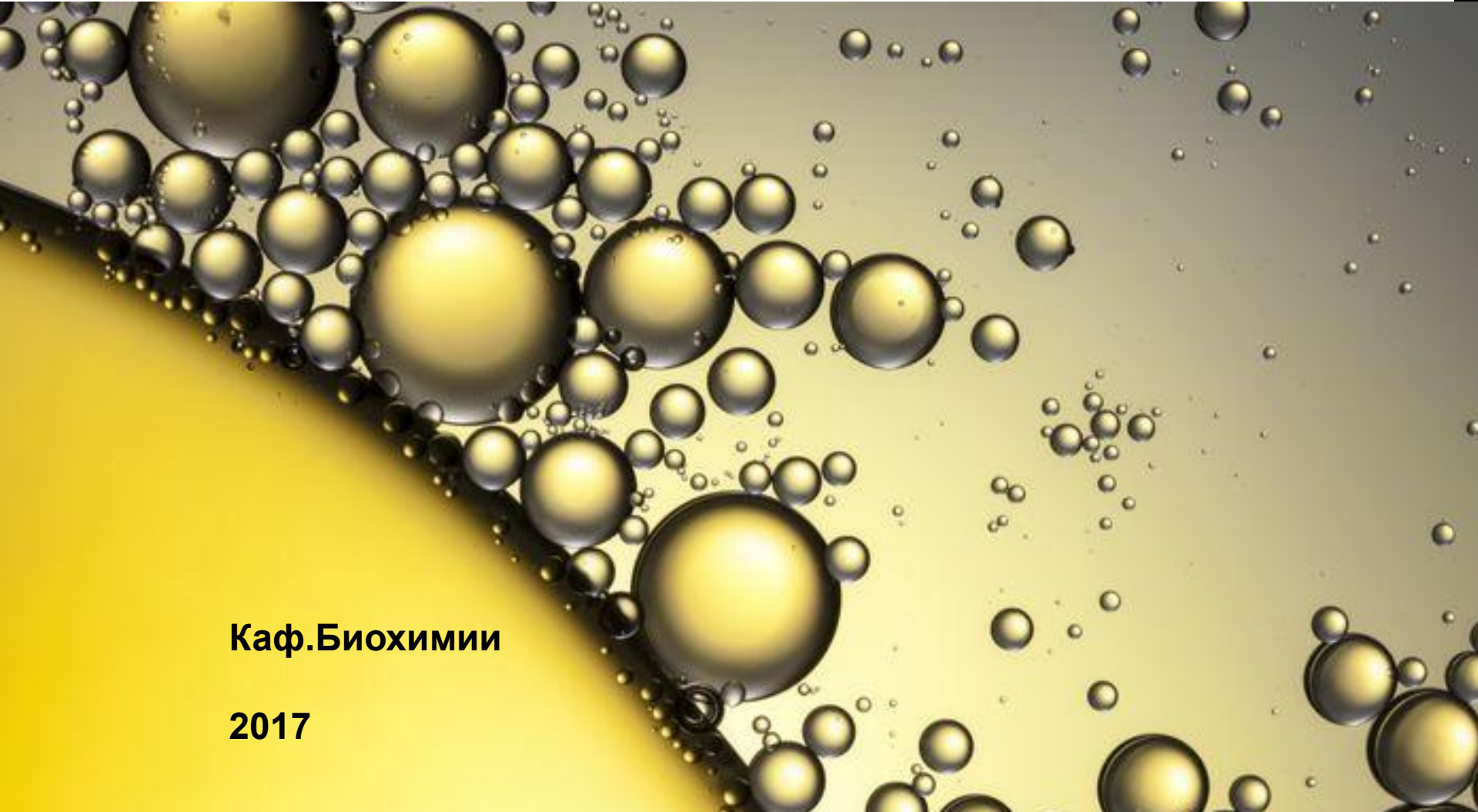


# ЗАНЯТИЕ 3 ЛИПИД

Дидио Анна

Каф.Биохимии

2017



**Липиды** – химически разнородная группа соединений, общими и определяющими свойствами которых является гидрофобность.

# КЛАССИФИКАЦИЯ ЛИПИДОВ

## Простые

- сложные эфиры  
жирных кислот с  
различными  
спиртами

## Предшественники и производные липидов

## Сложные

-сложные эфиры  
жирных кислот со  
спиртами,  
дополнительно  
содержащие и другие  
группы

### 1. Жиры (триглицериды)

– сложные эфиры  
жирных кислот с  
глицеролом, если они  
находятся в жидком  
состоянии их называют  
маслами.

### 2. Воска – сложные

эфиры жирных кислот с  
одноатомными  
спиртами.

- Жирные кислоты,
- Глицерол,
- Стероиды,
- Различные спирты,
- Альдегиды жирных кислот,
- Кетоновые тела,
- Жирорастворимые гормоны и витамины.

### 1. Фосфолипиды – липиды, содержащие помимо жирных кислот и спирта остаток фосфорной кислоты.

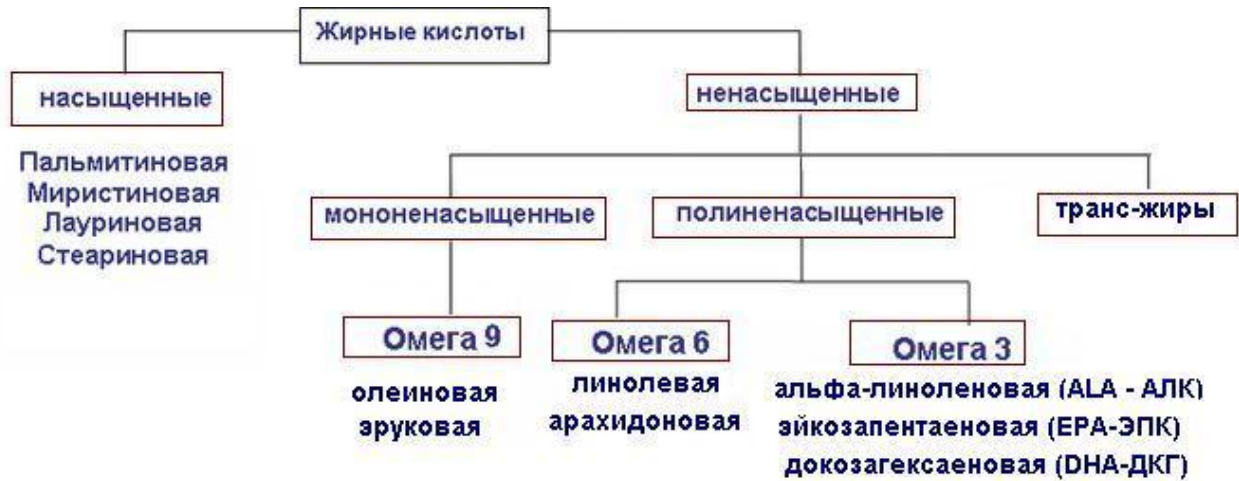
А) **Глицерофосфолипиды:** в  
роли спирта – глицерол.

Б) **Сфингофосфолипиды:**  
спирт- сфингозин

### 2. Гликолипиды – липиды, содержащие жирную кислоту, сфингозин и углеводный компонент.

### 3. Другие сложные липиды: сульфолипиды, аминолипиды, липопротеины.

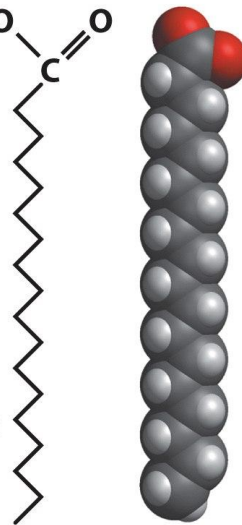
# КЛАССИФИКАЦИЯ ЖИРНЫХ КИСЛОТ



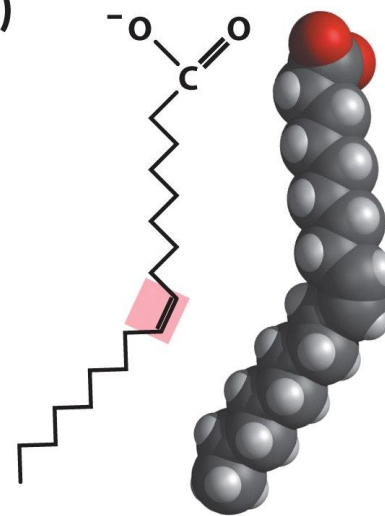
(a) Carboxyl group

Hydrocarbon chain

Стеариновая



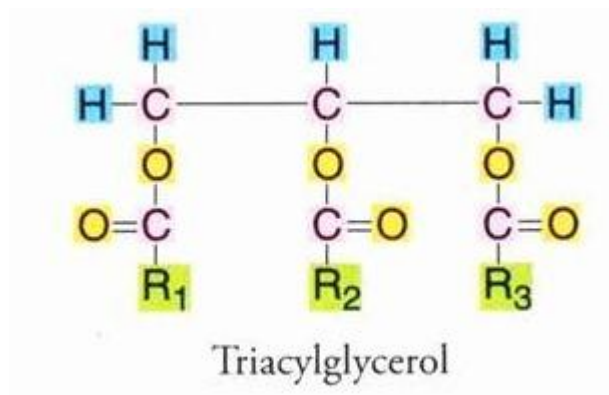
(b)



Олеиновая

(угол 120°)

# ПРОСТЫЕ ЛИПИДЫ: ТРИГЛИЦЕРИДЫ И ВОСКА



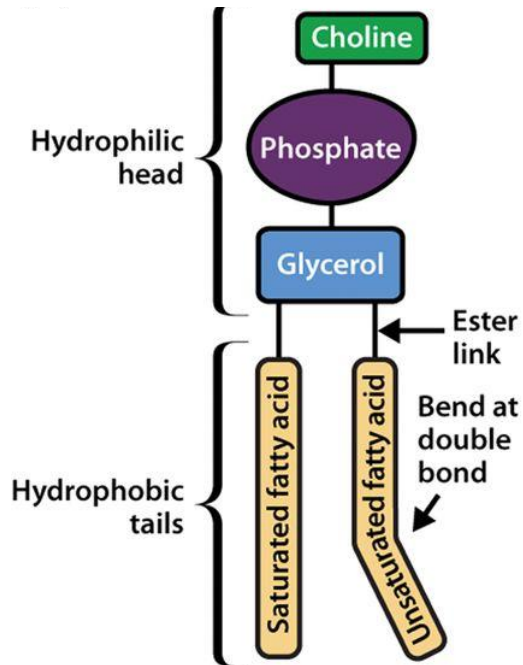
Triacontanyl palmitate, a **wax ester**, is a major component of beeswax.



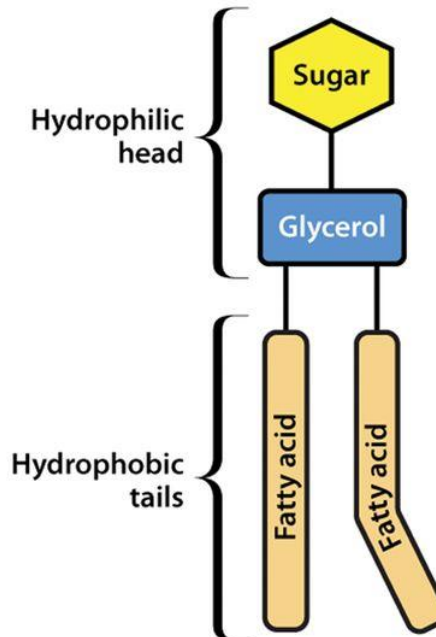
# СЛОЖНЫЕ ЛИПИДЫ

## МЕМБРАННЫЕ ЛИПИДЫ

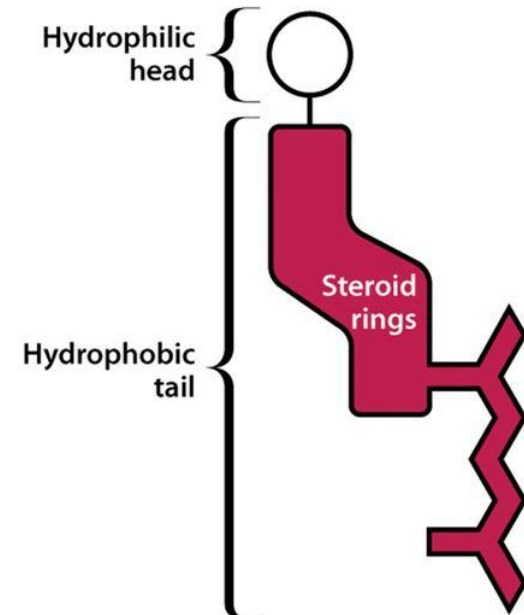
Фосфатидилхолин  
(глицерофосфолипид)



гликолипид

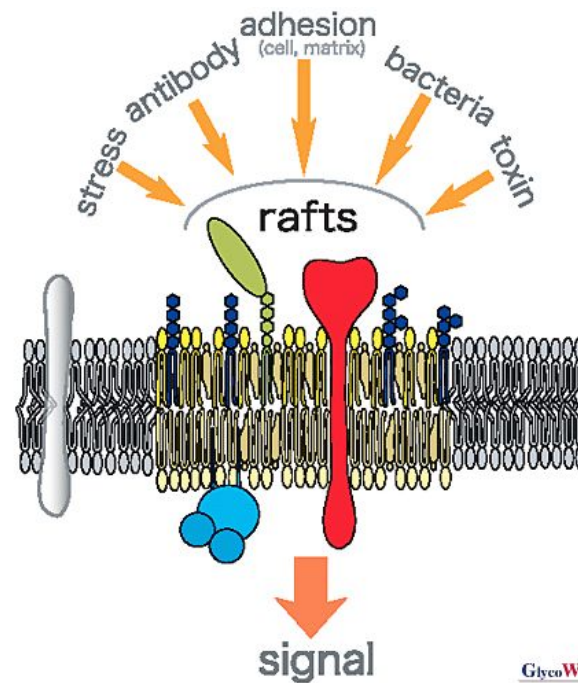


стерол



# СЛОЖНЫЕ ЛИПИДЫ

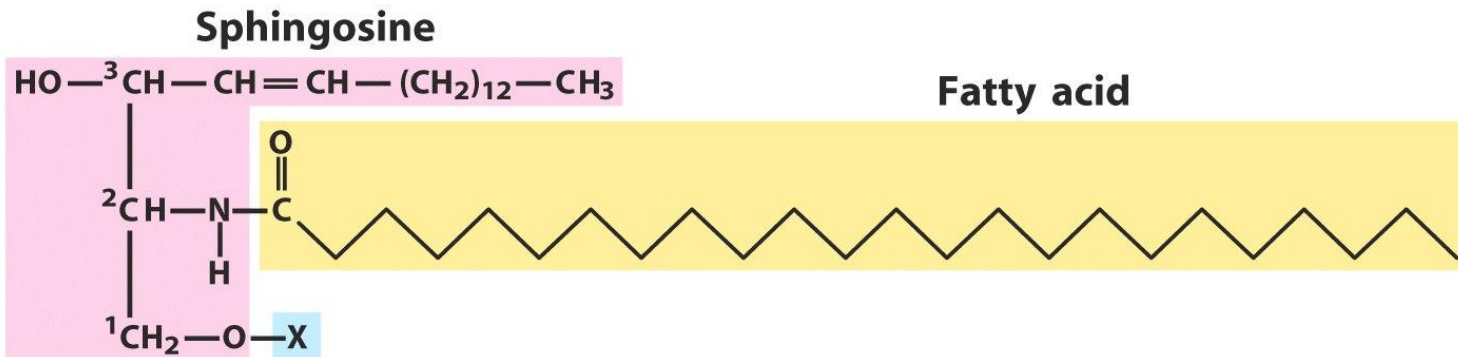
Уровень гликолипидов, сфинголипидов и холестерина повышен в составе **липидных рафтов**





# СЛОЖНЫЕ ЛИПИДЫ

## СФИНГОЛИПИДЫ

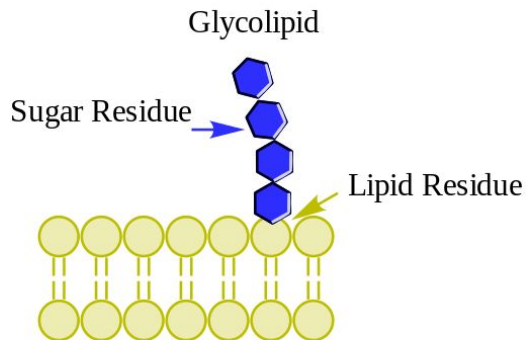
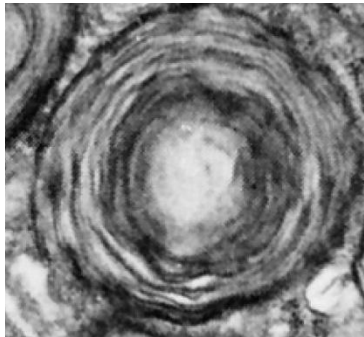


**Sphingolipid  
(general  
structure)**



# СЛОЖНЫЕ ЛИПИДЫ

## ГЛИКОСФИНГОЛИПИДЫ

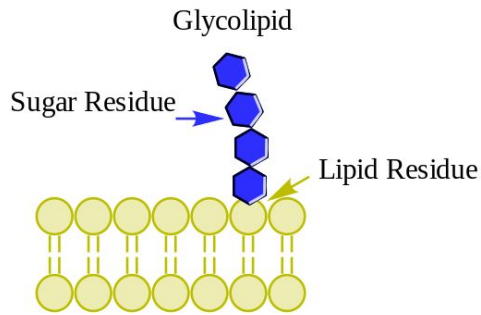


Name of sphingolipid	Name of X	Formula of X
Ceramide	—	— H
Sphingomyelin	Phosphocholine	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{— P — O — CH}_2\text{—CH}_2\text{— N}^+(\text{CH}_3)_3 \\   \\ \text{O}^- \end{array}$
Neutral glycolipids Glucosylcerebroside	Glucose	
Lactosylceramide (a globoside)	Di-, tri-, or tetrasaccharide	
Ganglioside GM2	Complex oligosaccharide	

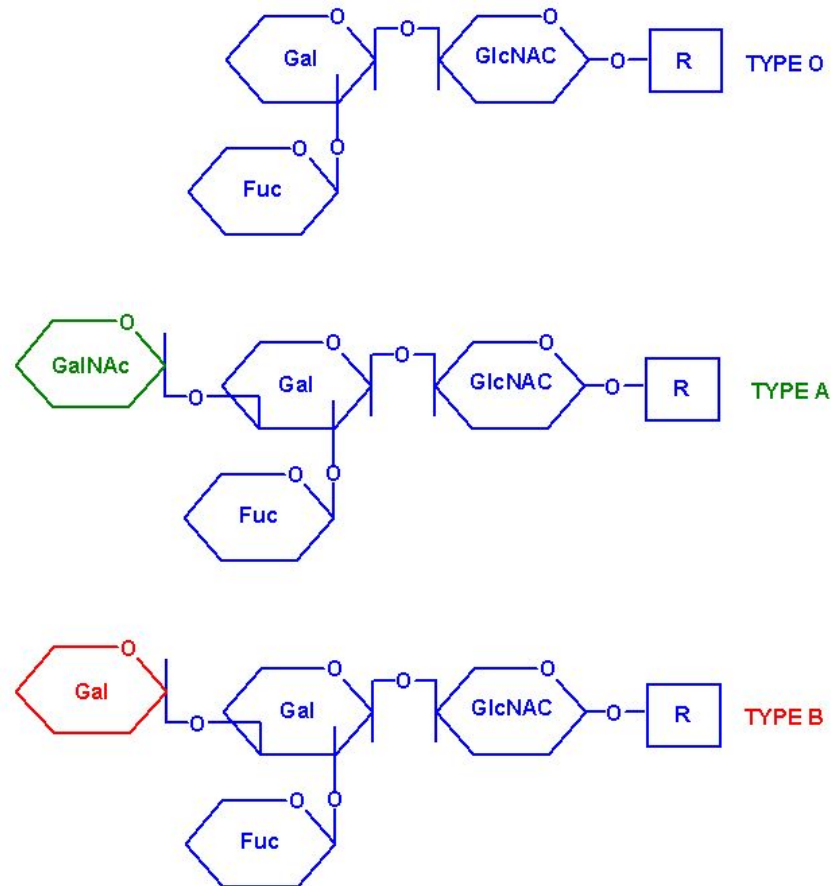
Галактозилцерамид — главный гликофинголипид мозга и других нервных тканей  
 Глюкозилцерамид – в остальных тканях

# СЛОЖНЫЕ ЛИПИДЫ

## ГЛИКОЛИПИДЫ



Гликопротеины и гликолипиды определяют группу крови



# ФУНКЦИИ ЛИПИДОВ:

**1. Макроэргические вещества (жиры).**

**2. Структурная и изолирующая функции (фосфолипиды, гликолипиды и холестерин).**

**3. Прочие функции липидов:**

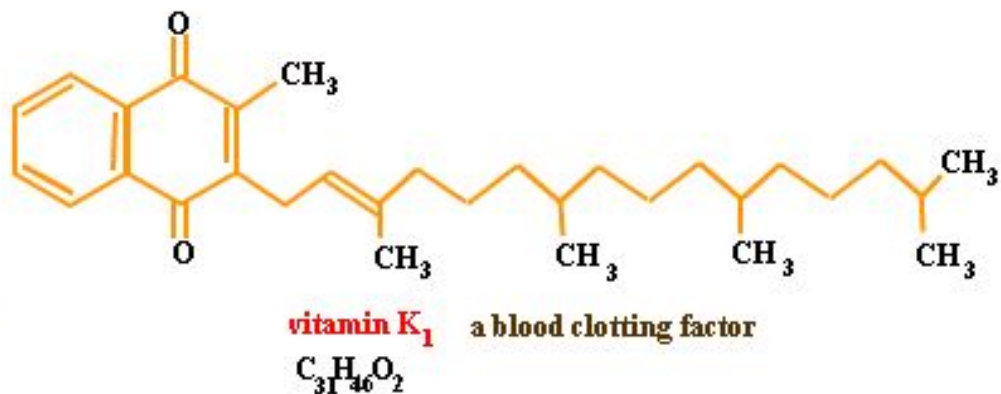
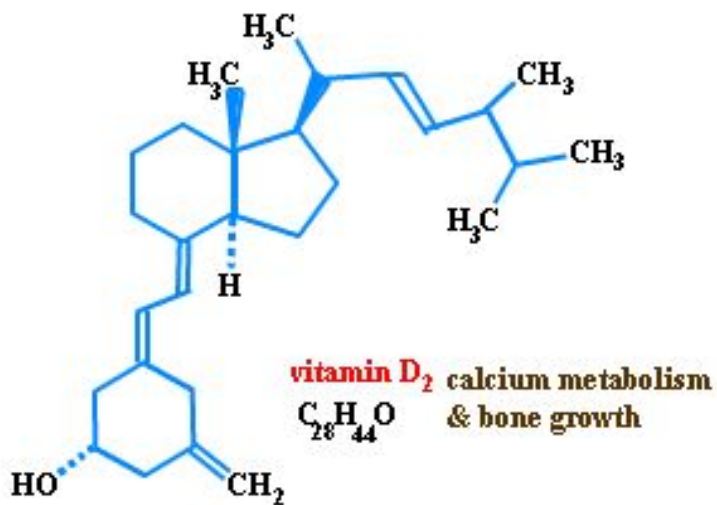
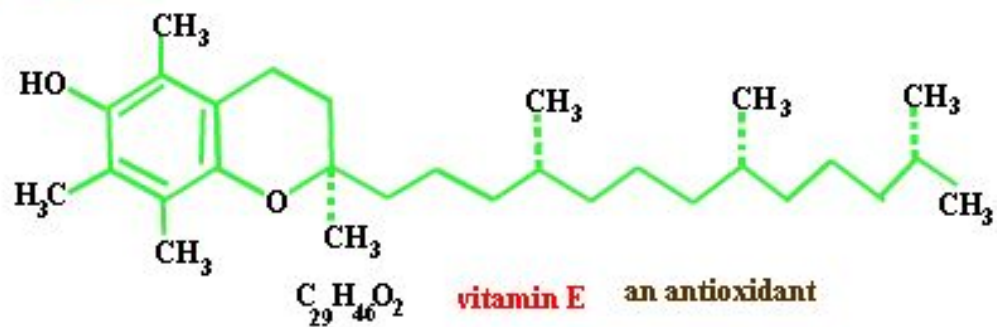
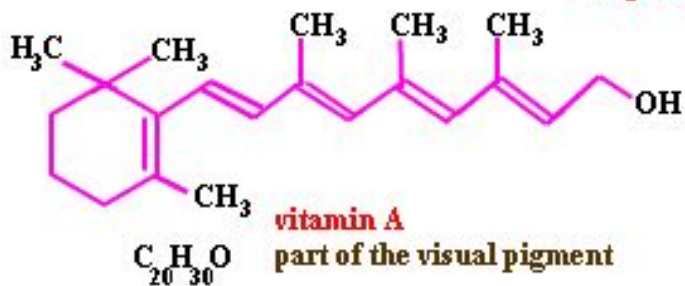
- **Сигнальные функции** (стероиды, эйкозаноиды и некоторые метаболиты фосфолипидов).
- Отдельные липиды выполняют **роль «якоря»**, удерживающего на мембране белки и другие соединения.
- Липиды как **кофакторы**, принимающие участие в ферментативных реакциях, например, в свертывании крови или в трансмембранном переносе электронов.
- Светочувствительный каротиноид ретиналь играет центральную роль **в процессе зрительного восприятия.**

# ВИТАМИНЫ

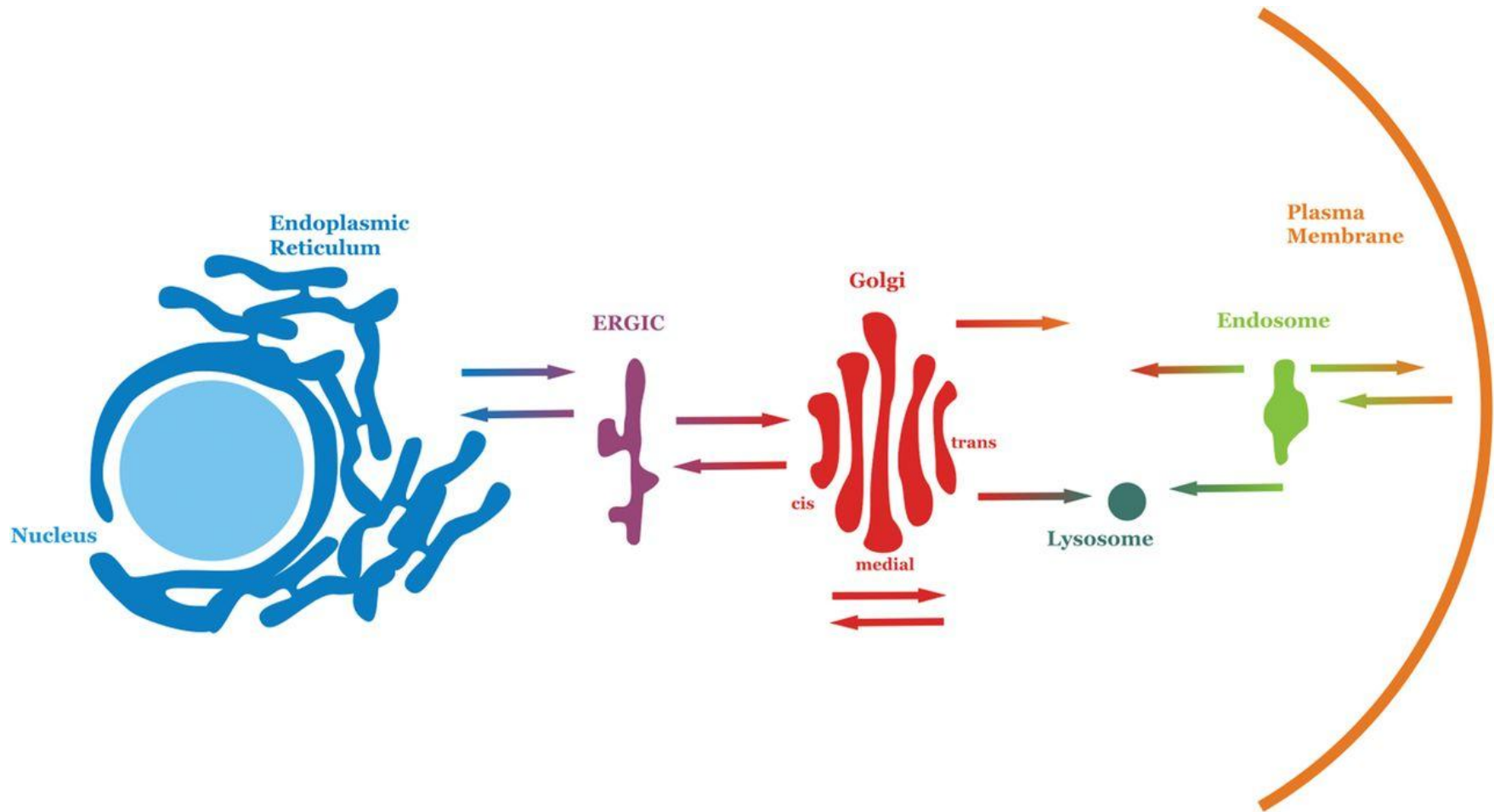


# ЖИРОРАСТВОРИМЫЕ ВИТАМИНЫ

## Lipid Soluble Vitamins

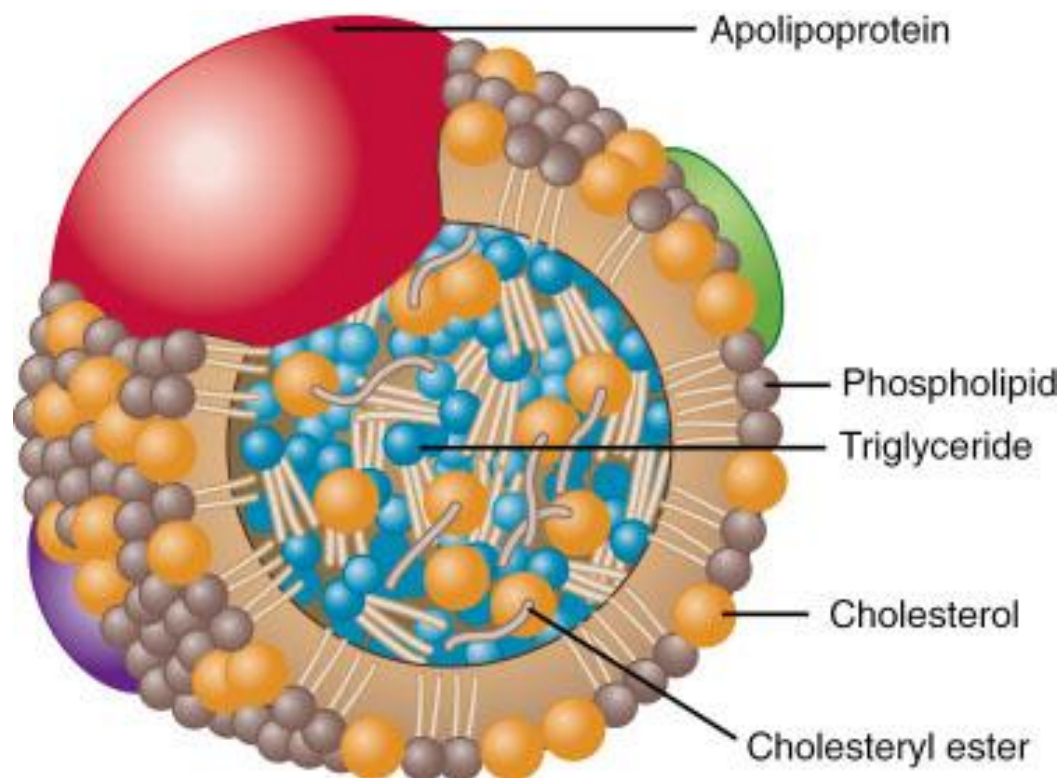


# ТРАНСПОРТ ЛИПИДОВ В КЛЕТКЕ





# ТРАНСПОРТ ЛИПИДОВ В ОРГАНИЗМЕ: СИСТЕМА ЛИПОПРОТЕИНОВ

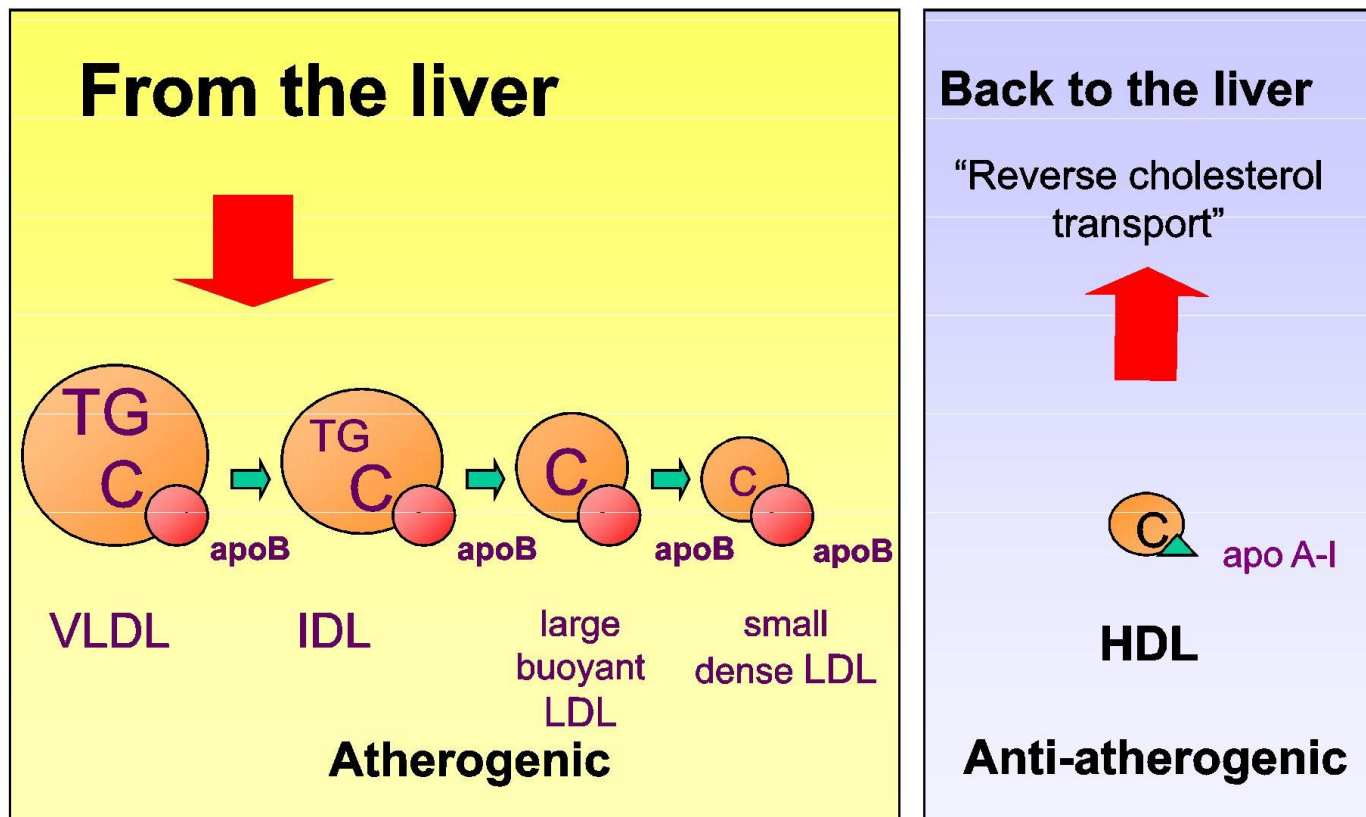




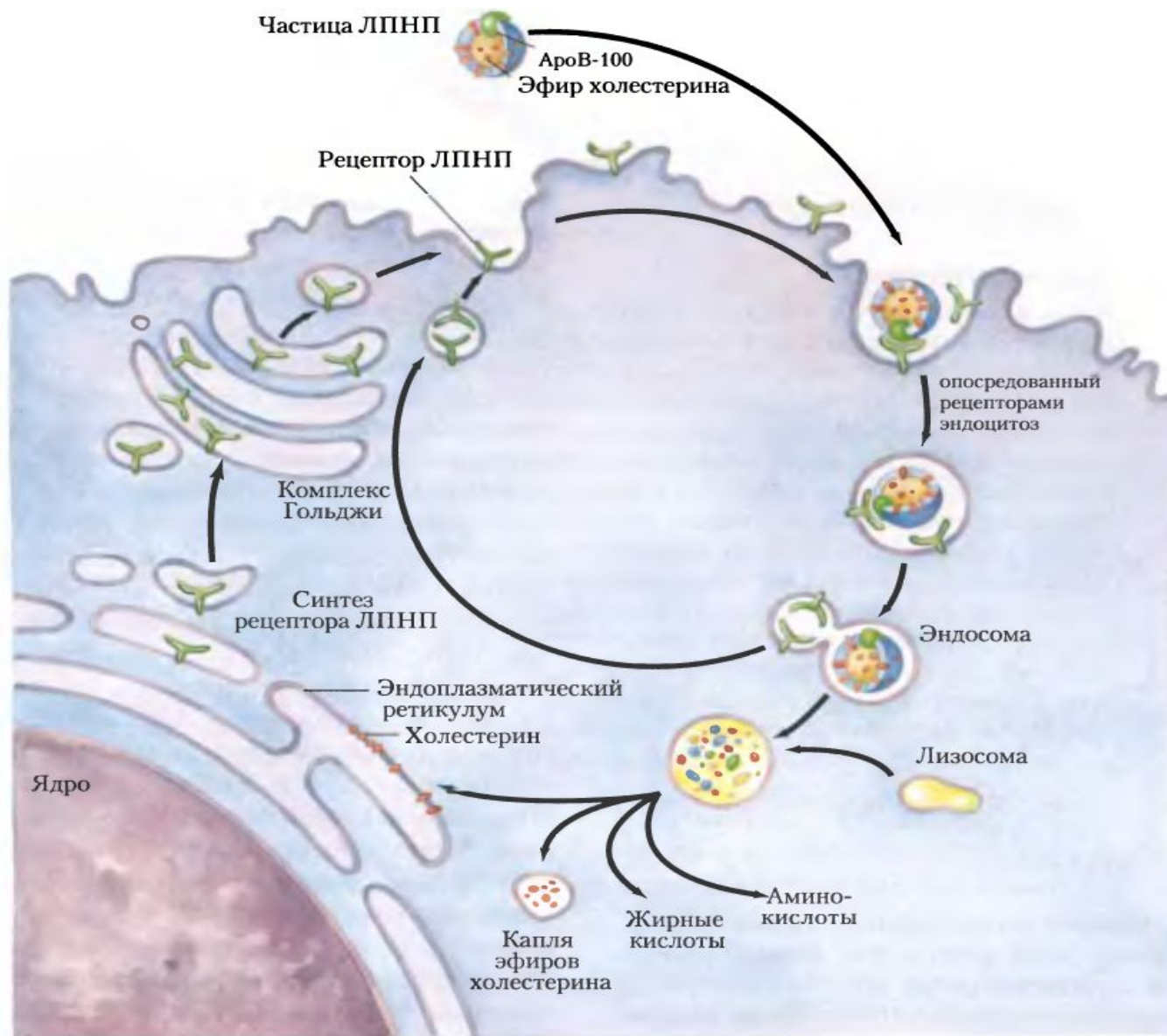
# ТРАНСПОРТ ЛИПИДОВ В ОРГАНИЗМЕ: СИСТЕМА ЛИПОПРОТЕИНОВ

	Chylomicron	LDL	HDL
<b>Diagram</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li><span style="color: yellow;">●</span> Triacylglycerol</li> <li><span style="color: lightblue;">●</span> Cholesterol</li> <li><span style="color: purple;">○</span> Phospholipid</li> <li><span style="color: red;">■</span> Apoprotein</li> </ul>			
<b>% Lipid</b>			
• Triglyceride	<b>98</b>	15	10
• Cholesterol	~1	<b>60</b>	30
• Phospholipid	~1	25	60
<b>% Protein</b>			
	2	20	<b>50</b>

# ХОЛЕСТЕРОЛ И АТЕРОСКЛЕРОЗ

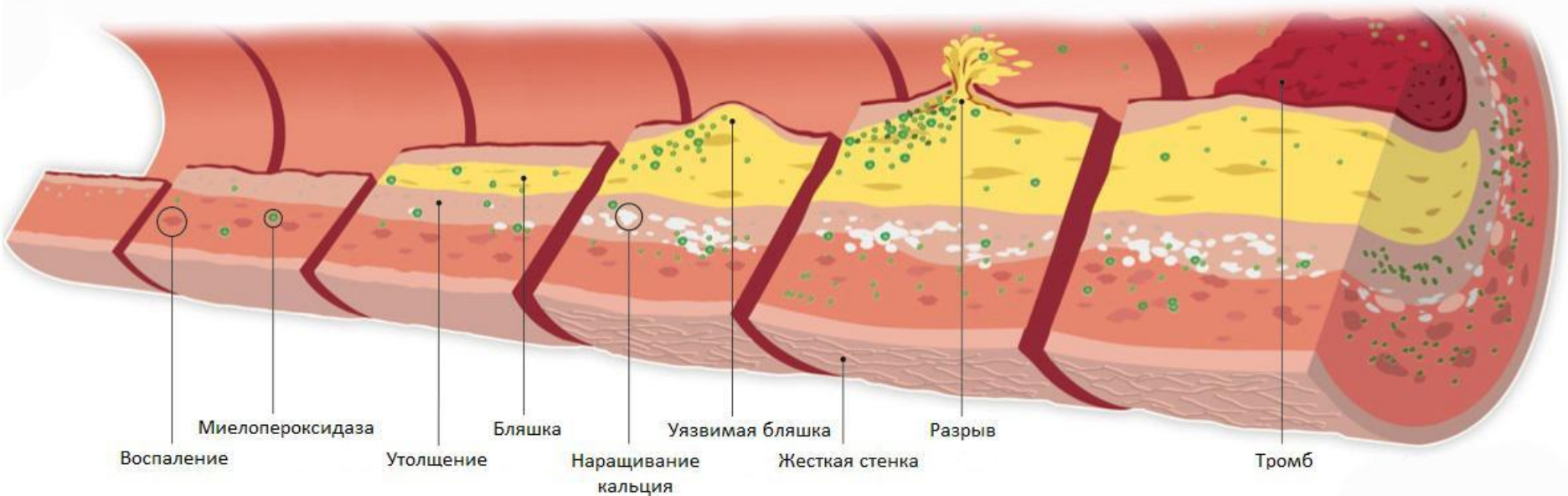
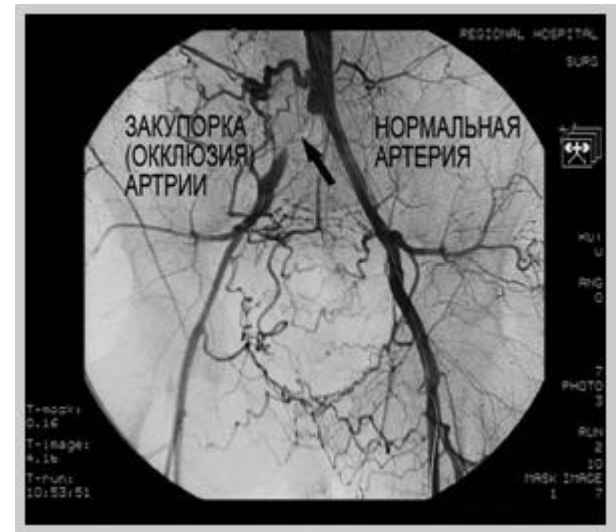


# МЕТАБОЛИЗМ ЛИПОПРОТЕИНОВ



# АТЕРОСКЛЕРОЗ

**Атеросклероз — это хроническое заболевание, возникающее вследствие нарушения липидного обмена, при котором на внутренней стенке артерий откладываются холестерин и другие жиры в форме налетов и бляшек, а сами стенки уплотняются и теряют эластичность. Это приводит к сужению просвета артерий и затруднению тока крови.**





# МЕХАНИЗМ РАЗВИТИЯ АТЕРОСКЛЕРОЗА

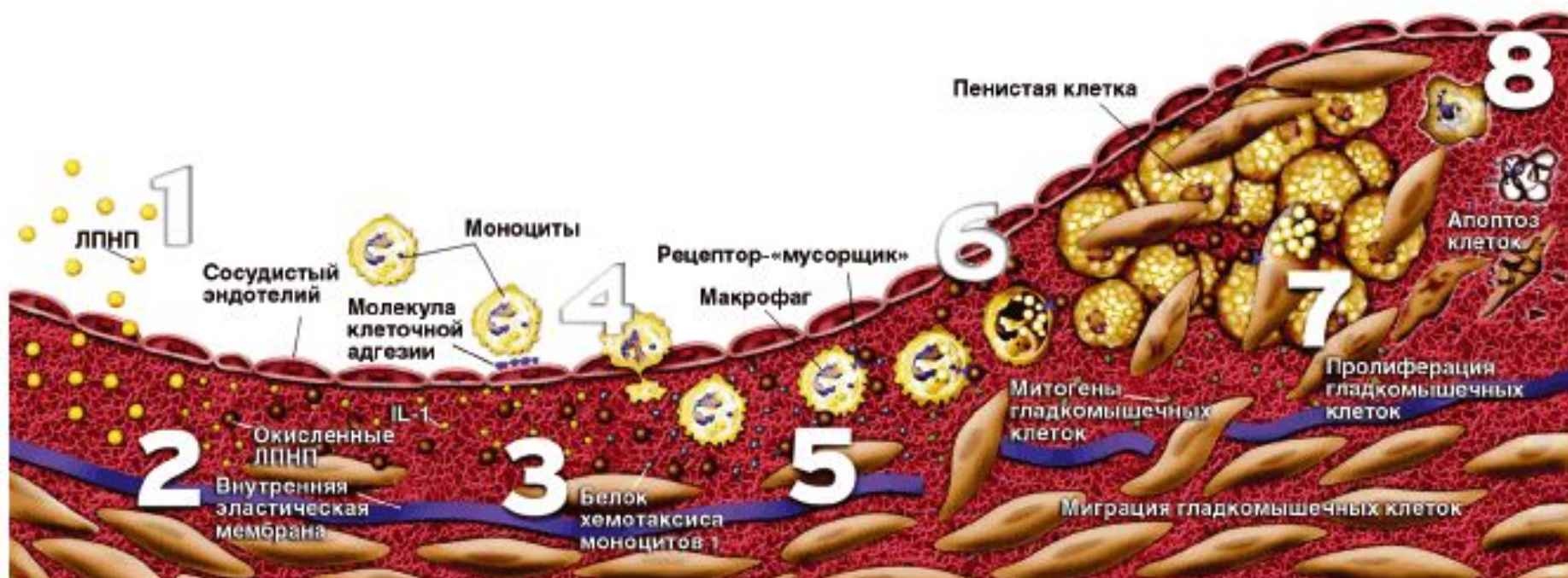


Рисунок. Стадии развития атеросклеротической бляшки (из: *Circulation* 2004; 109: 2617-25)

Стадии 1-2: Проникновение липопротеинов низкой плотности (ЛПНП) в субэндотелиальное пространство, их окисление макрофагами и гладкомышечными клетками.

Стадии 3-5: Выделение факторов роста и цитокинов, активирующих проникновение в стенку сосуда макрофагов. Образование пенистых клеток.

Стадии 6-8: Накопление в интиме сосуда пенистых клеток, пролиферация гладкомышечных клеток, формирование бляшки.

# ХОЛЕСТЕРОЛ И АТЕРОСКЛЕРОЗ

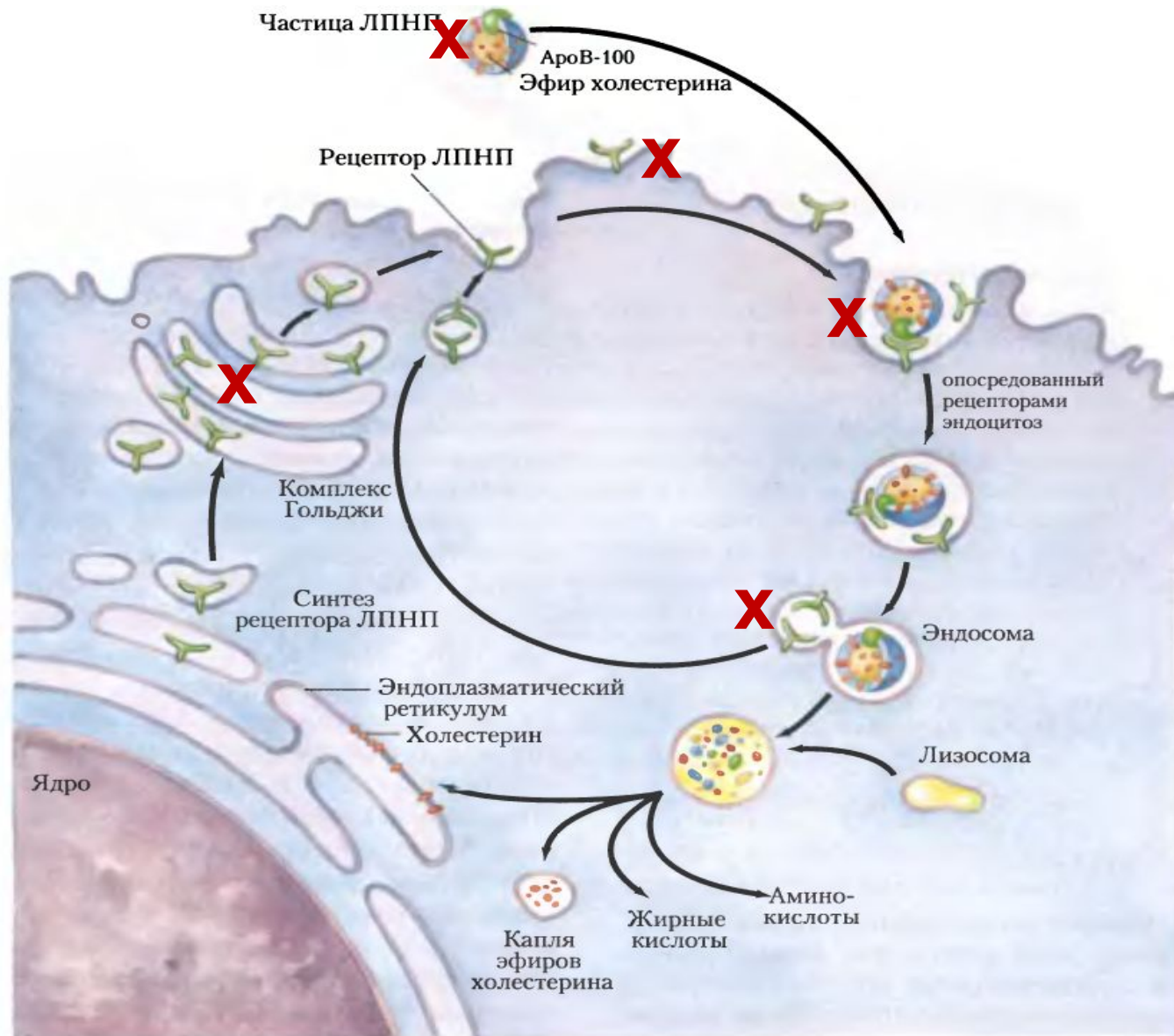
**Коэффициент атерогенности (индекс атерогенности)** — показатель, характеризующий соотношение атерогенных («вредных», оседающих в стенках сосудов) и антиатерогенных фракций липидов (отношение «плохого» холестерина к «хорошему»). Это показатель, отражающий степень риска развития заболевания сердца и сосудов.  
Нормальные значения коэффициента атерогенности: < 3,5.

Коэффициент атерогенности (К):

$$K = \frac{C_{\text{хол}} - C_{\text{ЛПВП}}}{C_{\text{ЛПВП}}}$$

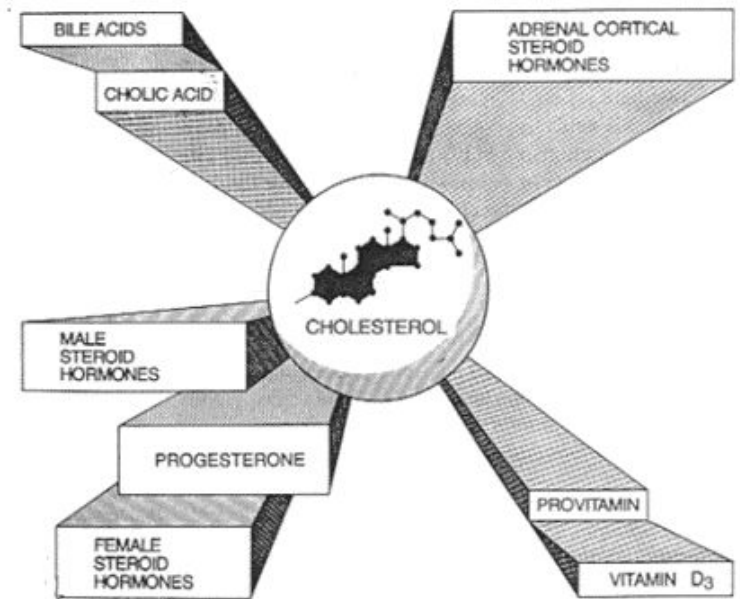
$C_{\text{хол}}$  - концентрация общего холестерина;  
 $C_{\text{ЛПВП}}$  - концентрация холестерина ЛПВП.

# СЕМЕЙНАЯ ГИПЕРХОЛЕСТЕРОЛЕМИЯ





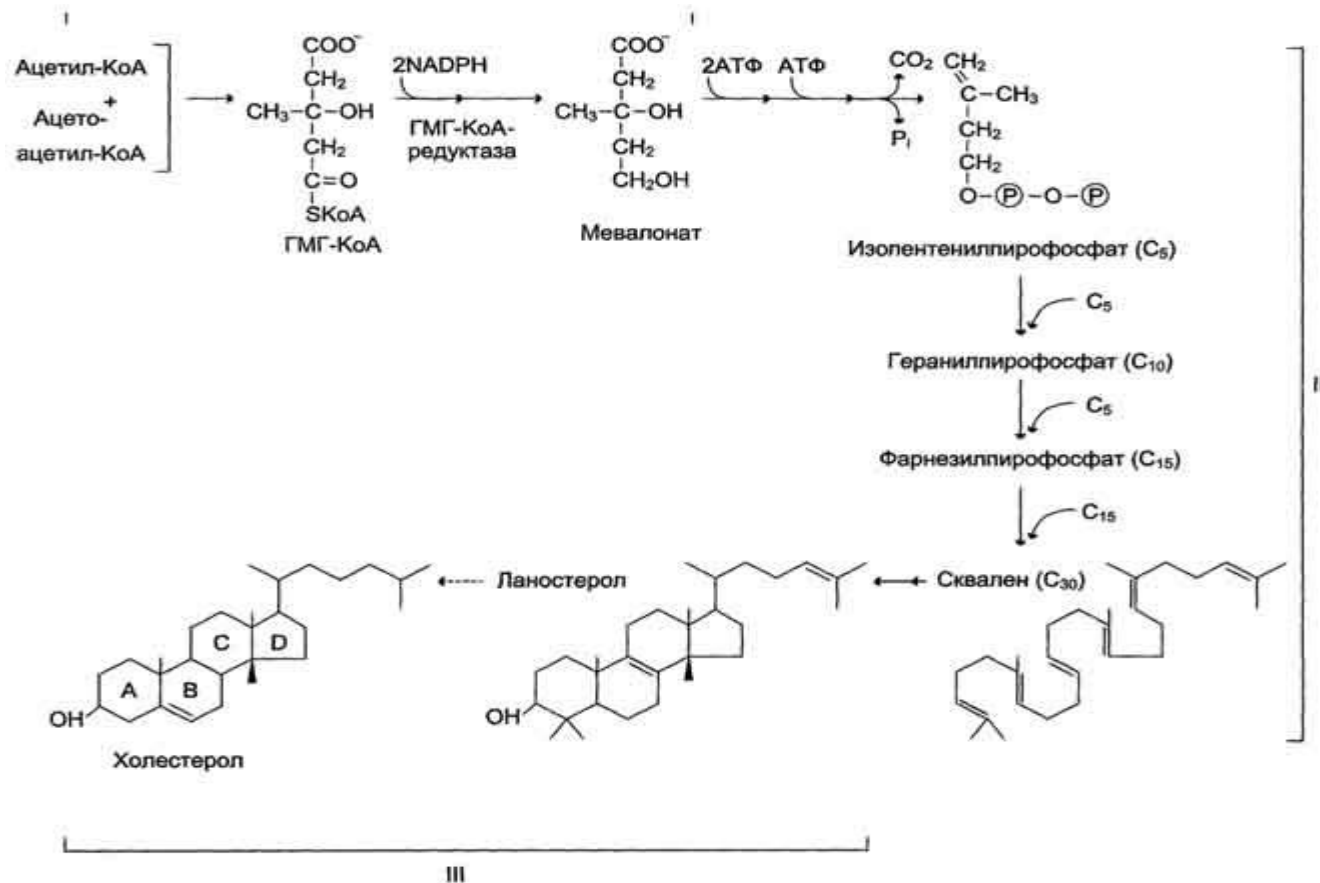
# ХОЛЕСТЕРОЛ И ЕГО ПРОИЗВОДНЫЕ



- Формирует и поддерживает клеточные мембраны, препятствует кристаллизации углеводов в мембранах
- Определяет проницаемость клеточных мембран
- Участвует в синтезе половых гормонов (андрогенов и эстрогенов)
- Необходим для производства гормонов, секретируемых надпочечниками (кортизол, кортикостерон, альдостерон и др.)
- Служит вспомогательным веществом в продукции желчи и предшественником для синтеза желчных кислот
- Использует энергию солнечного света для синтеза витамина D
- Важен для метаболизма жирорастворимых витаминов, включая витамины А, D, Е и К
- Изолирует нервные волокна

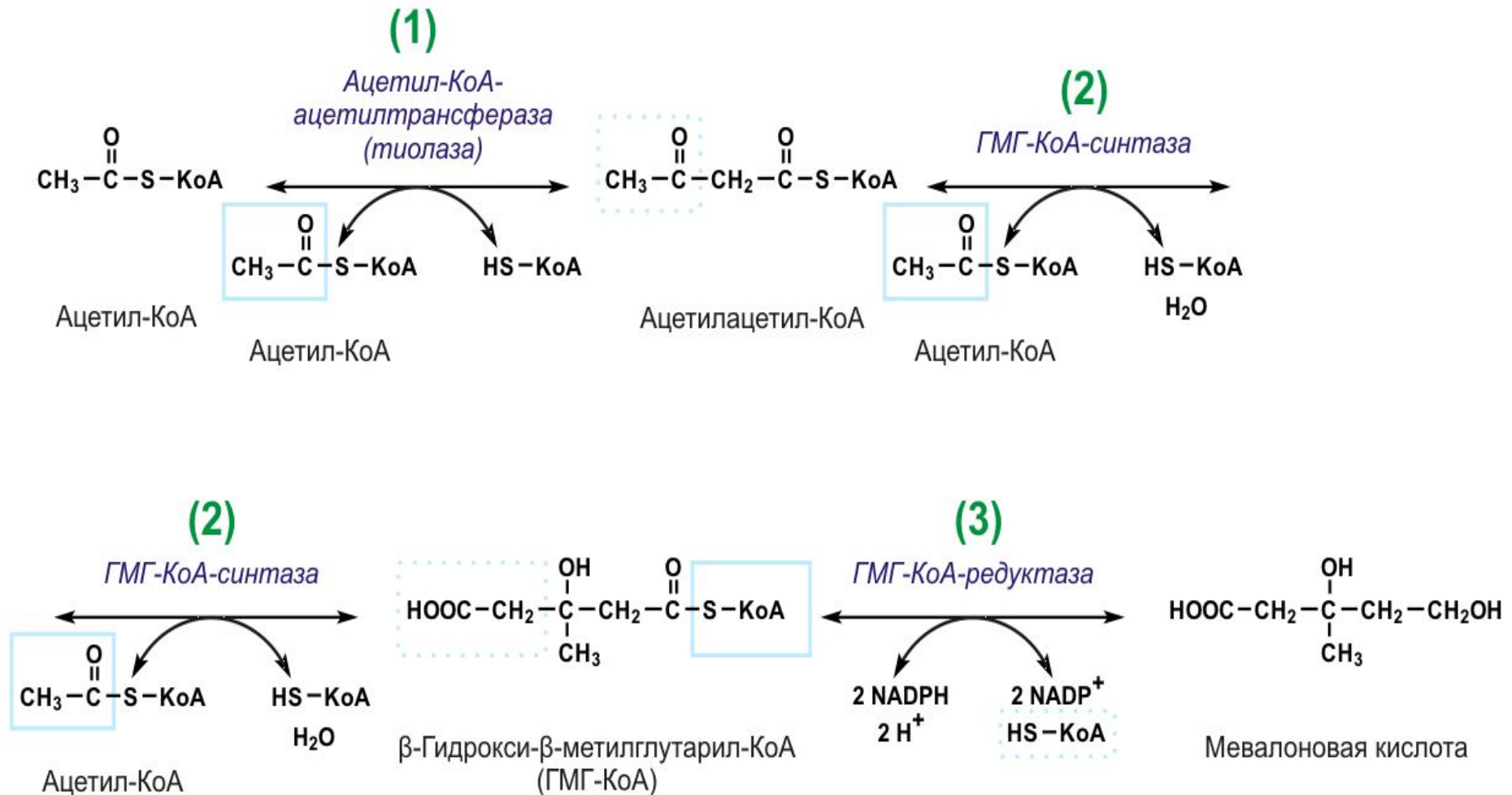
# Синтез холестерина

1. Превращение трёх молекул активного ацетата в мевалонат.
2. Превращение мевалоната в активный изопреноид — изопентенилпирофосфат.
3. Образование C30 изопреноида сквалена из 6 молекул изопентенилдифосфата.
4. Циклизация сквалена в ланостерин.
5. Превращение ланостерина в холестерин.



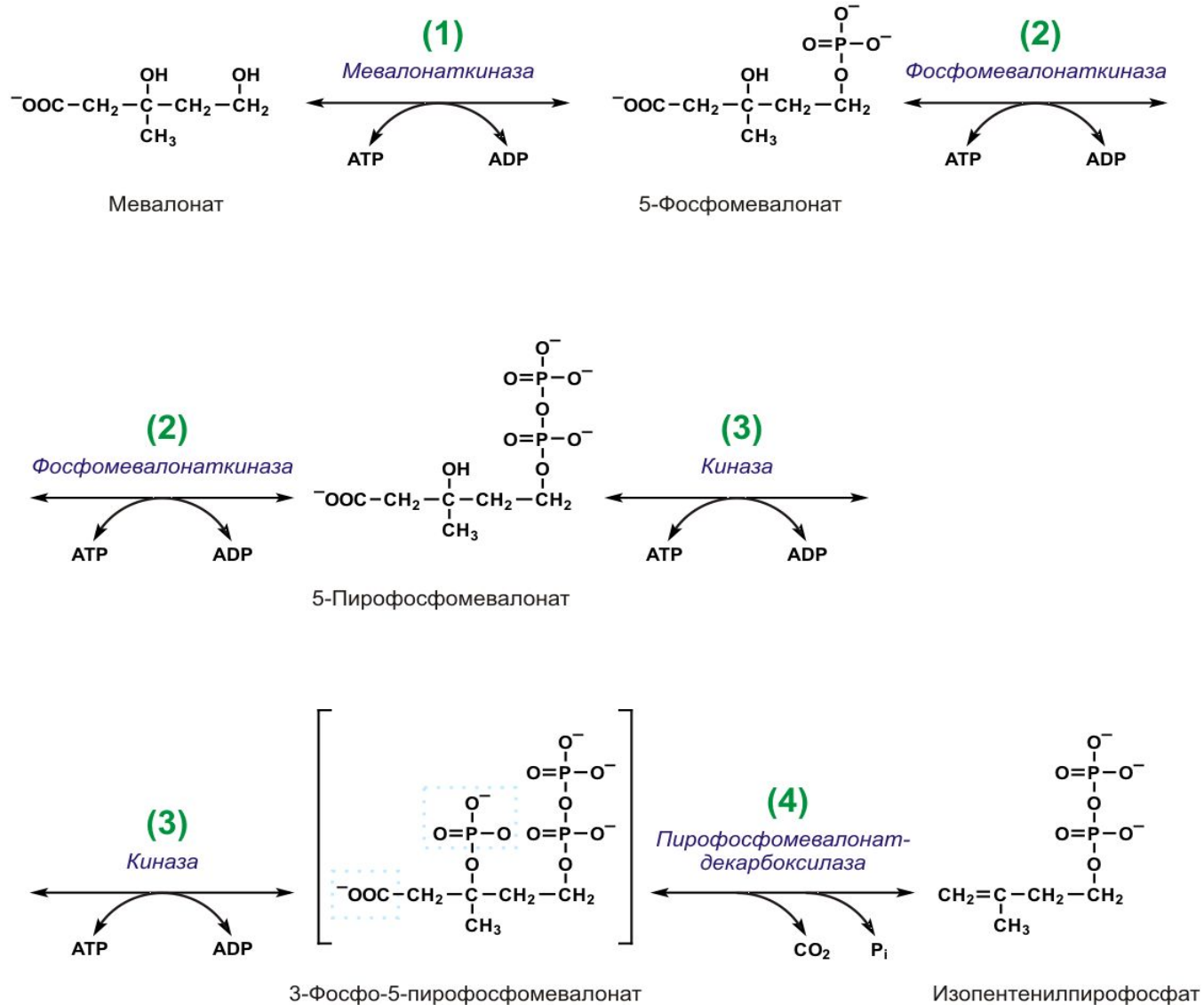
# Синтез холестерина

1. Превращение трёх молекул активированного ацетата в пятиуглеродный мевалонат.



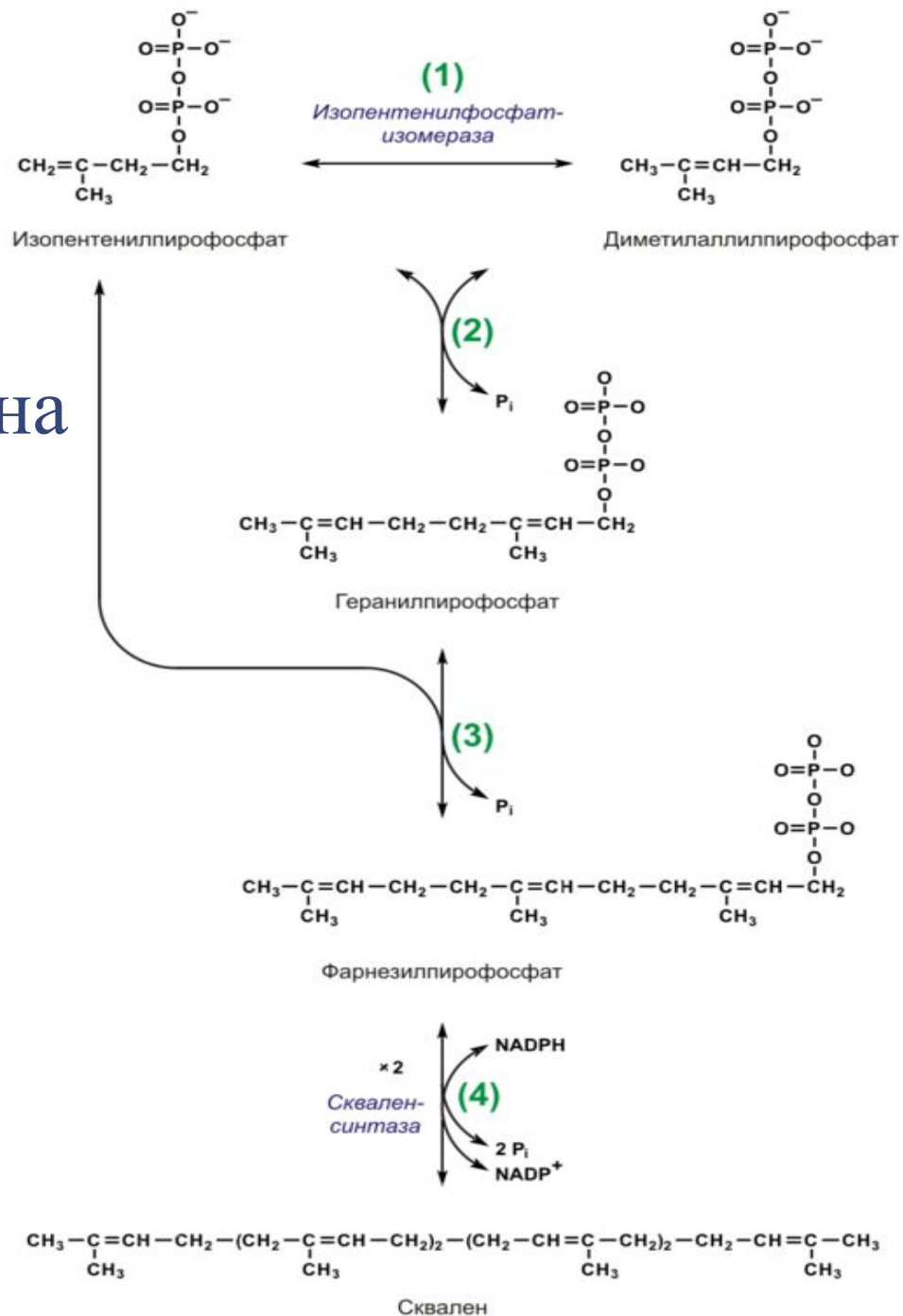
# Синтез холестерина

## 2. Превращение мевалоната в активный изопреноид — изопентенилпирофосфат.



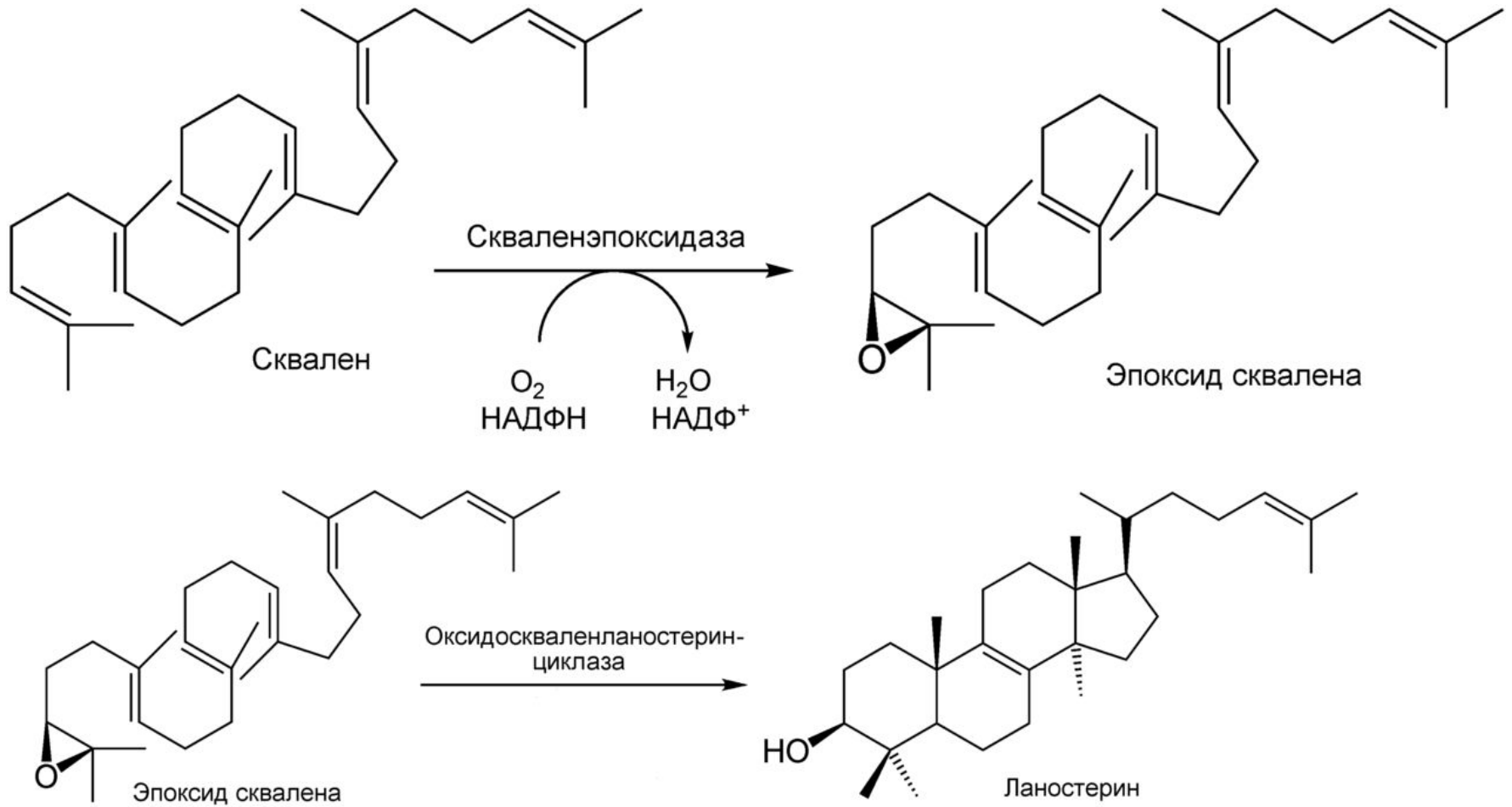
# Синтез холестерина

3. Образование тридцатиуглеродного изопреноида сквалена из шести молекул изопентенилдифосфата.

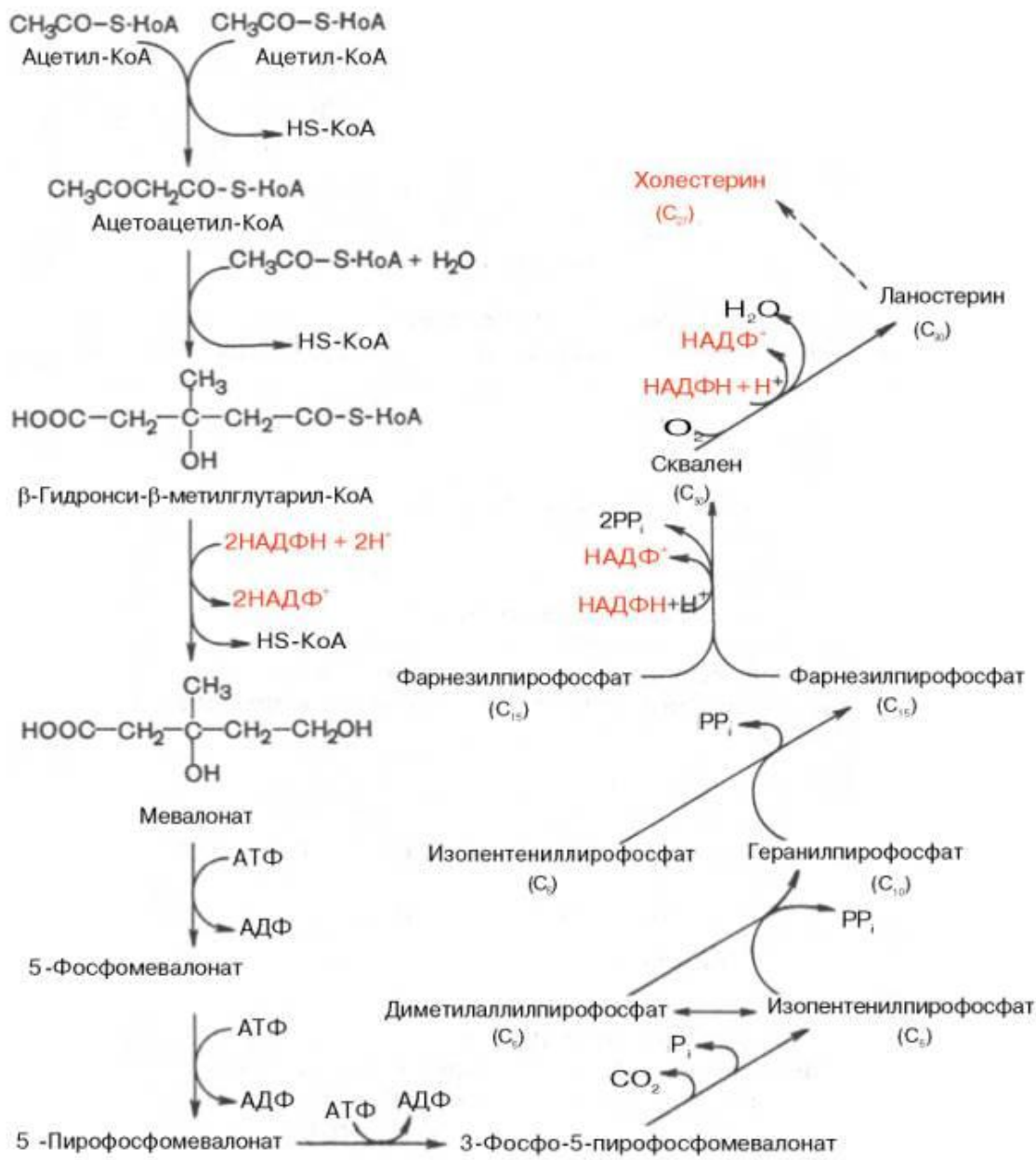


# Синтез холестерина

## 4. Циклизация сквалена в ланостерин.

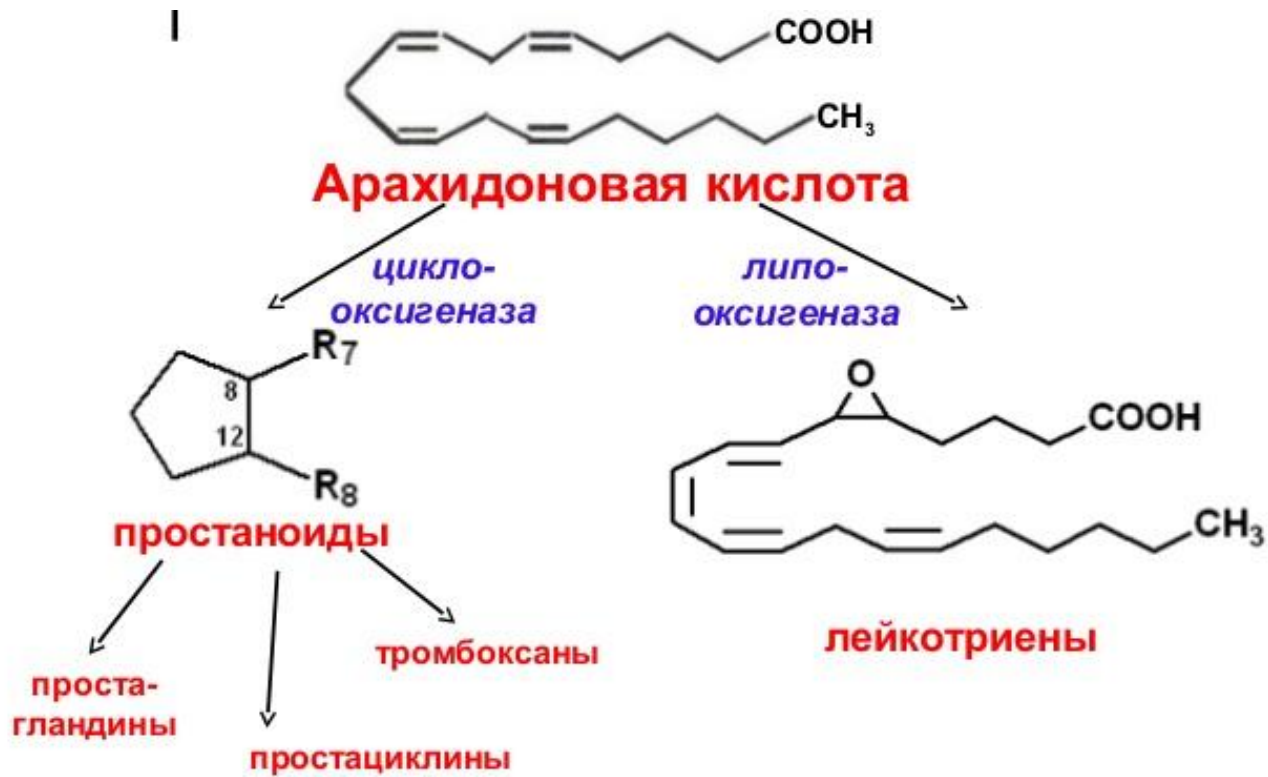


# СИНТЕЗ ХОЛЕСТЕРОЛА

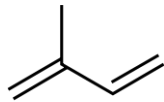




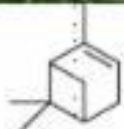
# ЭЙКОЗАНОИДЫ



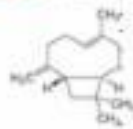
# ТЕРПЕНЫ



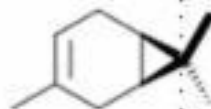
Изопрен – структурный компонент терпенов



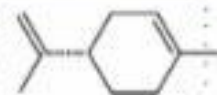
Pinene  
(Pines)



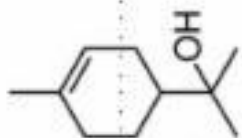
Caryophyllene  
(Peppercorns)



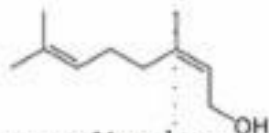
Carene  
(Cedar, Rosemary)



Limonene  
(Citrus Lemon)



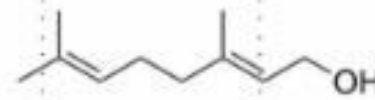
Terpineols  
(Junipers, Orange Peel)



Nerol  
(Lemon Grass)

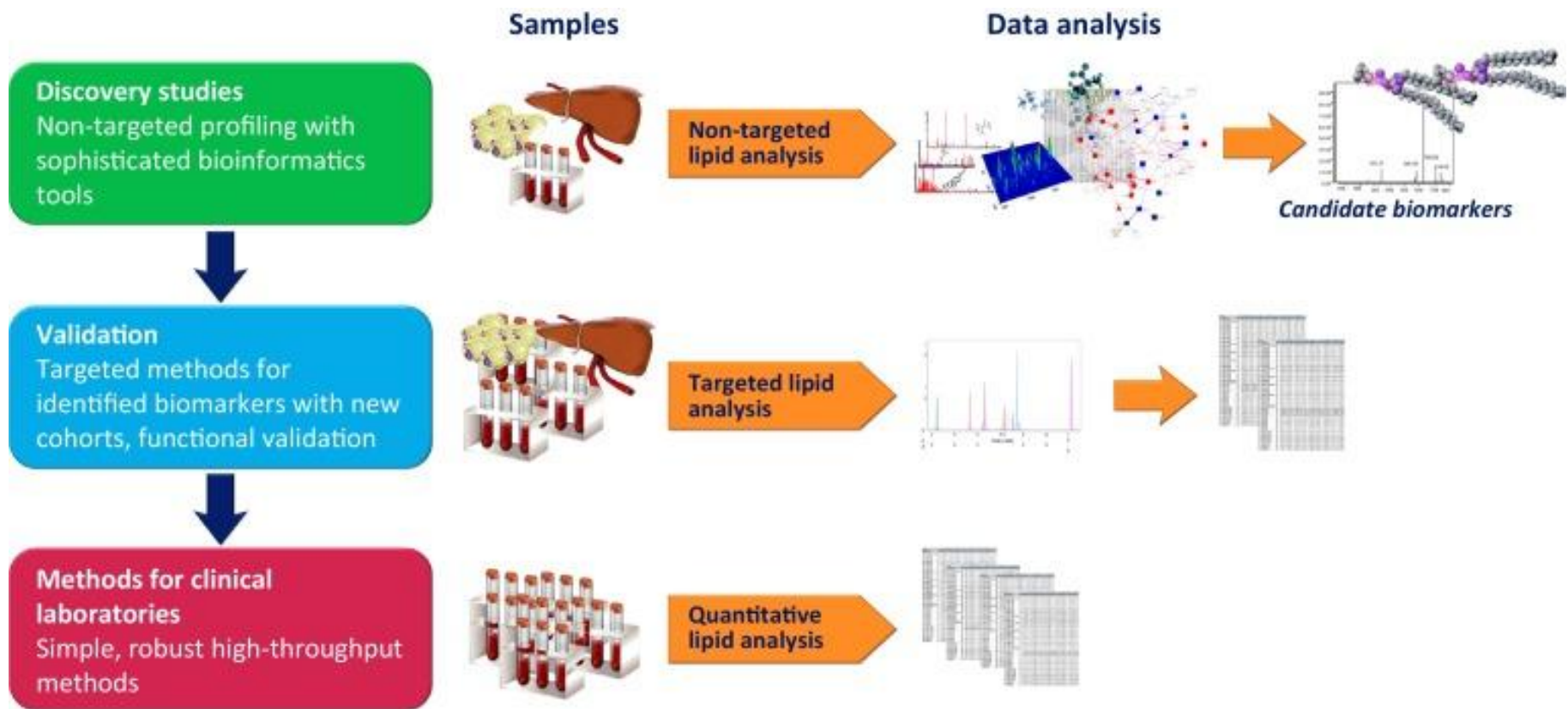


Humulene  
(Hops)



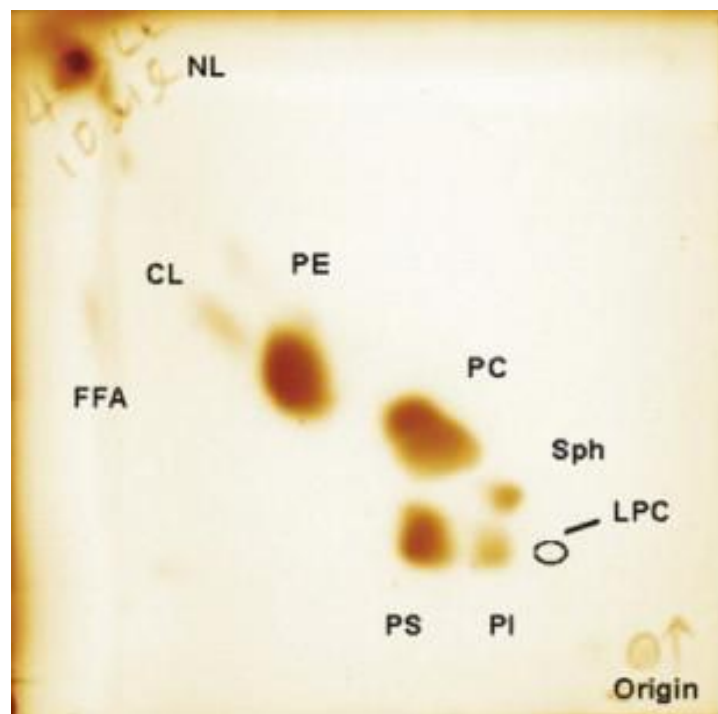
Geraniol  
(Roses & Wine Grapes)

# МЕТОДЫ АНАЛИЗА ЛИПИДОВ (ЛИПИДОМИКА)



# МЕТОДЫ АНАЛИЗА ЛИПИДОВ

## ТОНКОСЛОЙНАЯ ХРОМАТОГРАФИЯ НА СИЛИКАГЕЛЕ



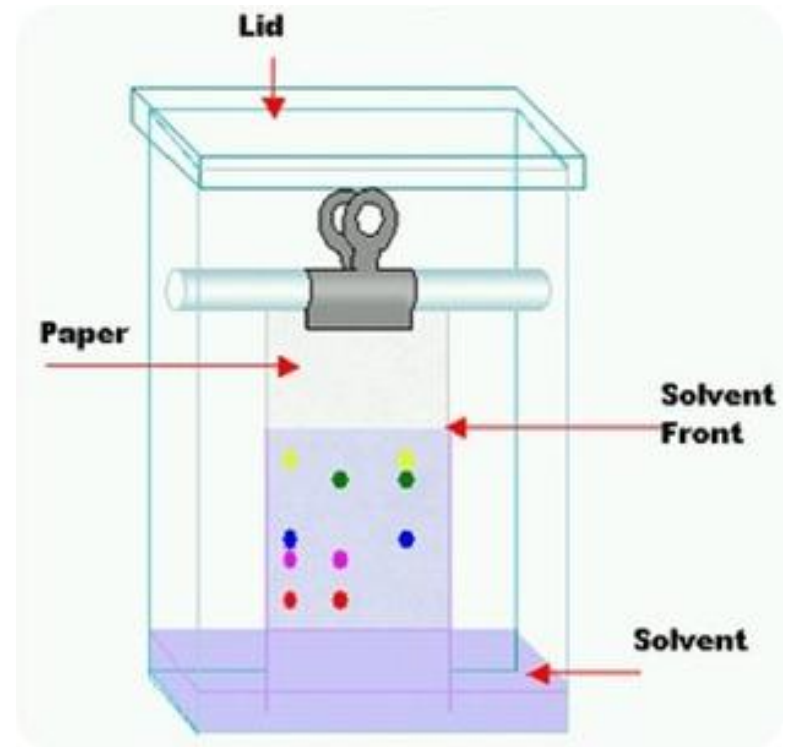
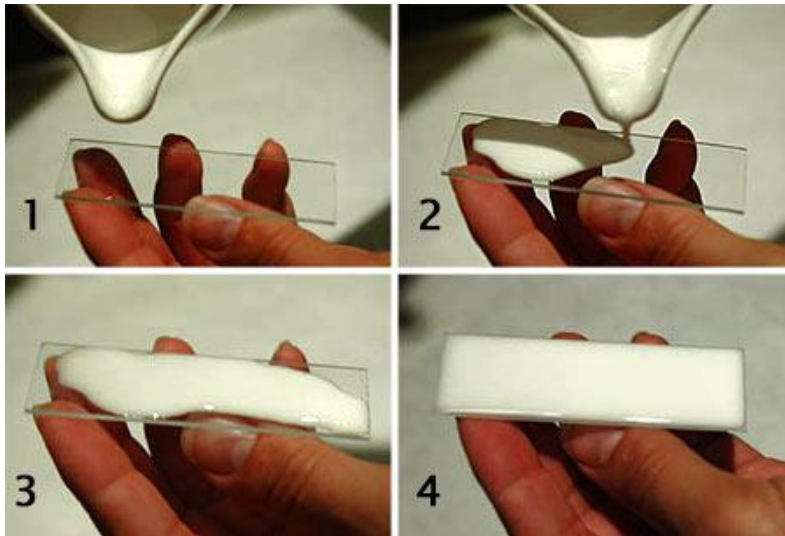
**Хроматографическое разделение  
липидного экстракта с помощью  
двумерной тонкослойной хроматографии:  
система I - хлороформ:метанол:28%  
аммиак (65:25:5),  
система II - хлороформ:ацетон:метанол:  
ледяная уксусная к-та:вода(50:20:10:10:5).**

PI – фосфоинозитиды; PS – фосфатидилсерин; PC – фосфатидилхолин; PE – фосфатидилэтаноламин; Sph – сфингомиелин; FA – жирные кислоты; CL – кардиолипин; NL – нейтральные липиды. Проявление в парах иода.

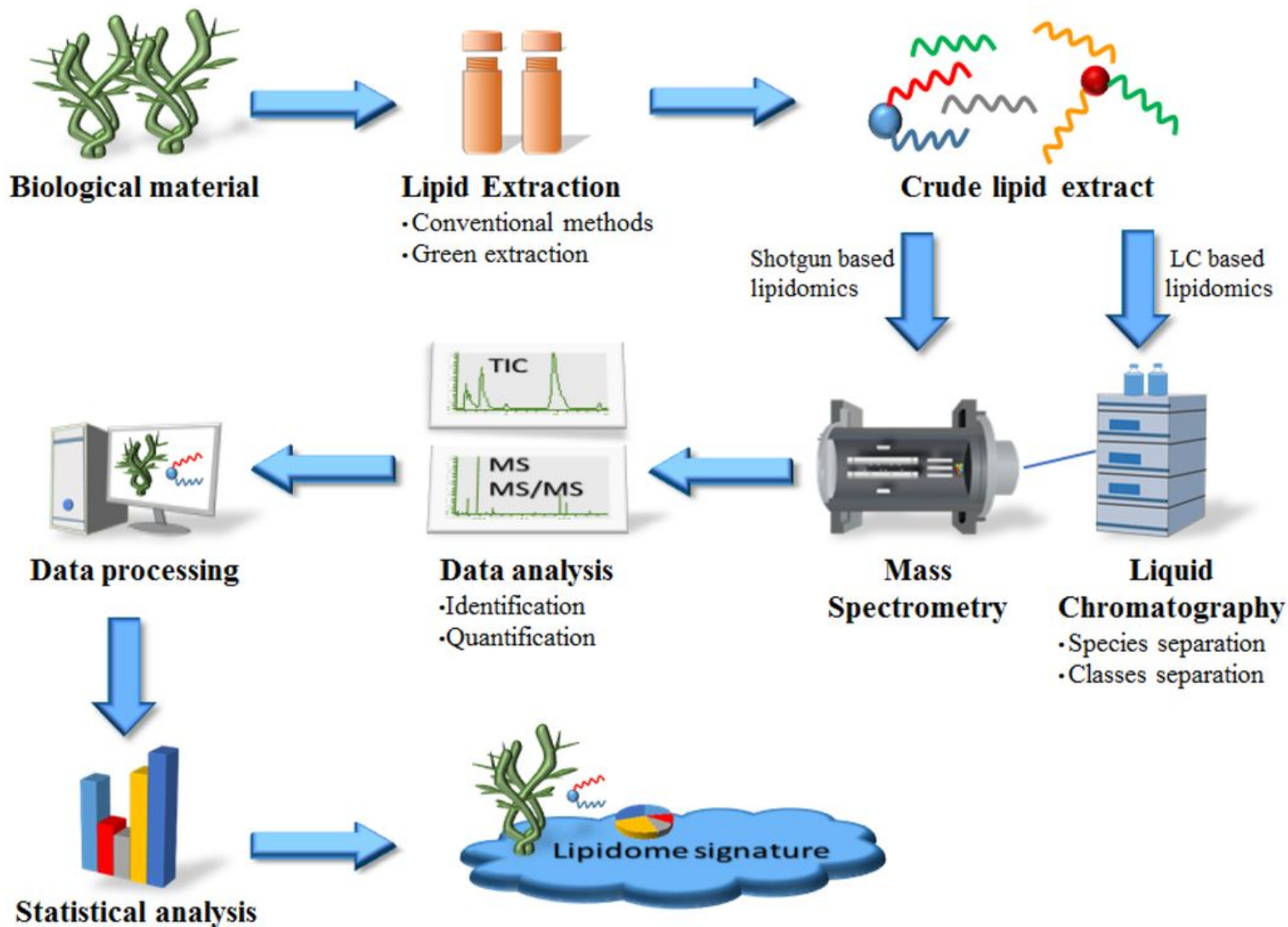


# МЕТОДЫ АНАЛИЗА ЛИПИДОВ

## ТОНКОСЛОЙНАЯ ХРОМАТОГРАФИЯ НА СИЛИКАГЕЛЕ



# МЕТОДЫ АНАЛИЗА ЛИПИДОВ (ЛИПИДОМИКА)





# ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ

## Определение концентрации триглицеридов в сыворотке крови

липаза

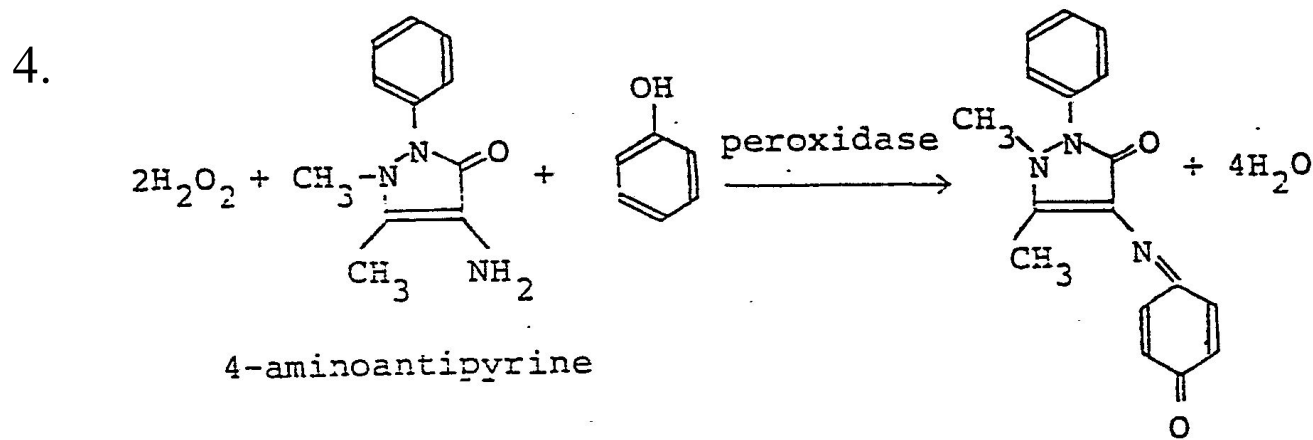
1. Триглицериды  $\rightarrow$  глицерол + жирные кислоты

глицерол-киназа

2. Глицерол + АТФ  $\rightarrow$  глицерол-3-фосфат + АДФ

3-глицерофосфат оксидаза

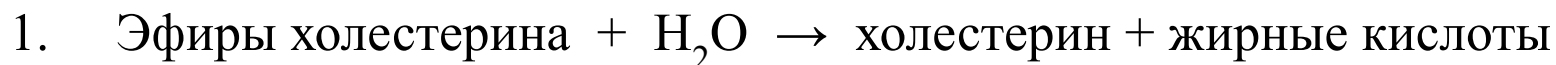
3. Глицерол-3-фосфат +  $O_2 \rightarrow$  диоксиацетонфосфат +  $2H_2O_2$ ;



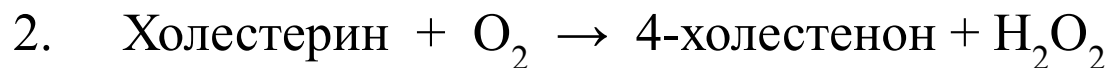
# ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ

## Определение общего холестерина в сыворотке крови ферментативным методом.

ХЭ



ХО



пероксидаза



ХЭ – холестреолэстеразы

ХО – холестеролоксидаза