Казахский Национальный Университет им. аль-Фараби

Факультет Химии и Химической Технологии

Лекция 13

Фосфолипиды. Их классификация, строение, химические свойства. Физиологическая роль. Неомыляемые липиды (терпены, стероиды). Их классификация, строение, химические и биологические свойства.

Цель: Изучить классификацию, строение, химические свойства и физиологическую роль фосфолипидов, а также особенности строения, классификацию, химические и биологические свойства неомыляемых липидов — терпенов и стероидов.

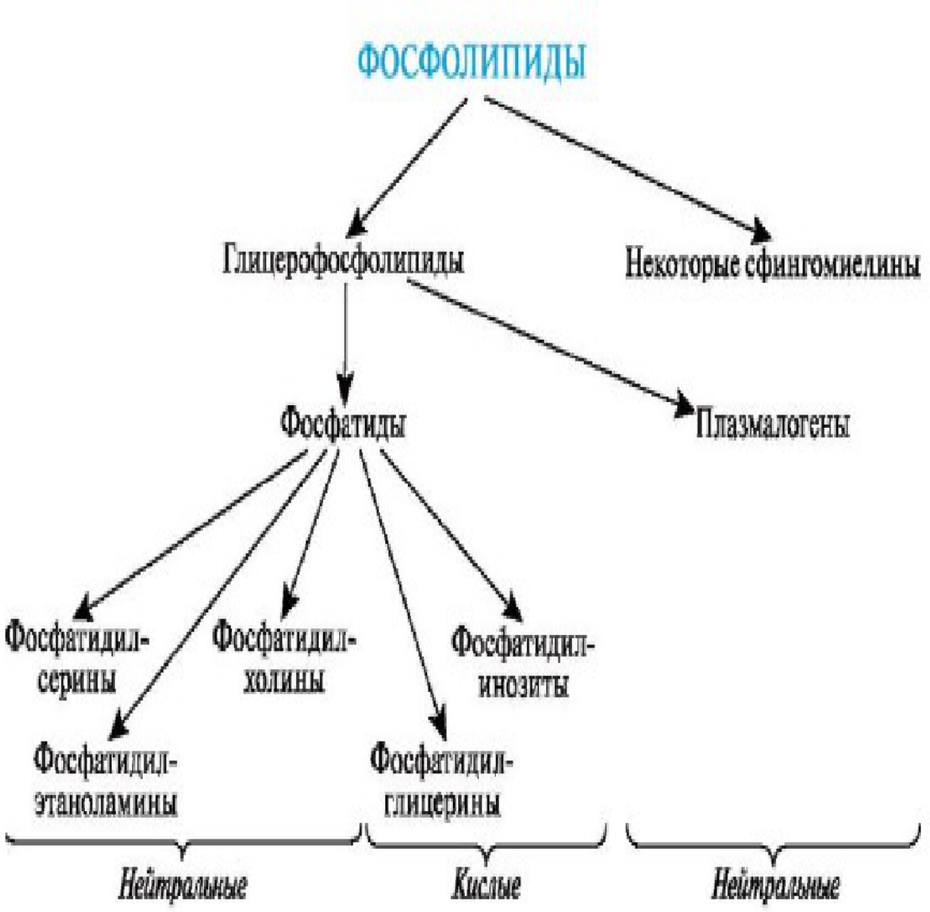
К.х.н., ассоциированный профессор Литвиненко Ю.А.



Алматы, 2026г.

Фосфолипиды: состав и классификация

СЛОЖНЫЕ ОМЫЛЯЕМЫЕ ЛИПИДЫ
ФОСФОЛИПИДЫ: СОСТАВ И КЛАССИФИКАЦИЯ

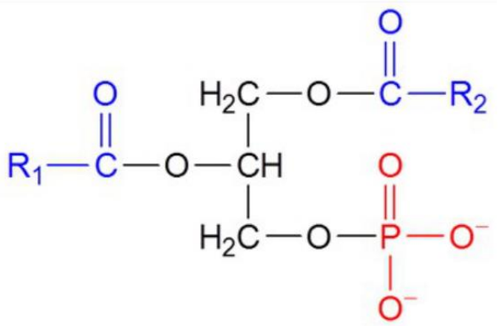


Фосфолипи́ды (ФЛ)— сложные эфиры **многоатомных спиртов** и **высших жирных кислот**, содержат остаток **фосфорной кислоты** и соединённую с ней добавочную группу атомов различной химической природы.

ФЛ делят на производные глицерина – **глицерофосфолипиды** и производные сфингозина – **сфингомиелины.**

Строение глицерофосфолипидов

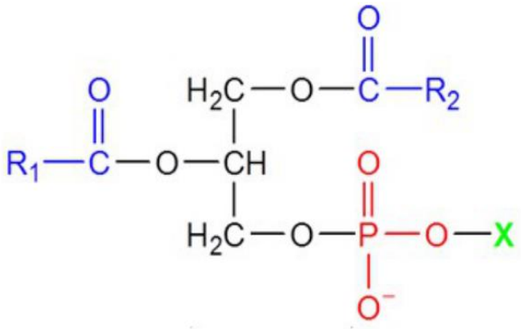
Структурная формула L-фосфатидной кислоты:



R_2 -остаток предельной ВЖК

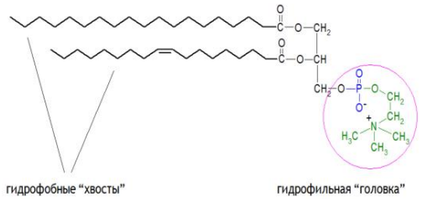
R_1 -остаток непредельной ВЖК

Структурная формула глицерофосфолипида:

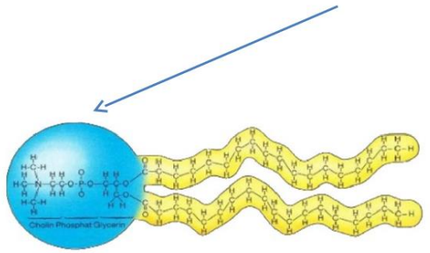


X - группа атомов различной химической природы. В условиях организма pH =7, 4 ионные группировки в фосфатидах ионизированы.

Фосфолипиды: строение



- Глицерофосфолипиды – **бифильные** вещества, которые включают: полярную – гидрофильную часть (остаток глицерола, карбонильные и фосфатная группы, полярная группировка – X);
- неполярную – гидрофобную часть (остатки ВЖК).

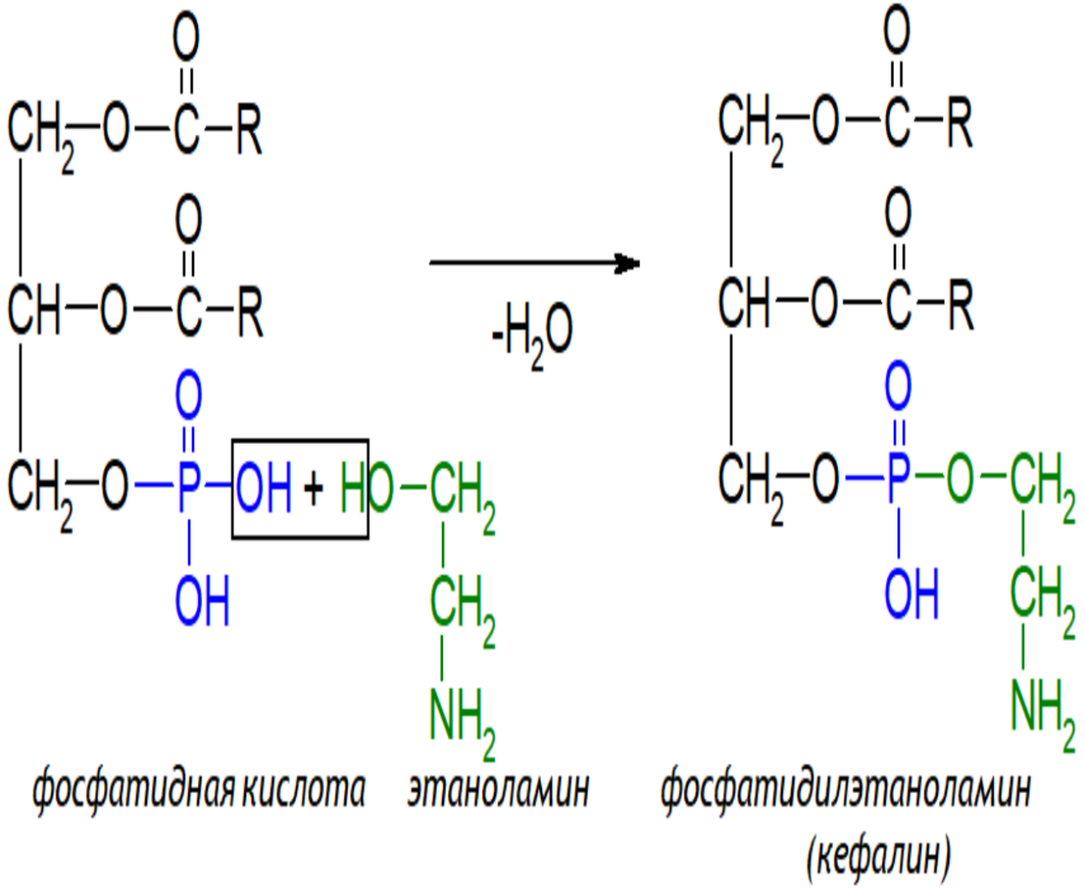


Фосфолипиды формируют липидный бислой - структурную основу мембран;

- участвуют в регуляции активности ферментов;
- служат «якорем» для мембранных белков;
- участвуют в передаче гормональных сигналов.

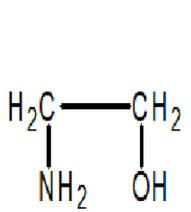
Образование и виды глицерофосфолипидов

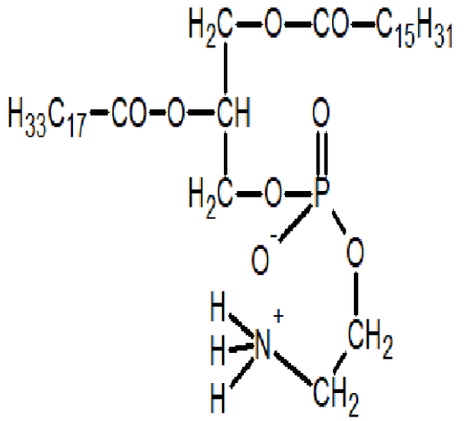
Образование фосфолипидов



Классификация глицерофосфолипидов, биологическая роль

1. Фосфатидилэтаноламины (ФЭ, коламинкефалины) – производные L-фосфатидных кислот и этаноламина


этаноламин

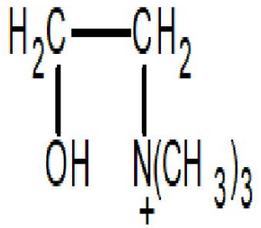

коламинкефалин

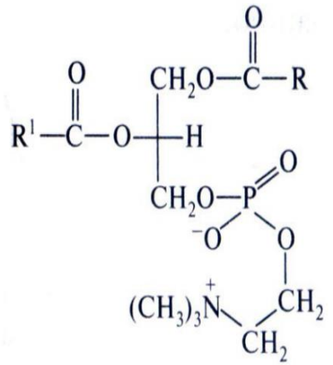
….от общего количества фосфолипидов составляет 25%.

В клетке содержится не в свободном виде, а в виде комплексов с белками.

Входит в состав мембран митохондрий.

2. Фосфатидилхолины (ФХ, лецитины) – производные L-фосфатидных кислот и холина


холин



…от общего количества фосфолипидов составляет 50%.

Особенно много его в мозговой ткани животных и человека, в курином желтке.

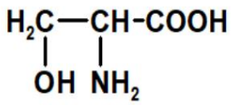
Это питательный материал для развивающегося эмбриона, источник фосфора, необходимого для развития костного скелета.

Источник холина, необходимого для биосинтеза медиатора ацетилхолина.

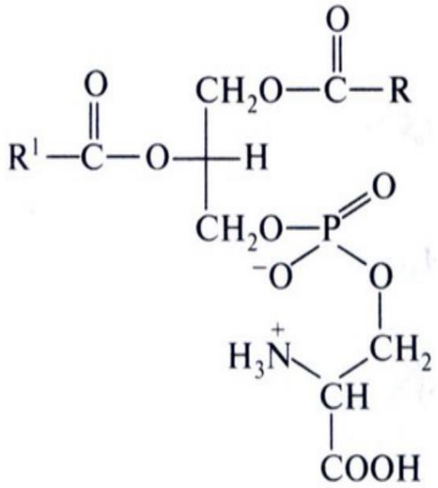
Фосфатидилсерин и фосфатидилинозиты

Классификация глицерофосфолипидов, биологическая роль

Фосфатидилсерин (ФС, серинкефалины) – производные L-фосфатидных кислот и аминокислоты серин



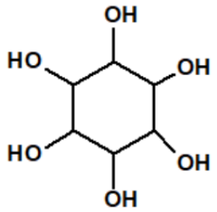
серин



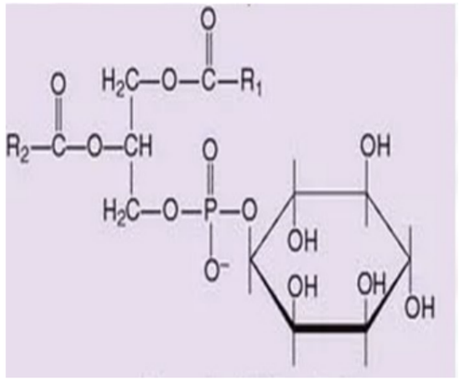
… фосфатидилсерин тесно связан с ФЭА, обеспечивает проницаемость **K^+ (катионов) и A^- (анионов)** внутрь митохондрий.

Классификация глицерофосфолипидов, биологическая роль

4. Фосфатидилинозиты – производные L-фосфатидных кислот и спирта инозитола (инозита).



Инозитол



Фосфатидилинозитолы содержится в ткани мозга, обусловливают процессы, связанные с общим обменом жиров, белков и углеводов.

Фосфорилированные производные фосфатидилинозитолаотносят к вну триклеточной системе **мессенджеров** , в частности **инозитол-1,4,5-три-фосфат.**

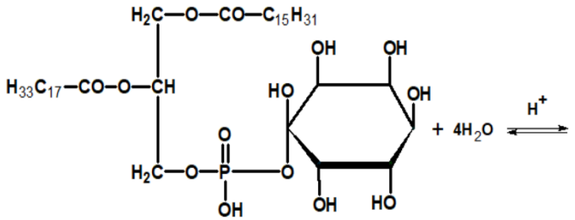
Химические свойства фосфолипидов

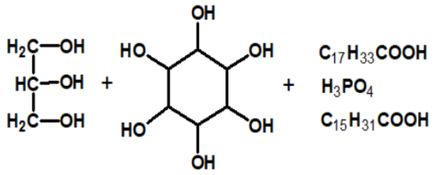
Свойства сложных липидов и их структурных компонентов

Химические свойства фосфолипидов:

1.Гидролиз
а) кислотный

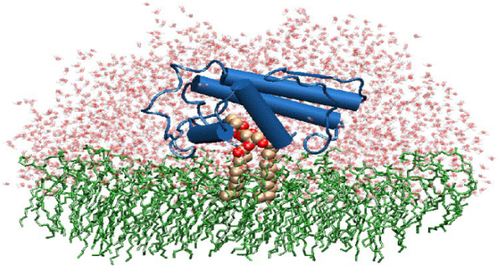
Образуются карбоновые кислоты, спирты и ещё какое-либо вещество (фосфорная кислота, холин, этаноламин, серин, инозит и др.).





Химические свойства триацилглицеролов

2. Ферментативный гидролиз (фермент желчи – липаза) в химизме аналогичен кислотному

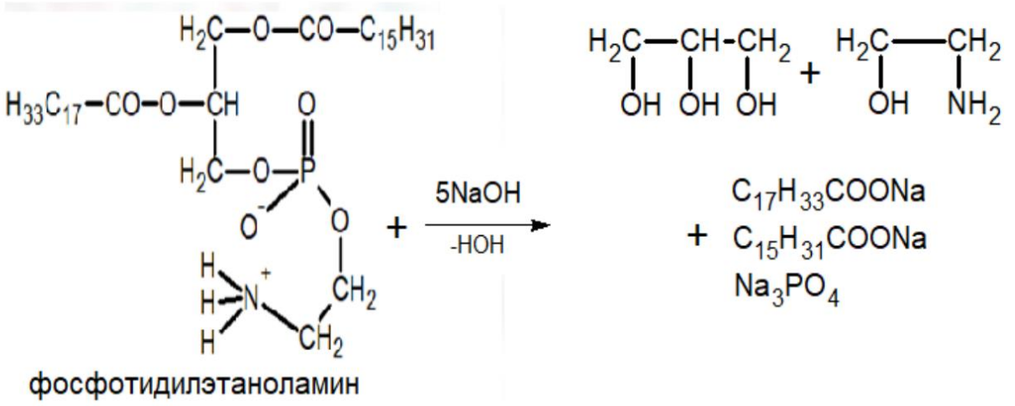




Фосфолипазы А2 гидролизуют фосфолипиды плазматической мембраны. При этом высвобождается арахидоновая кислота, из которой синтезируются эйкозаноиды: простагландины, простациклины, тромбоксаны и лейкотриены.

Химические свойства фосфолипидов

б) щелочной гидролиз:



фосфотидилэтаноламин

Химические свойства фосфолипидов

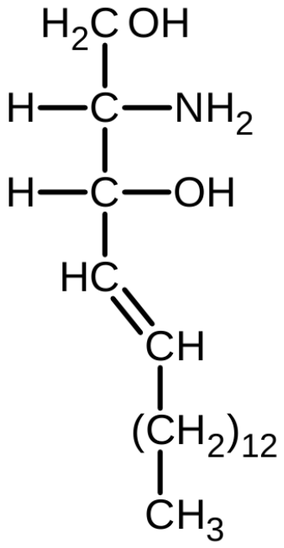
3) фосфолипиды в ходе метаболизма могут переходить друг в друга:

Фосфатидил-серин —(-CO_2, äåêàðáîêñèëàçà)→ **Фосфатидил-этаноламин**

—(3SAM (-CH_3), ìåòèëòðàíñôåðàçà)→ **фосфатидилхолин**

Сфинголипиды и сфингозин

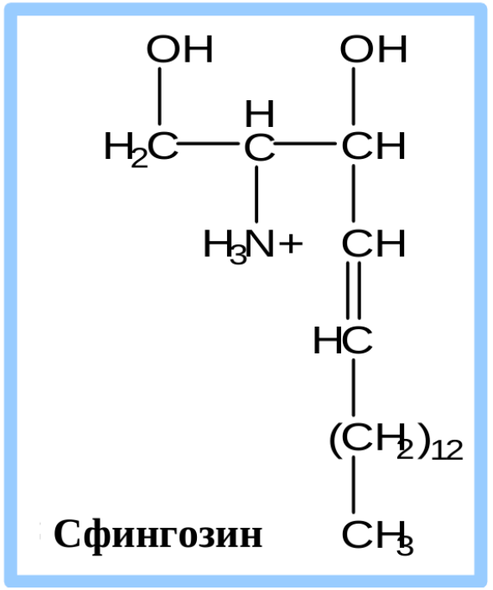
Сфинголипиды



Сфингозин

Сфинголипиды - производные ациклического ненасыщенного двухатомного спирта – *сфингозина.*

Сфинголипиды



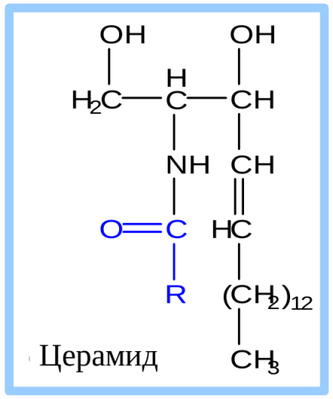
Сфингозин

При кислотности крови pH =7,34 амино-группа в сфингозине ионизирована.

Церамиды и сфингомиелины

Церамиды

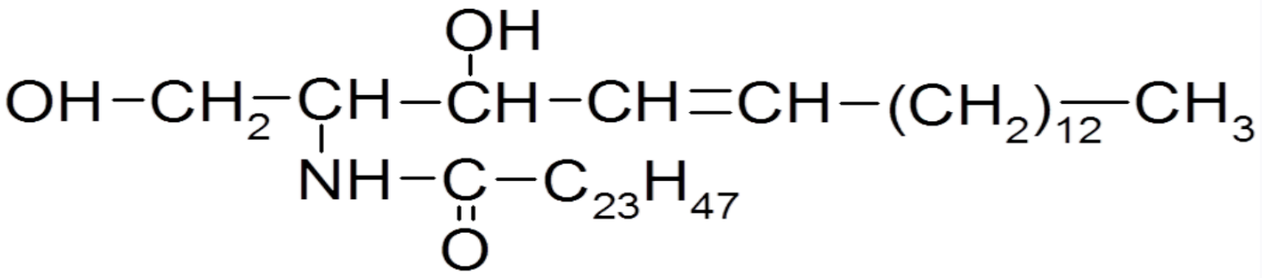
В состав сфинголипидов входят N-ацилированные производные сфингозина и ВЖК, например лигноцириновой:



Церамид

Церамиды

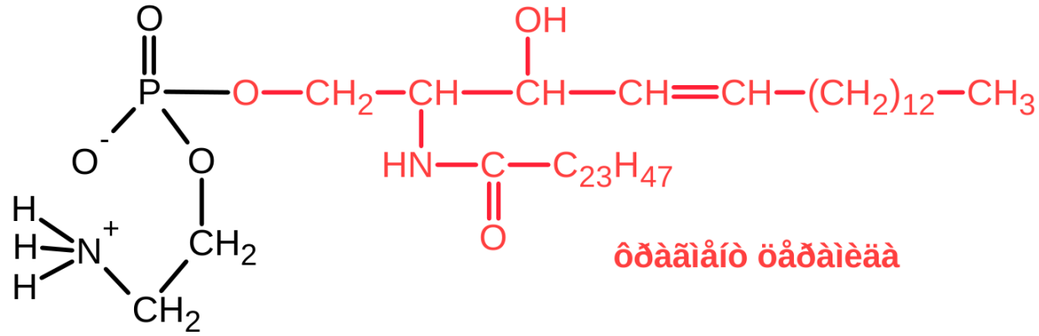
***Пример:* N-ацилированное производное сфингозина и лигноцириновой кислоты:**



Церамид

Сфингомиелины

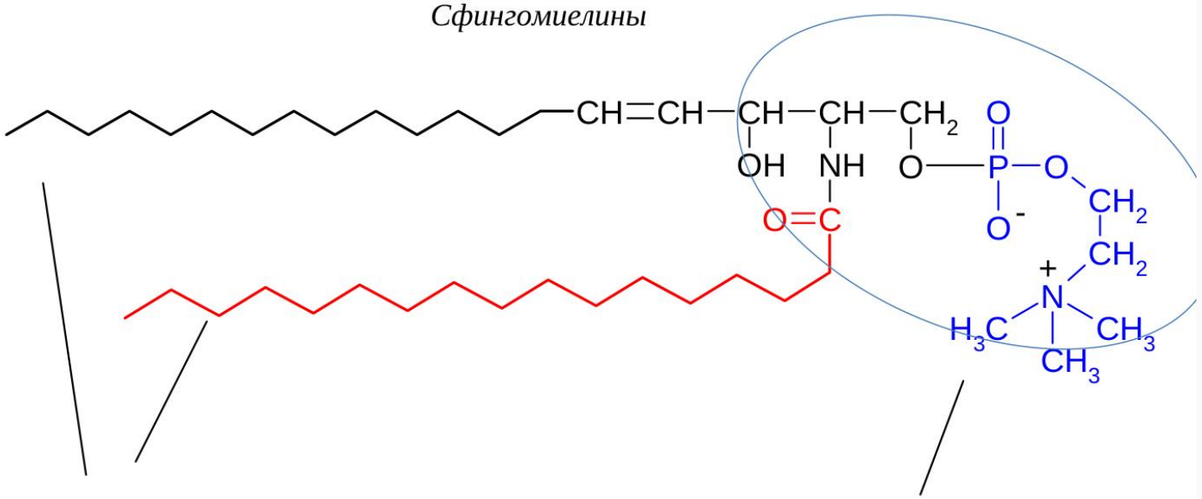
Сфингомиелины включают остаток церамида и фосфорилхолина. В них группа -ОН у С-1 церамида ацилирована фосфорилхолиновой группировкой (поэтому их относят к фосфолипидам).



ôðàãìåíò öåðàìèäà

Строение и роль сфингомиелинов

Сфингомиелины

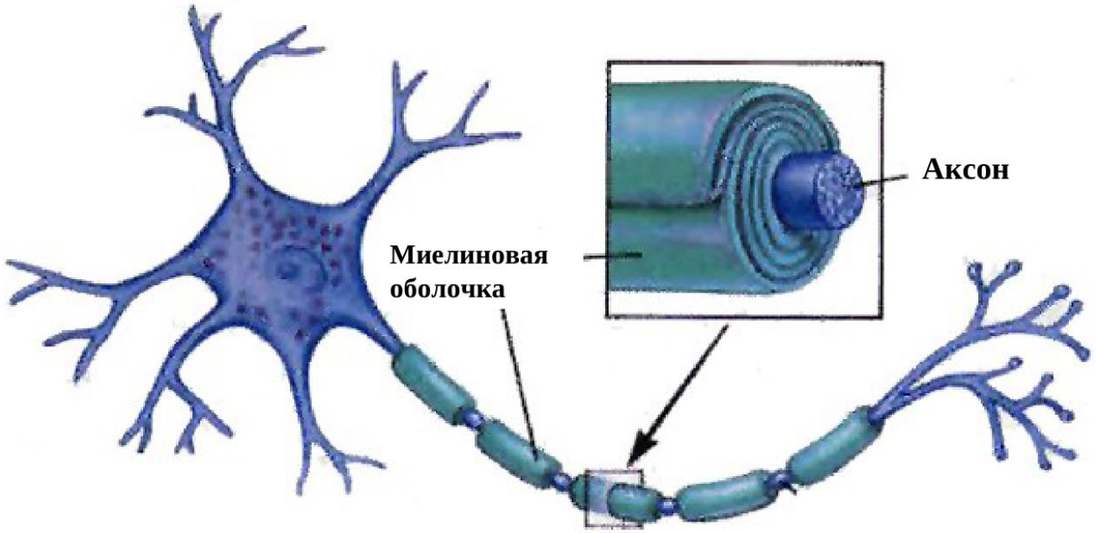


Гидрофобные “хвосты”

Гидрофильная “голова”

Сфингомиелины являются поверхностно- активными веществами.

Сфингомиелины



Сфингомиелины обнаружены в клетках нервной ткани.

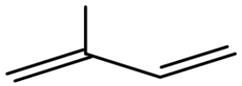
Неомыляемые липиды. Классификация терпенов

Неомыляемые липиды.
Терпены. Стероиды

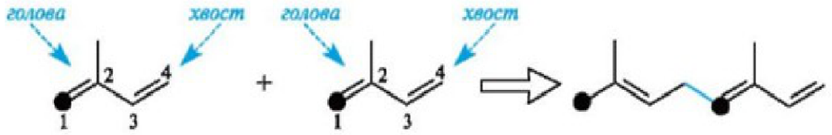
Терпены - это ряд углеводородов, углеродный скелет которых построен из двух, трех и более звеньев изопрена



Терпеновое звено – $(C_5H_8)_2$



В большинстве терпеноидов изопреновые фрагменты соединены друг с другом по принципу **«голова к хвосту»**.

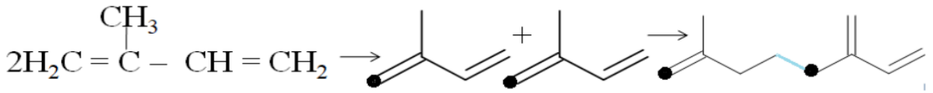


изопрен — ациклический монотерпен

Характеристика терпенов

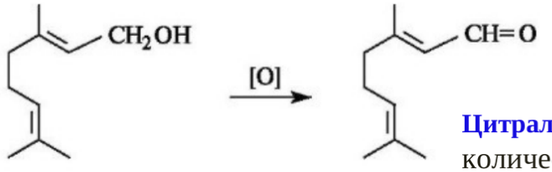
АЦИКЛИЧЕСКИЕ:

МИРЦЕН ($C_{10}H_{16}$) …построен по правилу «голова – хвост»



Содержится в эфирных маслах ХМЕЛЯ, ЛАВРА. **ГЕРАНИОЛ** (эфирные масла герани, розы).

ЦИТРАЛЬ (эфирные масла лимона, лекарство).



цитраль — гераниол

Цитраль и гераниол выделяются в небольших количествах рабочими пчелами при поиске пищи и привлекают других пчел. Соединения подобного действия называют ***феромонами***.

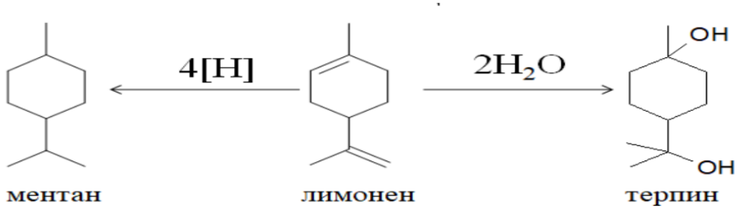
Классификация терпенов

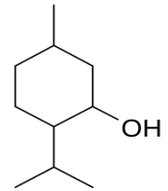
по числу терпеновых звеньев (C_5H_8)	**МОНО (C_{10}) мирцен $(C_5H_8)_2$**	**ДИ (C_{20}) (витамин А) $(C_5H_8)_4$**	**ТРИ (C_{30}) (сквален)**	**ТЕТРА (C_{40}) (каротиноиды)**
по числу циклов	ациклические мирцен	**МОНО-** циклические ментан ментол валидол лимонен каннабидиол терпин	**БИ-** циклические *каран* *пинан* *борнан* пинен камфора	

Моно- и бициклические терпены

Характеристика терпенов

МОНОЦИКЛИЧЕСКИЕ:





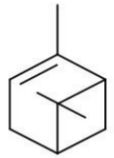
ментол

ЛИМОНЕН (-) содержится в лимонном масле и скипидаре.
ТЕРПИН – отхаркивающее средство при бронхите.
МЕНТОЛ (-) содержится в эфирном масле перечной мяты, оказывает антисептическое успокаивающее, болеутоляющее (отвлекающее) действие, входит в состав валидола, а также применяется при насморке.
КАННАБИДИОЛ – психоактивное начало ГАШИША (МАРИХУАНЫ).

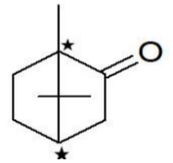
Характеристика терпенов

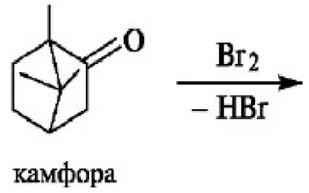
БИЦИКЛИЧЕСКИЕ МОНОТЕРПЕНЫ

α – пинен



камфора



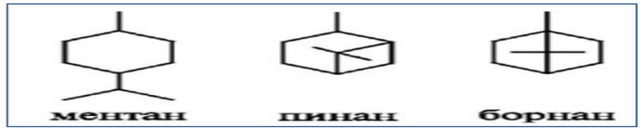


α-Пинен - бициклический монотерпен ряда пинана. Один из его энантиомеров - важная составная часть скипидара, получаемого из хвойных деревьев.

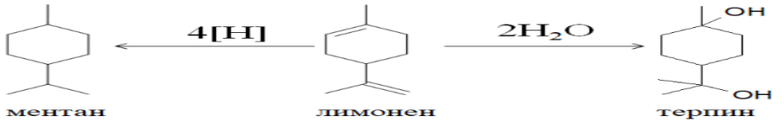
Камфора - стимулятор сердечной деятельности. Один из ее стереоизомеров выделяют из эфирного масла камфорного дерева.
Бромкамфора улучшает деятельность сердца, оказывает успокаивающее действие на ЦНС.

Характеристика терпенов

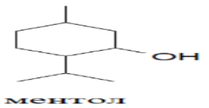
МОНО- И БИЦИКЛИЧЕСКИЕ



МОНОЦИКЛИЧЕСКИЕ



(-) ЛИМОНЕН содержится в лимонном масле и скипидаре.
ТЕРПИН – в виде гидрата применяется в качестве отхаркивающего средства при заболеваниях легких.
(-) МЕНТОЛ содержится в эфирном масле перечной мяты, оказывает антисептическое, успокаивающее, болеутоляющее (отвлекающее) действие, входит в состав валидола, мазей применяемых при насморке.



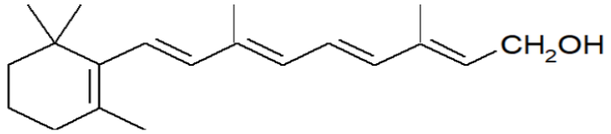
ментол

Ди-, три-, тетратерпены и каротиноиды

Характеристика терпенов

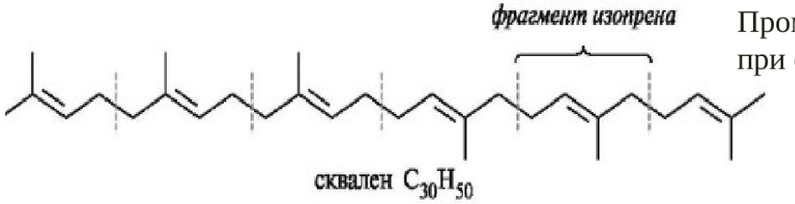
ДИ-, ТРИ-, ТЕТРА- ТЕРПЕНЫ

ВИТАМИН «А»



Принимает участие в процессе зрительного восприятия и особенно важен для обеспечения остроты зрения при слабой освещенности.

СКВАЛЕН



Промежуточный продукт при синтезе холестерина.

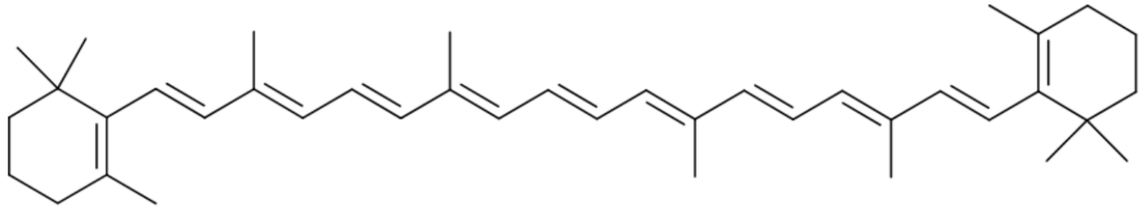
Характеристика терпенов

КАРОТИНОИДЫ … растительные пигменты, прочные,

π, π – сопряженные соединения, провитамины.

α, β, γ – **КАРОТИНЫ** являются предшественниками витаминов группы «**А**».

β – КАРОТИН:



Стероиды: строение и классификация

СТЕРОИДЫ

. . . содержат структуру **циклопентанпергидрофенантрена** (**гонана**).

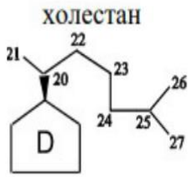
Известны 20000 стероидов, 100 из них находят применение в медицине.

Общие особенности химического строения стероидов:

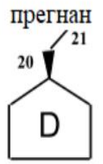
1) **С10** и **С13** атомы углерода стерановой основы имеют метильные заместители (ангулярные, т.е. угловые, метильные группы);
2) **у С3** атома углерода, обычно, присутствует кислородсодержащая функциональная группа (**гидрокси-, оксо-группы**);
3) **у С17** атома углерода углеводородный заместитель может отсутствовать или иметь разный состав; может содержать кратные связи.
4) **Углеводородная природа** этого заместителя является главным **признаком**, различающим родоначальные стероидные углеводороды, которые служат основой **химической классификации стероидов.**

Классификация стероидов, основанная на их химическом строении и характере физиологического действия

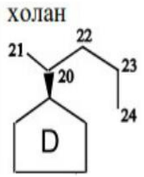
- **Стерины**



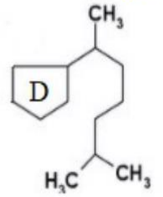
- ***Гормоны коры надпочечников (кортикостероиды)***



- **Желчные кислоты**



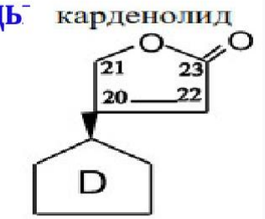
- **Витамины группы D**



- ***Половые гормоны (андрогены и эстрогены)***



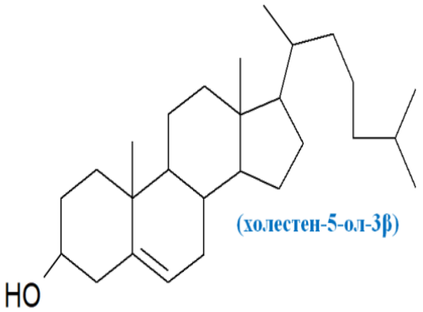
- **Сердечные гликозиды**



Холестерин и витамины группы D

СТЕРИНЫ И СТЕРИДЫ (ХОЛЕСТАНЫ)

ХОЛЕСТЕРИН (ХС)



Стерины являются в организме предшественниками **желчных кислот, стероидных гормонов, витаминов группы D.**

…впервые был обнаружен в 1775 г. итальянским врачом Э. Конради в желчных камнях.

• В организме встречается как в свободном состоянии, так и в виде сложного эфира.

• Содержится во всех тканях организма**, норма** в **плазме крови 3,9 – 6,5 ммоль/дм^3.**

Гиперхолестеринемия, гипохолестеринемия.

Образование ХС бляшек в сосудах имеет большое значение в развитии атеросклероза, инфарктов и инсультов.

ВИТАМИНЫ группы D

…относятся к группе жирорастворимых, впервые заболевание, обусловленное гиповитаминозом «D», было описано Ф. Глиссоном (1650 г.) – поражение скелета – рахит.

Синтез: из холестерина под действием УФО.

Биологическая роль:

- регуляция синтеза белка, обеспечивающего всасывание из кишечника «Са

- усвоение «Р» и лимонной кислоты

- регуляция «Р-Са» обмена и формирование костной ткани.

Нарушение указанных процессов приводит к возникновению заболеваний - рахита и остеопороза.

Желчные кислоты и половые гормоны

ЖЕЛЧНЫЕ КИСЛОТЫ (холаны)

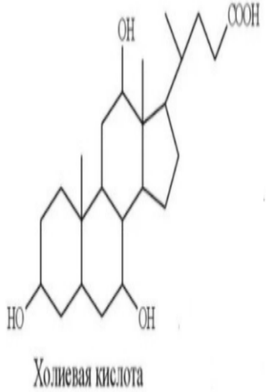
Место синтеза

Холевая кислота — *печень*

Гликохолевая кислота — *желчный пузырь*

Таурохолевая кислота, **Литохолевая** кислота — *тонкий кишечник, толстый кишечник*

Дезоксихолевая кислота — *(кишечные бактерии)*



Холиевая кислота

Функции: - эмульгирование жиров (соли желчных кислот – ПАВ)

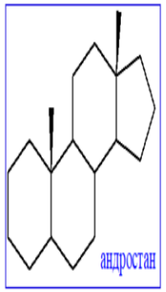
- активация липазы

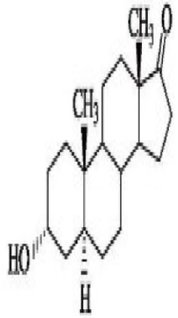
Лечение: - желчно-каменная болезнь

(урсодезоксихолевая, хенодехзоксихолевая кислоты).

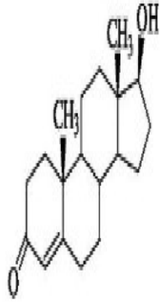
ПОЛОВЫЕ ГОРМОНЫ

АНДРОГЕНЫ *Место синтеза* - семенники





андростерон



тестостерон

андростерон

тестостерон

метилтестостерон

(синтетический аналог)

Функции:

- особенности мужского организма
- развитие вторичных мужских половых признаков
- нарушение «Р» и «N» обменов
- атрофия скелетной мускулатуры

Анаболический эффект - наращивание мышечной массы, усиление синтеза белка.

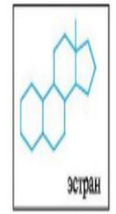
ПОЛОВЫЕ ГОРМОНЫ

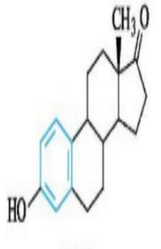
ЭСТРОГЕНЫ: *Место синтеза* - яичники.

эстрон

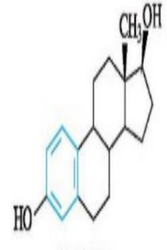
эстриол

эстрадиол





эстрон



эстрадиол

Функции:

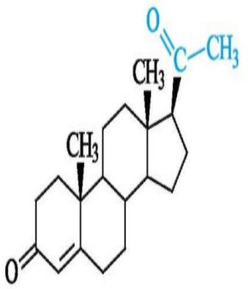
- особенности женского организма
- развитие вторичных половых признаков
- половой цикл
- беременность.

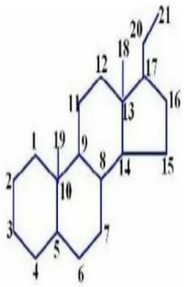
ГЕСТАГЕНЫ:

(гормоны беременности)

прогестерон

Эстрогены содержат *ароматическое* кольцо А.





прегнан

Лечение:

- половой недостаточности
- климактерических расстройств
- гипертонии
- онкологии.

Кортикостероиды и стероидные гормоны

КОРТИКОСТЕРОИДЫ (кортикоиды)

ГЛЮКОКОРТИКОИДЫ: ***Место синтеза*** – кора надпочечников

кортизол *(гидрокортизон)*

кортизон *(синтетический аналог)*

углеводного и белкового обменов

Функции:

- регуляторы
- теплорегуляторы

Лечение:

- артриты, экземы
- бронхиальная астма
- инфекционные



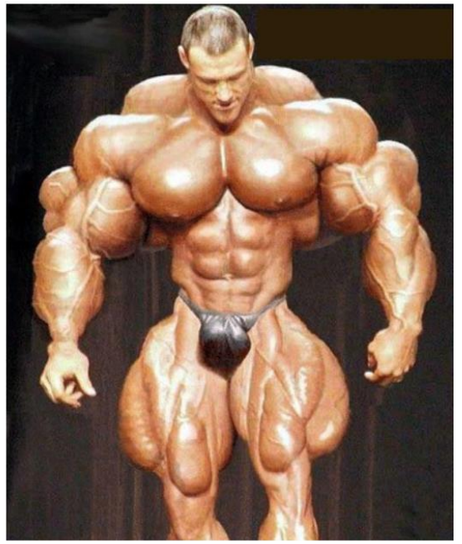


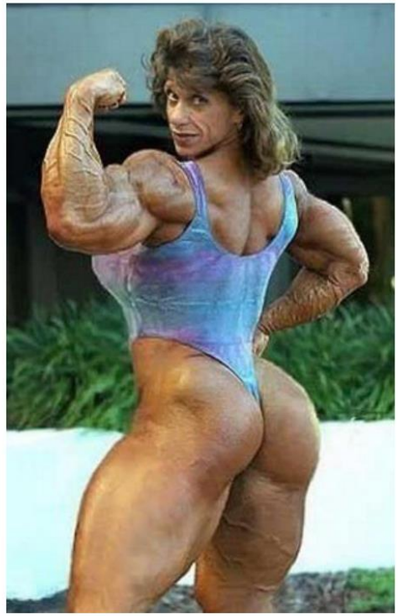


гепатиты

Оказывают противовоспалительное, противошоковое, антиаллергическое действие.

Стероидные гормоны





Многие синтетические гормоны стероидной природы используются в силовых видах спорта, в том числе и бодибилдинге.