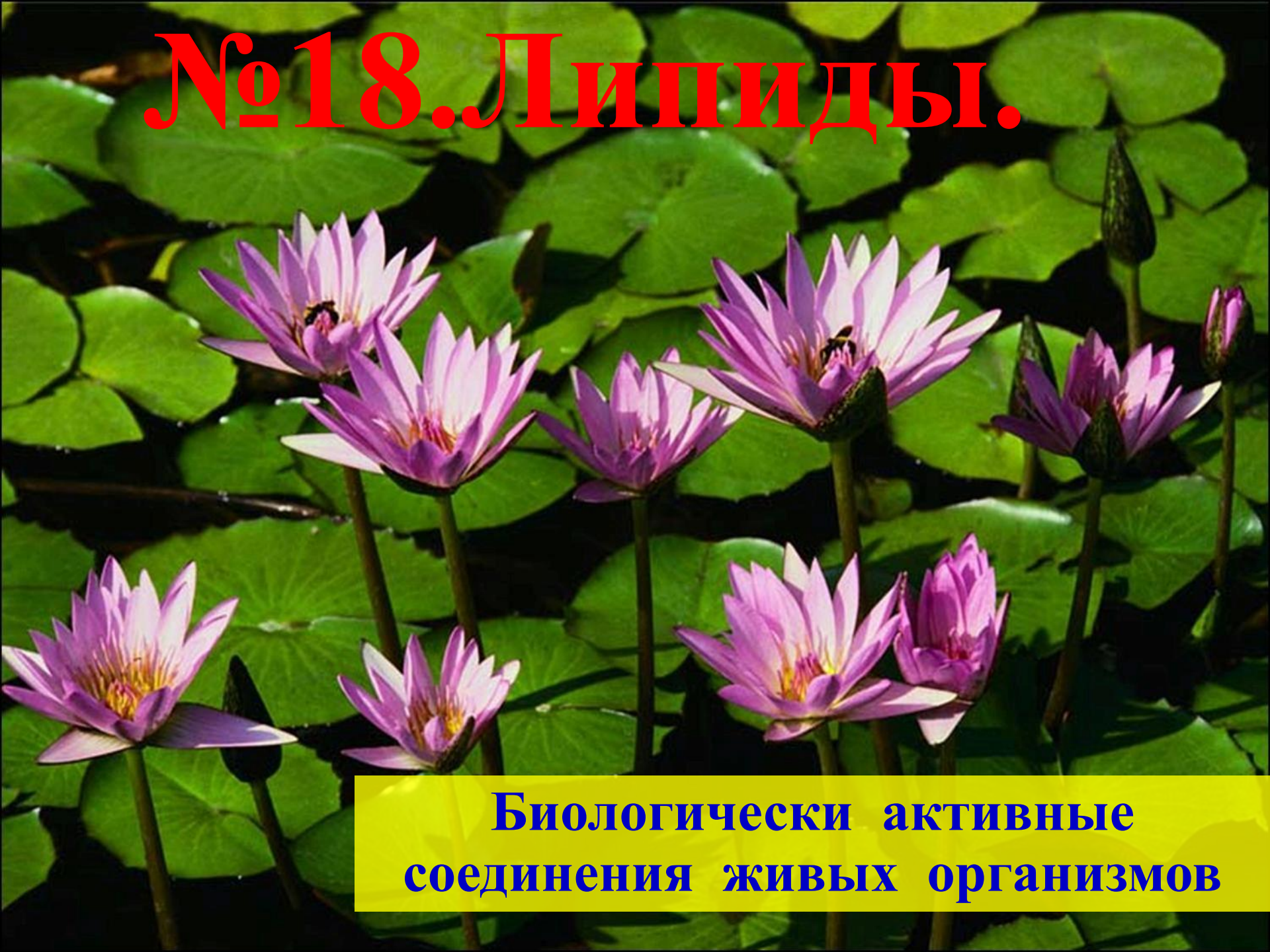


# №18. Липиды.

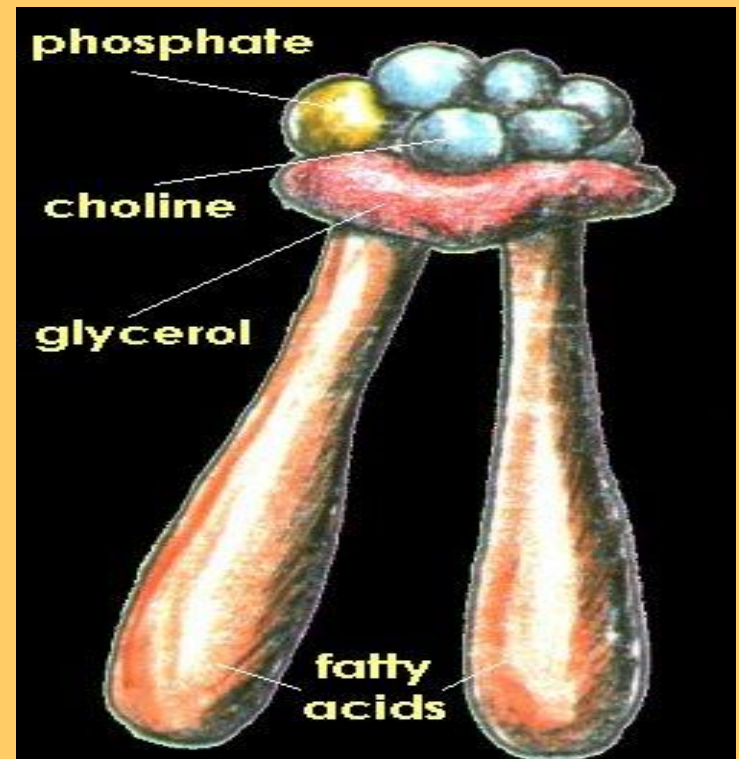


**Биологически активные  
соединения живых организмов**

# Липиды.

**Липиды** (греч. λίπος – жир) – это низкомолекулярные жирорастворимые органические вещества, которые извлекаются из клеток животных, растений и микроорганизмов неполярными растворителями.

**Жиры и жироподобные вещества - производные высших жирных кислот, высших жирных спиртов или высших жирных альдегидов.**



- **Основные источники липидов:**

- **молоко, растительные масла (оливковое, подсолнечное, льняное, кукурузное, кокосовое и т.д.), свиное сало и другие животные жиры, яйца, мозг и внутренности животных и др.**

Из различных источников выделено **600** различных видов жиров, их них – **420** растительного происхождения ...



**и более 180 животного происхождения.**



# **Основные биологические функции липидов:**

- **главные компоненты биологических мембран;**
- **запасной, изолирующий и защищающий органы материал;**
- **наиболее калорийная часть пищи;**  
**транспорт некоторых витаминов внутри организма;**
- **регуляторы транспорта воды и солей;**
- **иммуномодуляторы;**
- **регуляторы активности некоторых ферментов;**
- **эндогормоны;**
- **передатчики биологических сигналов.**

**По функциям липиды подразделяют  
на:**

**а) структурные липиды;**

**их количество и состав в организме строго постоянны, генетически обусловлены и в норме, как правило, не зависят от режима питания и функционального состояния организма.**

**б) резервные липиды**

**(жиры жировых депо);**

**их количество и состав непостоянны и зависят от режима питания и физического состояния организма**

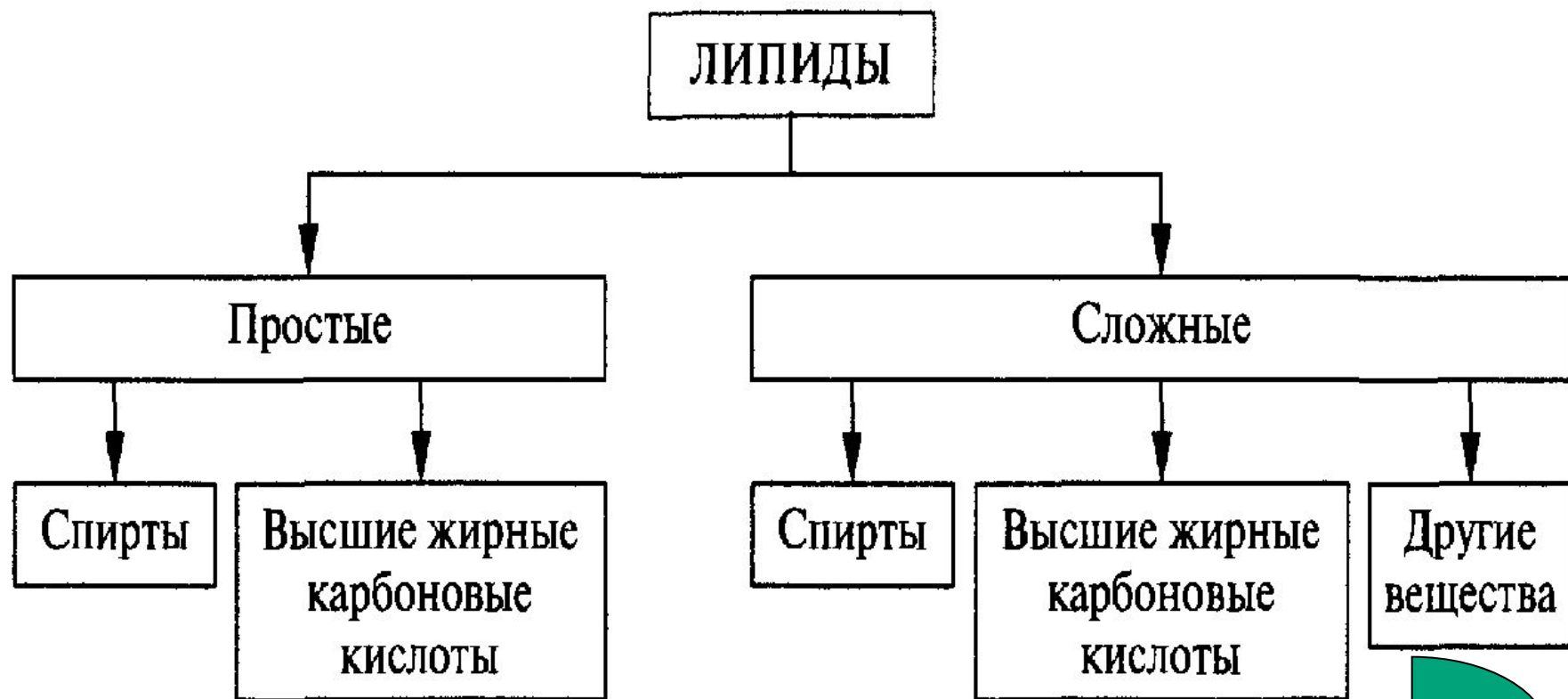
- **Классификация липидов**

- **Липиды можно подразделить на омыляемые и неомыляемые.**

**Неомыляемые липиды не подвергаются гидролизу.**

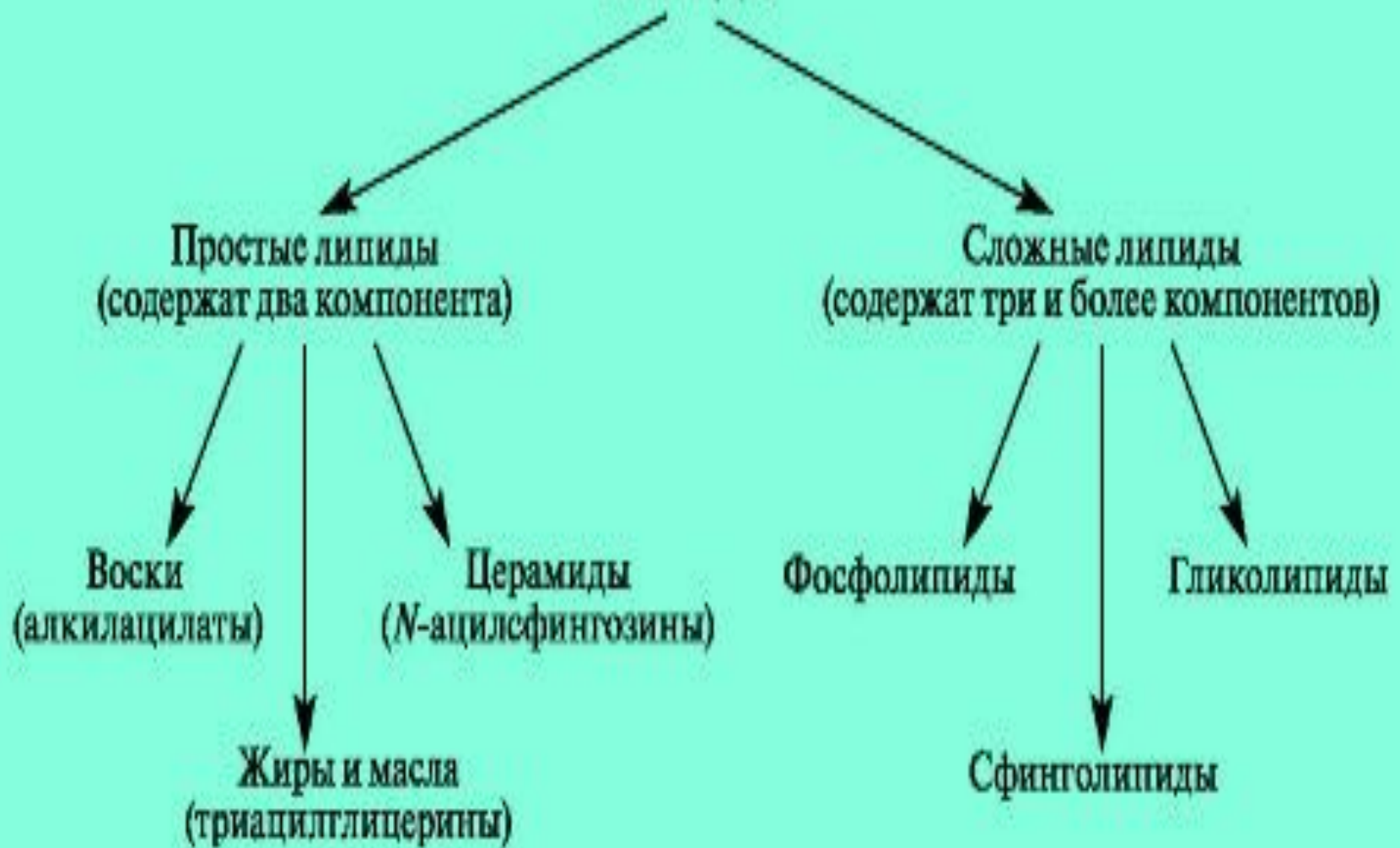


# Схема 15.1. Компонентный состав липидов



азотистые основания,  
фосфорная кислота,  
углеводы, аминокислоты,  
белки и т.п.

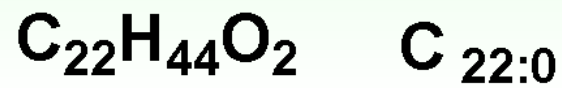
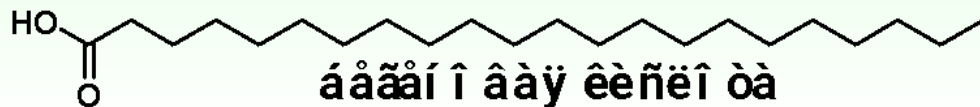
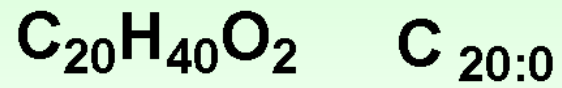
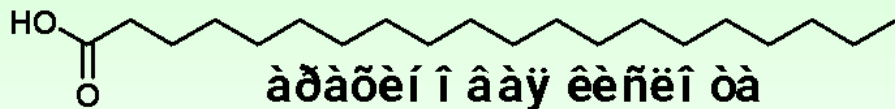
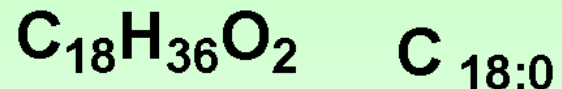
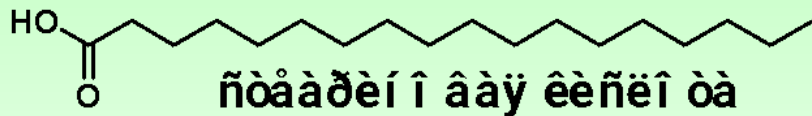
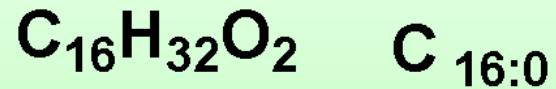
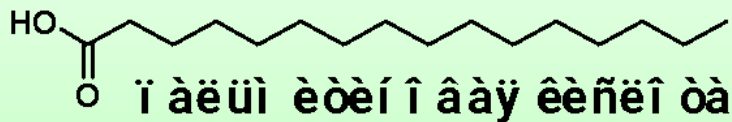
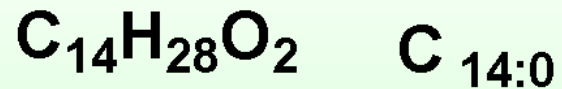
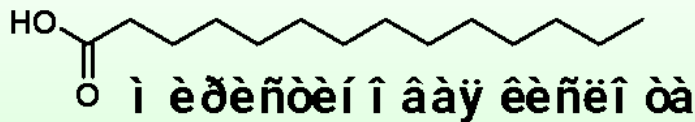
# ЛИПИДЫ



# Составные части липидов - жирные кислоты

Известно более 800 жирных кислот, отличающихся по длине углеродной цепи, по степени и характеру её разветвления, числу и положению С=С связей, по природе и количеству других функциональных групп (COOH, OH, SH, NH<sub>2</sub> и др.).

Í àñû ù áí í û á æèđí û á êèñëî ù



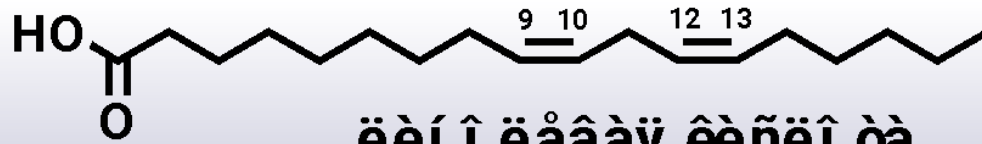
# **Высшие жирные кислоты (ВЖК).**

## **Общие структурные признаки:**

- являются монокарбоновыми;**
- содержат неразветвленную углеродную цепь;**
- включают четное число атомов углерода в цепи;**
- имеют цис-конфигурацию двойных связей (если они присутствуют).**

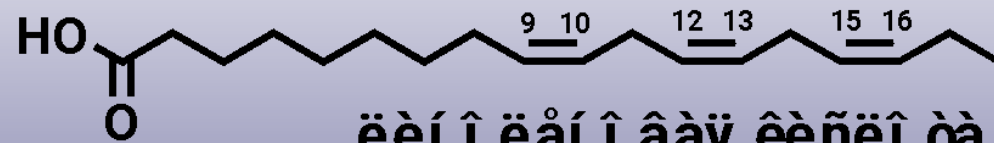
# Составные части липидов – ненасыщенные жирные кислоты

î î éâí î âü à



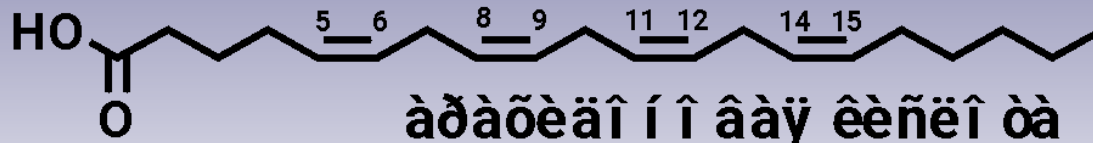
$C_{18}H_{32}O_2$      $C_{18:2}$

ëèí î ëââàü êèñëî òà



$C_{18}H_{30}O_2$      $C_{18:3}$

ëèí î ëâí î âàü êèñëî òà



$C_{20}H_{32}O_2$      $C_{20:4}$

àðàõèäî í î âàü êèñëî òà

î éâèí î âàü è ëèí î ëââàü êèñëî òà ñîñòàâëÿåò 60%  
 àñâõ ÆË ðàñòâîðÿåìûå òàêîæå.

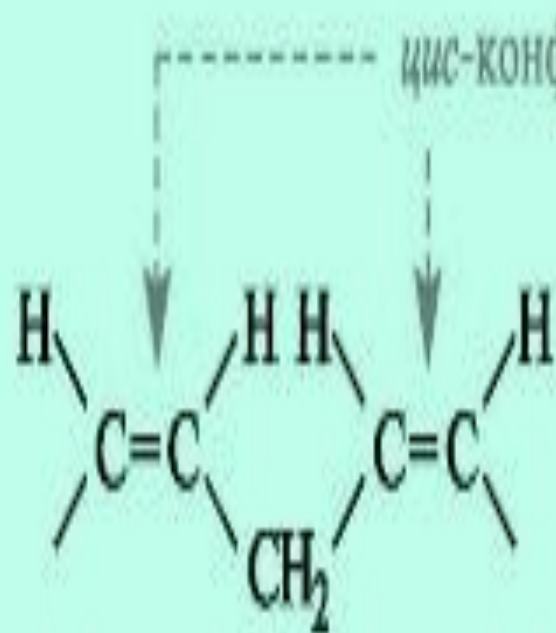
**Линолевая, линоленовая и арахидоновая кислоты не синтезируются в организме человека и должны поступать с пищей, поэтому их еще называют **незаменимыми (эссенциальными)**.**

**Линетол**, представляющий собой смесь этиловых эфиров высших жирных ненасыщенных кислот, используется в качестве гиполипидемического лекарственного средства растительного происхождения.



*Применяют внутрь для профилактики и лечения атеросклероза и наружно при ожогах и лучевых поражениях кожи.*



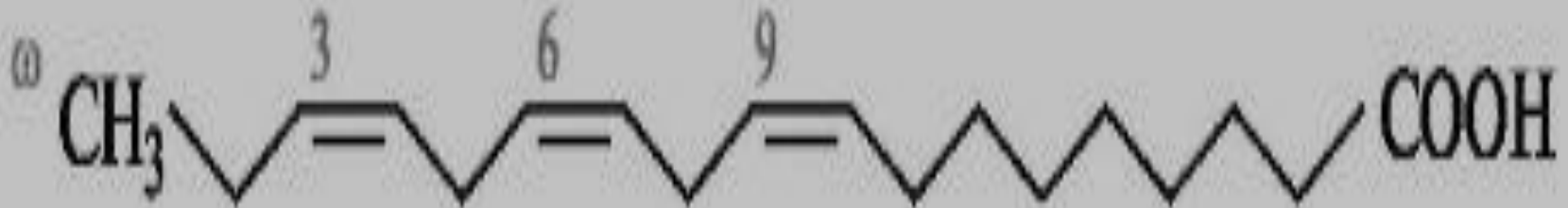


транс-конфигурация



**ω-**

**номенклатура**



линоленовая кислота 18:3 ω-3



# Омега-3-полиненасыщенные жирные кислоты, ПЖК



*(Eicosapentaenoic acid)*

Эйкозапентаеновая  
кислота (ЭПК)

20:5  $\omega$ -3

*all-cis-5,8,11,14,17-eicosapentaenoic acid*



18:3  $\omega$ -3

альфа-линоленовая кислота  
(АЛК)

*all-cis-9,12,15-octadecatrienoic acid*

# Омега-3-ненасыщенные жирные кислоты



- **Докозагексаеновая кислота, (ДГК) 22:6 ω-3**  
***all-cis-4,7,10,13,16,19-docosahexaenoic acid***



## Эффекты Омега-3:



- помогает сохранять кровеносные сосуды здоровыми и эластичными
- снижает уровень холестерина
- снижает уровень триглицеридов
- стабилизирует ритмы сердца
- улучшает состояние кожи и суставов
- положительно влияет на зрение, работу мозга и общее психическое состояние
- положительно влияет на развитие и работу мозга у детей

Минздрав России рекомендует 1 г АЛК/ЭПК/ДГК в сутки для потребления.

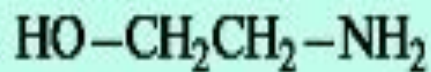


# Структурные компоненты простых липидов жирные спирты.

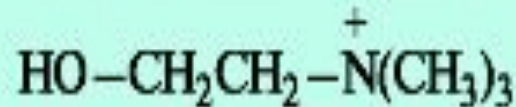
В состав липидов могут входить следующие спирты:

- высшие одноатомные ( $C_{16}$  и более);
- трехатомный спирт глицерин  $HOCH_2CH(OH)CH_2OH$ ;
- двухатомный аминоспирт сфингозин.

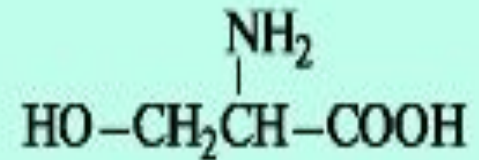
## Аминоспирты.



коламин

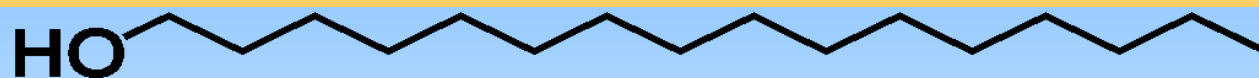


холин

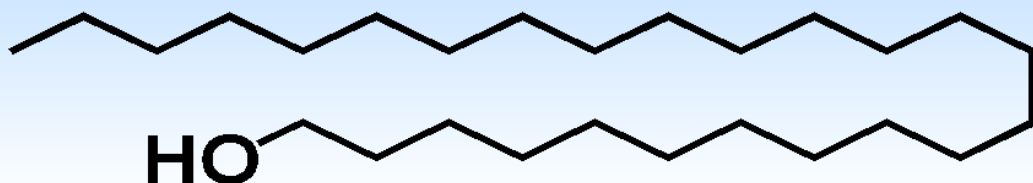
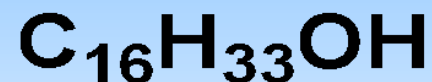


серин

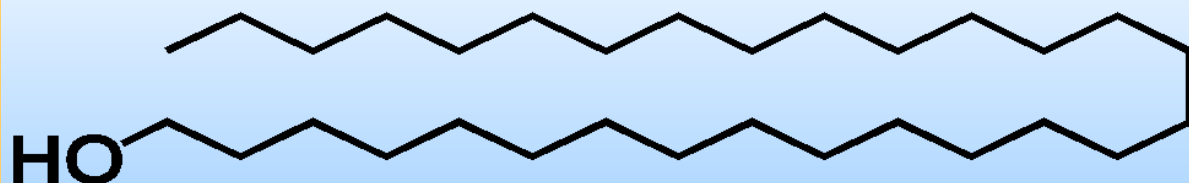
# жирные спирты



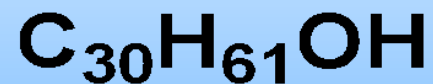
öåðèëî âû é ñî èðò



öåðèëî âû é ñî èðò



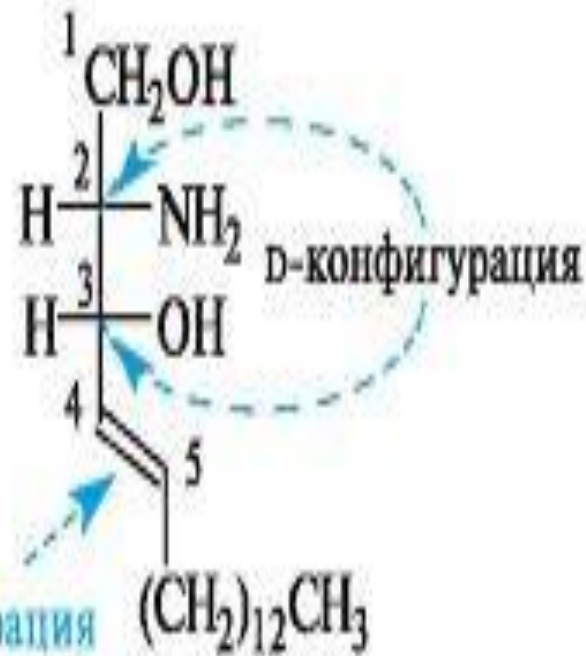
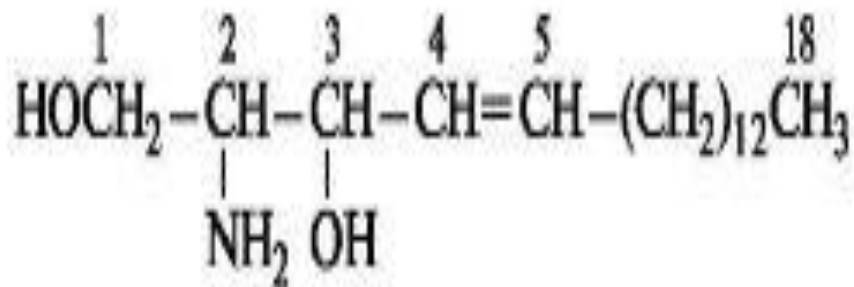
ì èðèöèëî âû é ñî èðò



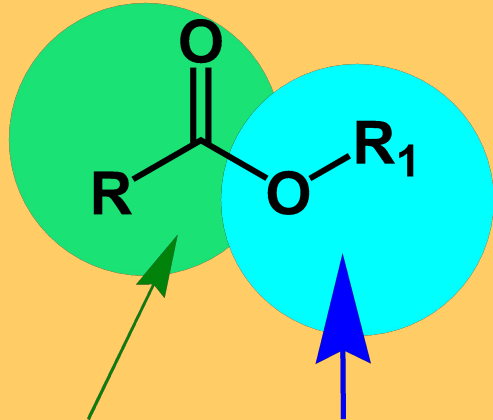
# Сфингозин – ненасыщенный длинноцепочечный двухатомный аминоспирт:

## 2-аминооктадецен-4-диол-1,3

СФИНГОЗИН



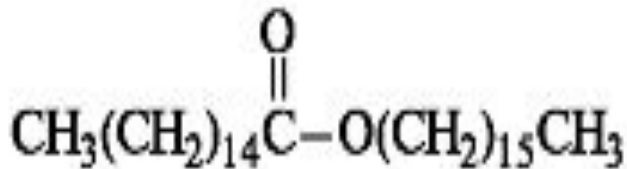
# Простые липиды – **ВОСКИ.**



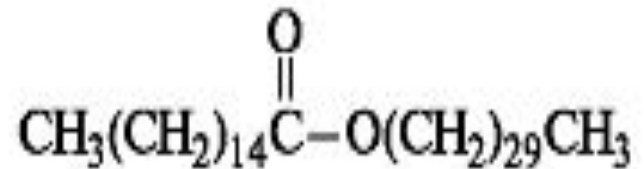
Группа R  
группа высшей жирной кислоты

Группа R<sub>1</sub>  
группа высшего спирта

Воски состоят из сложных эфиров высших жирных кислот и одноатомных высших спиртов.



цетиловый эфир пальмитиновой кислоты  
(цетилпальмитат)



мелиссиловый эфир пальмитиновой кислоты  
(мелиссилпальмитат)

**главный компонент**  
*спермацета*

**компонент пчелиного воска**

# **Воски**

**широко распространены в природе**

- Перья птиц и шерсть животных имеют восковое покрытие, которое придает им водоотталкивающие свойства.**
- Восковое покрытие листьев и плодов растений уменьшает потерю влаги и снижает возможность инфекции.**
- Синтетические и природные воски широко применяются в быту, медицине, в частности в стоматологии.**

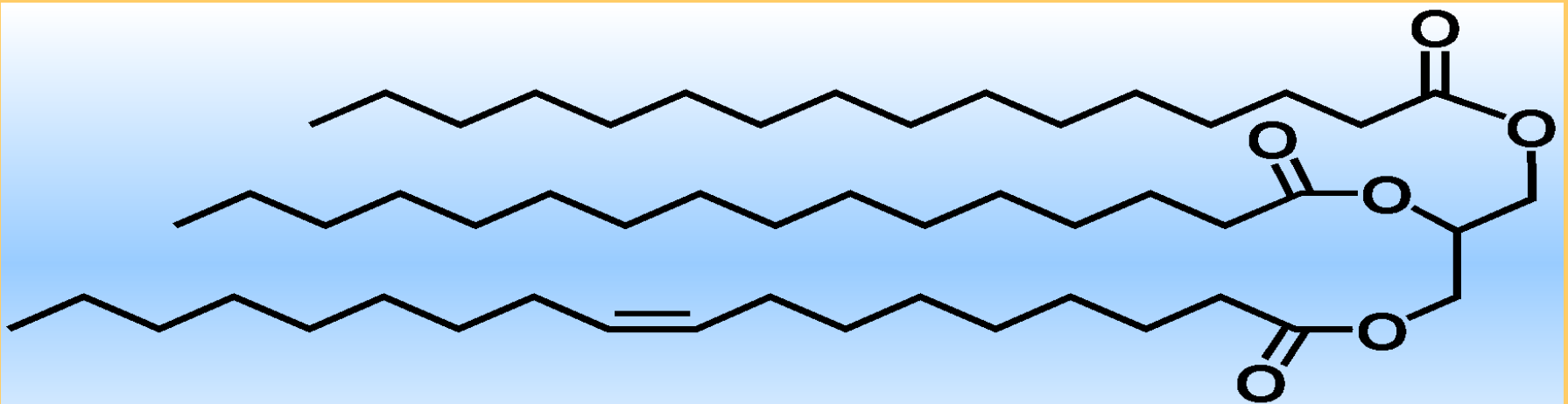


# Воски

$RC(=O)OR'$	Название	Источник
$C_{15}H_{31}C(=O)OC_{16}H_{33}$	Цетилпальмитат	Спермацет
$C_{15}H_{31}C(=O)OC_{30}H_{61}$	Мирицилпальми -тат	Пчелиный воск
$C_{25}H_{51}C(=O)OC_{30}H_{61}$	Мирицилгексаэй -козоат	Карнаубский воск

## Простые липиды – жиры.

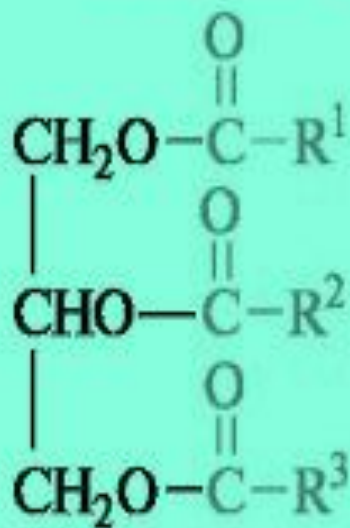
Жиры и масла (триацилглицерины) - сложные эфиры глицерина и высших жирных кислот.



òďèàöèëæèöåďèí û (æèďû )

# Жиры, триглицериды

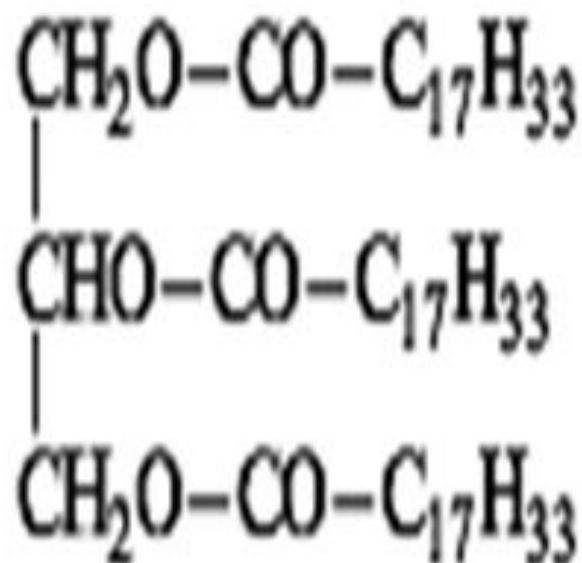
## ОБЩАЯ СТРУКТУРА ТРИАЦИЛГЛИЦЕРИНОВ



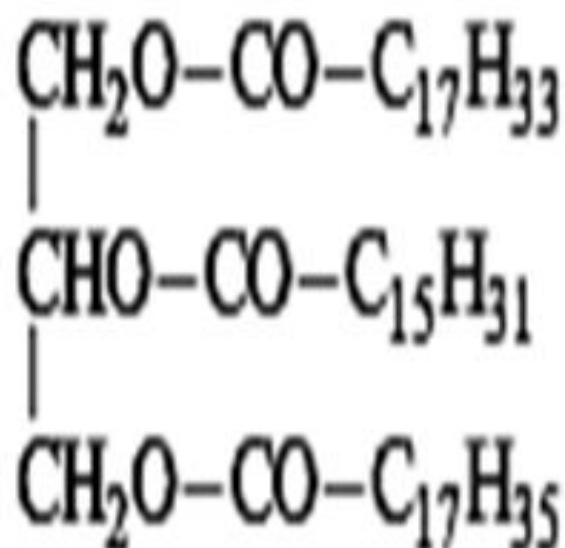
$\text{R}^1\text{CO}$ ,  $\text{R}^2\text{CO}$ ,  $\text{R}^3\text{CO}$  –

ацильные остатки высших жирных кислот

**полностью ацилированный глицерин.**

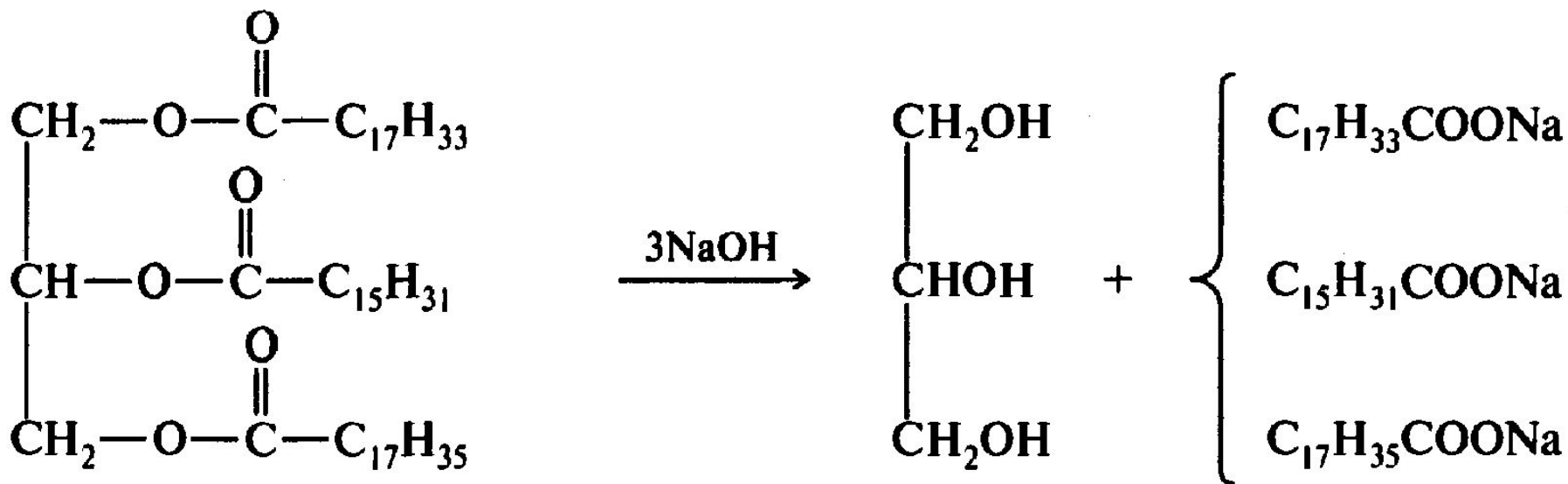


триолеоилглицерин  
 (триолеин)  
 т. пл.  $-17^\circ\text{C}$



1-олеoil-  
 2-пальмитоил-  
 3-стеароилглицерин

# Гидролиз

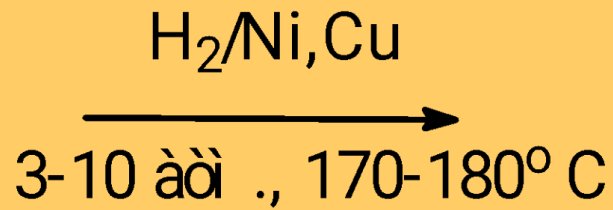


1-олео-2-пальмитостеарин

*Калиевые соли высших жирных кислот — жидкие мыла, натриевые соли — твердые мыла.*

# Гидрогенизация жиров

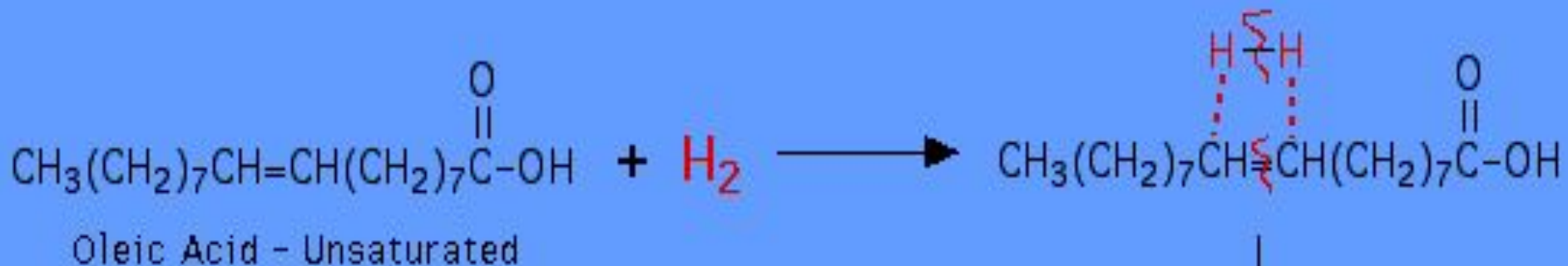
Растительное масло  
(соевое, арахисовое,  
хлопковое и т.п.)



Жир (маргарин).



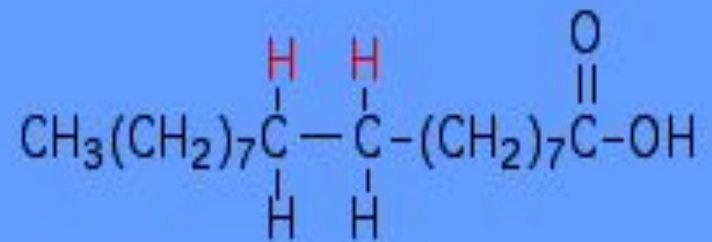
# Hydrogenation of Oleic Acid



$\text{H}_2$



Stearic Acid - Saturated

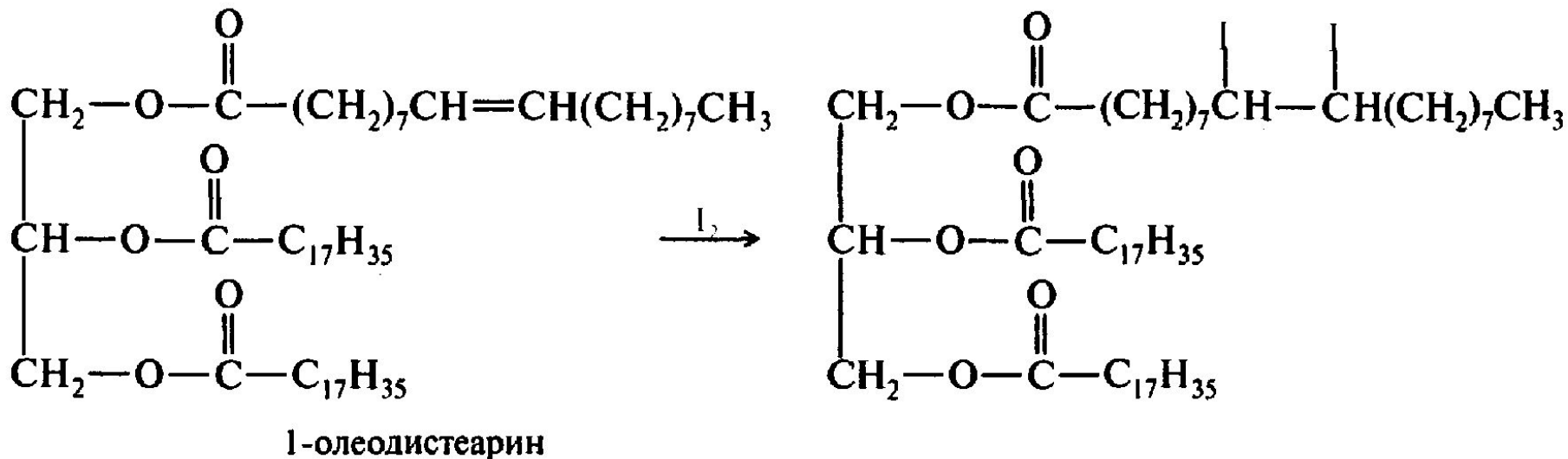


# Степень ненасыщенности триглицеридов

*йодное число,*

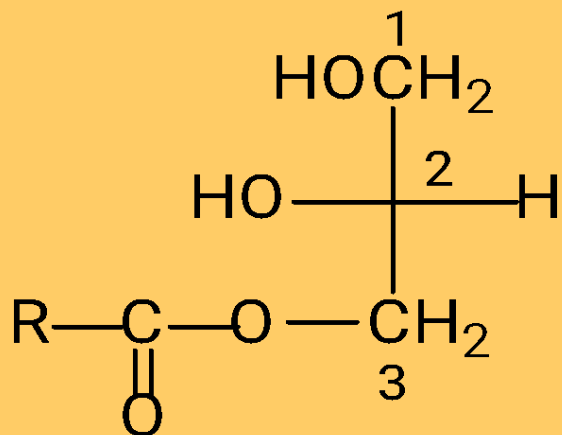
которое равно количеству йода

(в граммах), присоединяющемуся к 100 г  
жира.

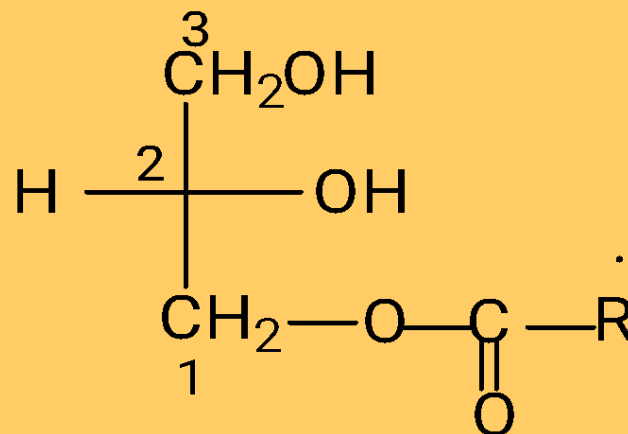




**Систематическая номенклатура,**  
основанная на *стереоспецифической нумерации*,  
предложенная Хиршманом.



sn-3-Моноацилглицерин



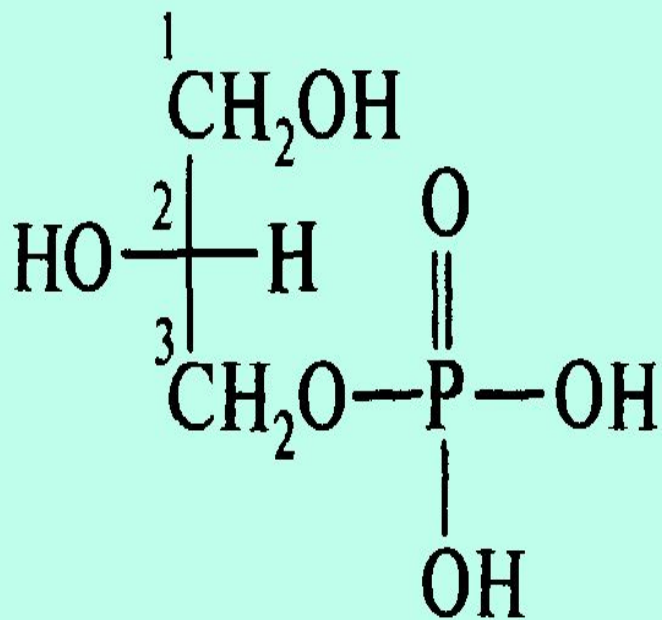
sn-1-Моноацилглицерин

***Sn*** (stereo specific numbering)

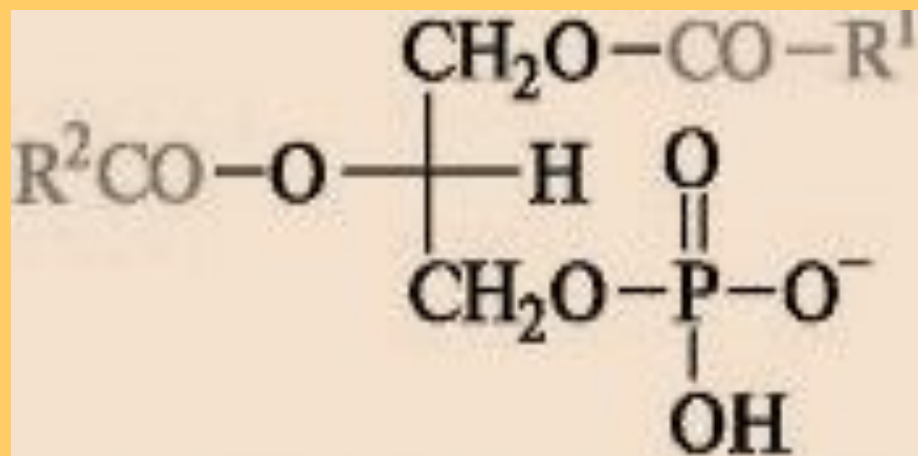


- **Глицериды**
  - фосфоглицериды
  - **лецитины**
  - **кефалины**
  - **фосфатидилсерины**
  - **Другие производные**
- **гликоглицериды**
- **другие производные**

# Глицерофосфолипиды - главные липидные компоненты клеточных мембран.



L-глицеро-3-фосфат

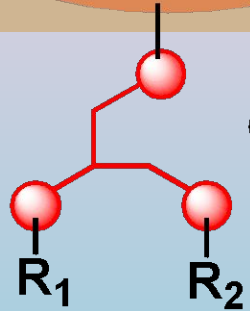


L-фосфатидовые кислоты

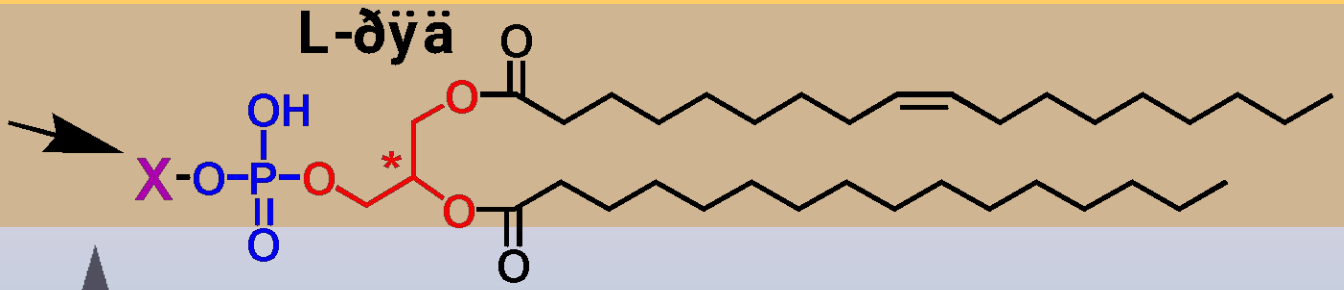
$\text{R}^1\text{CO}$ ,  $\text{R}^2\text{CO}$  — остатки высших  
жирных кислот

# Фосфолипиды – главные компоненты биологических мембран

$\text{R}_1$  и  $\text{R}_2$  – это гидрофобные группы, которые могут быть насыщенными или ненасыщенными углеводородными цепями.



Гидрофильная группа



Гидрофобные группы (углеводородные цепи)

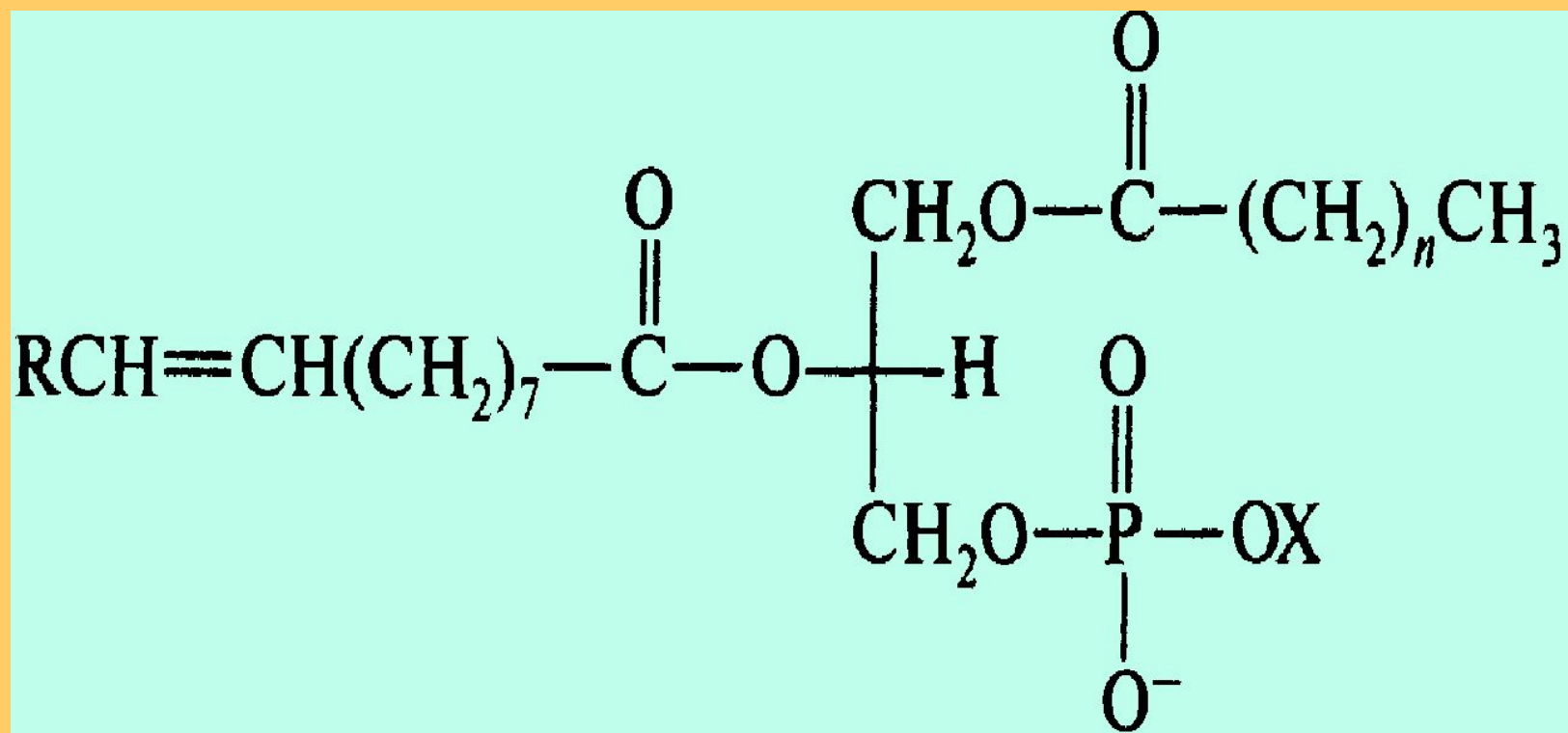
$\text{R}_1$  и  $\text{R}_2$  – это гидрофобные группы, которые могут быть насыщенными или ненасыщенными углеводородными цепями.

(насыщенные и ненасыщенные углеводородные цепи)

$\text{O} = \text{C}$  – карбонильная группа

$\text{O} = \text{C}$  – карбонильная группа

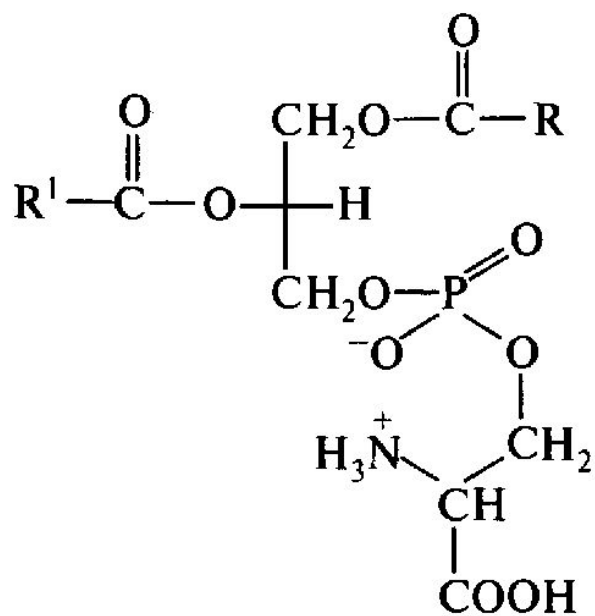
(1-5% от общего количества липидов в мембране; это зависит от типа мембраны и организма; например, в мембране эритроцитов содержится около 25% фосфолипидов)



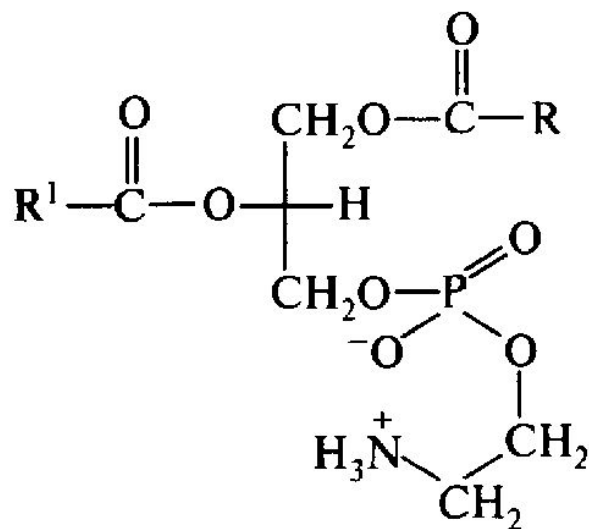
общая структура фосфатидов

**(pH ~7,4)**

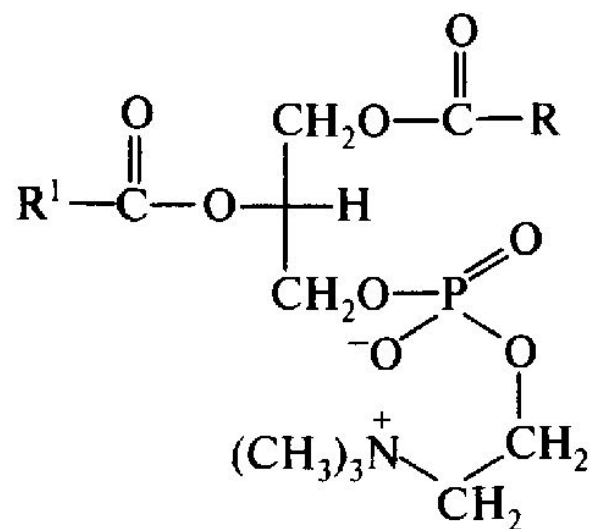
**Глицерофосфолипиды.** Эти соединения являются главными липидными компонентами клеточных мембран. Они сопутствуют жирам в пище и служат источником фосфорной кислоты, необходимой для жизни человека.



фосфатидилсерины  
(серинкефалины)

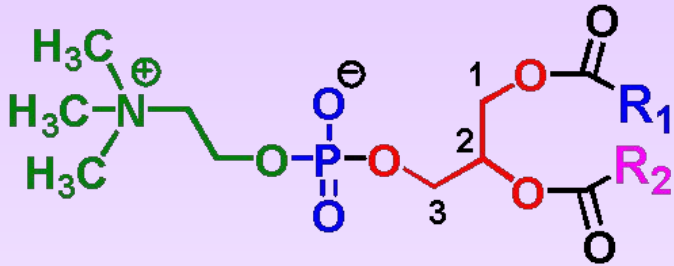


фосфатидилэтаноламины  
(коламинкефалины)



фосфатидилхолины  
(лецитины)

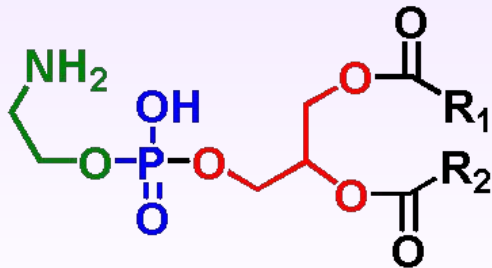
# Фосфолипиды



$R_1CO$ ,  $R_2CO$  - преимущественно  $C_{16}$ - и  $C_{18}$ -кислоты, причем  $R_1$  - насыщенные, а  $R_2$  - ненасыщенные.

## Фосфолипиды

Входят в состав мембран, обеспечивают текучесть и эластичность. В мембранах животных организмов содержатся преимущественно фосфолипиды с холинной группой. В мембранах растений и грибов преобладают фосфолипиды с инозиновой группой.



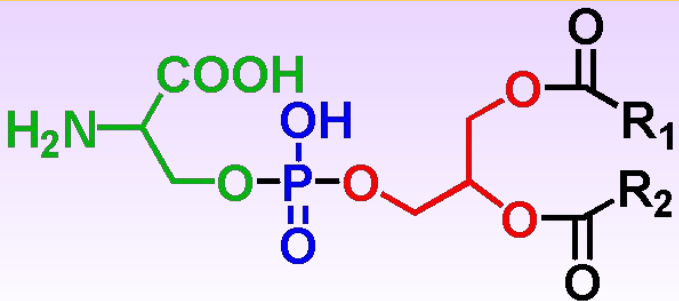
Входят в состав мембран, обеспечивают текучесть и эластичность. В мембранах животных организмов содержатся преимущественно фосфолипиды с холинной группой. В мембранах растений и грибов преобладают фосфолипиды с инозиновой группой.

## Фосфолипиды

Входят в состав мембран, обеспечивают текучесть и эластичность. В мембранах животных организмов содержатся преимущественно фосфолипиды с холинной группой. В мембранах растений и грибов преобладают фосфолипиды с инозиновой группой.



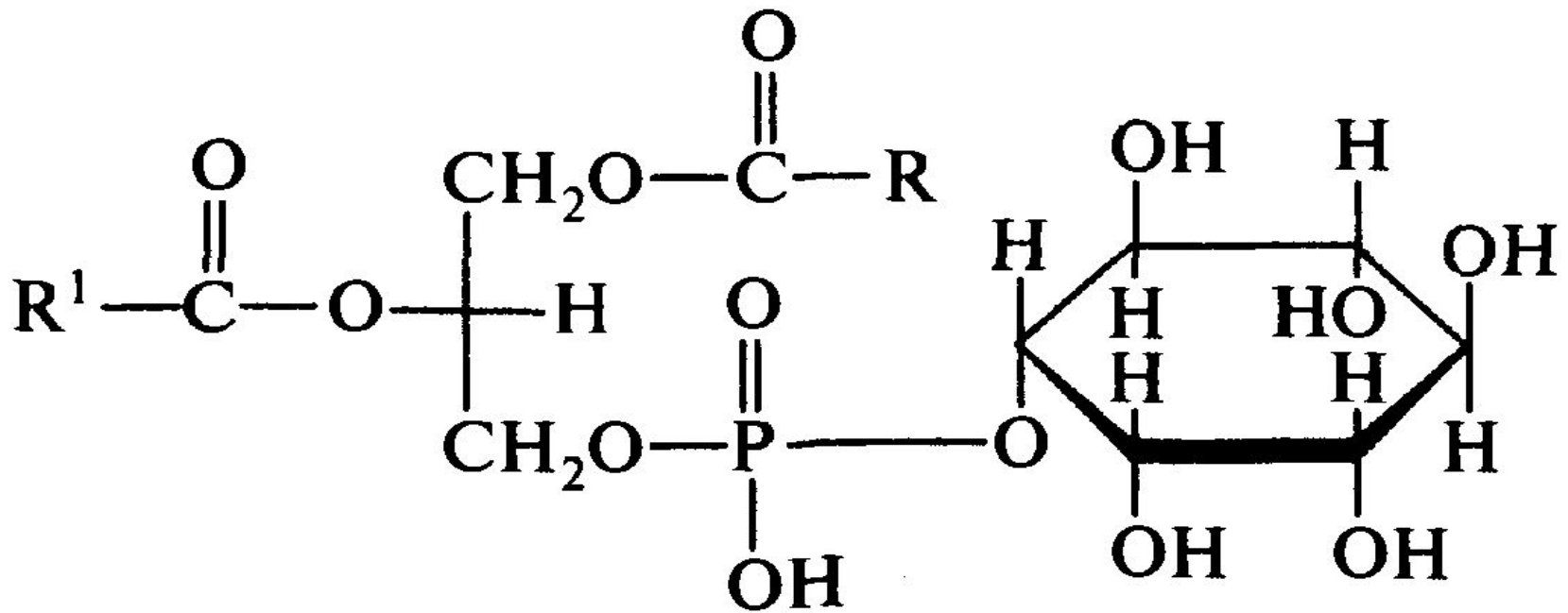
# Фосфолипиды



Äî 10-15% î ò î áù áã ãî ëî ëè÷ãñòâà  
ô î ñô î ëèï èäî â â òèáí ÿõ ì èãëî ì èòàð -  
ù èõñü. Ëî èàèèçàöèÿ: ì î çã, ñãðäöã,  
ï á÷áí ü, ï î ÷èè, ñãëãç, í èà, è, ãèèã.

Ô î ñô àèèäèëñãðèí ù

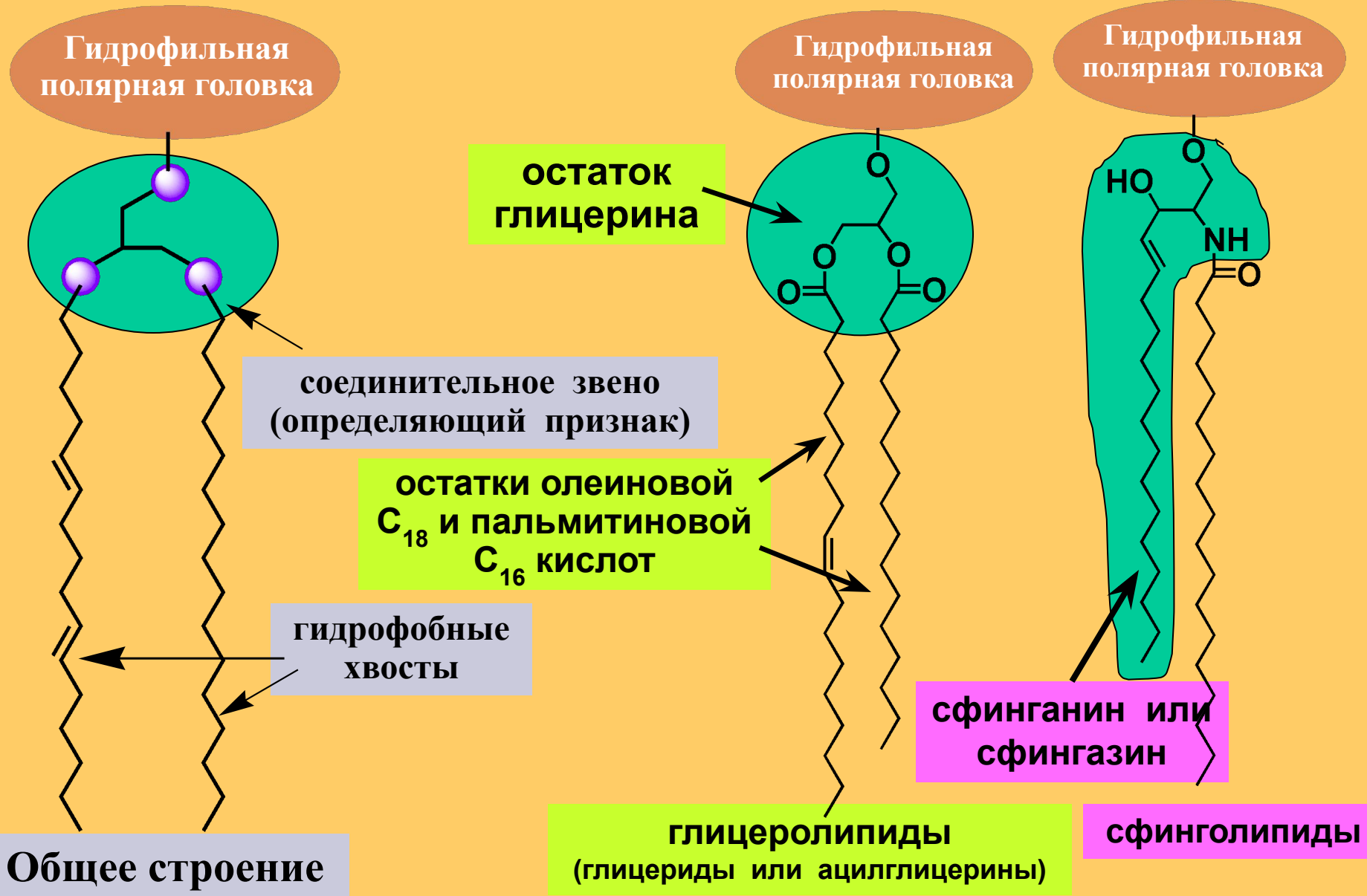
Âù ñòóí àãò ðããóëÿòí ðî ì àèèèáí î ñèè ðÿãà ì àí áðáí î ñãÿçáí í ù õ  
ô áðí áí òí â; ÿãëÿãòñü ï ðããø áñòâáí í èèî ì ï ðè áèî ñèí òãçã  
ô î ñô àèèäèëÿòáí î èàè èí î â.

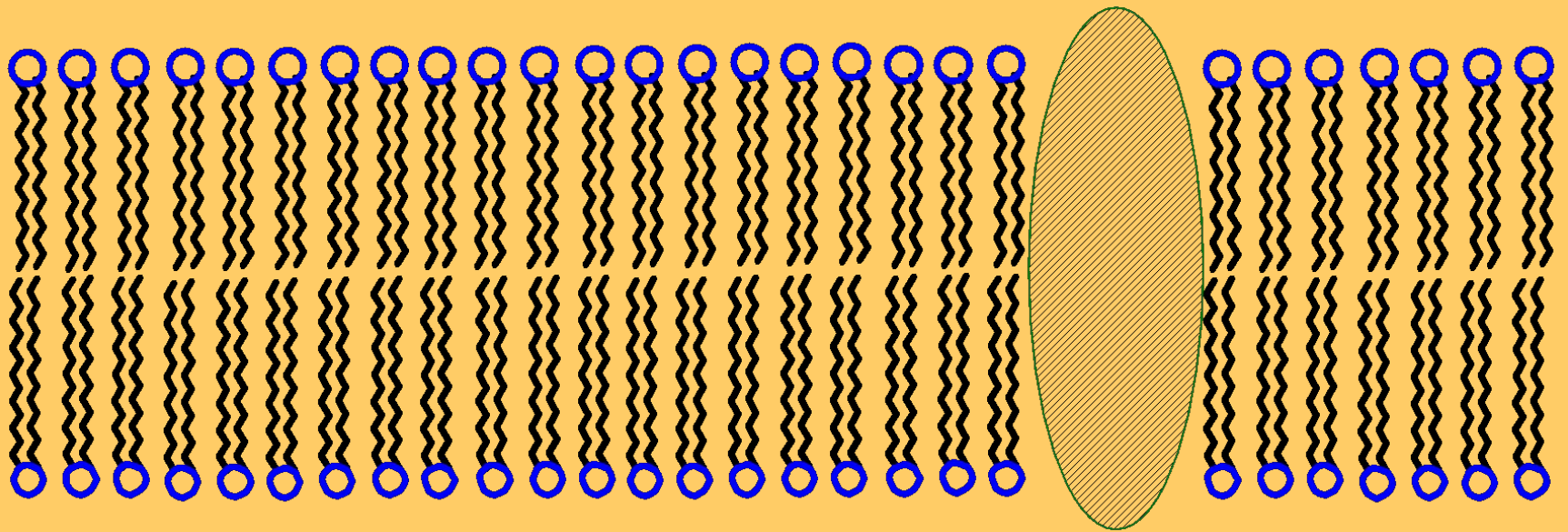


фосфатидинозиты

к кислым глицерофосфолипидам.

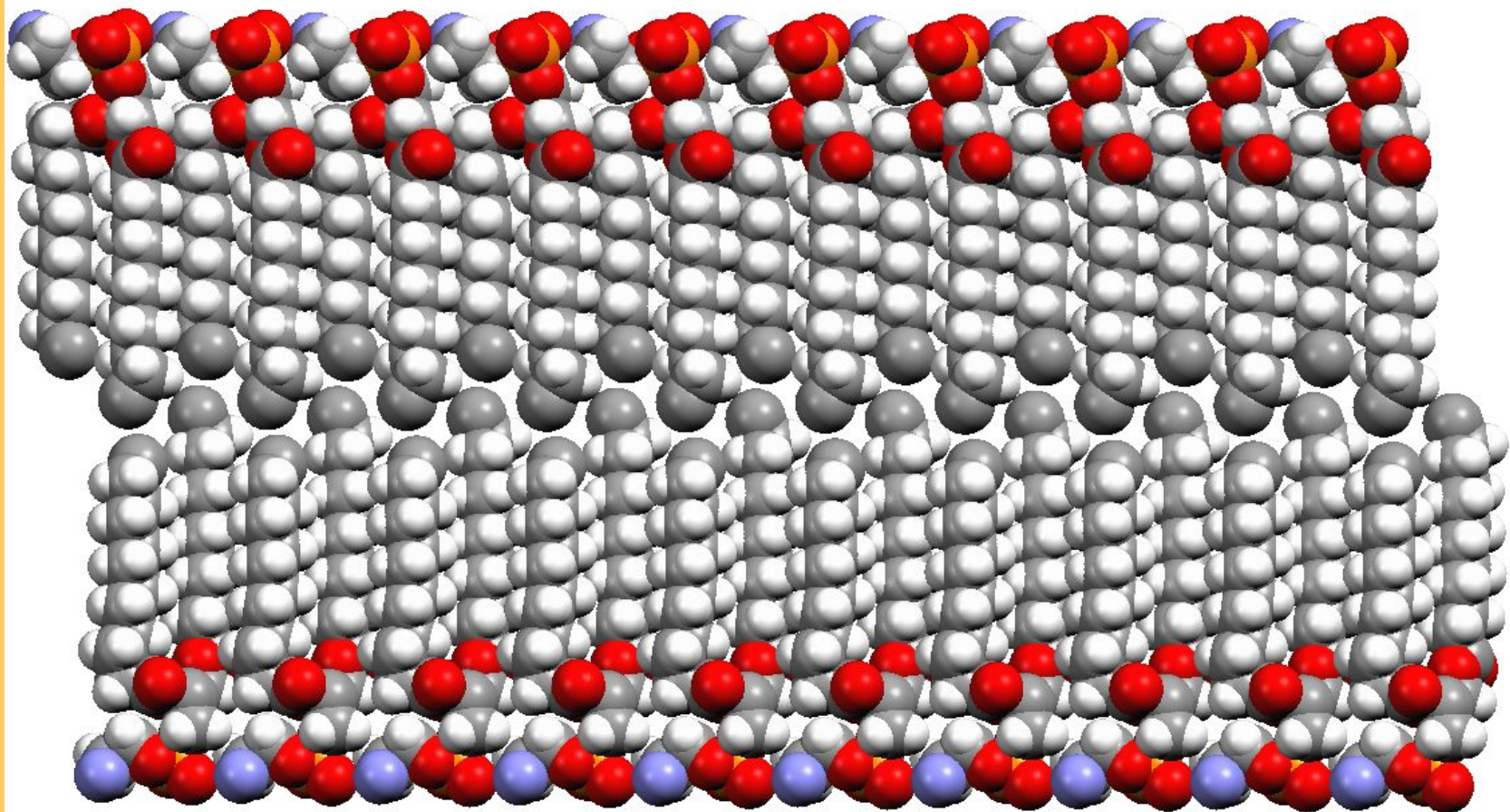
# Первичная классификация липидов биологических мембран





Жидкостно-мозаичная модель мембраны  
Зингера-Николсона

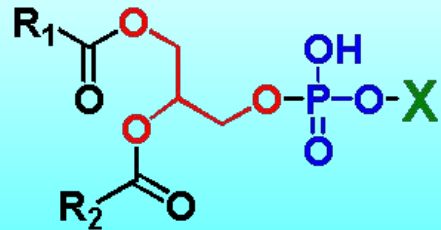




**Кристаллическая структура 1,2-  
лауроилфосфатидилэтаноламина (кефалина)**

# Фосфолипиды

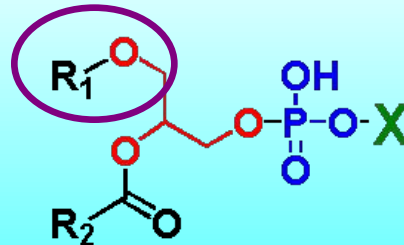
Àèàöèëüí û á  
æèèöäðí ô î ñô î èèì èäû



ô î ñô àèèäèè

(î áýçàðäëüí û é  
èì ì î í í áí ò áí èüø èí ñòàà  
ì àì áðáí æèáí òí û ò,  
ðàñòèðäëüí û ò è  
áàèòäðèàèüí û ò èèäòí è)

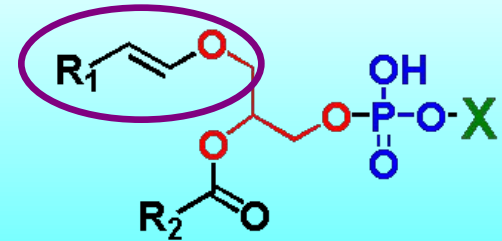
Àèèèèàöèëüí û á  
æèèöäðí ô î ñô î èèì èäû



î èàçì áí èè

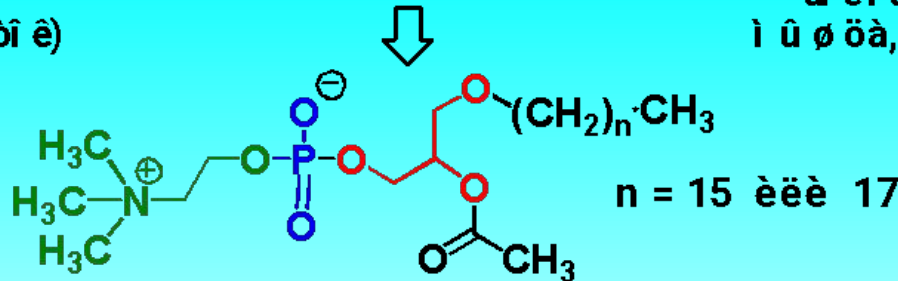
(÷àñòí àñòðä÷ààòñý á òèáí ýò  
æèáí òí û ò í ðááí èçì í á ì í ðáé  
è í èááí í á)

Ï èàçì àèì äáí û



Ï èàçì áí èè

(áì 22% î ò í áú ááì èì èè÷àñòáà  
ò í ñô î èèì èáí á; á í ðááí èçì á  
÷àèì áàèà - í áðáí û á òèáí è,  
á èì áí í é ì í çã, ñáðäá÷í áý  
ì û ø òà, í ááí í ÷á÷í èèè, ñí áðí à)



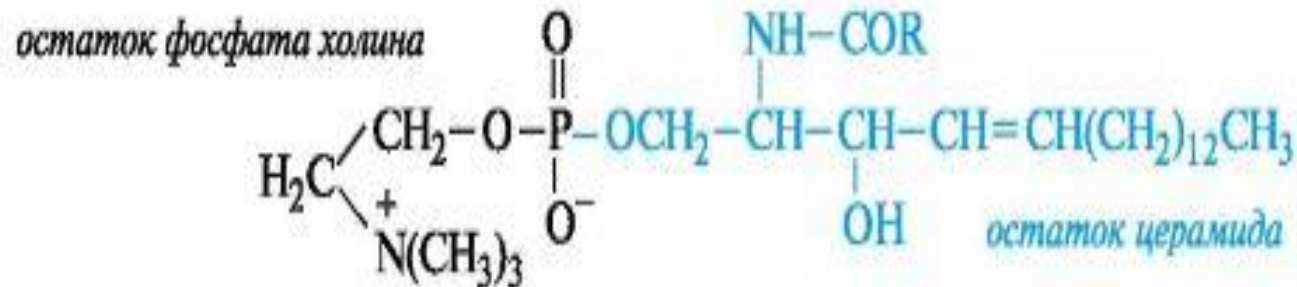
Òðí ì áí öèòàèòèâèðóð ù èé ô àèòí ð

(á èì í òáí ððàöèýò <1 í áí ì ì èü èçì áí ýàò ì ì ðò í èì æð òðí ì áí öèòí á, áú çú áááò èò  
ááðáááöèð è ì ðèáí æèò è áú ñáí áí æááí èð 5-æäðí èñèòðèì òàì èí à; ó÷àñòáóáò á ðàçàèòèè  
ðýáà ì ñòðú ò àèèäðæ÷àñèèò è áí ñí àèèòäëüí û ò ðáàèòèé ó æèáí òí û ò è ÷àèì áàèà)



**Сфингомиелины** отличаются от церамидов наличием **фосфорил-холинового остатка**, замещающего атом водорода в первичной спиртовой группе

### ОБЩАЯ СТРУКТУРА СФИНГОМИЕЛИНОВ



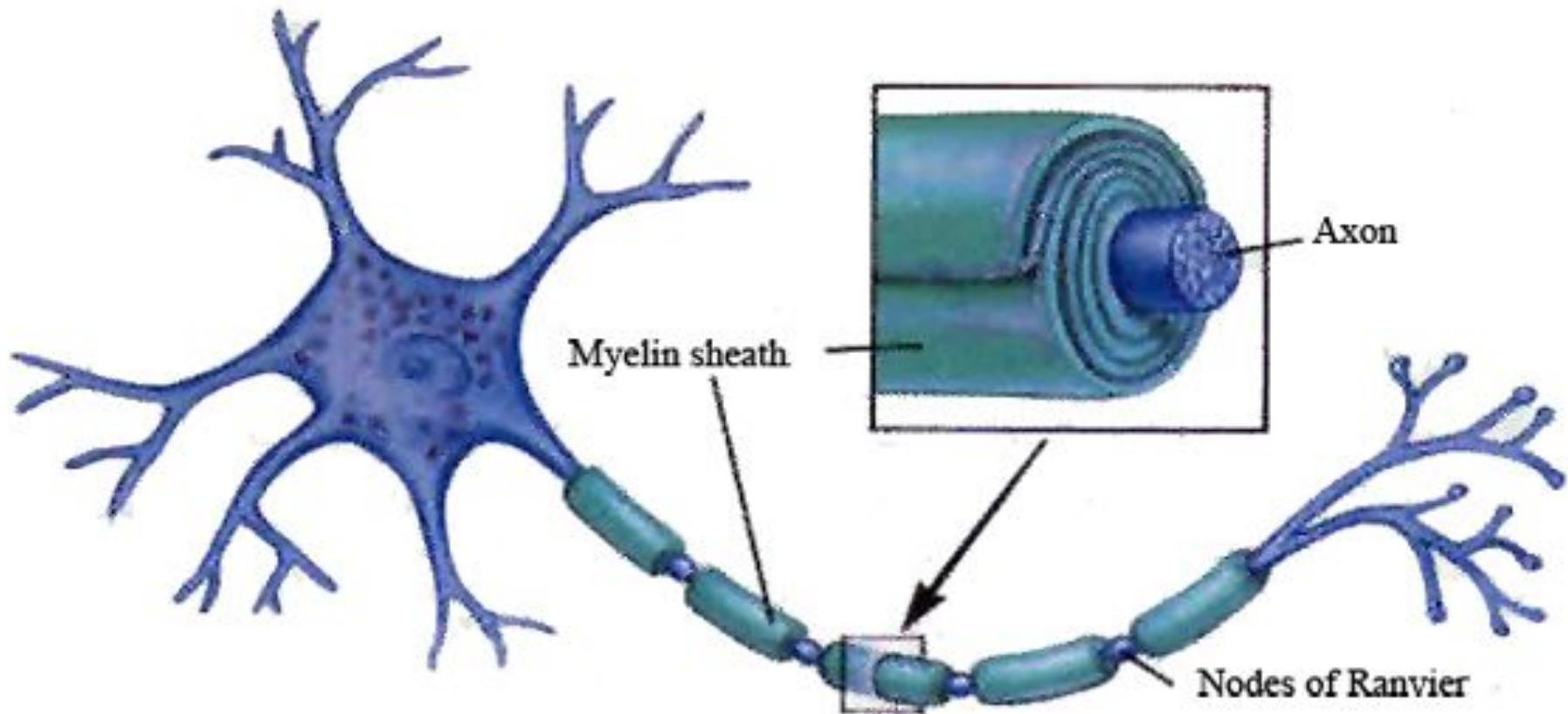
RCO – остаток высшей жирной кислоты



**Сфингомиелины обнаружены в нервной ткани, среди липидов крови и во многих других тканях.**



# Миелин (греч. *myelos* - костный мозг)



**Миелиновая оболочка** — электроизолирующая оболочка, покрывающая аксоны многих нейронов. многократно оборачивающая аксон подобно изоляционной ленте.

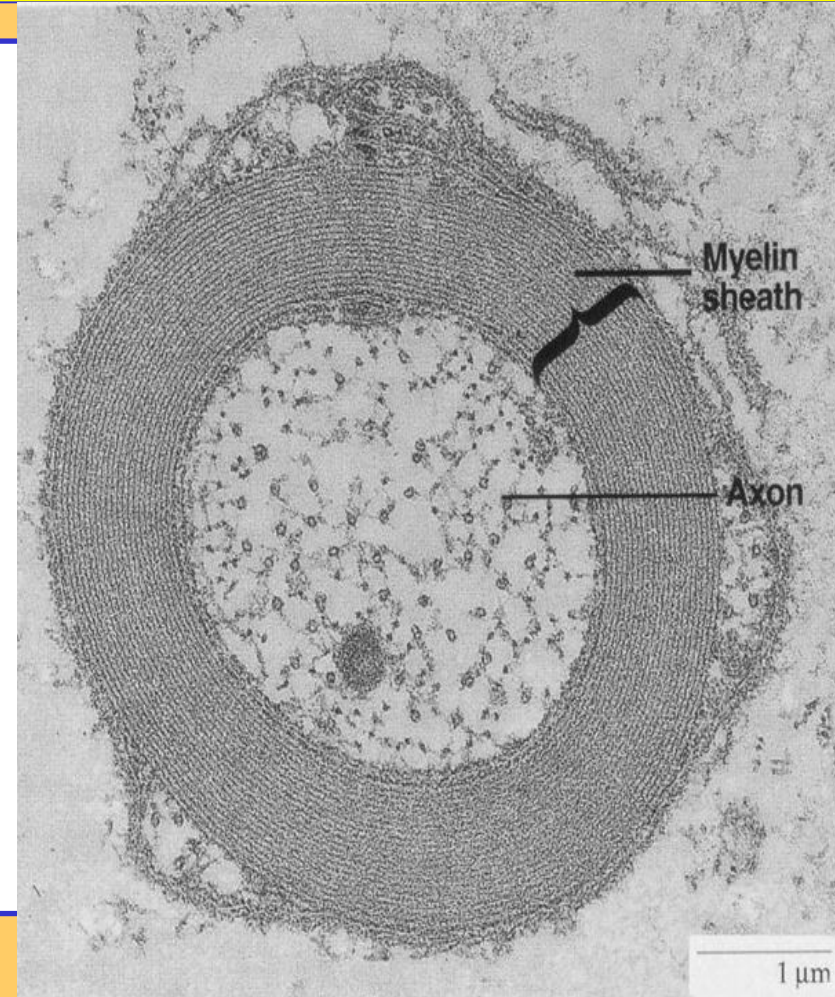
- по миелинизированным волокнам нервный импульс проводится приблизительно в 5—10 раз быстрее, чем по немиелинизированным.*

Цвет миелинизированных нейронов — белый, отсюда

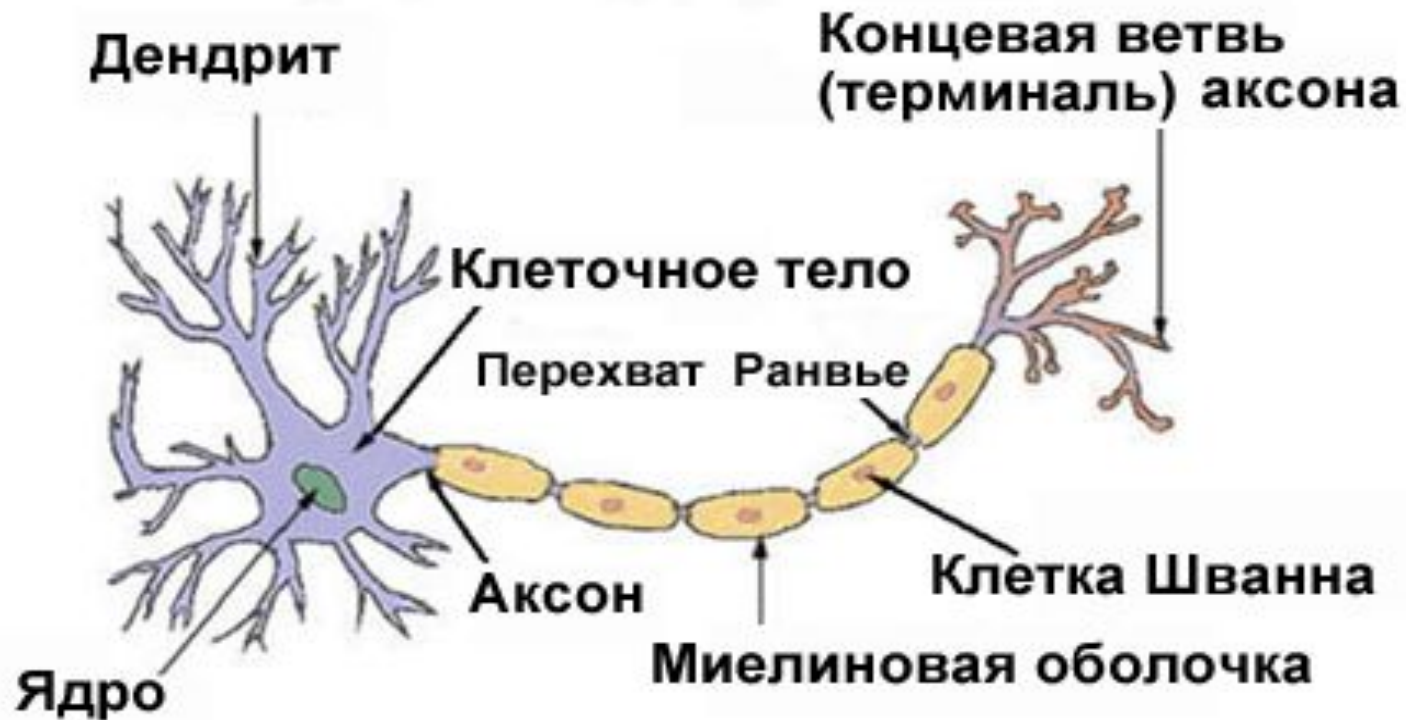
название «**БЕЛОГО**

**Вещества»** Мозга.

Приблизительно на 70—75 % миелин состоит из липидов, на 25—30 % — из белков. Такое высокое содержание липидов отличает миелин от других биологических мембран.



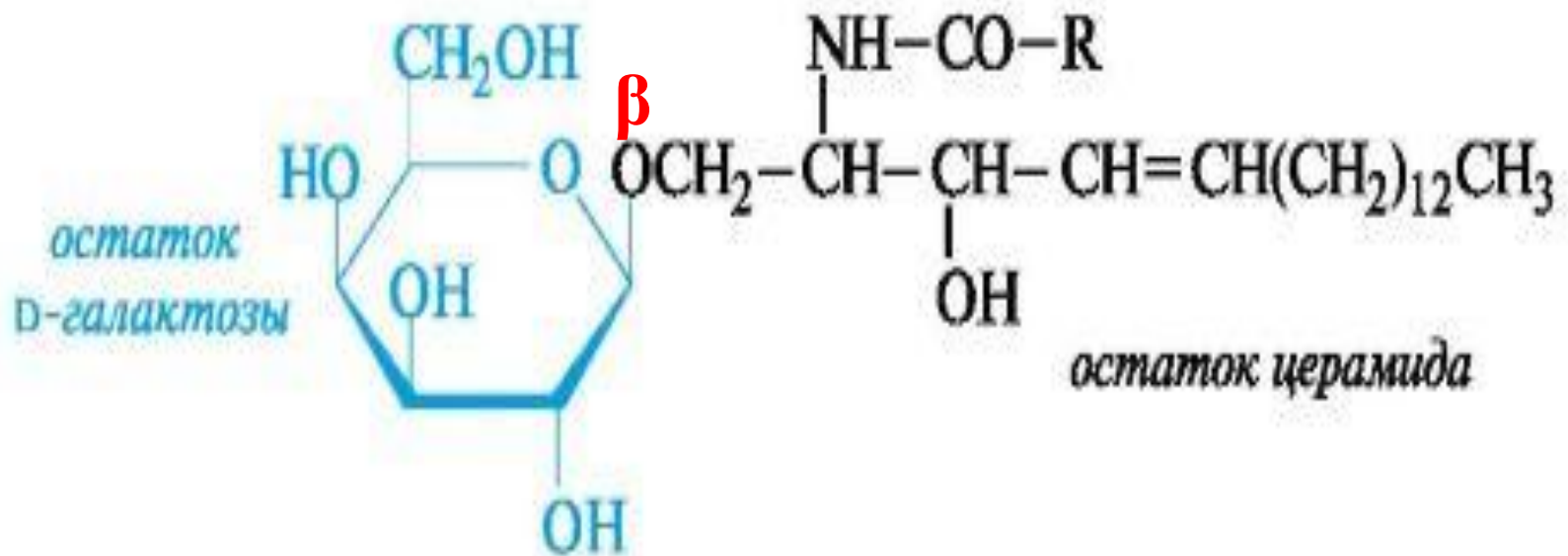
# Типичная структура нейрона



**Склерозы, аутоиммунные заболевания связанные с разрушением миелиновой оболочки аксонов в некоторых нервах, приводит к нарушению координации и равновесия**

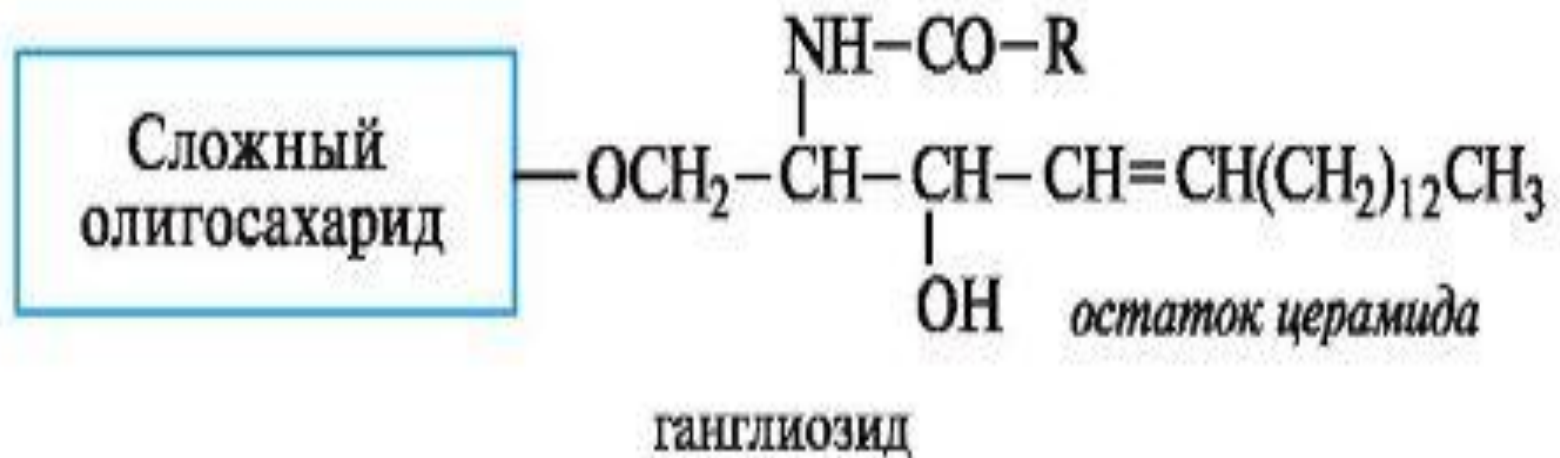
# Гликолипиды

## ОБЩАЯ СТРУКТУРА ГАЛАКТОЦЕРЕБРОЗИДОВ



*входят в состав оболочек нервных клеток.*

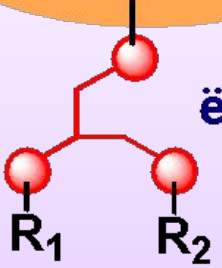
***Ганглиозиды*** - богатые углеводами  
сложные липиды - впервые были выделены  
из серого вещества головного мозга.



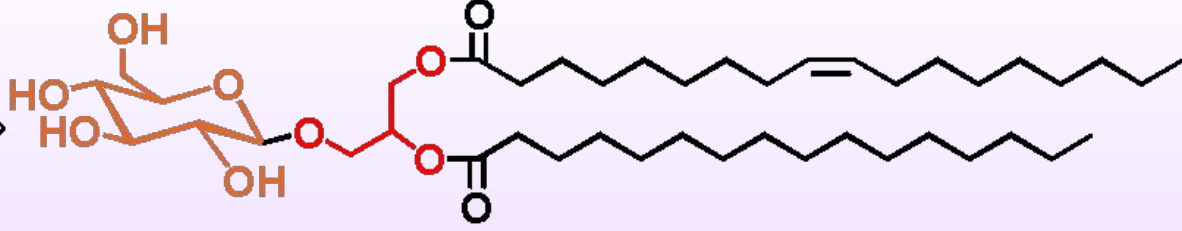
# Фосфолипиды

## Аэеēī ēēī èäû .

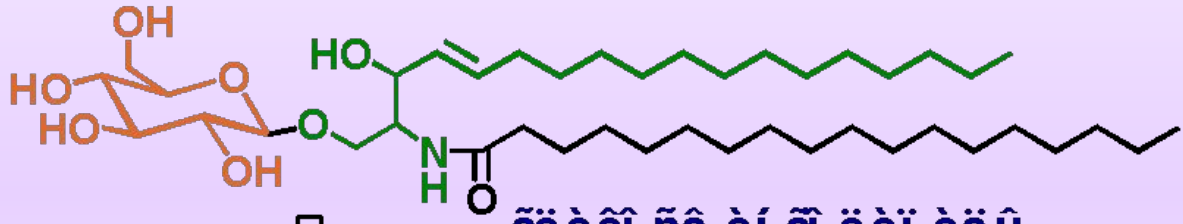
æäđī ô èëüí àÿ  
ī î ëÿđí àÿ āī ēī áèà



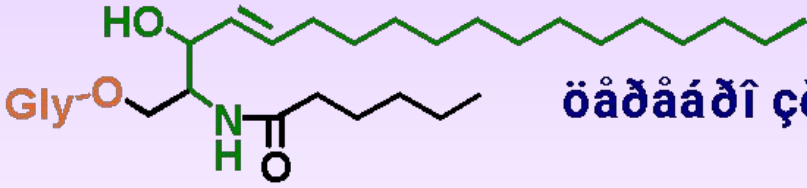
ēēī èäû



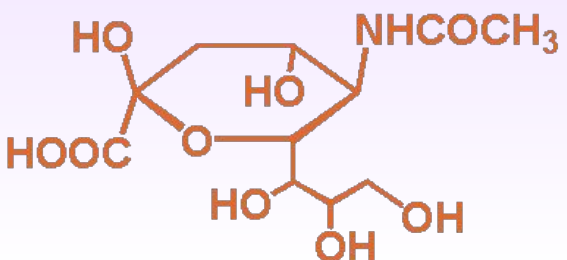
ãèèēī ãèèöäđī èēī èäû



æèèēī ñô èí āī èēī èäû

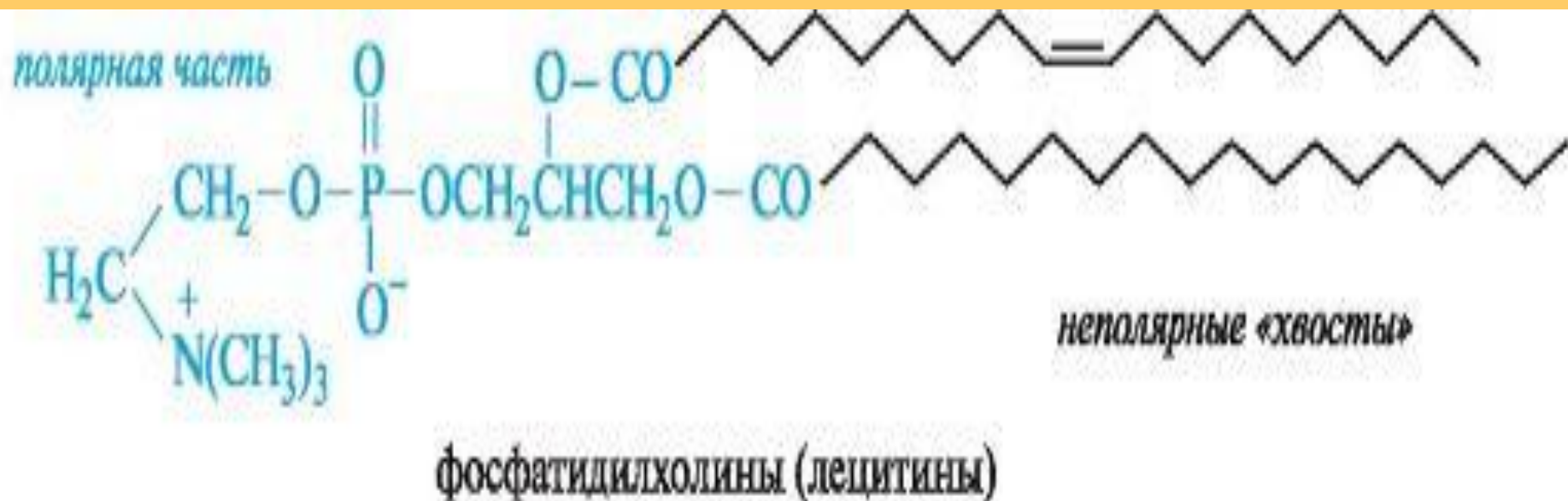


öäđāáđī çèäû

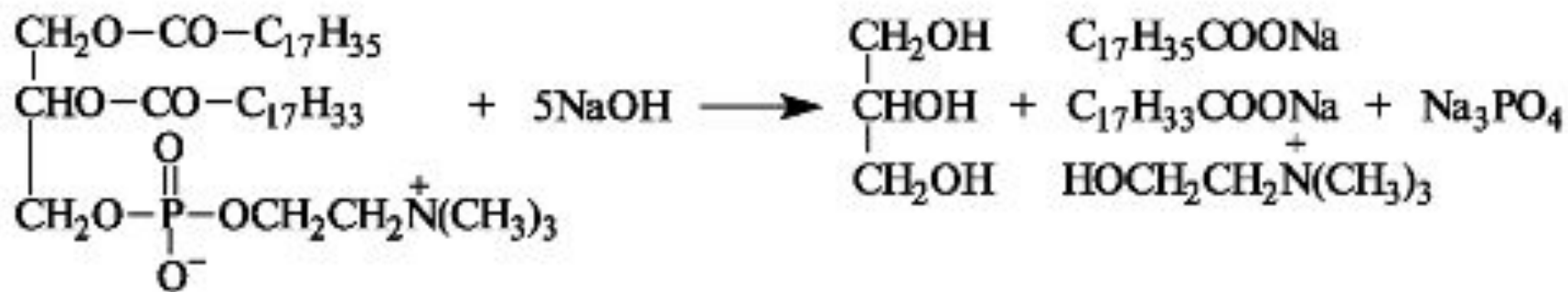


Ñèàēī ààÿ èèñēī àà  
(N-àöäòèēī áéđàì èí î ààÿ èèñēī òù ),  
āōī àèò á ñī ñòàâ ãāí æèēī çèāí á

# Свойства липидов и их структурных компонентов



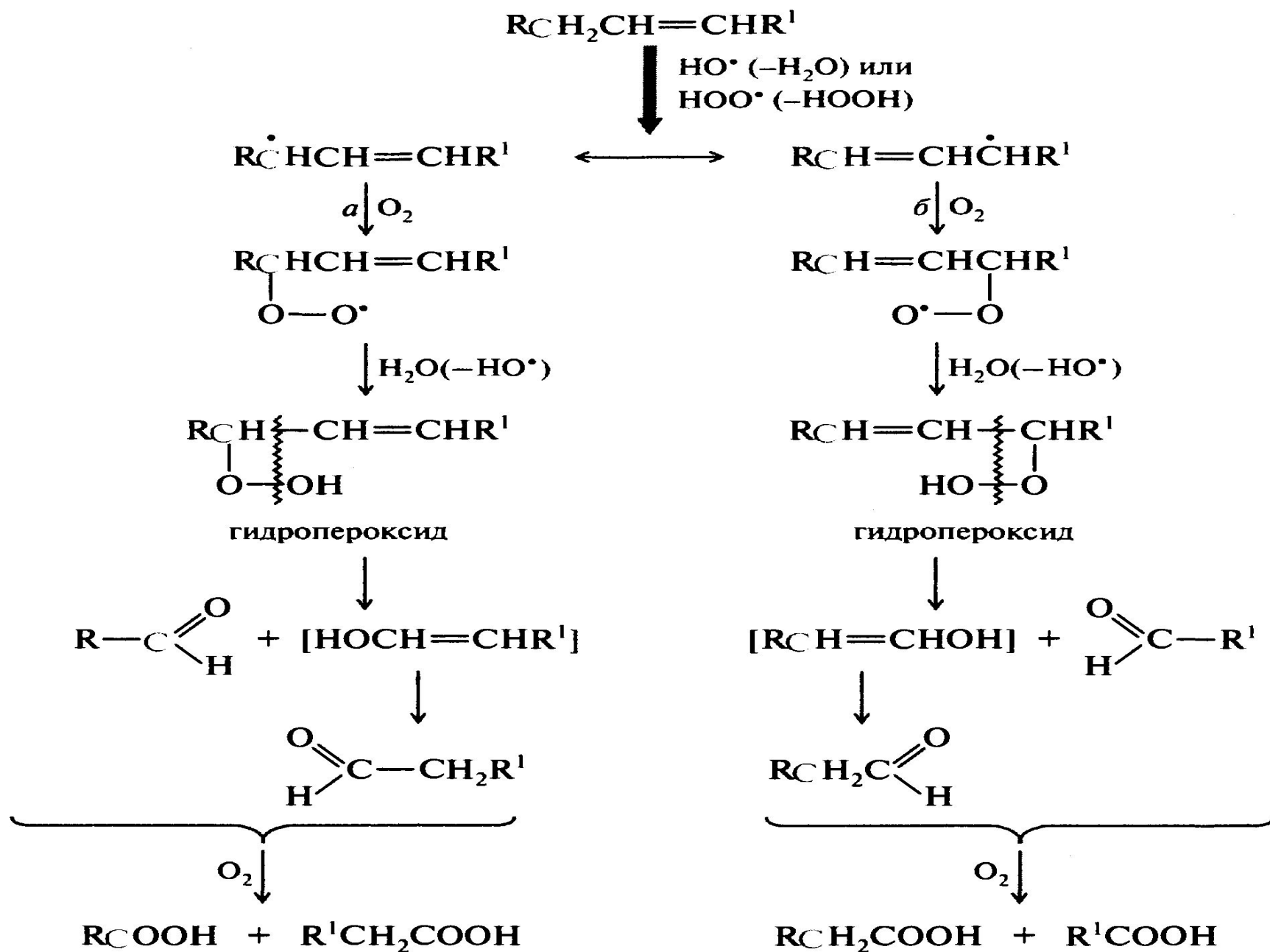
# Гидролиз



фосфатидилхолин



### Схема 15.3. Пероксидное окисление липидов



В работах А. И. Арчакова и Ю. А. Владимирова (Российский государственный медицинский университет) изучен механизм пероксидного окисления липидов и выяснено строение системы окисления чужеродных соединений (ксенобиотиков) в мембранах клеток печени. Показано, что нарушение работы окислительной системы приводит к изменениям в обмене веществ и нарушению функционирования клеток, что лежит в основе интоксикаций, атеросклероза и образования канцерогенных соединений.

# **• Неомыляемые липиды являются**

**низкомолекулярными регуляторами  
(тромбоксаны, лейкотриены, простагландины,  
простациклин),**

**• витаминами (все жирорастворимые витамины D,  
E, F, K, A),**

**• гормонами (стероидные половые гормоны,  
глюкокортикоиды и минералокортикоиды),**

**• растительными гормонами (гиббереллины,  
абсцизовая кислота, этилен),**

**• пигментами (каротин, ликопин),**

**• пахнущими веществами (гераниол, гераниаль,  
ментол, мирцен)**

**• феромонами (цитраль, грандизол)**

**Спасибо**

**за**

**Ваше внимание!**