

# ЛЕКЦИЯ 10

## ЛИПИДЫ



# ПЛАН

**10.1. Классификация и биологическая роль липидов.**

**10.2. Омыляемые липиды. Воска, нейтральные жиры, масла.**

**10.3. Сложные липиды. Фосфолипиды как структурные компоненты биологических мембран.**

**10.4. Свойства омыляемых липидов.**

# **10.1. Классификация и биологическая роль липидов**

**К липидам относят большую группу веществ растительного и животного происхождения. Эти вещества весьма разнообразны по составу и строению**

**Общая характеристика липидов -  
нерастворимы в воде, растворяются в  
неполярных и слабополярных  
органических растворителях (бензол,  
петролейный эфир, тетрахлорметан,  
диэтиловый эфир ).**

**С помощью этих растворителей  
липиды экстрагируют из  
растительного и животного материала**

# **Биологическая роль липидов**

- 1. Липиды (фосфолипиды) принимают участие в образовании клеточных мембран;**
- 2. Энергетическая функция (1 г жира при полном окислении выделяет 38 кдж энергии);**
- 3. Структурная, формообразующая функция;**
- 4. Защитная функция;**
- 5. Липиды служат растворителем для жирорастворимых витаминов;**

**6. Механическая функция;**

**7. Жиры - источники воды для организма. При окислении 100г жира образуется 107 г воды;**

**8. Регуляторная функция;**

**9. Жиры, выделяемые кожными железами служат смазкой для кожи**

## **10.2. Омыляемые липиды. Воска, нейтральные жиры, масла**

**По отношению к гидролизу  
липиды делят на две групп -  
омыляемые и неомыляемые  
ЛИПИДЫ**

**Омыляемые липиды  
гидролизуются в кислой и  
щелочной среде**

**Неомыляемые липиды  
гидролизу не подвергаются**



**Основу строения**

**омыляемых липидов**

**составляют - высшие**

**одноатомные спирты,**

**трехатомный спирт**

**глицерин, двухатомный**

**непредельный аминоспирт**

**- сфингозин**

**Спирты ацилированы ВЖК**  
**В случае глицерина и**  
**сфингозина один из**  
**спиртовых гидроксильных**  
**может быть этерифицирован**  
**замещенной фосфорной**  
**кислотой**

# Высшие жирные кислоты (ВЖК)

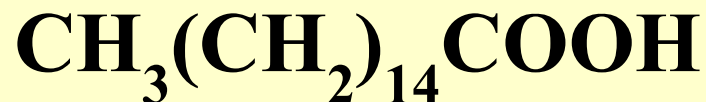
**В состав омыляемых  
липидов входят различные  
карбоновые кислоты**

**от  $C_4$  до  $C_{28}$**

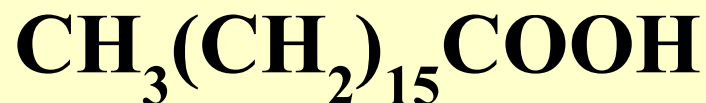
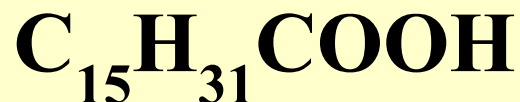
**ВЖК - монокарбоновые кислоты  
с неразветвленной цепью и  
четным числом атомов углерода,  
что определяется особенностями  
их биосинтеза. Наиболее  
распространены кислоты с  
числом атомов углерода 16-18**

# КЛАССИФИКАЦИЯ ВЖК

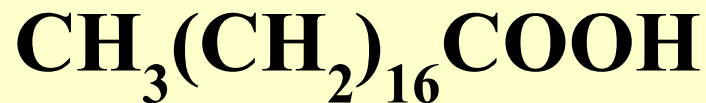
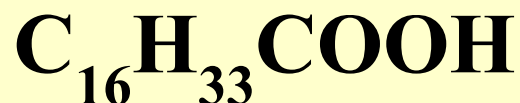
## Предельные ВЖК



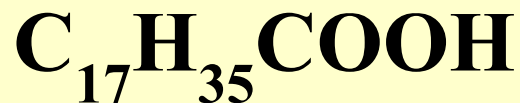
**пальмитиновая кислота**



**маргариновая кислота**

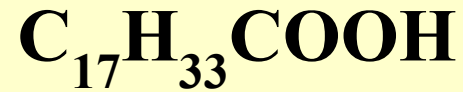
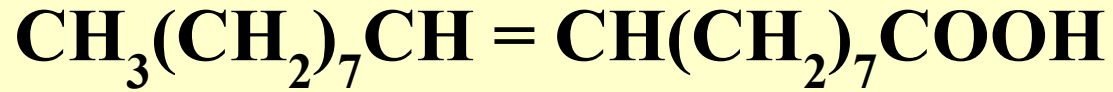


**стеариновая кислота**



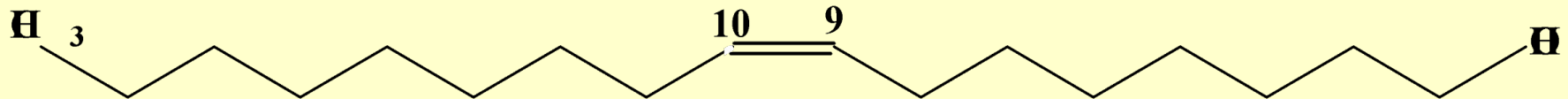
**Насыщенные кислоты - твердые  
воскообразные вещества**

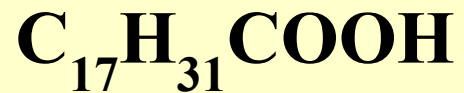
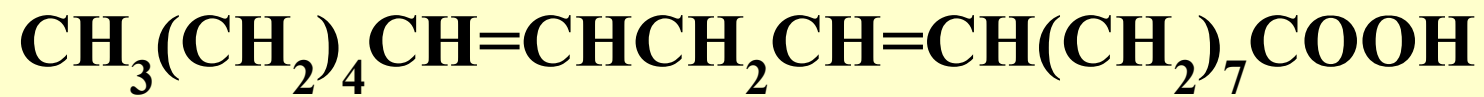
# Непредельные ВЖК



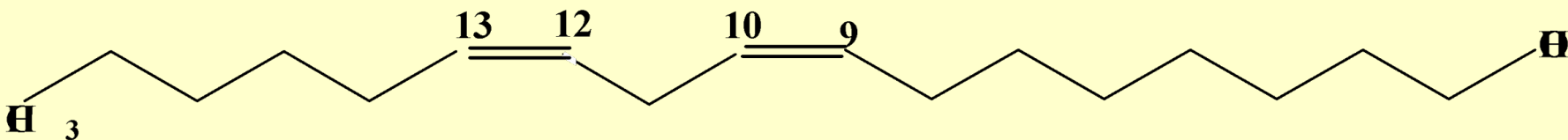
**олеиновая кислота**

**Ненасыщенные ВЖК существуют только в цис-форме**



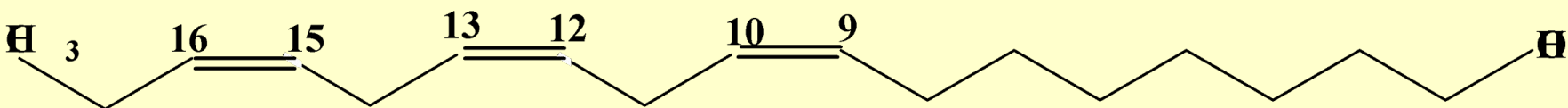


**Линолевая кислота**

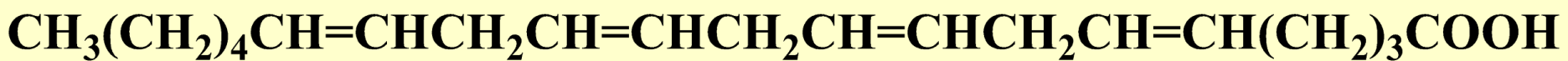




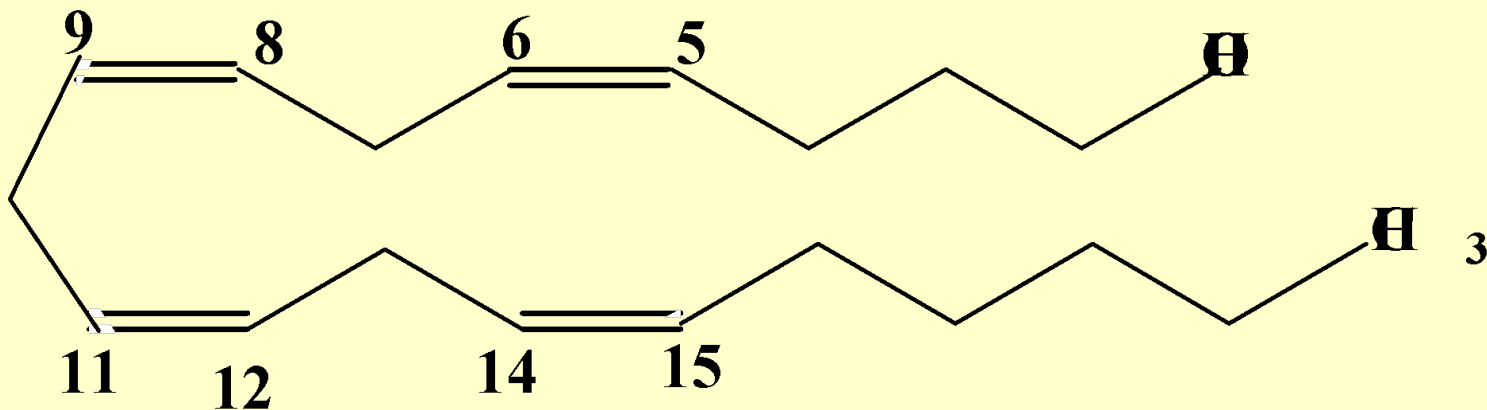
$\text{C}_{17}\text{H}_{29}\text{COOH}$     **Линоленовая кислота**







$\text{C}_{19}\text{H}_{31}\text{COOH}$  Арахидоновая кислота



**Олеиновая кислота** является  
самой распространенной в  
природных липидах. Составляет  
около половины от общей массы  
кислот. Из насыщенных ВЖК  
наиболее распространены –  
**пальмитиновая и стеариновая  
кислоты**

**Человеческий организм способен синтезировать насыщенные жирные кислоты, а также ненасыщенные с одной двойной связью. Ненасыщенные ВЖК с двумя и более двойными связями должны поступать в организм с пищей, в основном с растительными маслами. Эти кислоты называют **незаменимыми****

**Они выполняют ряд  
важных функций, в  
частности арахидоновая  
кислота является  
предшественником в  
синтезе простагландинов -  
важнейших гормональных  
биорегуляторов**

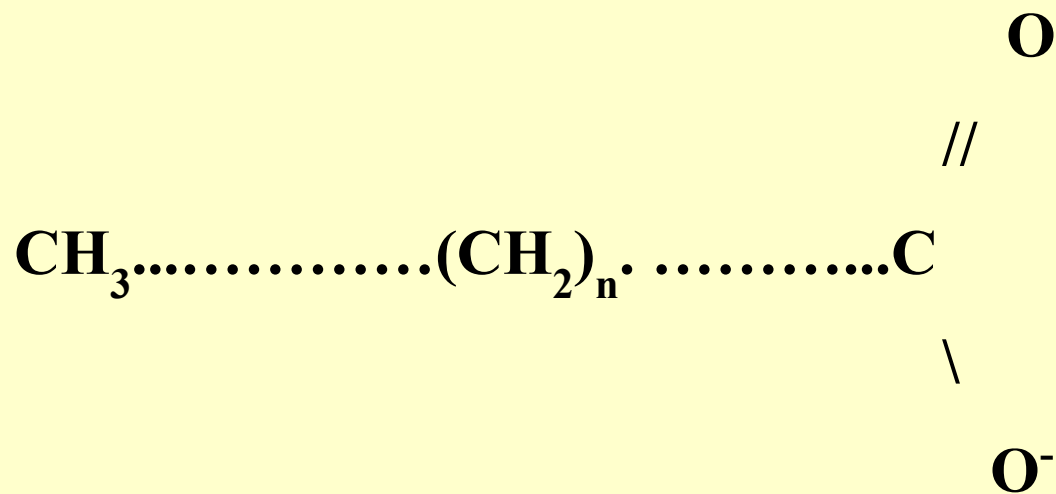
**Простогландины вызывают понижение артериального давления и сокращение мышц, обладают широким спектром биологической активности, в частности вызывают болевые ощущения. Анальгетики уменьшают боль, т.к. подавляют биосинтез простогландинов**

**Ненасыщенные ВЖК и их  
производные применяются в  
качестве лекарственных  
препаратов для  
предупреждения и лечения  
атеросклероза**

**( линетол - смесь  
ненасыщенных ВЖК и их  
эфиров)**



**ВЖК нерастворимы в воде, т.к. их молекулы содержат большой неполярный углеводородный радикал, эта часть молекулы называется гидрофобной.**



**Неполярный “хвост”**

**Полярная “головка”**

**ВЖК обладают химическими  
свойствами карбоновых кислот,  
ненасыщенные к тому же и  
свойствами алкенов**



# Классификация омыляемых липидов

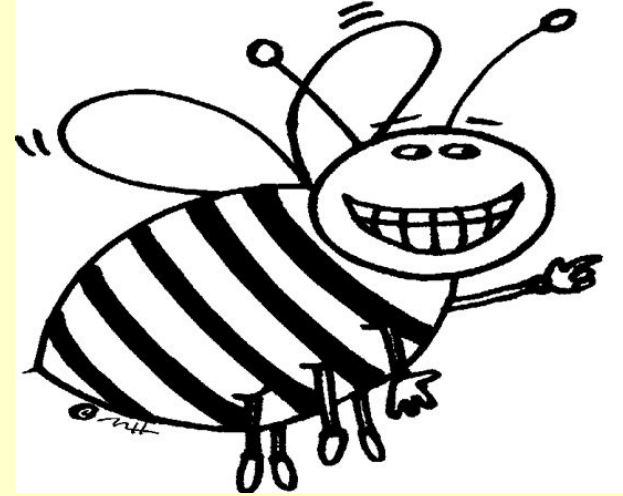
## Омыляемые липиды



# **Простые липиды**

**К ним относятся воска, жиры и масла.**

**Воска - сложные эфиры высших  
одноатомных спиртов и ВЖК. Они  
нерастворимы в воде. Синтетические  
и природные воска широко  
применяются в быту, медицине, в  
частности в стоматологии**



**Пчелиный воск -  
мирицилпальмитат представляет  
собой сложный эфир,  
образованный мирициловым  
спиртом и пальмитиновой  
кислотой  $C_{31}H_{63}O_2C_{15}H_{31}$**

# Основной компонентом сперматозоида

Цетиловый эфир  
пальмитиновой кислоты



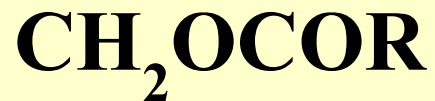
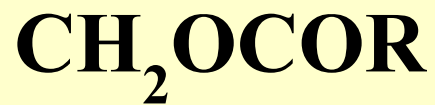
**Воска выполняют защитную функцию, покрывая поверхность кожи, меха, перьев, листьев и плодов. Восковое покрытие листьев и плодов растений уменьшает потерю влаги и снижает возможность инфекции. Воска широко используют в качестве основы кремов и мазей**

# Нейтральные жиры и масла

- сложные эфиры глицерина и ВЖК - триацилглицерины (триглицериды)



# Общая формула триацилглицеринов:



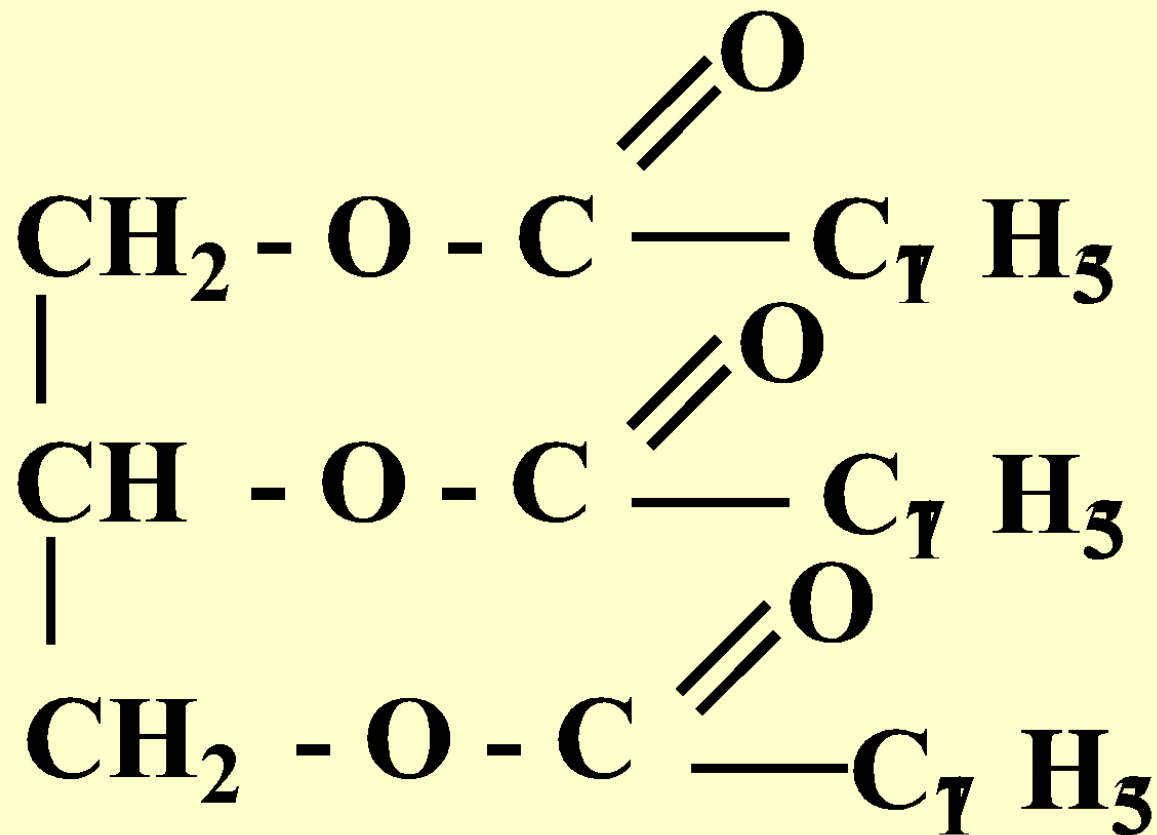
**Различают простые и  
смешанные**

**триацилглицерины.**

**Простые** - содержат  
остатки одинаковых ВЖК,  
а **смешанные** - остатки  
различных кислот

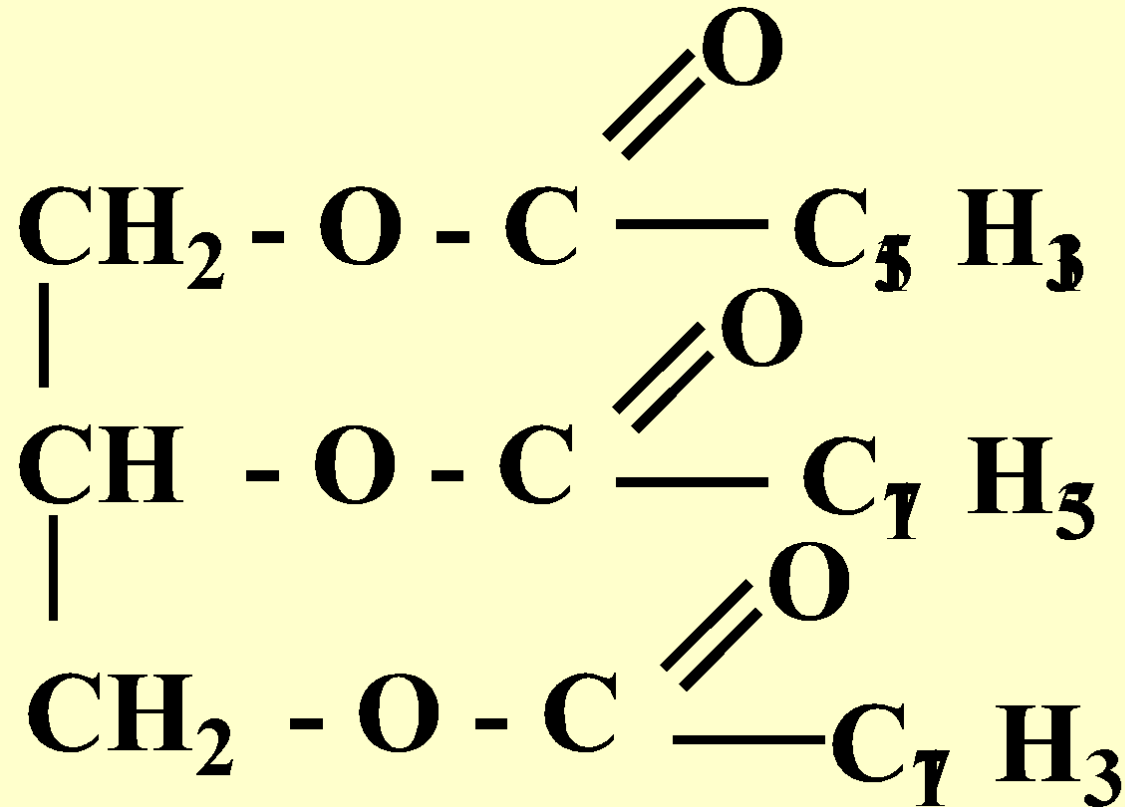


# Простые триацилглицерины



Тристеароил глицерин

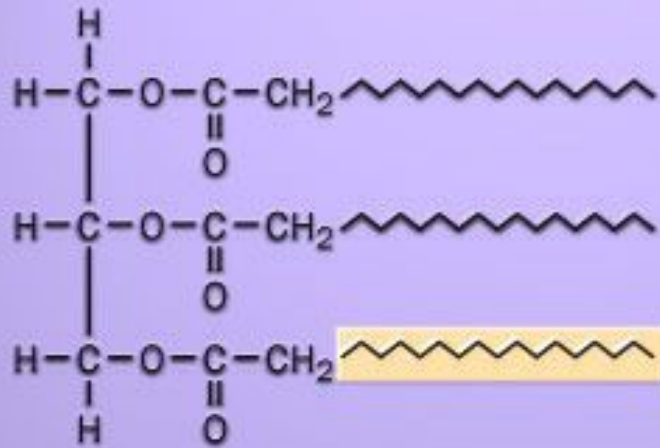
# Смешанные триацилглицерины



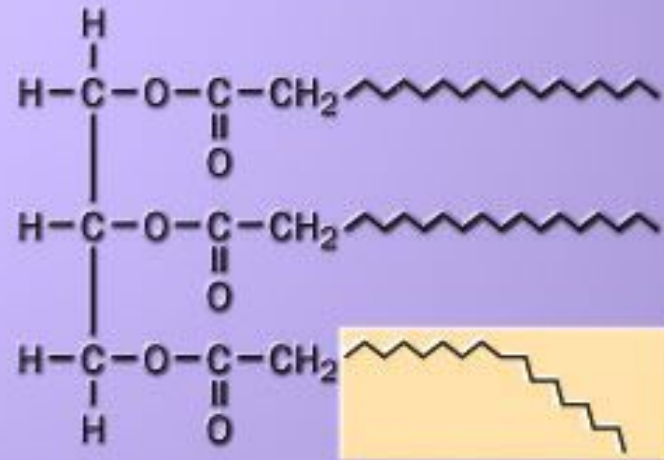
**1-пальмитоил-2-стеароил-3-олеоил  
глицерин**

**Все природные жиры не  
являются индивидуальными  
соединениями, а  
представляют собой смесь  
различных (как правило  
смешанных)  
триацилглицеринов**

**По консистенции различают:**  
**твердые жиры** - содержат  
главным образом **остатки**  
**насыщенных ВЖК** (жиры  
животного происхождения) и  
**жидкие жиры (масла)**  
растительного происхождения  
содержат главным образом  
**остатки ненасыщенных ВЖК**



**Fat**



**Oil**

# Triglycerides

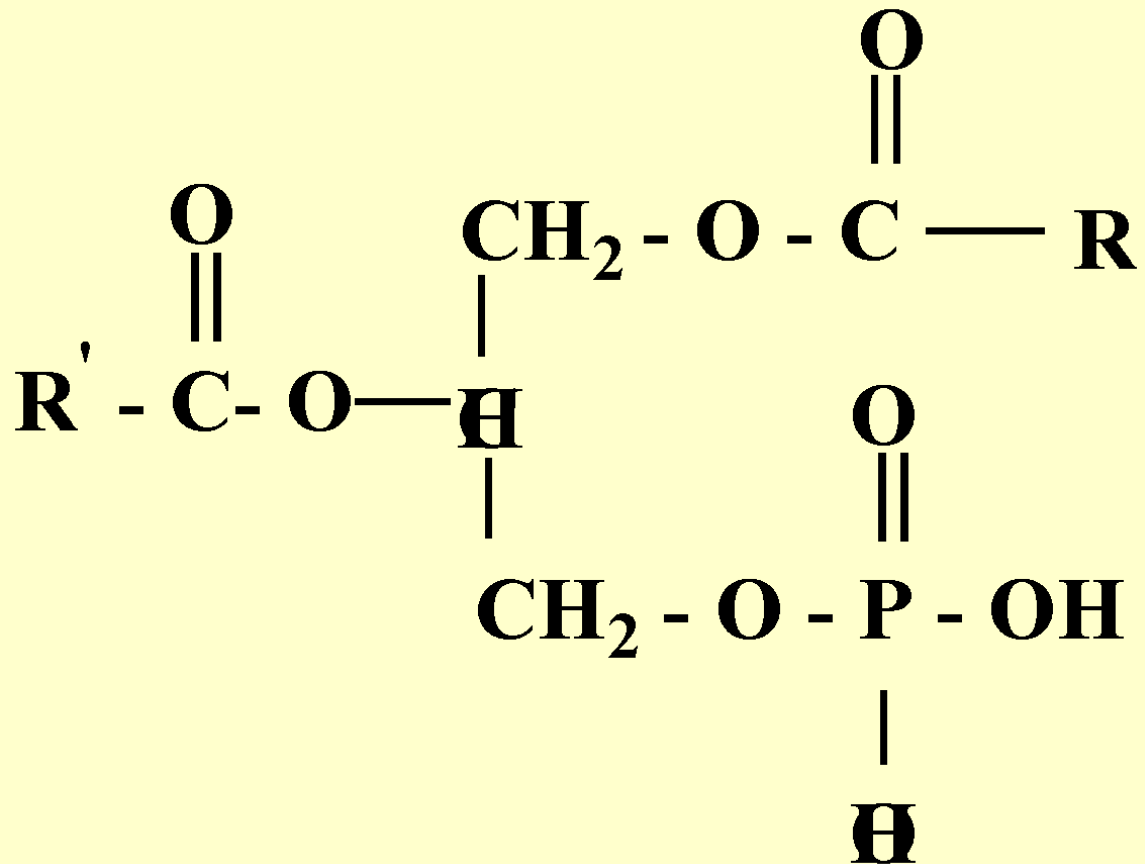
## **10.3. Сложные липиды**

**К сложным липидам относят липиды, имеющие в молекуле фосфор, азотсодержащие фрагменты или углеводные остатки**

## **Сложные липиды**

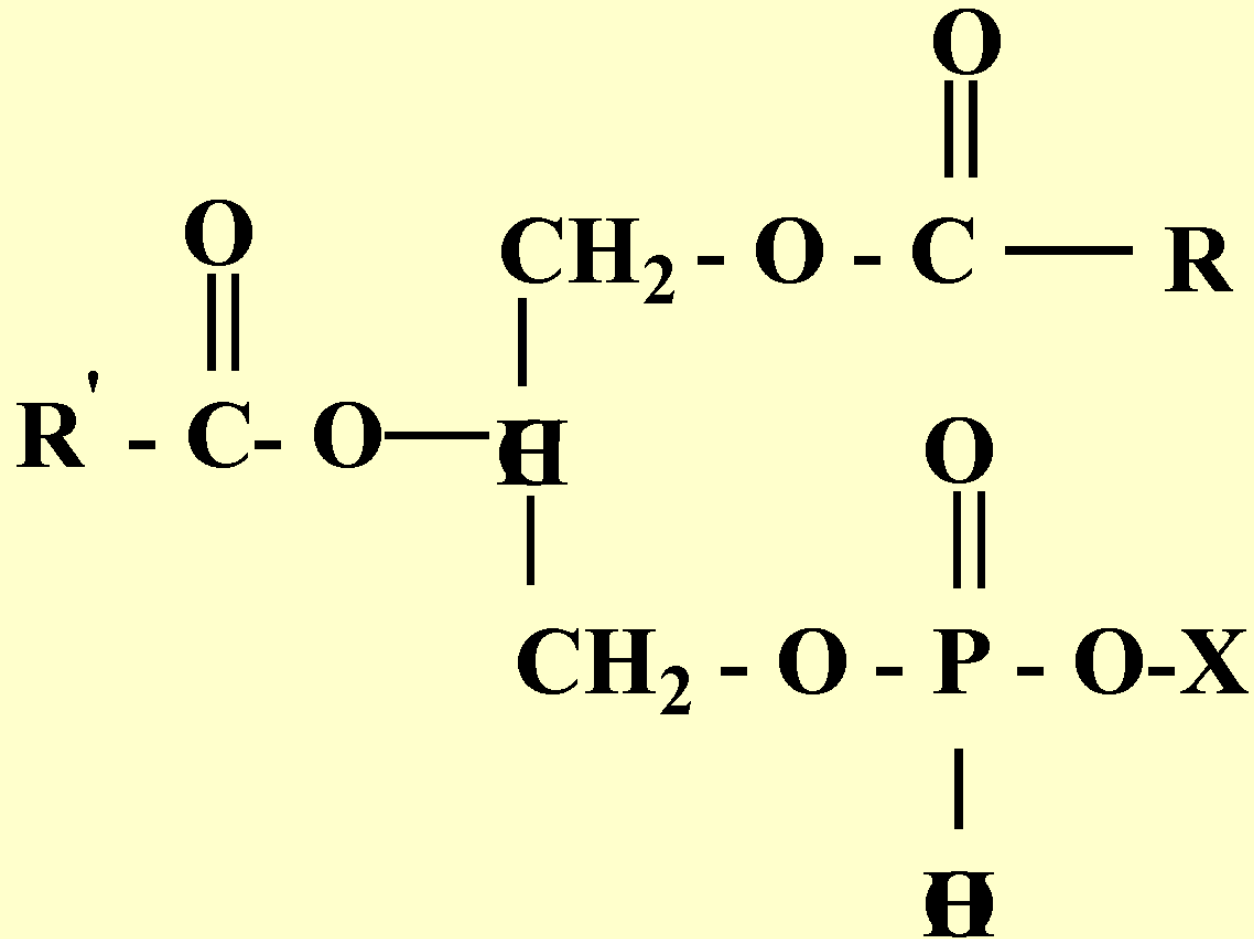
**Фосфолипиды** или **фосфатиды** - производные **L-фосфатидной кислоты**. Они входят в состав **мозга, нервной ткани, печени, сердца**. Содержатся в основном в **клеточных мембранах**

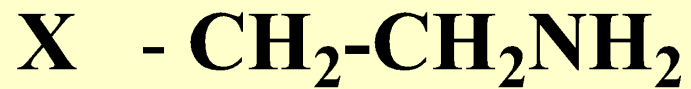
# L-фосфатидная кислота





# Общая формула фосфолипидов

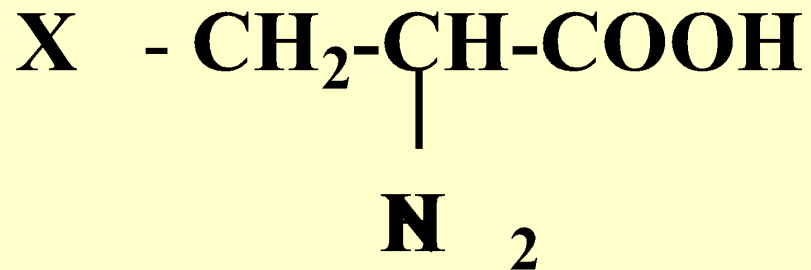




**фосфатидил коламинь**  
**кефалины**



**Фосфатидилхолины**  
**лецитины**



**фосфатидил серины**

**Кефалины** в качестве азотсодержащих соединений содержат аминоспирт - коламин.

Кефалины участвуют в образовании внутриклеточных мембран и процессах, протекающих в нервной ткани

**Фосфатидилхолины –**

**(лецитины) содержат в**

**своем составе аминоспирт -**

**холин ( в переводе**

**“лецитин” - желток). В**

**положении 1 (R) –**

**стеариновая или**

**пальмитиновая кислоты, в**

**положении 2 (R') –**

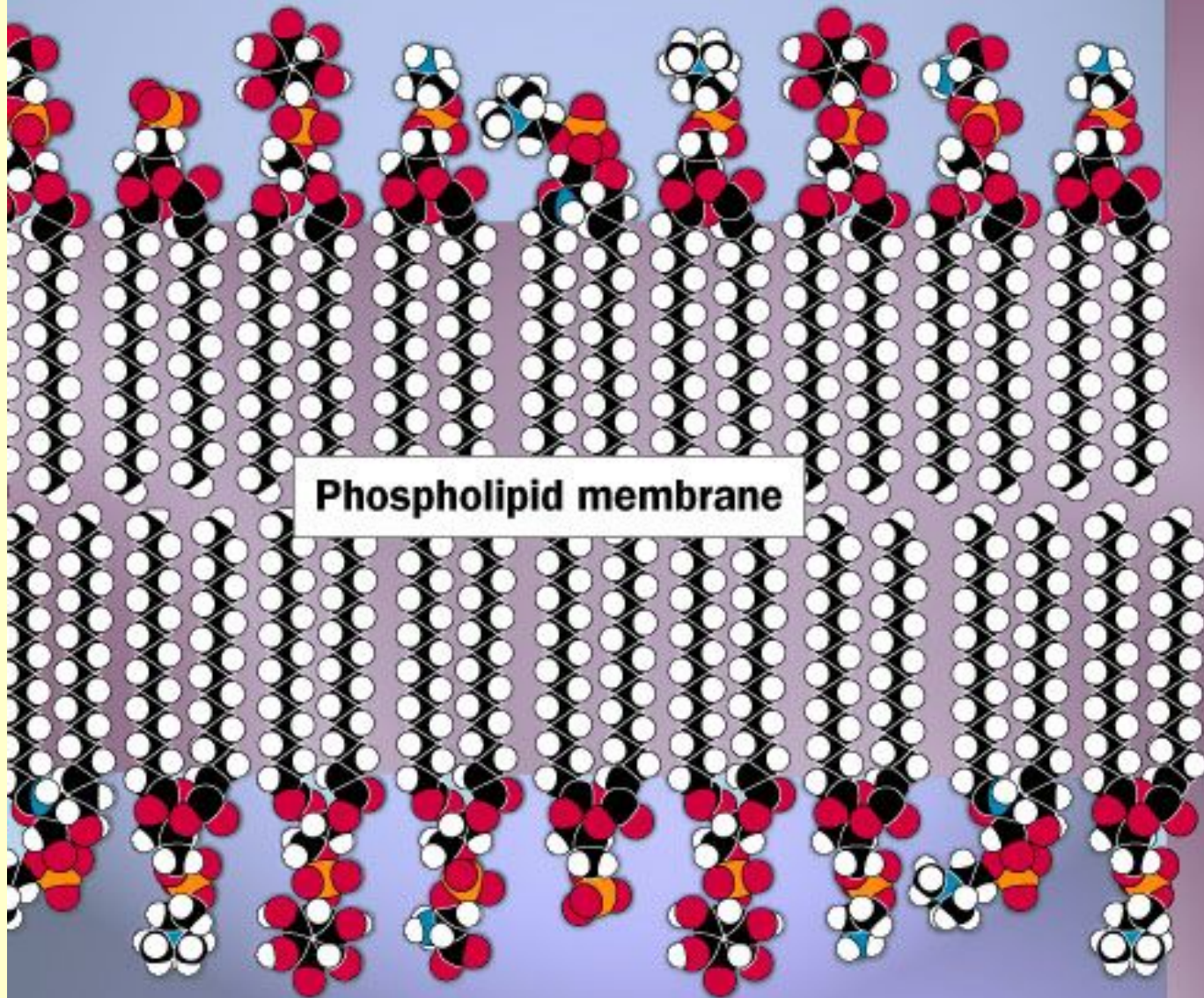
**олеиновая, линолевая или**

**линоленовая кислоты**



**Характерная особенность фосфолипидов**  
**– амфифильность** (один конец  
молекулы - гидрофобный, другой  
гидрофильный -фосфатный остаток с  
присоединенным к нему азотистым  
основанием: холином, коламином,  
серином и т.д.). **Вследствие**  
**амфифильности эти липиды в водной среде**  
**образуют многомолекулярные**  
**структуры с упорядоченным**  
**расположением молекул**

Water



Phospholipid membrane

Hydrophilic  
phospholipid heads

Hydrophobic  
phospholipid tails

Hydrophilic  
phospholipid heads

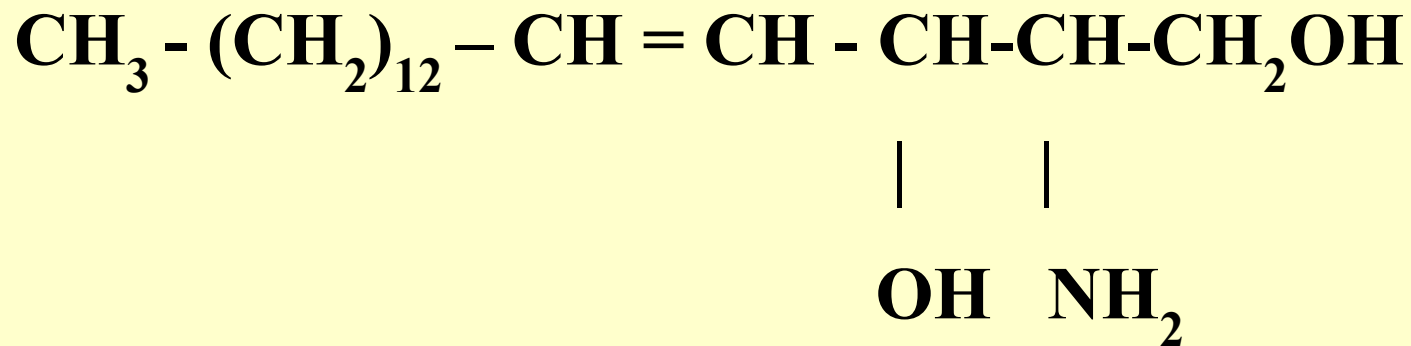
Water

**Именно эта особенность строения  
и физико-химические свойства  
определяют роль фосфолипидов в  
построении биологических  
мембран.**

**Основу мембран составляет  
бимолекулярный липидный слой**

# Сфинголипиды

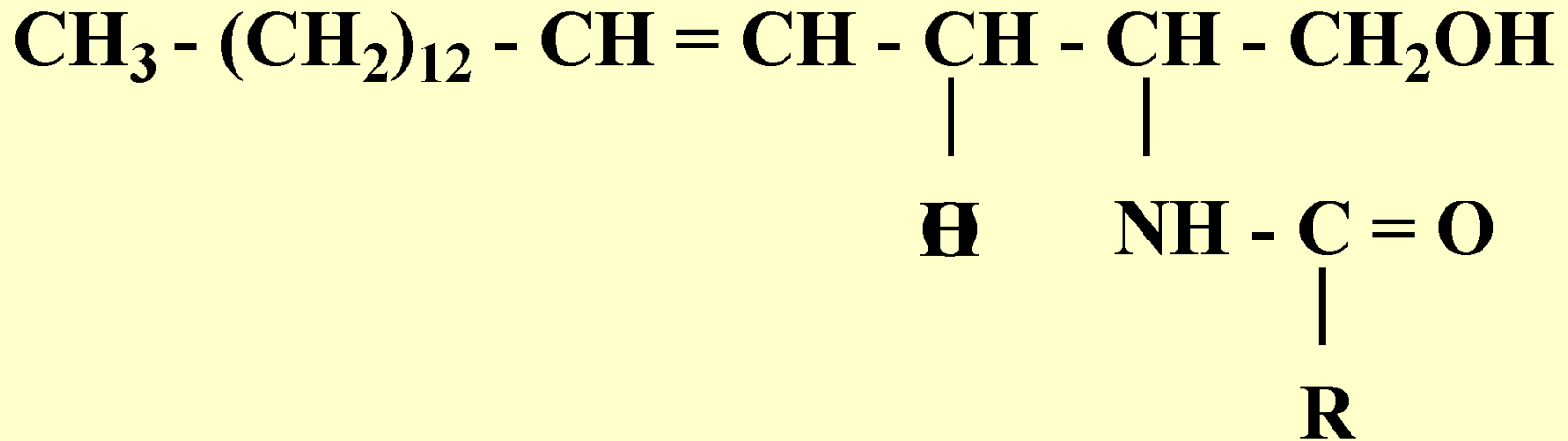
содержат вместо глицерина  
двухатомный непредельный  
аминоспирт - сфингозин





**К сфинголипидам относятся  
церамиды и сфингомиелины**

**Церамиды - аминогруппа в  
сфингозине ацилирована ВЖК**



**Сфингомиелины** состоят из сфингозина, ацилированного по амино-группе ВЖК, остатка фосфорной кислоты и азотистого основания (холин)

**Сфингомиелины в основном находятся в мембранах животных и растительных клеток, особенно богаты ими нервная ткань, печень и почки**

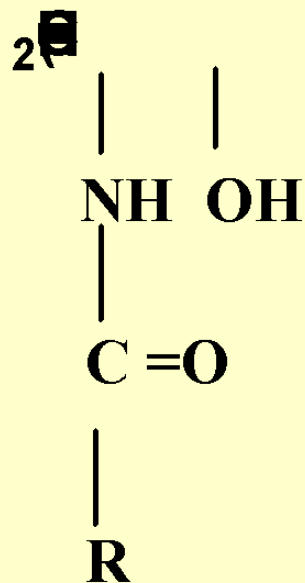
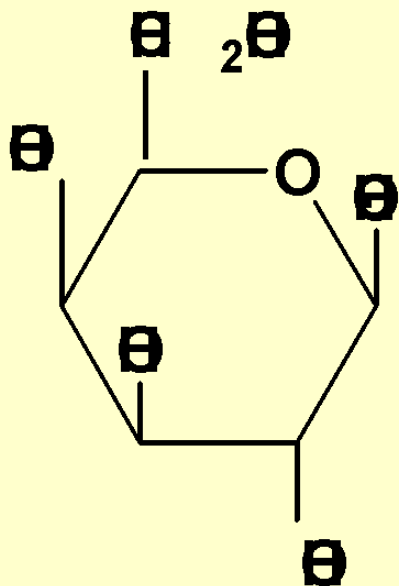
# **Гликолипиды - цереброзиды и ганглиозиды**

**включают в свой состав углеводные остатки, чаще всего галактозу (цереброзиды) или олигосахариды (ганглиозиды), не содержат остатков фосфорной кислоты и связанных с ней азотистых оснований**

**Цереброзиды** входят в  
состав оболочек нервных  
клеток,

**Ганглиозиды** содержатся в  
сером веществе мозга

**Гликолипиды выполняют в  
организме структурную  
функцию, участвуют в  
формировании антигенных  
химических маркеров клетки,  
регуляции нормального роста  
клетки, принимают участие в  
транспорте ионов через  
мембрану**



**Цереброзид, R – остаток ВЖК**

# **10.4. Химические свойства омыляемых липидов**

## **1. Гидролиз**

**протекает как в кислой, так и в  
щелочной среде. Гидролиз в  
кислой среде обратим,  
катализируется в присутствии  
КИСЛОТ**

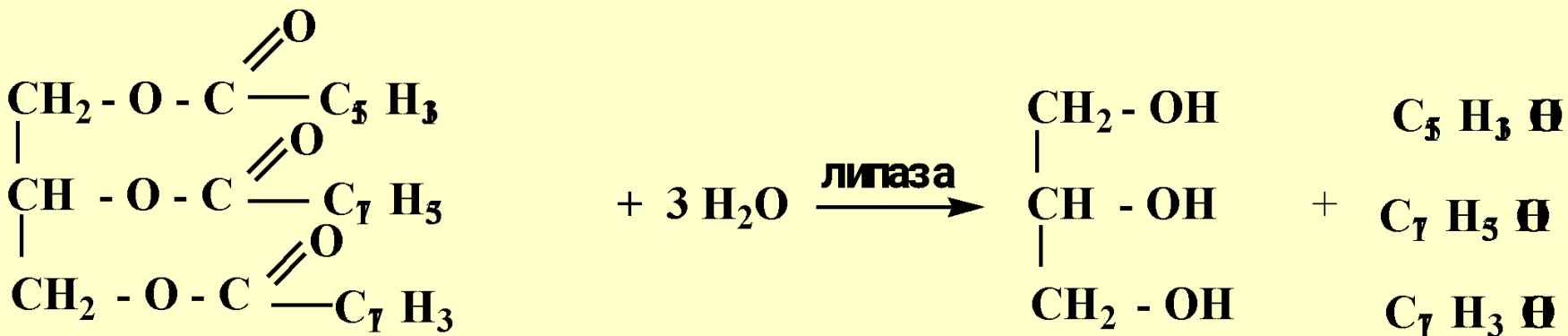
**Гидролиз в щелочной среде необратим, получил название "омыление" т.к. в результате гидролиза образуются соли высших жирных карбоновых кислот – мыла**

**Натриевые соли - твердые мыла, а калиевые соли - жидкие мыла**





# Схема гидролиза *in vivo* при участии ферментов липаз



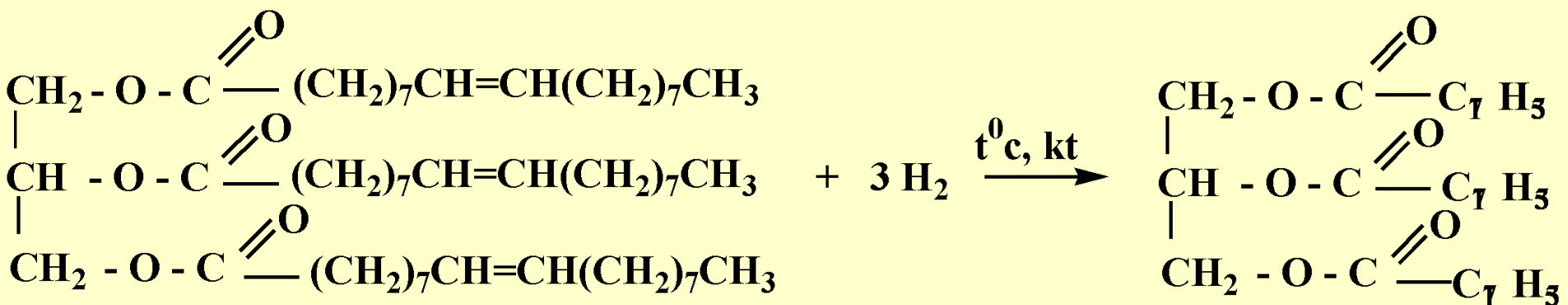
## **2. Реакции присоединения**

**протекают по двойным связям  
остатков ненасыщенных ВЖК**

**Гидрирование (гидрогенизация)**

**протекает в каталитических  
условиях, при этом жидкие масла  
превращаются в твердые жиры**

# Схема гидрирования



**Маргарин -  
гидрогенизированное  
растительное масло, с  
добавлением веществ,  
придающих маргарину  
запах и вкус**



**Реакция присоединения иода  
является одной из характеристик  
жиров.**

**Иодное число - число граммов  
иода, которые может присоединить  
100 грамм жира**

**Иодное число характеризует  
степень насыщенности остатков  
ВЖК, входящих в состав жира**

**Масла - иодное число  $> 70$**

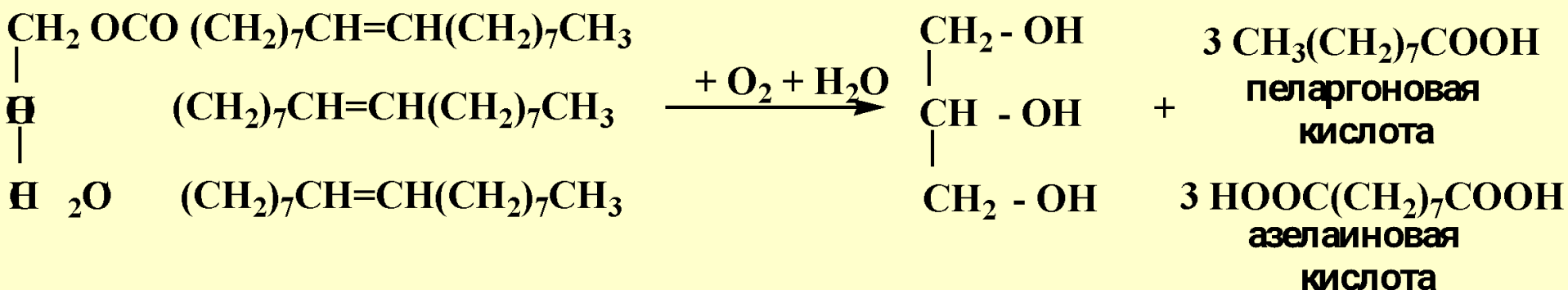
**Жиры – иодное число  $< 70$**

### **3. Реакции окисления**

**протекают с участием двойных связей**

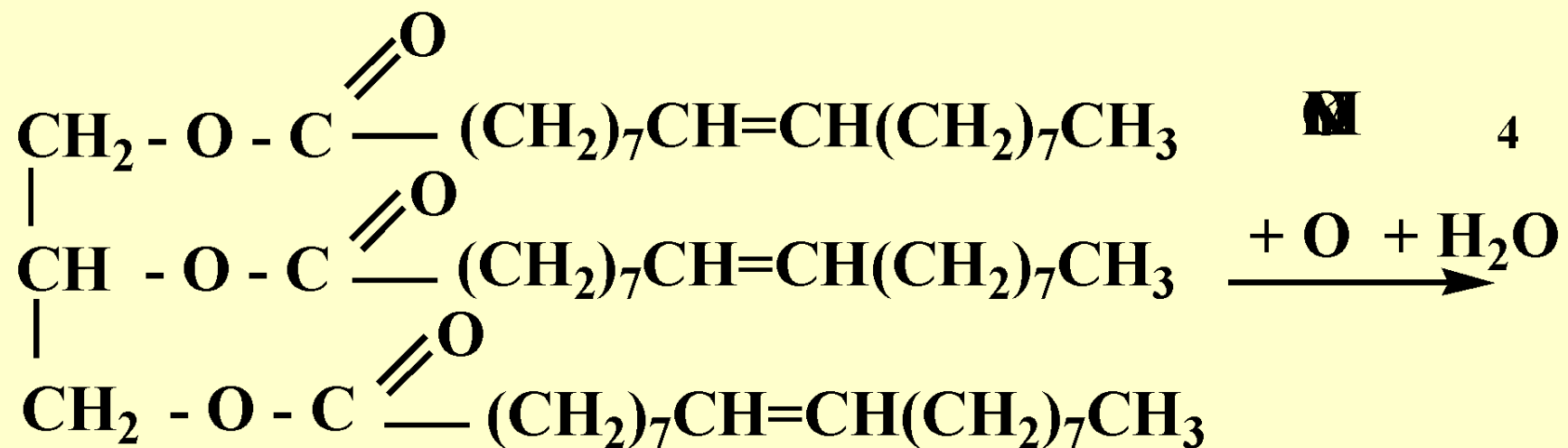
**Окисление кислородом воздуха  
сопровождается гидролизом  
триацилглицеринов и приводит к  
образованию глицерина и различных  
низкомолекулярных кислот, в частности  
масляной , а также альдегидов. Процесс  
окисления жиров на воздухе носит  
название "прогоркание"**

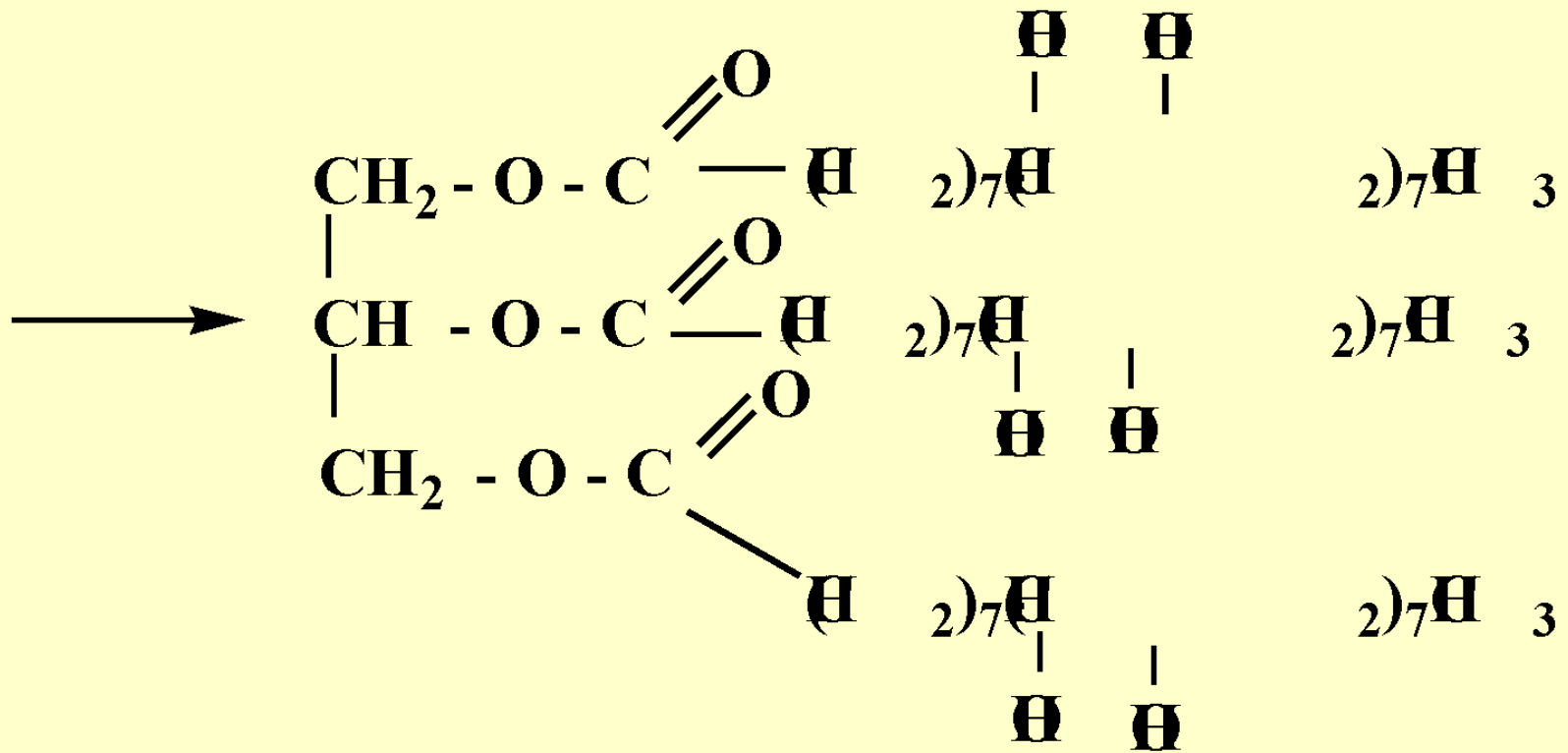
# Схема окисления масел кислородом воздуха





# Схема окисления $\text{KMnO}_4$





**В результате образуются гликоли-  
двухатомные спирты**

# Пероксидное окисление ЛИПИДОВ

реакция, происходящая в  
клеточных мембранах, является  
основной причиной повреждения  
клеточных мембран. При  
перекисном окислении липидов  
(ПОЛ) затрагиваются атомы  
углерода, соседние с двойной связью

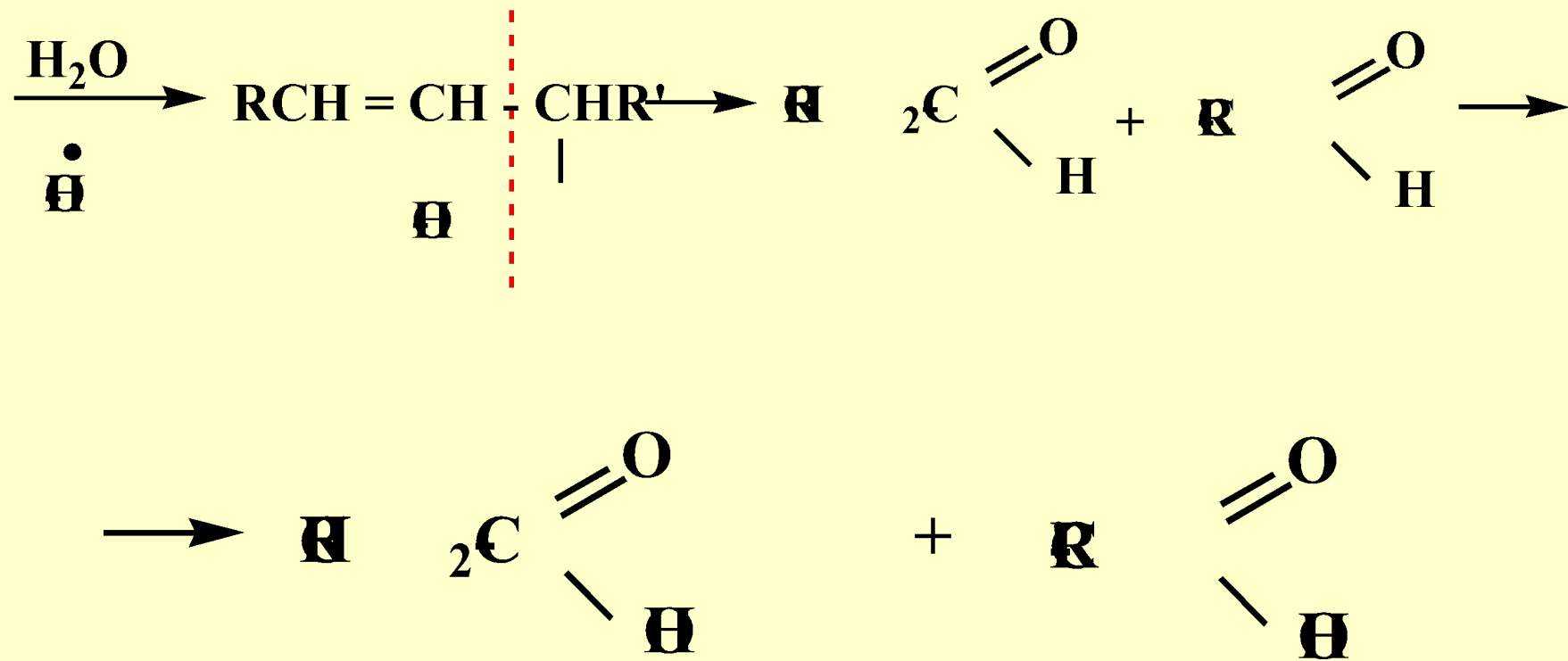
Реакция **ПОЛ** протекает по свободно-радикальному цепному механизму. Процесс образования гидроперекисей является гомолитическим и поэтому инициируется  $\gamma$ -излучением. В организме инициируются  $\text{HO}\cdot$  или  $\text{HO}_2\cdot$ , которые образуются при окислении  $\text{Fe}^{2+}$  в водной среде кислородом

**ПОЛ** - нормальный физиологический процесс. Превышение нормы ПОЛ - показатель патологических процессов, связанных с активацией гомолитических превращений

С помощью процессов ПОЛ объясняют старение организма, мутагенез, канцерогенез, лучевую болезнь

# Схема пероксидного окисления фрагмента ненасыщенной ВЖК

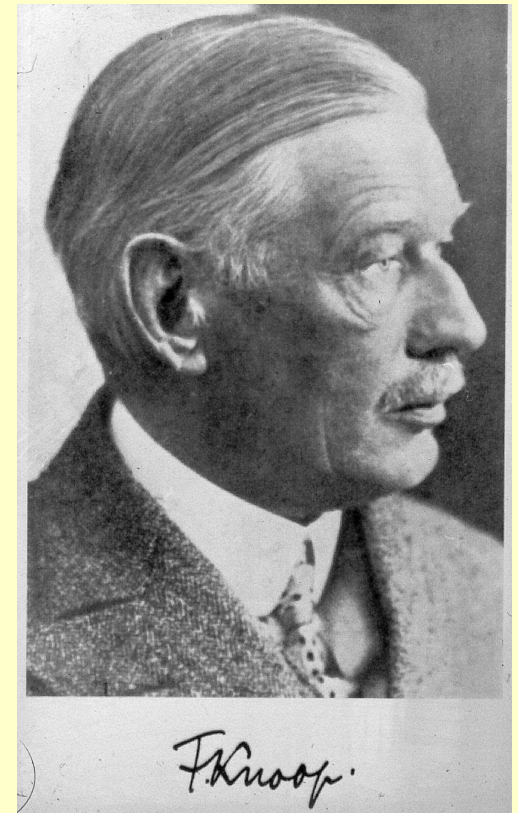




# **$\beta$ -окисление насыщенных кислот**

**впервые было изучено  
в 1904 году Ф.**

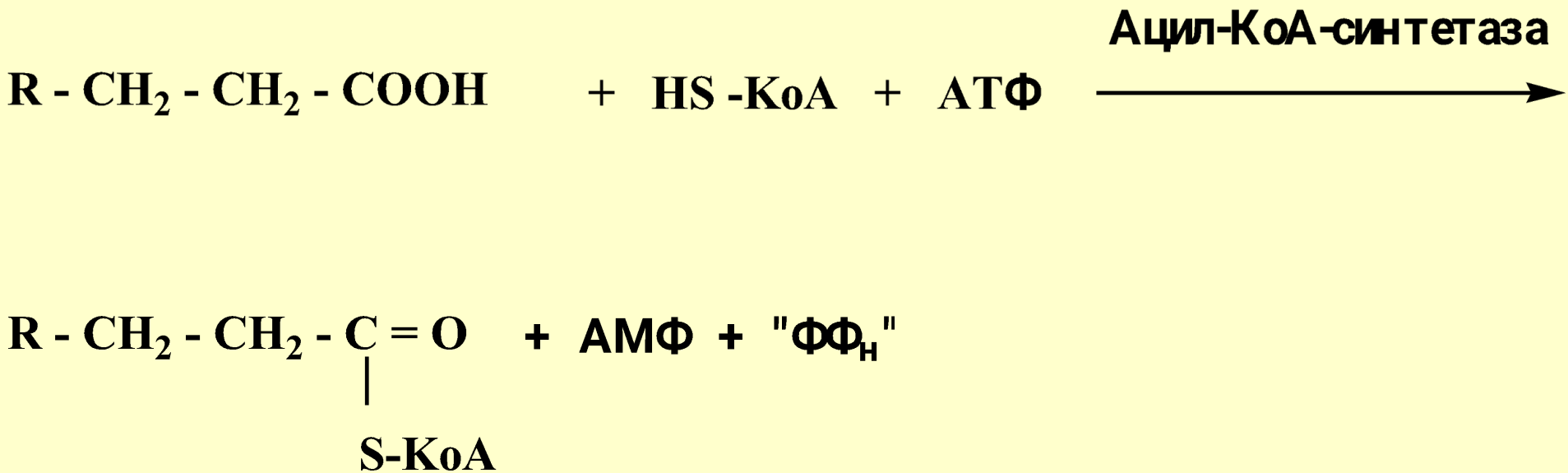
**Кнопом, который  
показал, что  $\beta$ -  
окисление жирных  
кислот происходит в  
МИТОХОНДРИЯХ**

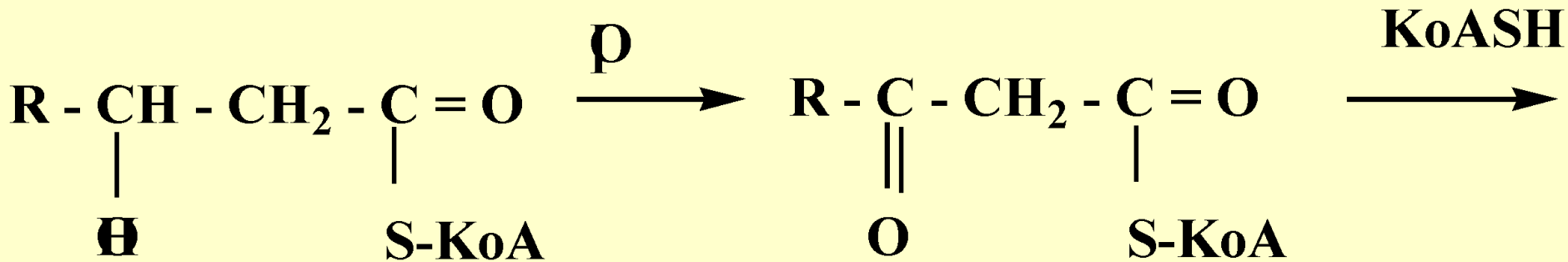
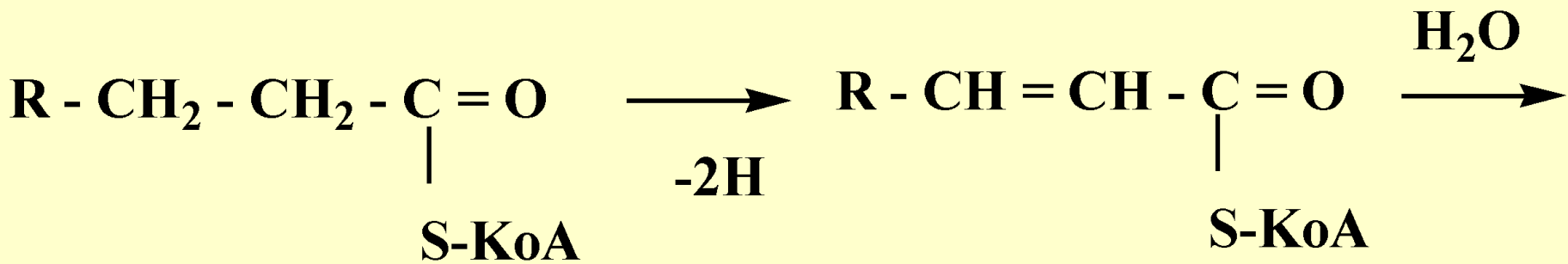


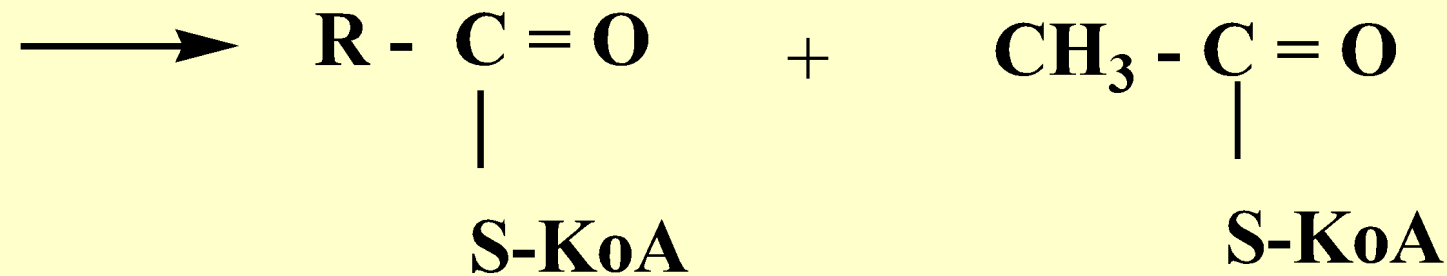


# Схема $\beta$ -окисления жирных кислот

Первоначально жирные кислоты активируются при участии АТФ и КоА-SH







**В результате одного цикла  
β-окисления углеводородная цепь  
ВЖК укорачивается на 2 атома  
углерода**

# **Процесс $\beta$ -окисления энергетически выгодный процесс**

**В результате  $\beta$ -окисления за один  
цикл образуется 5 молекул АТФ**

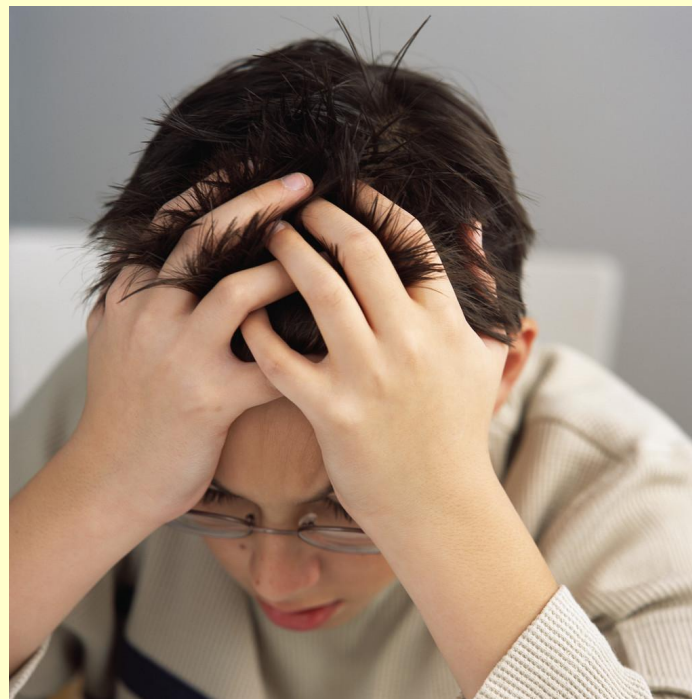
**Расчет энергетического баланса**

**$\beta$ -окисления 1 молекулы  
пальмитиновой кислоты**

**Для пальмитиновой кислоты  
возможно 7 циклов  $\beta$ -окисления,  
в результате которых образуется  
 $7 \times 5 = 35$  молекул АТФ и 8  
молекул ацетил КоА  
( $\text{CH}_3\text{COSCoA}$ ), которые далее  
окисляются ЦТК**

При окислении 1 молекулы ацетил-КоА выделяется 12 молекул АТФ, а при окислении 8 молекул -  $8 \times 12 = 96$  молекул АТФ. Следовательно в результате  $\beta$ -окисления пальмитиновой кислоты образуется:  $35 + 96 - 1$  (затрачена на первой стадии) =  $130$  молекул АТФ

**Благодарим  
за внимание !**



**Знания – сила!!!!**