Витамины

Витамины — незаменимые пищевые факторы, которые, при-сутствуя в пище в небольших количествах, обеспечивают нормальное развитие организма животных и человека и адекватное протекание биохимических и физиологических процессов. Витамины отличаются от всех других органических веществ тем, что они не используются организмом в качестве источника питания и не включаются в структуру тканей.

В 1911 году К. Функ впервые выделил тиамин, содержащий аминогруппу и ввел понятие «витамины» - «амины жизни».

Позднее выяснилось, что другие витамины не являются аминами (amine) и в английской транскрипции удалили букву «е» в конце:

vitamin~~e~~

Современная классификация витаминов основана на физико-химических свойствах или на химической природе витаминов. В зависимости от растворимости в воде или в неполярных органических растворителях различают водо- и жирорастворимые витамины. К жирорастворимым относятся витамины A, D, E и K, остальные витамины — водорастворимые.

Номенклатура витаминов

- **Тривиальная** → А, С, РР, B_1 ….
- **Химическая** → Тиамин ….
- **Медицинская** → Антиневритный …

Витамин	Биологический эффект	Активная (коферментная) форма	Биохимическая функция (тип катализируемой реакции	Рекомендуемая суточная доза для человека, мг
Жирорастворимые витамины				
А (ретинол)	Антиксерофтальмический	Ретиналь	Зрительный процесс	2,7
D (кальциферолы)	Антирахитический	1,25-диоксихолекальциферол	Обмен кальция и фосфора	0,01—0,025
Е (токоферол)	Антистерильный, витамин размножения	—	Транспорт электронов (защита мембранных липидов)	5,0
К (филлохинон)	Антигеморрагический	—	Перенос электронов (кофактор в реакциях карбоксилирования)	1,0

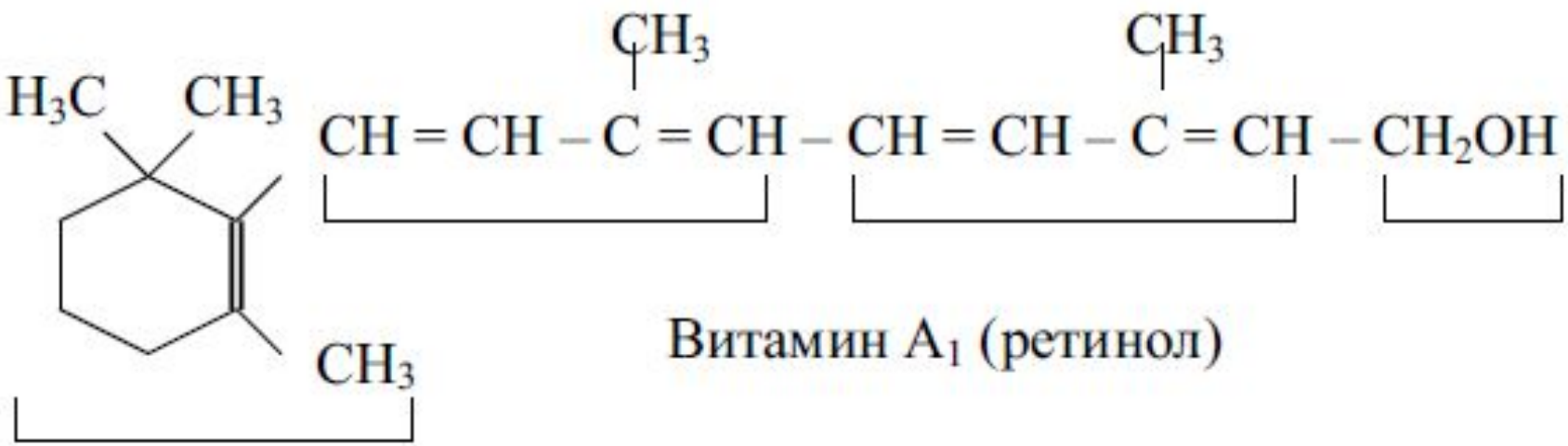
Водорастворимые витамины				
B_1 (тиамин)	Антиневритический	Тиаминпирофосфат, тимидиндифосфат	Декарбоксилирование α-кетокислот, перенос активного альдегида (транскетолаза)	1,2
B_2 (рибофлавин)	Витамин роста	Флавинадениндинуклеотид, флавинмононуклеотид	Дыхание, перенос водорода	1,7
B_3 (пантотеновая кислота)	Антидерматитный	Коэнзим А (кофермент А)	Транспорт кислотных групп	3—5
B_6 (пиридоксин)	Антидерматитный	Пиридоксальфосфат	Обмен аминокислот, перенос аминогрупп	2

B_{12} (кобаламин)	Антианемический	Дезоксиаденозилкобаламин	Кофермент метаболических реакций переноса алкильных групп, метилирование гомоцистеина)	0,003
Вс (фолиевая кислота)	Антианемический	Тетрагидрофолиевая кислота	Транспорт одноуглеродных групп	1—2,2
PP (никотинамид, никотиновая кислота)	Антипеллагрический	НАД, НАДФ	Дыхание, перенос водорода	18
Н (биотин)	Антисеборейный, фактор роста бактерий, дрожжей и грибков	Биоцитин (ε-N-биотинилизин)	Кофермент реакций карбоксилирования	0,25
С (аскорбиновая кислота)	Антискорбутный	—	Восстанавливающий кофактор для группы монооксигеназ, гидроксилирование пролина, катаболизм тирозина	75

Жирорастворимые витамины

- Витамин А (ретинол);
- Витамин D (холекальциферол);
- Витамин Е (токоферол);
- Витамин К (филлохинон).

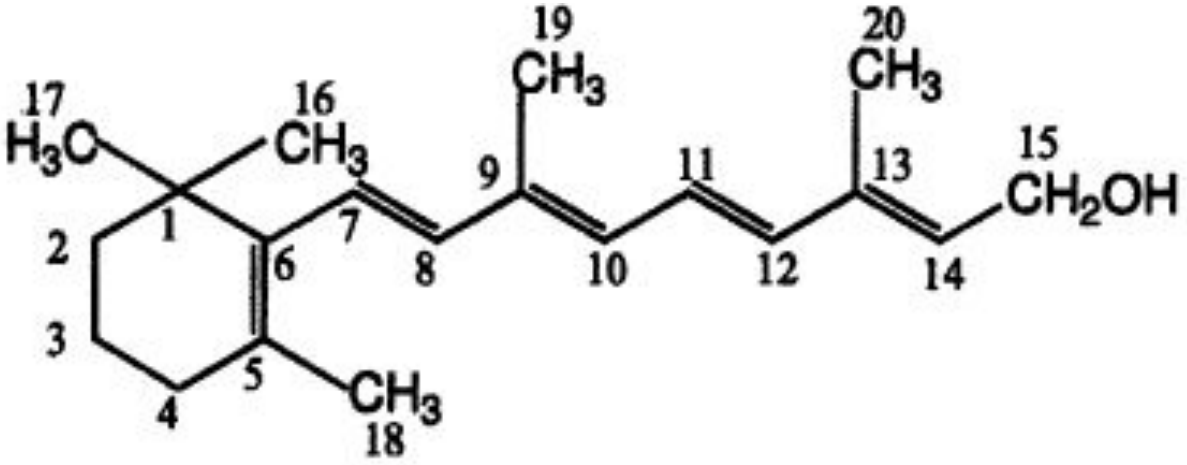
Витамин А



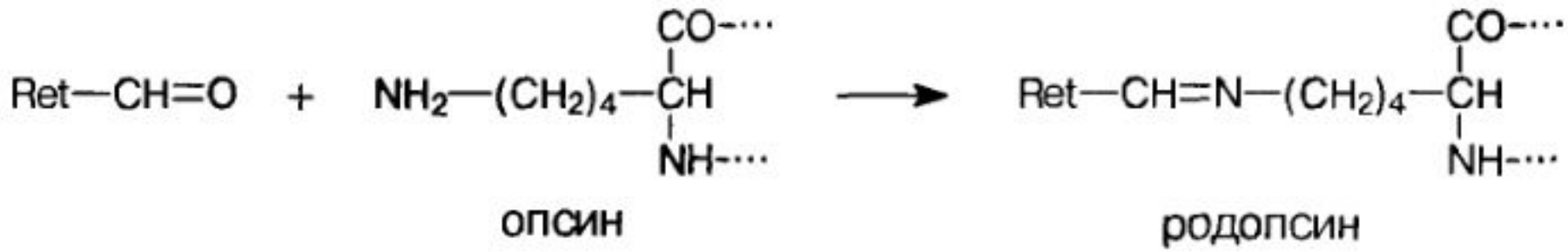
Витамин A_1 (ретинол)

Витамин А (ретинол, антиксерофтальмический витамин) существует в трех формах: как то витамины A_1, A_2 и цис форма витамина A_1 (неовитамин А). Ретинол представляет собой циклический непредельный одноатомный спирт, состоящий из первичной спиртовой группы, соединенной через два остатка изопрена с шестичленным кольцом (β-иононом).

Витамин А оказывает влияние на проницаемость клеточных мембран и биосинтез их компонентов (в частности, гликопротеинов), а также на барьерную функцию кожи и слизистых оболочек. Вероятна причастность витамина А к синтезу белка. Благодаря наличию двойных связей в молекуле витамин А может участвовать в окислительно-восстановительных реакциях (образует перекиси, повышающие скорость окисления других соединений).



(транс-9,13-Диметил-7-(1,1,5-триметилциклогексен-5-ил-6)нонатетраен-7,9,11,13-ол-15)

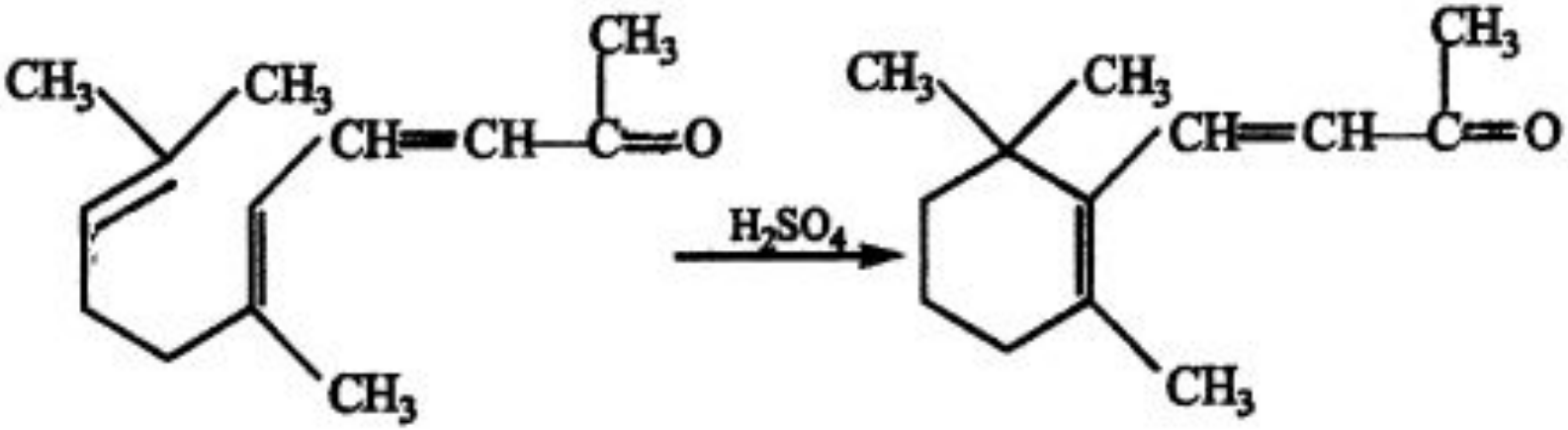


Витамин А играет важную роль в процессе светоощущения. Сложный белок родопсин (зрительный пурпур), являющийся одним из двух основных светочувствительных пигментов, состоит из липопротеина опсина и простетической группы, представленной альдегидом витамина A_1 (ретиналем). На свету родопсин распадается на белок опсин и ретиналь, который после серии конформационных изменений превращается в транс форму. С этим превращением связан процесс трансформации энергии световых лучей в зрительное возбуждение. В темноте происходит обратный процесс — синтез родопсина, требующий наличия активной формы альдегида — 11-цис ретиналя, который может синтезироваться из цис ретинола, транс ретиналя или транс формы витамина А при участии ферментов дегидрогеназы и изомеразы.

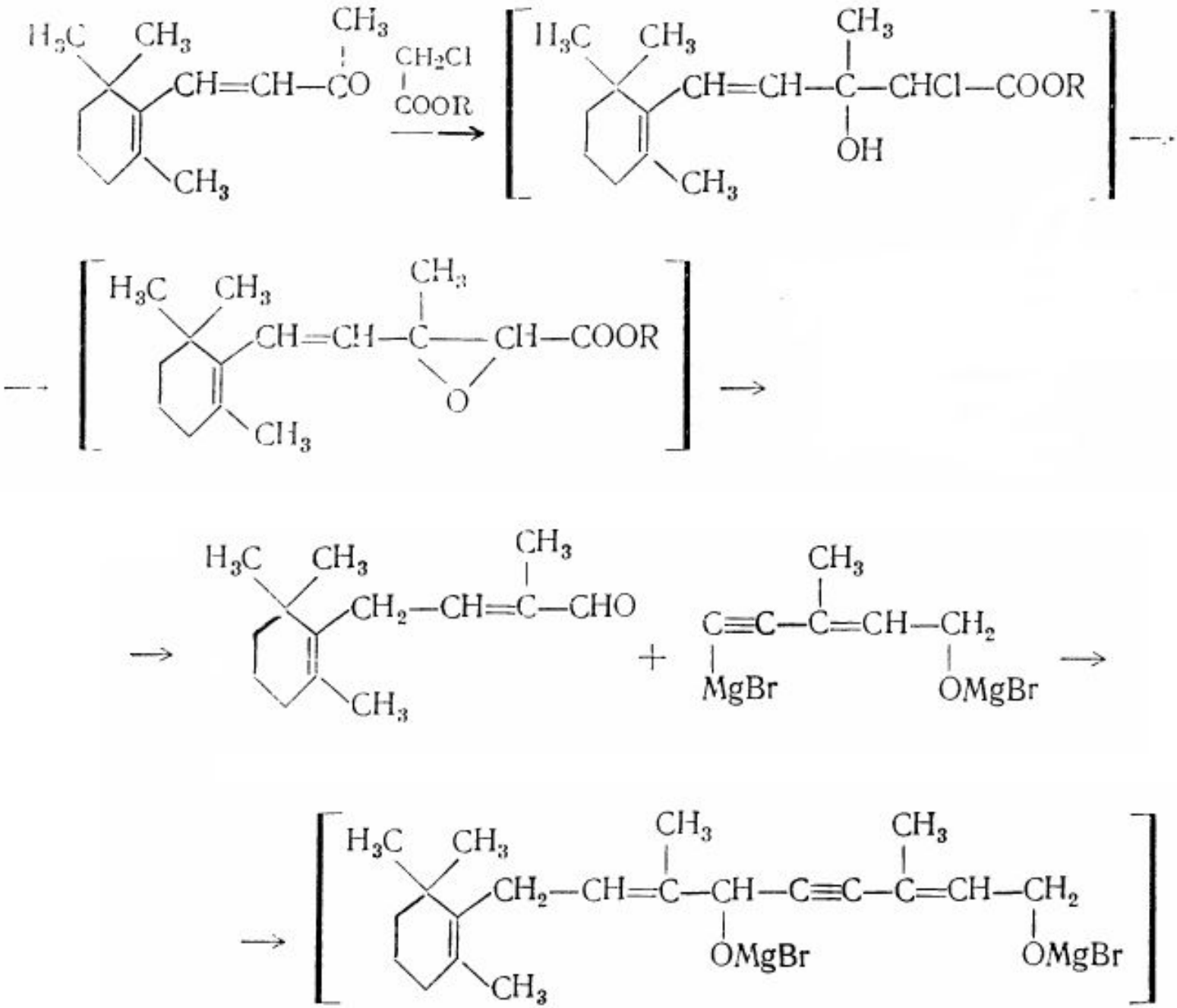
Метод синтеза витамина А

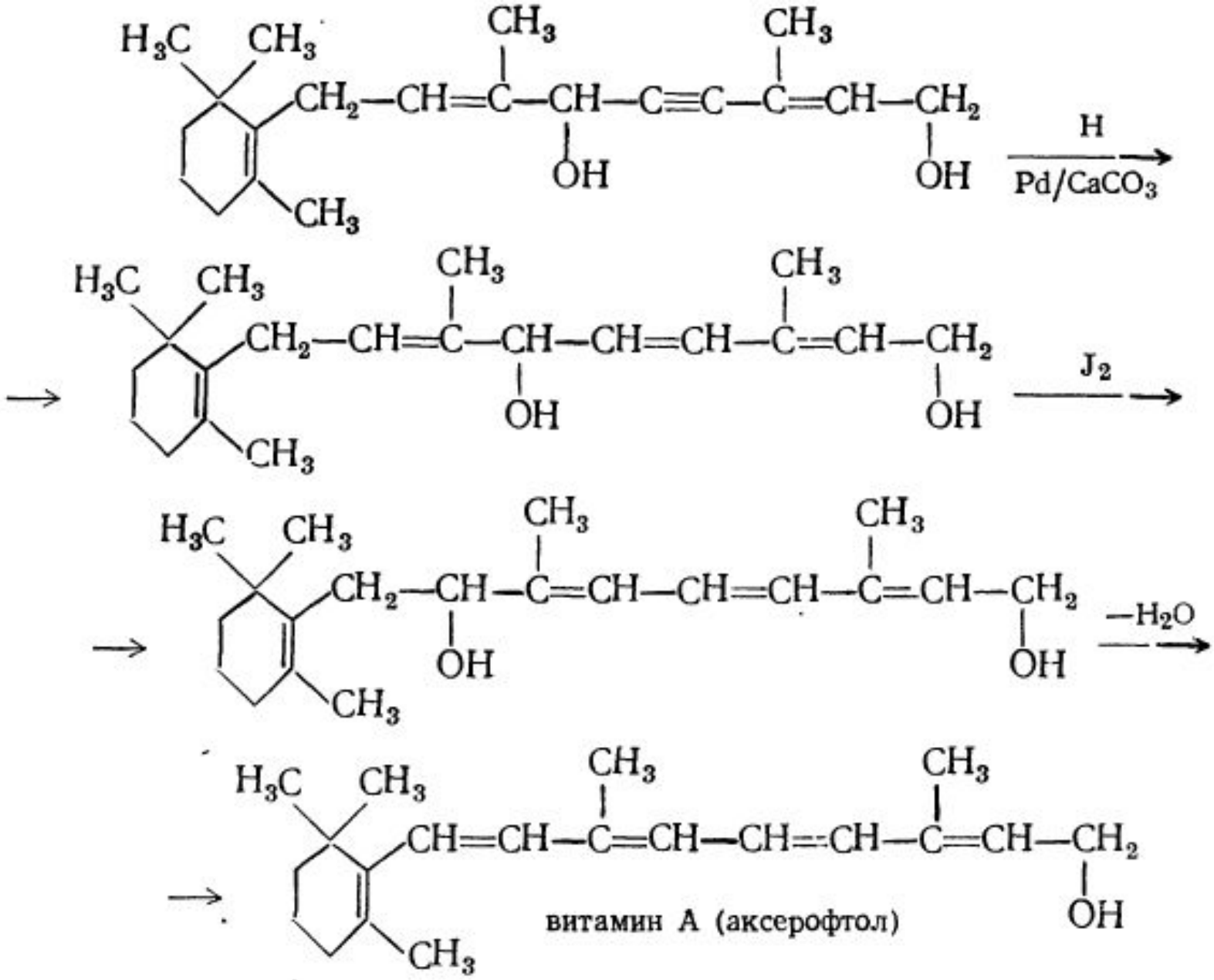
Химическая схема производства

1. Синтез β-ионона (из псевдоионона):

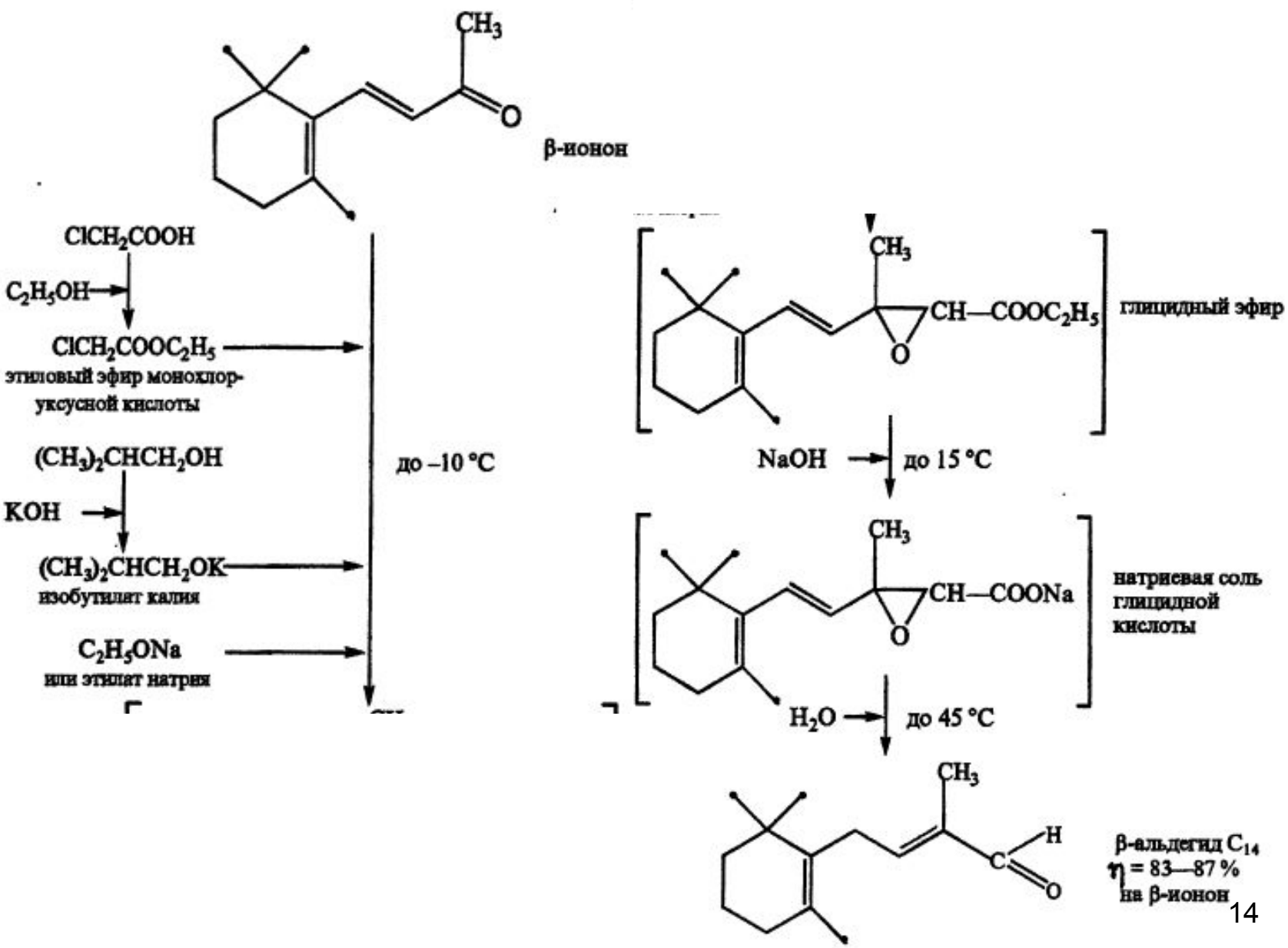


Реакция циклизации катализируется кислотами.

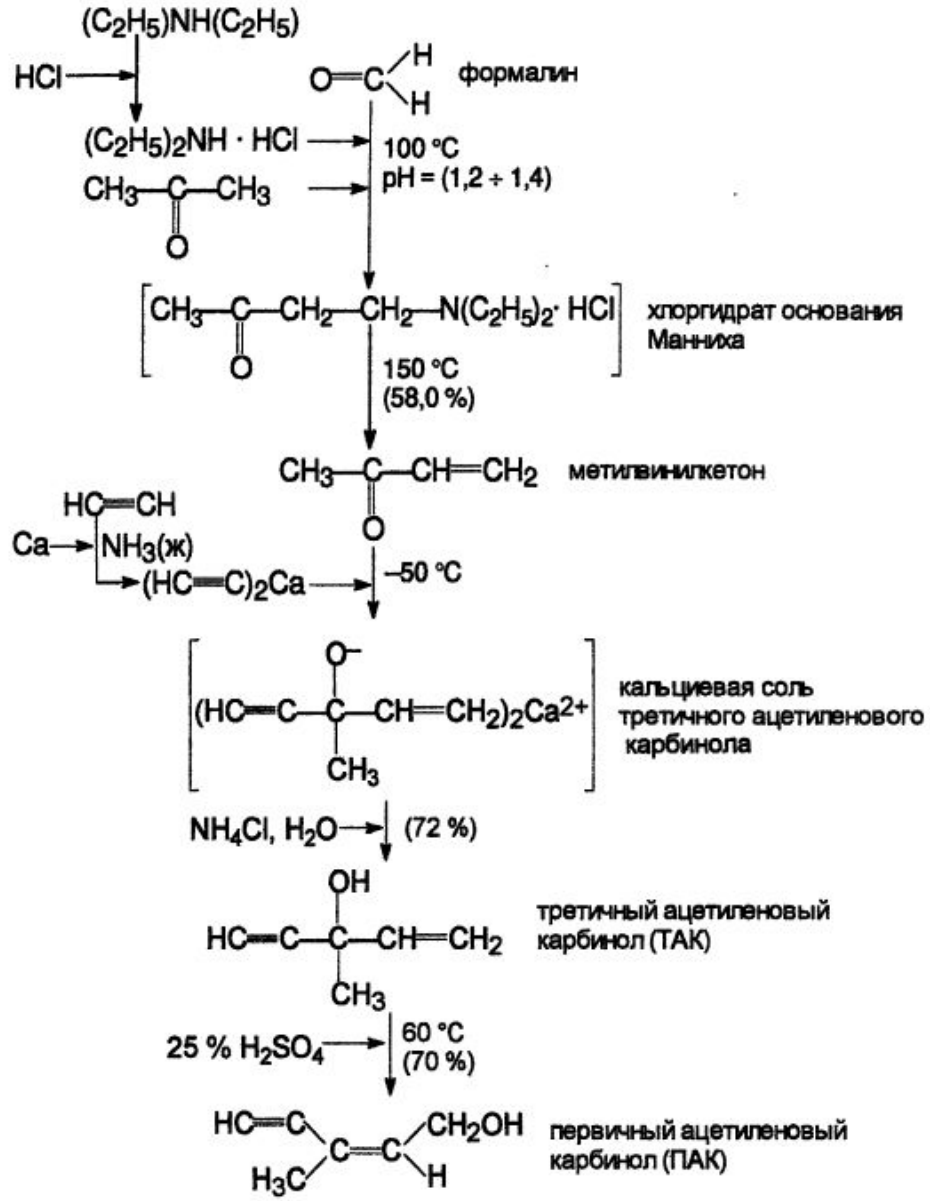

H3C CH3 CH3
CH=CH—CO
CH2Cl
COOR
CH3
H3C CH3 CH3
CH=CH—C—CHCl—COOR
OH
CH3
H3C CH3 CH3
CH=CH—C—CH—COOR
O
CH3
H3C CH3 CH3
CH2—CH=C—CHO
CH3
CH3
C≡C—C=CH—CH2
MgBr
OMgBr
H3C CH3 CH3 CH3
CH2—CH=C—CH—C≡C—C=CH—CH2
OMgBr
OMgBr
CH3


H
Pd/CaCO3
J2
–H2O
витамин А (аксерофтол)

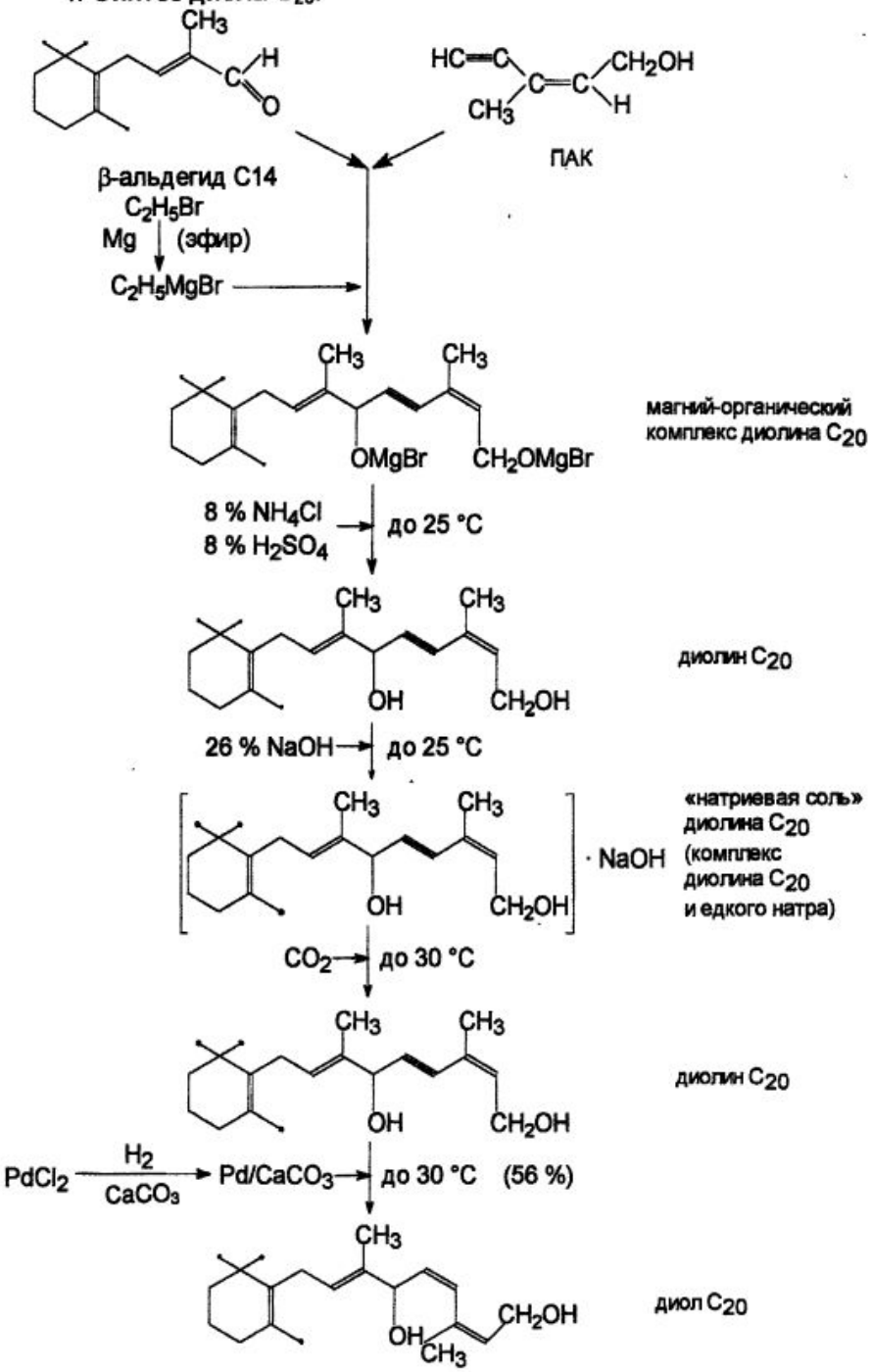
2. Синтез компонента C_{14} (β-альдегида C_{14}):



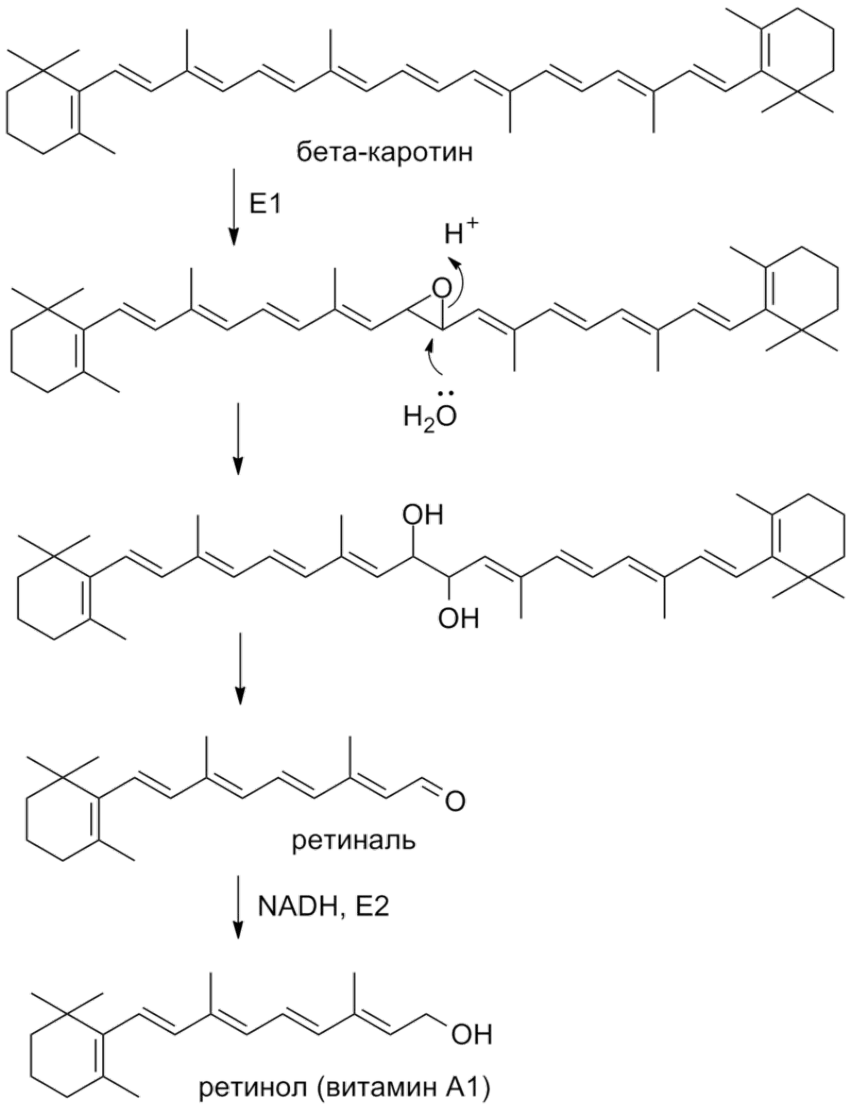
3. Синтез компонента C_6 (первичного ацетиленового карбинола, ПАК):



4. Синтез диола C_{20}:

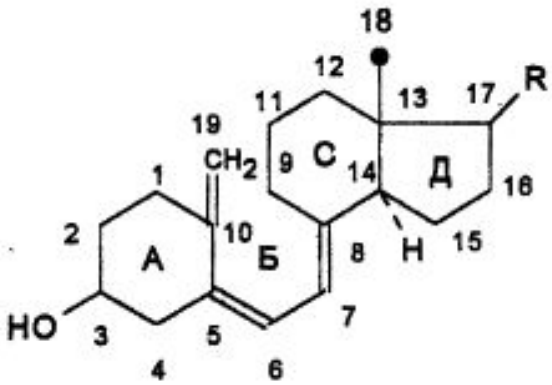


Природный источник витамина А

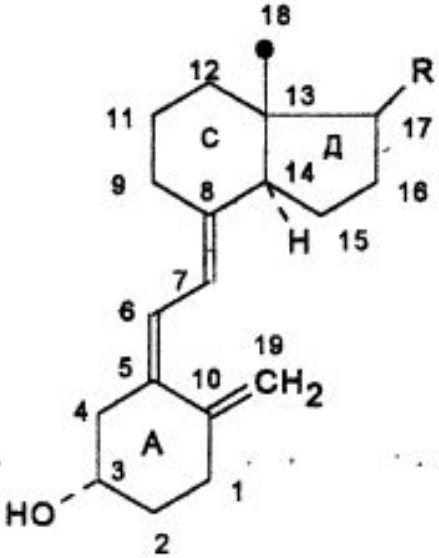


E1 — бета-каротин-15,15'-монооксигеназа
E2 — ретинолдегидрогеназа

Витамины группы Д (кальциферолы)



S-цис-конфигурация (6,7-цис-)

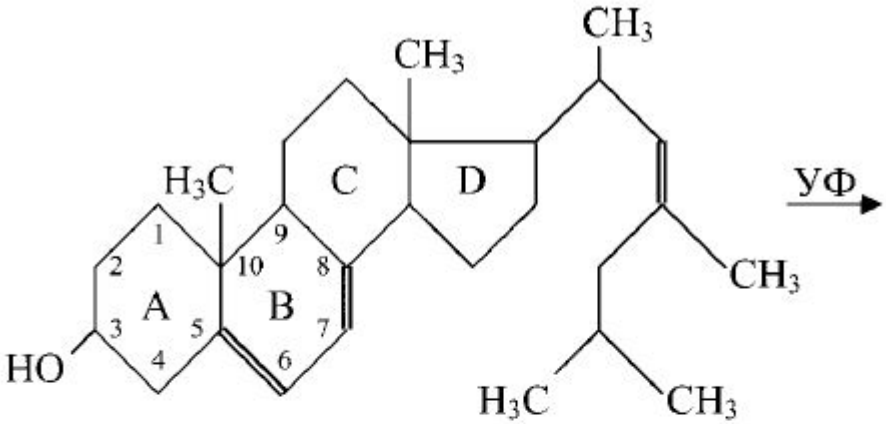


S-транс-конфигурация (6,7-транс-)

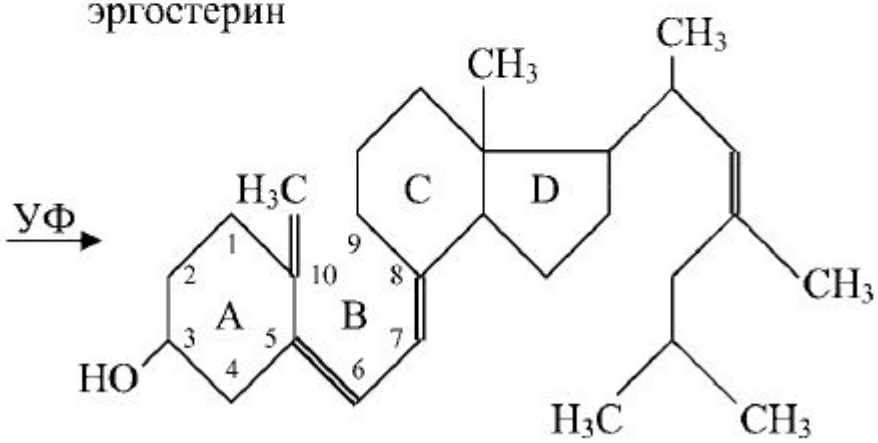
Витамин D (кальциферол, антирахитический витамин) существует в природе в виде нескольких соединений (различающихся по химическому составу и биологической активности) витаминов D_2 (эргокальциферола) и D_3 (холекальциферола). Известен также витамин D_4 (дигидроэргокальциферол). Предшественником витамина D_2 является провитамин D_2 (эргостерин) — одноатомный ненасыщенный циклический спирт, в основе структуры которого лежит циклопентанпергидрофенантрен. Под действием УФ-излучения эргостерин через ряд промежуточных продуктов превращается в витамин D_2.

Эргокальциферол ($Д_2$)

Витамин D (кальциферол, антирахитический витамин) существует в природе в виде нескольких соединений (различающихся по химическому составу и биологической активности) витаминов D_2 (эргокальциферола) и D_3 (холекальциферола). Известен также витамин D_4 (дигидроэргокальциферол). Предшественником витамина D_2 является провитамин D_2 (эргостерин) — одноатомный ненасыщенный циклический спирт, в основе структуры которого лежит циклопентанпергидрофенантрен. Под действием УФ-излучения эргостерин через ряд промежуточных продуктов превращается в витамин D_2.



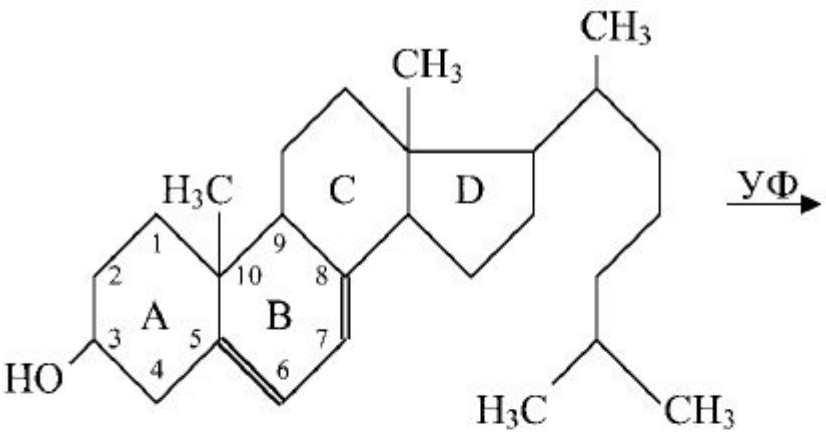
эргостерин



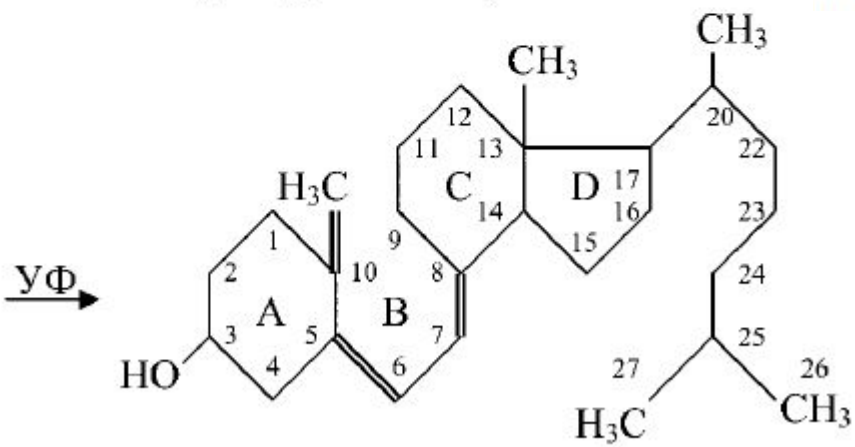
витамин D_2 (эргокальциферол)

Витамин $Д_3$

Предшественником витамина D_3 является провитамин D_3 (7-дегидрохолестерин), который при УФ-облучении превращается в активный витамин D_3. Благодаря наличию холестерина и 7-дегидрохолестерина в составе липидов кожи человека возможен синтез витамина D_3 при солнечном или УФ-облучении. Витамины D_2 и D_3 представляют собой бесцветные кристаллы с температурой плавления 115—117 °С, нерастворимые в воде, но растворимые в жирорастворителях. Витамин D выполняет свои биологические функции в организме в форме активных метаболитов — 1,25-диоксихолекальциферола [$1,25(OH)_2D_3$] и 24,25-диоксихолекальциферола [$24,25(OH)_2D_3$]. Процесс гидроксилирования в положениях 2, 5 осуществляется в печени, в положении 1 —в почках. Эти метаболиты функционируют в системе регуляции обмена кальция и минерализации костной ткани. $1,25(OH)_2D_3$ регулирует всасывание кальция и фосфора в кишечнике, резорбцию костной ткани и реабсорбцию кальция и фосфора в почечных канальцах.

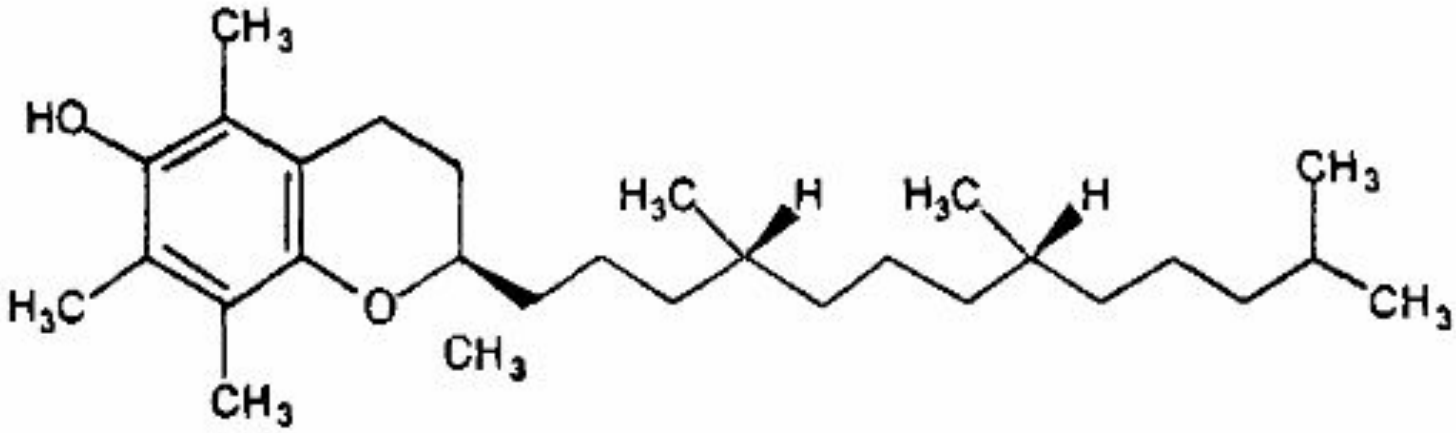


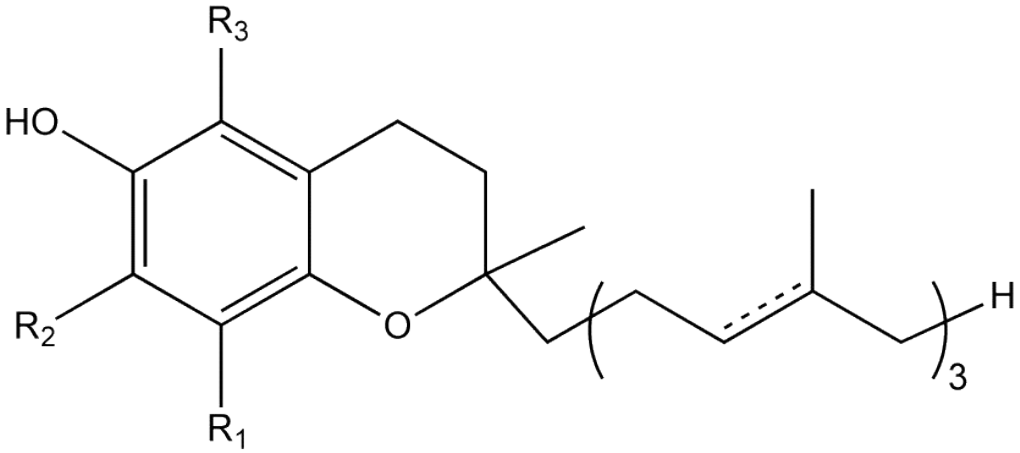
7-дегидрохолестерин



витамин D_3 (холекальциферол)

Витамины Е





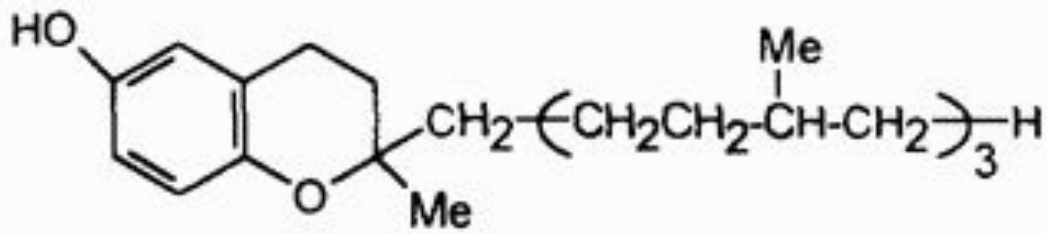
α-tocopherol, $R_1 = R_2 = R_3 = CH_3$
α-tocotrienol, $R_1 = R_2 = R_3 = CH_3$

β-tocopherol, $R_1 = R_3 = CH_3$; $R_2 = H$
β-tocotrienol, $R_1 = R_3 = CH_3$; $R_2 = H$

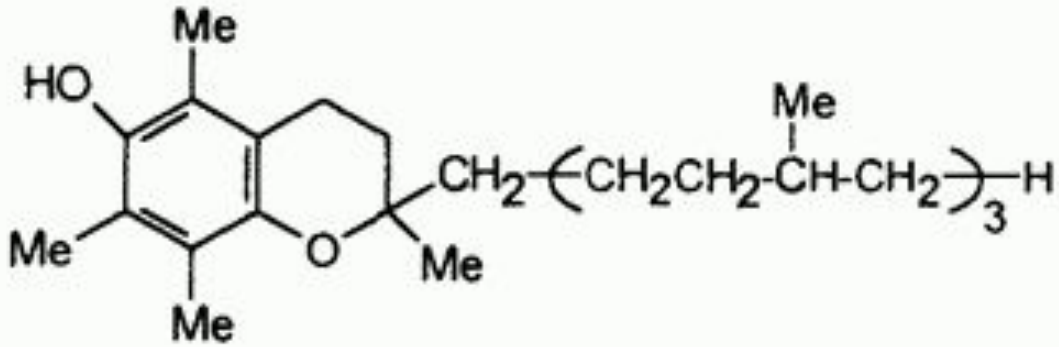
γ-tocopherol, $R_1 = R_2 = CH_3$ $R_3 = H$
γ-tocotrienol, $R_1 = R_2 = CH_3$ $R_3 = H$

δ-tocopherol, $R_1 = R_2 = R_3 = H$
δ-tocotrienol, $R_1 = R_2 = R_3 = H$

Витамин Е, или токоферол (от гр. *tokos* — «потомство», *phe-ro* — «несу»), — активное вещество, предохраняющее от бесплодия животных и человека. Впервые витамин Е был выделен из масла пшеничных зародышей и хлопкового масла. Существует пять природных соединений, обладающих биологической активностью витамина Е, — α, β, γ, δ-токоферолы и 8-метилтокотриенол. Все токоферолы являются производными 2-метил-2(4′, 8′, 12′-триметилтридецил)-хроман-6-ола, или токола.



(1) токол



(2) α-токоферол

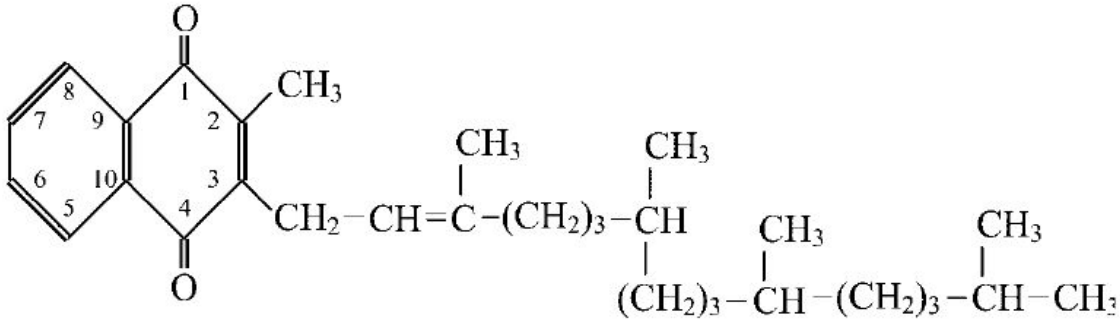
Биологическая роль витамина Е

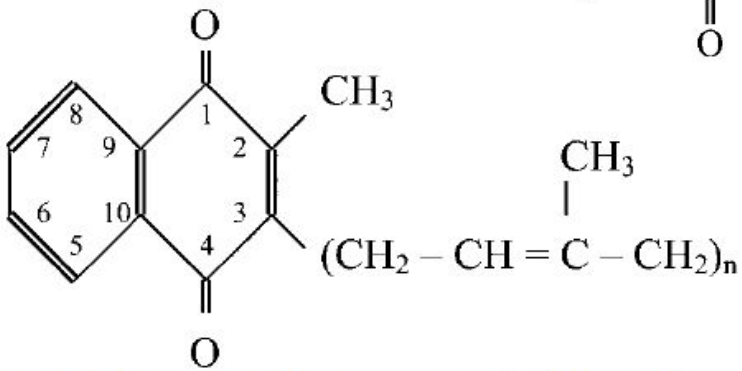
Между витамином Е и тканевым дыханием существует прямая связь, а между витамином Е и степенью окисления липидов — обратная. Токоферолы являются наиболее активными природными жирорастворимыми антиоксидантами: они разрушают наиболее активные формы кислорода, предохраняя таким образом от окисления полиненасыщенные жирные кислоты. Кроме того, токоферолы играют специфическую роль в обмене селена, который является составной частью фермента глутатионпероксидазы, обеспечивающего защиту мембран от повреждающего действия пероксидных радикалов. Таким образом, биологическая роль токоферолов сводится к предотвращению окисления мембранных липидов и снижению потребности клеток в глутатионпероксидазе, разрушающей образующиеся в клетке перекиси.

Витамины группы К

Согласно номенклатуре биологической химии к витаминам группы К относятся два типа хинонов с боковыми цепями, состоящими из изопреноидных звеньев, — витамины K_1 (филлохинон) и K_2 (менахинон).

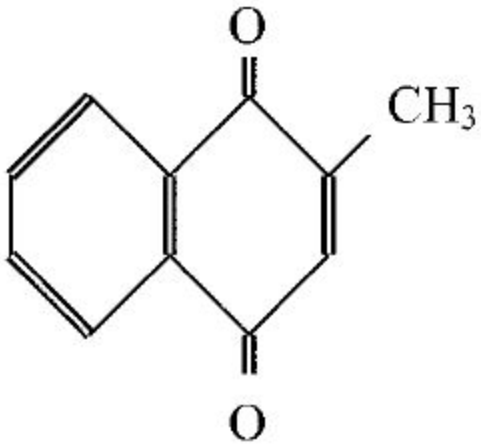
В основе их химической структуры лежит кольцо 1,4-нафтохинона. Витамин К является компонентом дыхательной цепи у некоторых бактерий вместо убихинона.



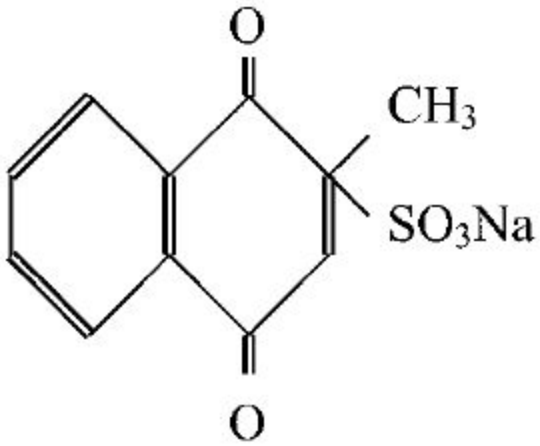


витамин K_2 (менахининон, n = 6,7 или 9)

аналог витамина К, лишенный боковой цепи в положении 3, называется витамином K_3 (менадиол, или 2-метил-1,4-нафтохинон). По своей сути это провитамин К. Наиболее широкое применение в медицинской практике нашел именно витамин K_3 в виде растворимого в воде бисульфитного производного — викасола.



витамин K_3



викасол

Биологическая роль витамина К

Витамин К является антигеморрагическим фактором, существенно укорачивающим время свертывания крови. Он принимает участие в синтезе протромбина в печени и стимулирует биосинтез в печени витамин К-зависимых плазменных факторов свертывания крови — II, VII, IX, X.

Водорастворимые витамины

- Витамин В1 (тиамин);
- Витамин В2 (рибофлавин);
- Витамин РР (никотиновая кислота, никотинамид, витамин В3);
- Пантотеновая кислота (витамин В5);
- Витамин В6 (пиридоксин);
- Биотин (витамин Н);
- Фолиевая кислота (витамин Вс, В9);
- Витамин В12 (кобаламин);
- Витамин С(аскорбиновая кислота);
- Витамин Р (биофлавоноиды).

Коферменты

Коферменты, органические молекулы, которые связываются с ферментами и участвуют в катализе определенных метаболических реакций. В отсутствие коферментов эти реакции невозможны. Для синтеза большинства коферментов организмы животных используют витамины. Все водорастворимые витамины за исключением витамина С (аскорбиновой кислоты) входят в состав коферментов.

Если кофермент прочно связан с белком, его называют ***простетической группой.***

Таким образом, можно провести следующие разграничение:

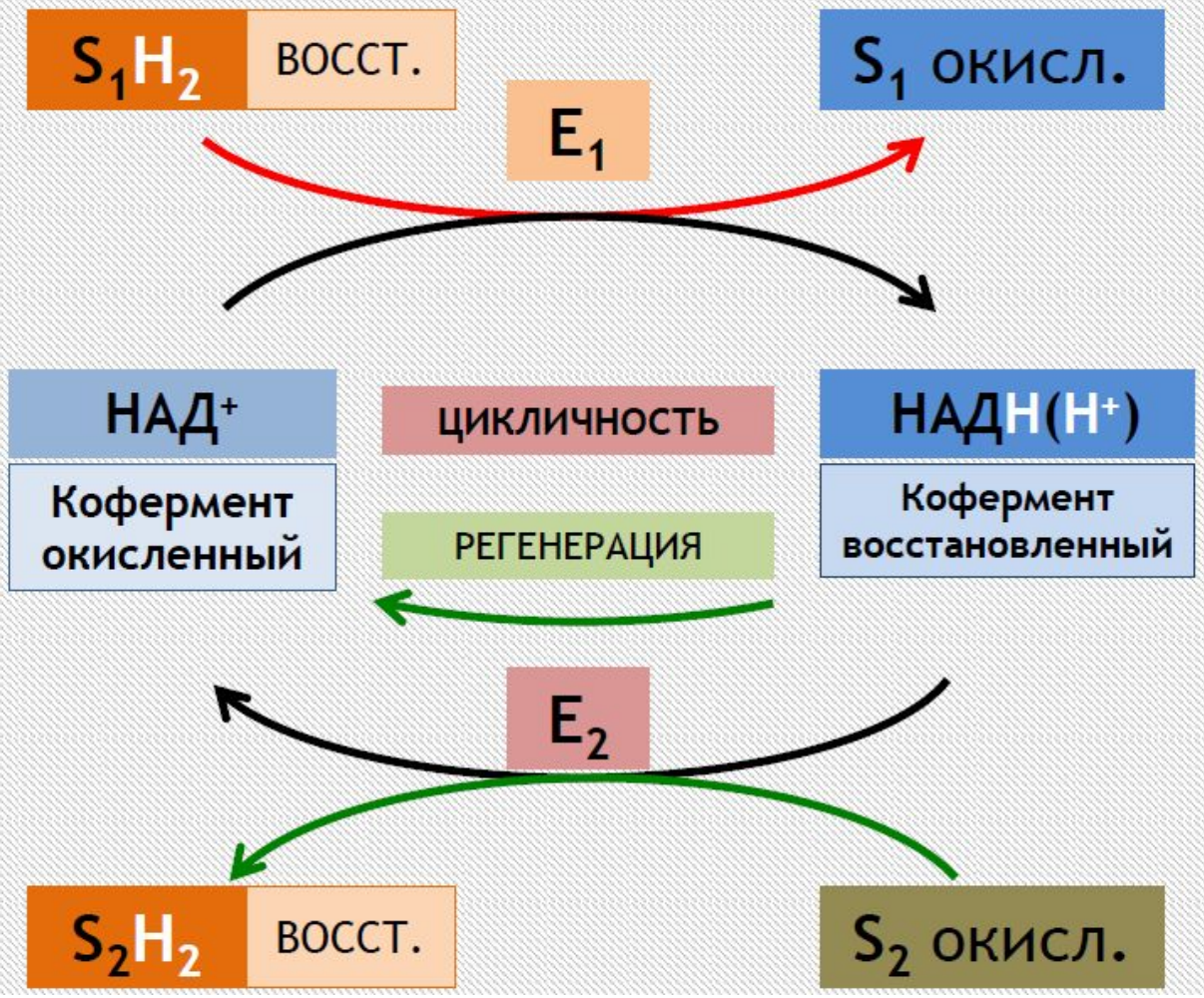
А) витамины – это соединения, выполняющие свою витаминную роль самостоятельно;

Б) витамины –коферменты – соединения, выполняющие определенную биохимическую функцию в виде производных, т.е. в виде коферментов;

Фермент без кофермента **НЕ** активен,
но именно **апофермент** определяет специфичность:
узнает субстрат.

Возможно, что у одного фермента будут 2 кофермента.
Кофермент всегда присоединяется обратимо в
активном центре (по трем точкам минимум).

Кофермент часто обеспечивает цикличность процессов и нужен в очень малых количествах.

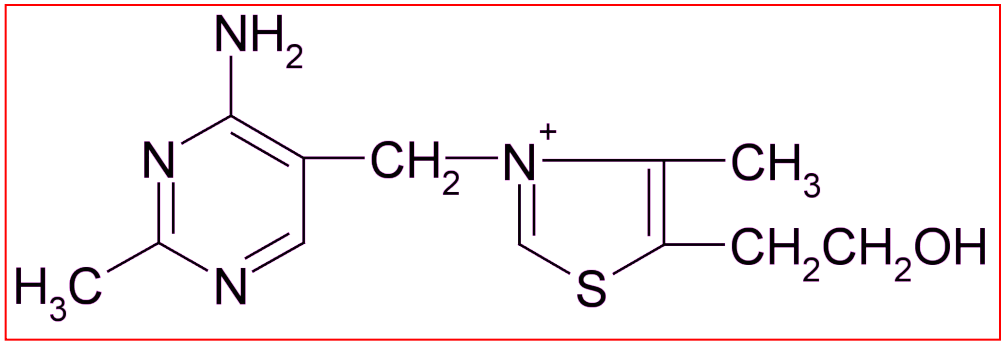


E_1 и E_2 - разные ферменты, а кофермент общий: он регенерируется и практически одной его молекулы хватит, чтобы превратить много молекул S_1 и S_2.

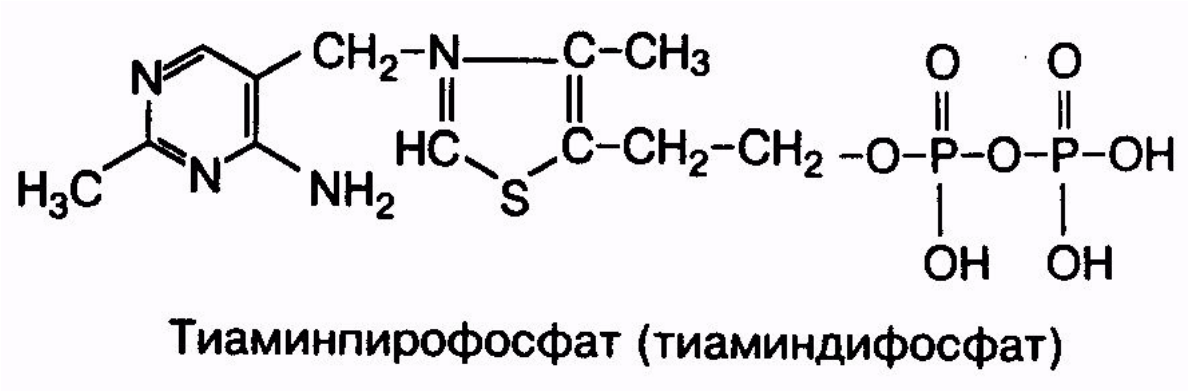
Витамины, входящие в состав коферментов

Витамин	Кофермент	Реакции
Тиамин (В1)	Тиаминпирофосфат	транспорт альдегидных групп
Рибофлавин (В2)	ФАД, ФМН	окисление-восстановление
Пиридоксин (В6)	Пиридоксальфосфат	активация аминокислот
Ниацин	НАД, НАДФ	окисление-восстановление
Пантотеновая кислота	Коэнзим А	транспорт ацильных групп
Липоевая кислота	липоамид	активация ацильных групп
Биотин	Биотин	транспорт CO2
Фолевая кислота	тетрагидрофолат	транспорт одноуглеродных групп
Витамин В12	цианкобаламид	транспорт метильных групп

Витамин B_1 - Тиамин - Антиневритный



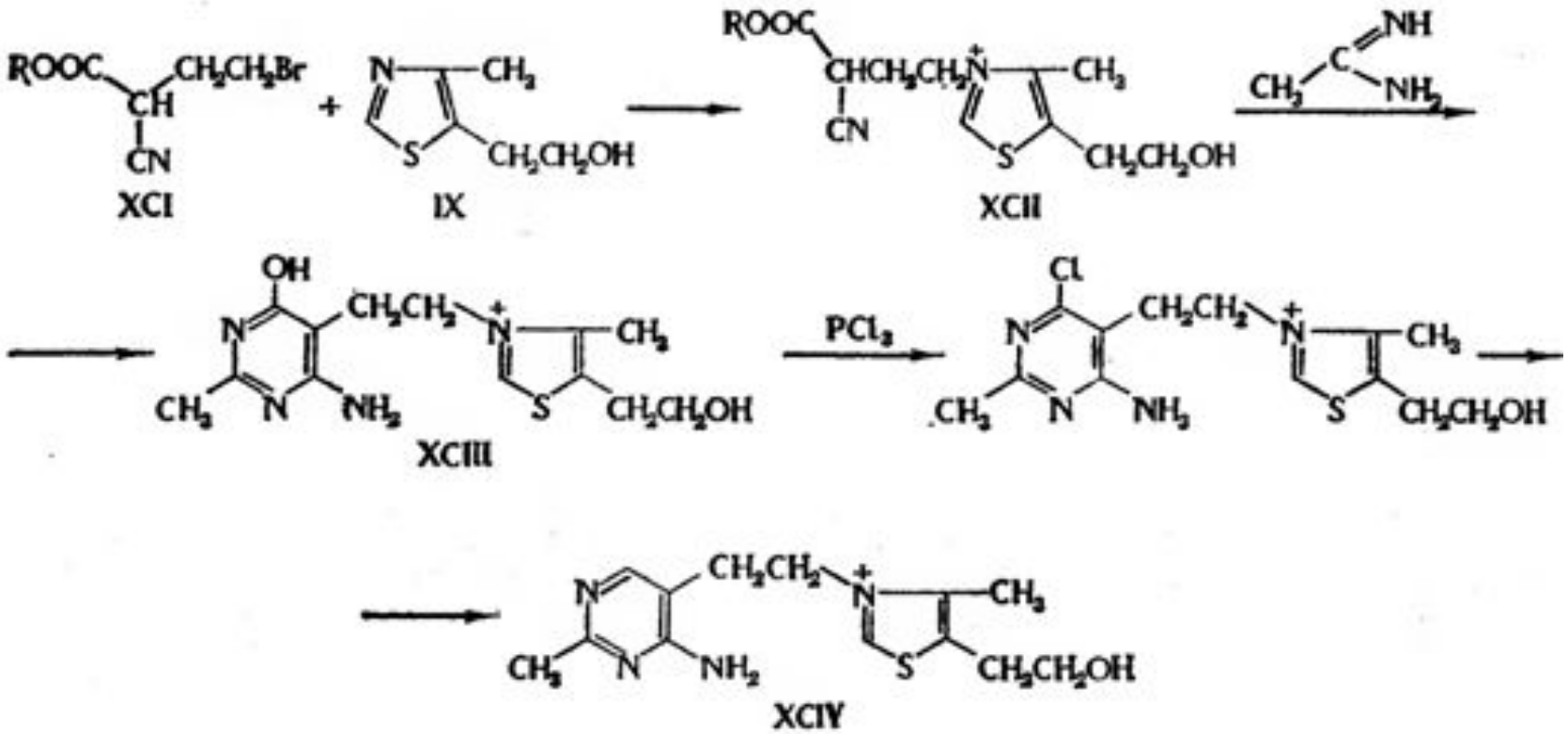
Кофермент: тиаминдифосфат (ТДФ)



Биол. роль:

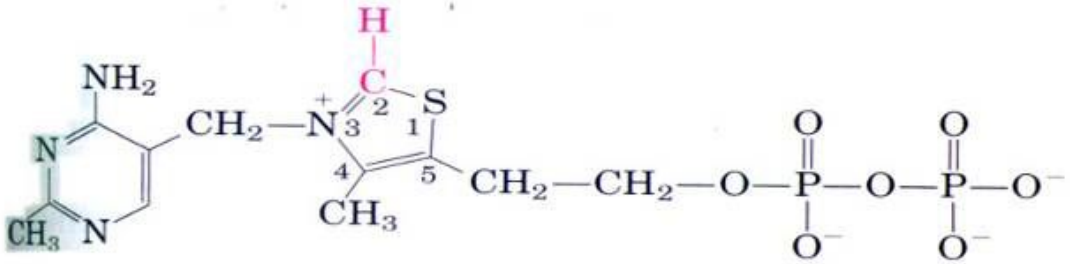
- **окислительное декарбоксилирование пирувата**
- **пентозофосфатный цикл**
- **катаболизм углеводов, белков, липидов**
- **компонент нервных клеток**

Получение витамина B_1



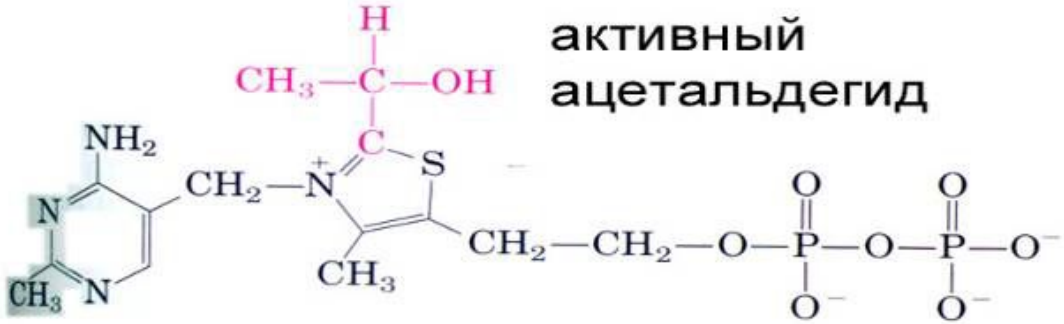
Тиаминпирофосфат- производное витамина В1

тиазолиновое кольцо



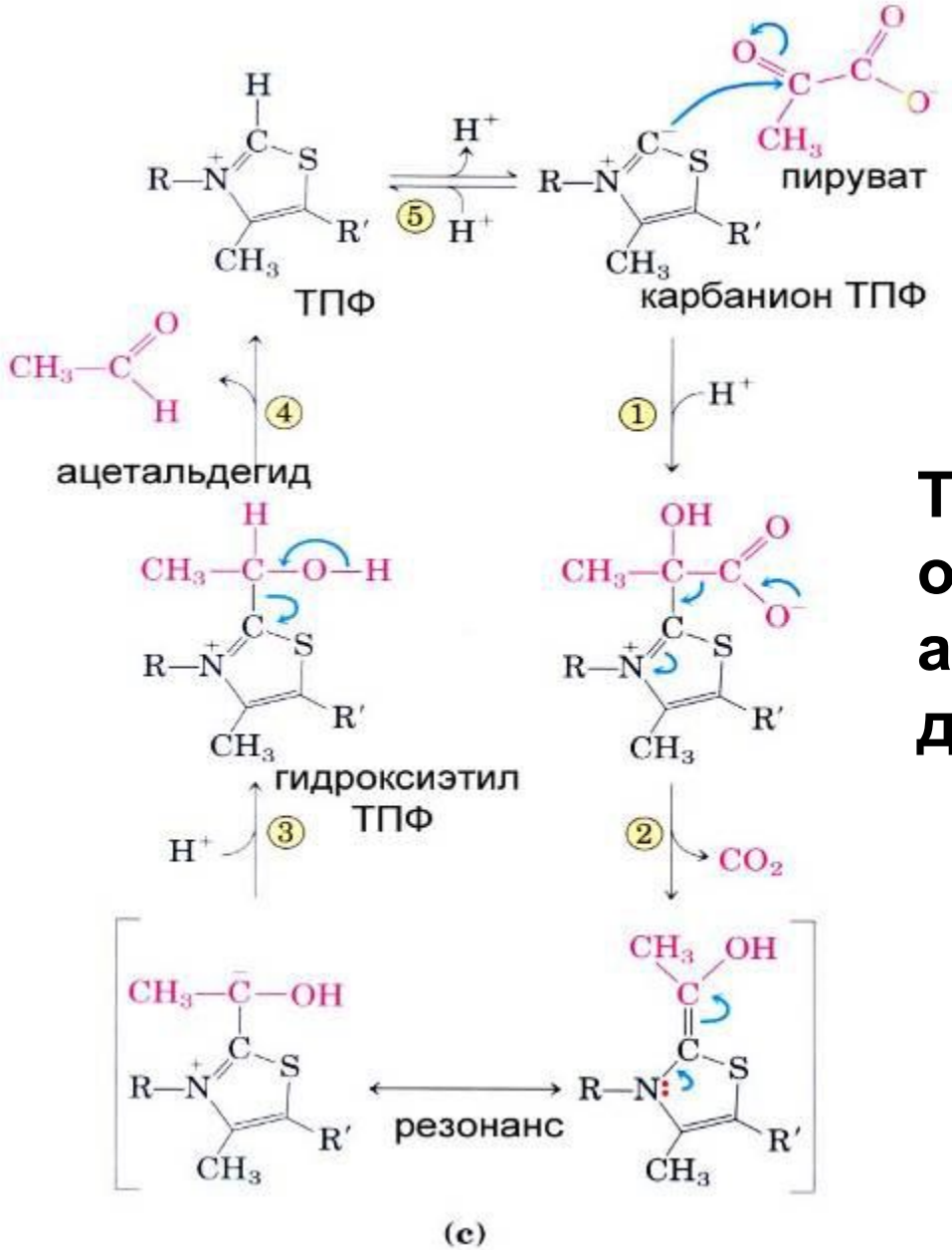
Тиаминпирофосфат

активный ацетальдегид



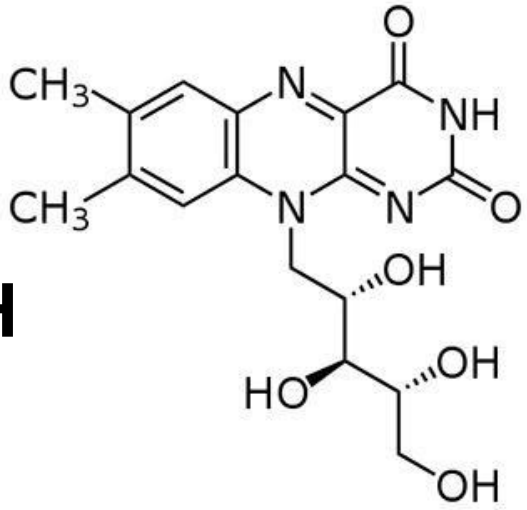
Гидроксиэтилтиаминпирофосфат

Катализ с использованием ТПФ



Тиаминпирофосфат обеспечивает перенос альдегидных групп и декарбокислирование

Витамин B_2 - Рибофлавин



Коферменты: ФАД, ФМН

Бил. роль вит. B_2:

- образование энергии
- тканевое дыхание
- обмен нейромедиаторов, вит. B_9
- обезвреживание токсинов
- синтез эритропоетина

Флавиновые коферменты

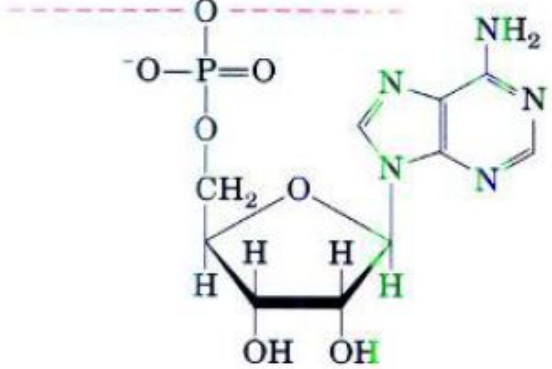
Изоаллоксазиновое кольцо

(ФМН)

ФАДН* (семихинон)

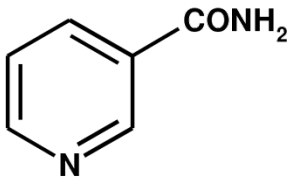
ФАДН2 (полностью восстановленный)

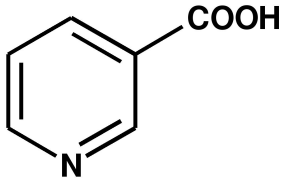
ФАД



Флавинадениндинуклеотид (ФАД) и флавинмононуклеотид (ФМН)

Витамин PP (B_3) – никотинамид, ниацин, никотиновая кислота, антипеллагрический





Коферменты: НАД, НАДФ

Вит. PP синтезируется из триптофана
60 мг триптофана = 1 мг вит. PP

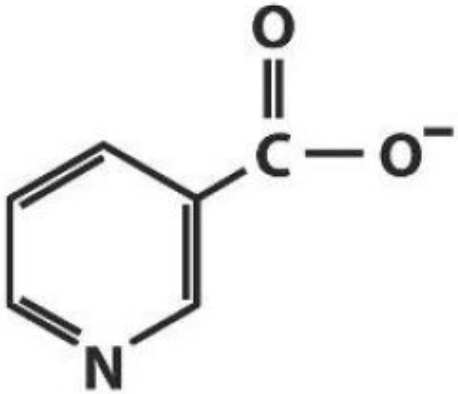
Биол. роль :

- тканевое дыхание
- образование энергии
- обезвреживание токсинов
- синтез стероидов, жирных кислот

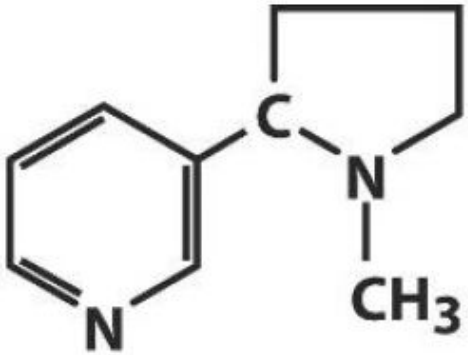
Никотиновая кислота:

- улучшает микроциркуляцию
- антиатерогенное действие (↑ЛПВП)

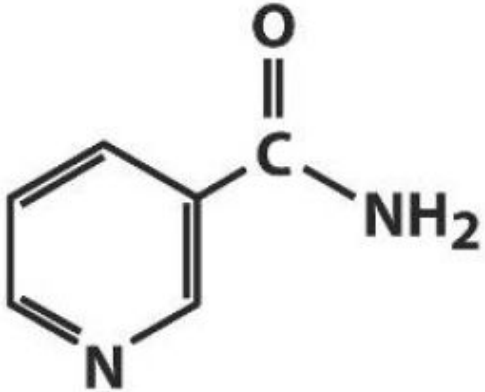
Никотиновая кислота и ее производные



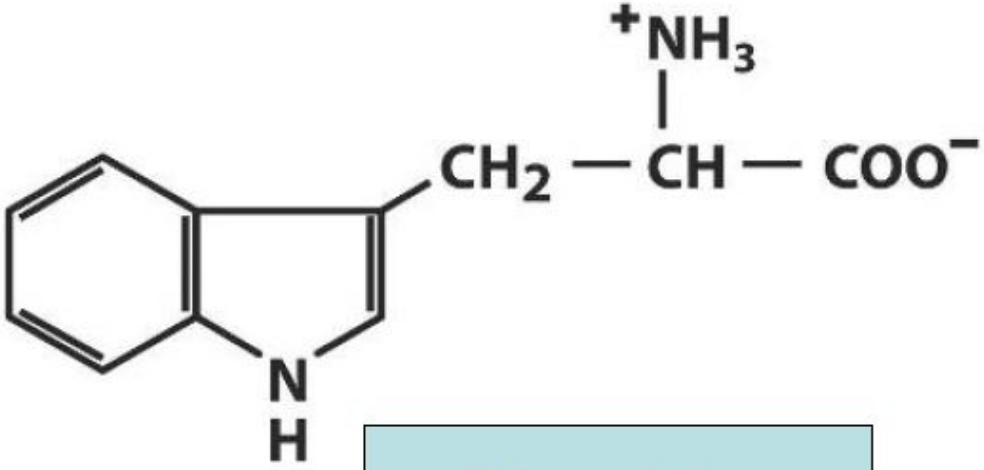
Ниацин
(никотиновая кислота)



никотин



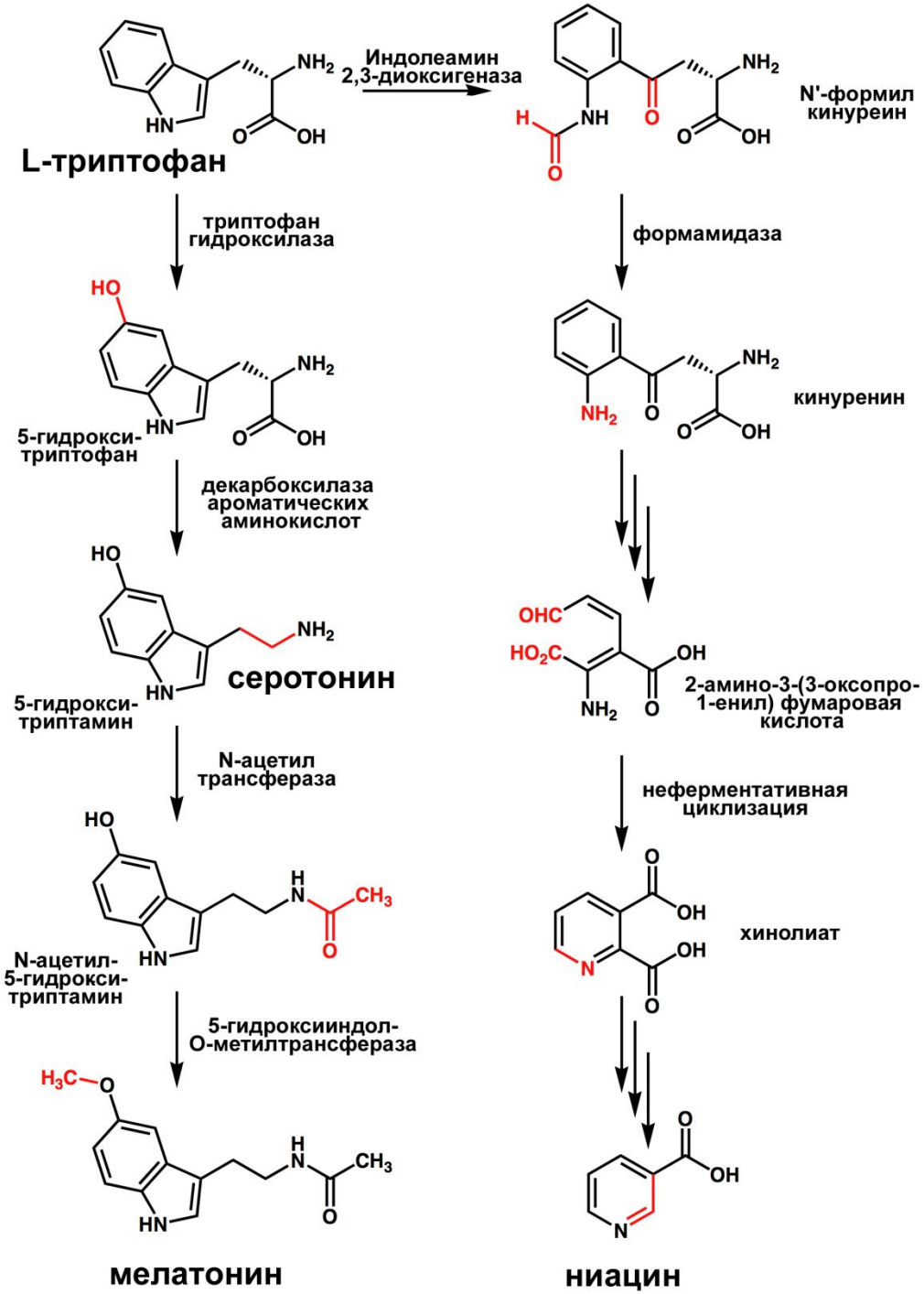
Никотинамид



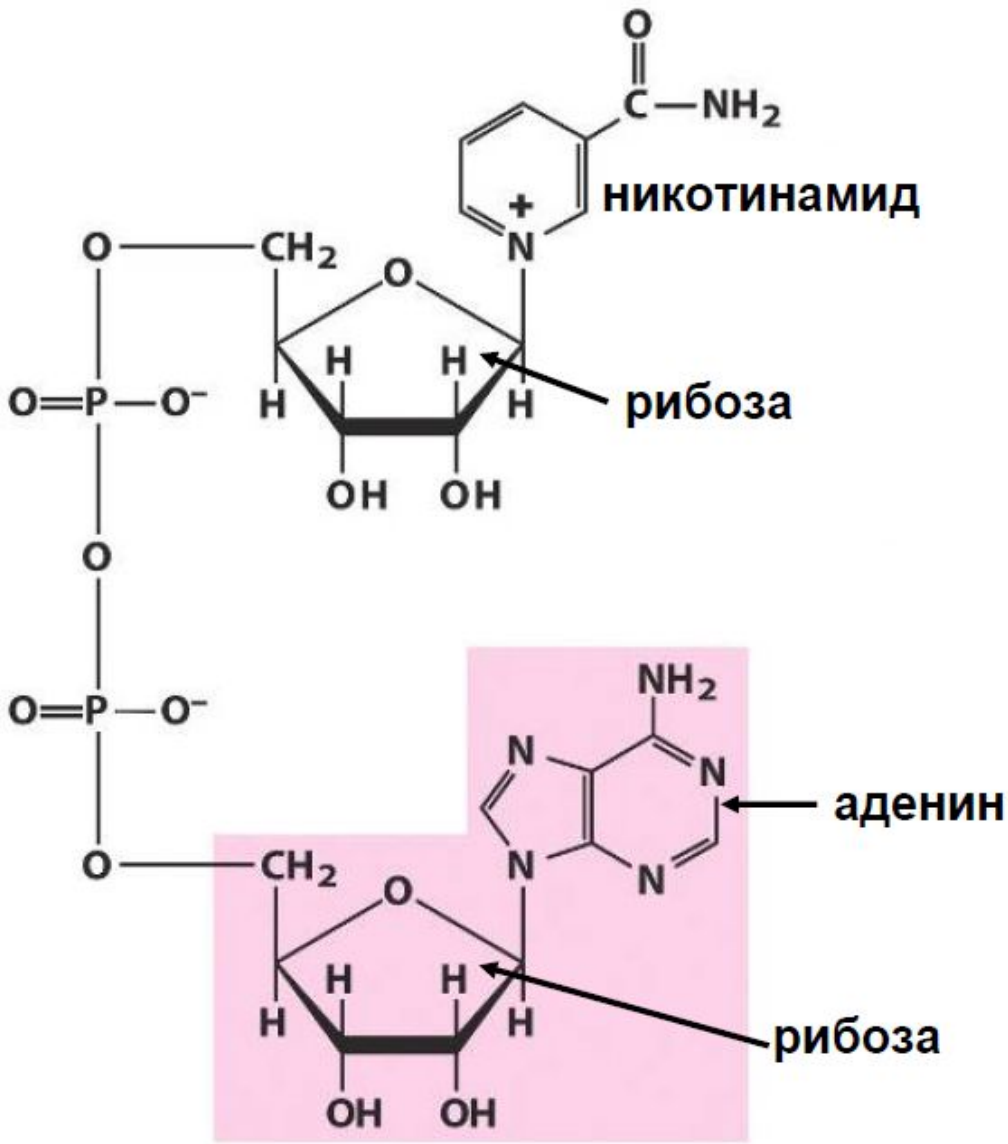
Триптофан

Витамин PP входит в состав никотинамидадениндинуклеотида (НАД) и никотинамидадениндинуклеотидфосфата (ФАД), которые являются коферментами большого числа дегидрогеназ, участвующих в окислительно-восстановительных реакциях. Некоторые дегидрогеназы могут использовать только НАД или НАДФ (малатдегидрогеназа и глюкозо-6-фосфатдегидрогеназа соответственно), другие (глутаматдегидрогеназа) могут катализировать окислительно-восстановительные реакции в присутствии любого из них. НАД и НАДФ в процессе биологического окисления играют роль промежуточных переносчиков протонов и электронов между окисляемым субстратом и флавиновыми ферментами.

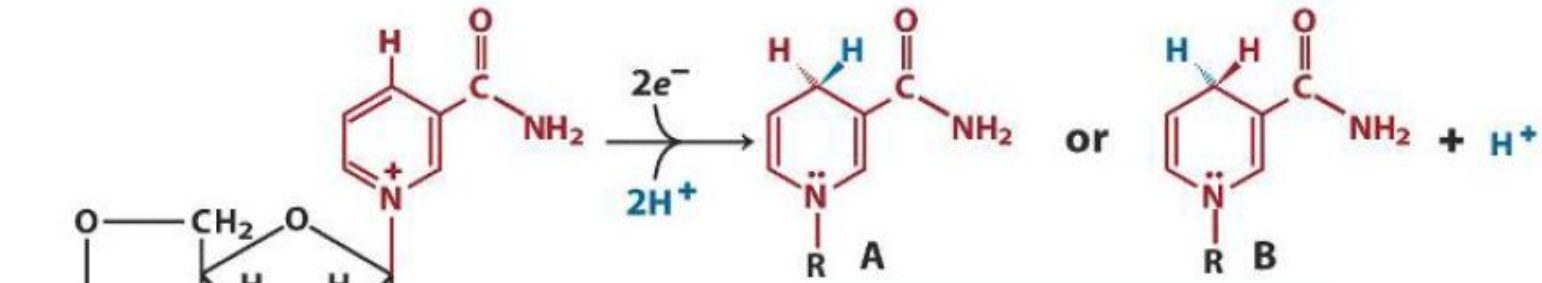
Биосинтез никотиновой кислоты



Никотинамидадениндинуклеотид (структура)



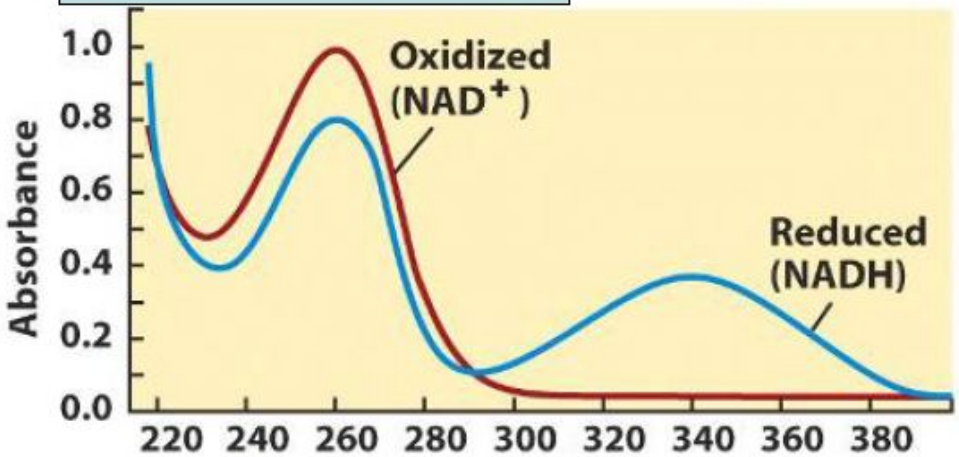
Никотинамидадениндинуклеотид (свойства)



НАД+ (восстановленный

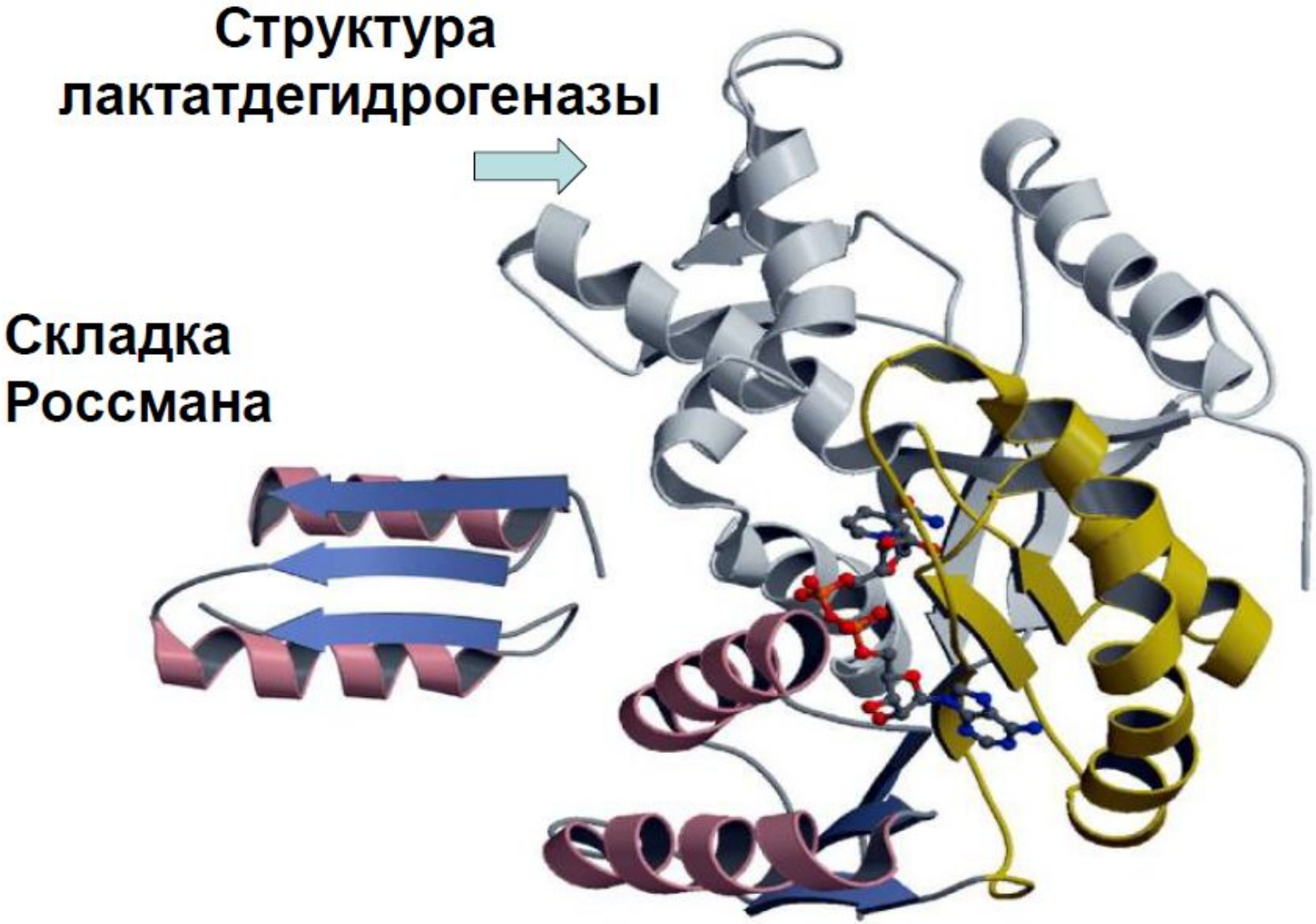
НАД+ окисленный)

В молекуле НАДФ+ эта группа этерифицирована фосфатом

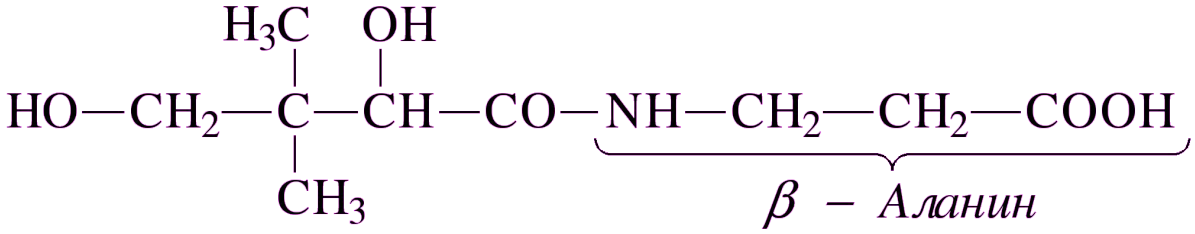


Длина волны

НАД-связывающий домен (складка Россмана)



Пантотеновая кислота (B_5), антидерматитный

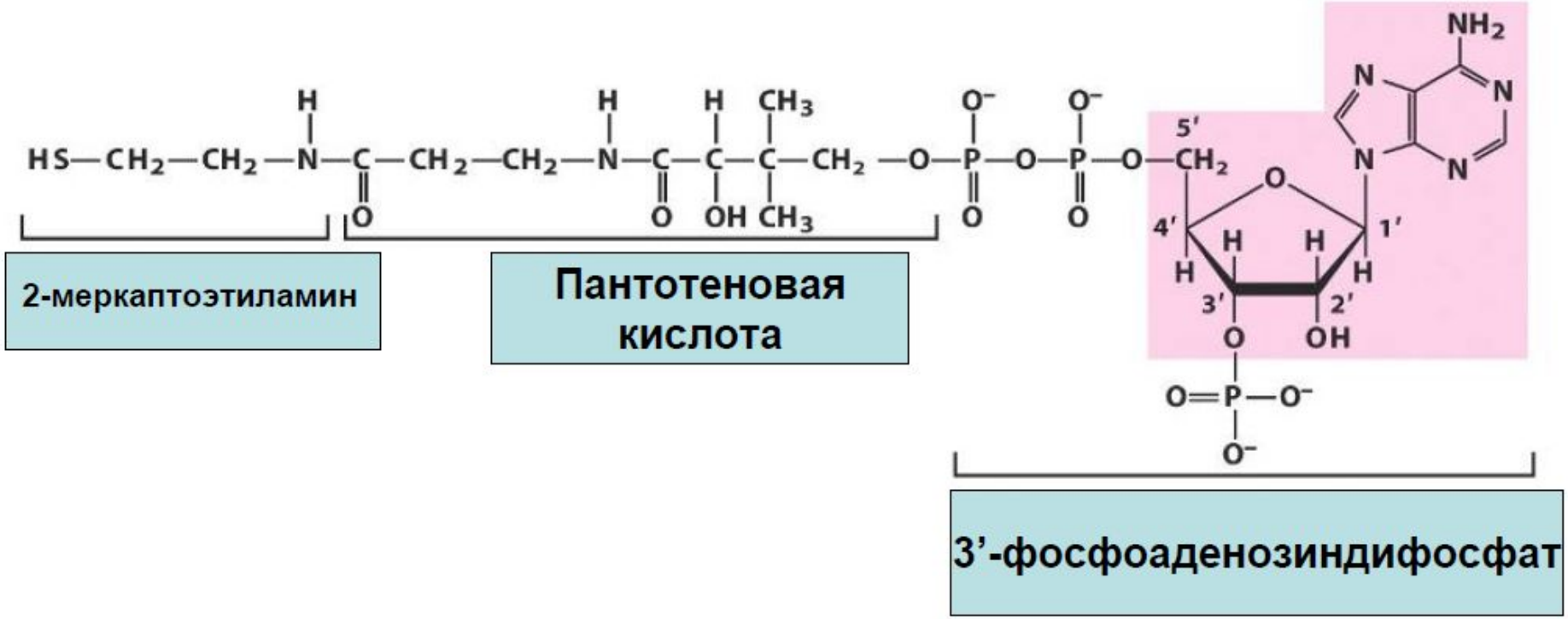


Кофермент: КоА-SH

Биол. роль:

- активация жирных кислот
- синтез липидов, стероидов
- синтез гема
- окислительное декарбоксилирование α-кетокислот

Кофермент А


2-меркаптоэтиламин
Пантотеновая кислота
3’-фосфоаденозиндифосфат

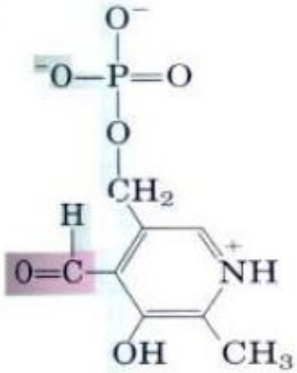
Витамин B_6 - пиридоксин антидерматитный

Кофермент: ПАЛФ

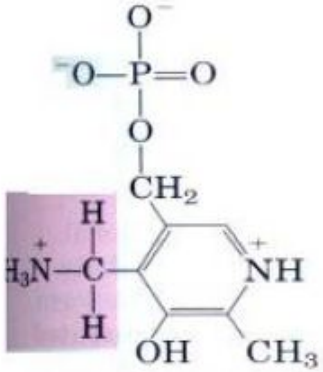
Биол. роль:

- входит в состав <u>трансаминаз</u> (АЛТ, АСТ) и <u>декарбоксилаз</u>
- синтез аминокислот, биогенных аминов *(гистамина, ГАМК и др.),*
- синтез гема, вит. РР

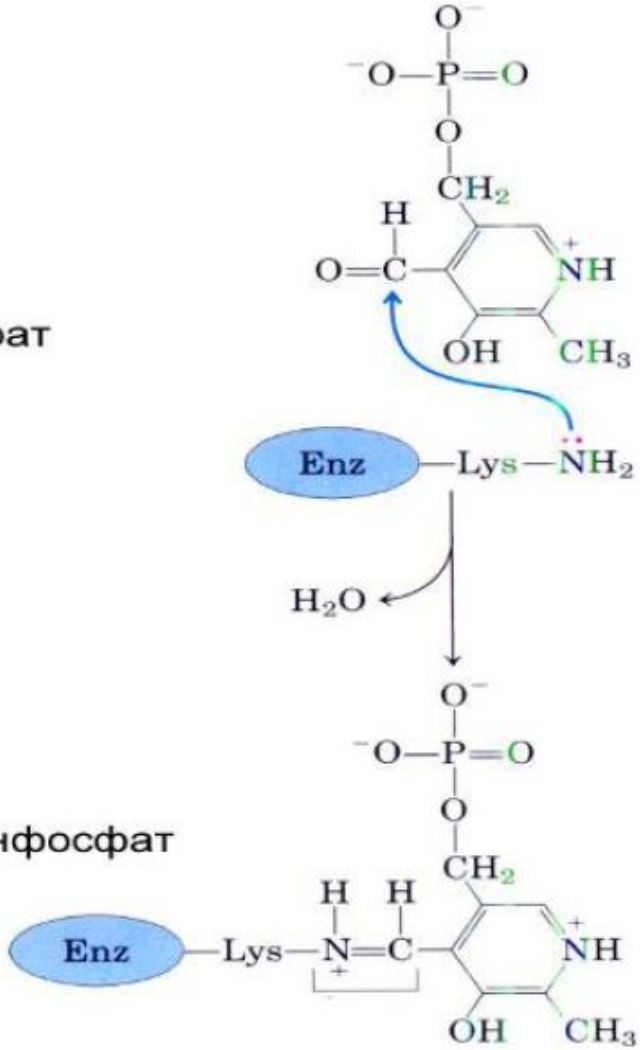
Пиридоксальфосфат и переаминирование



пиридоксальфосфат

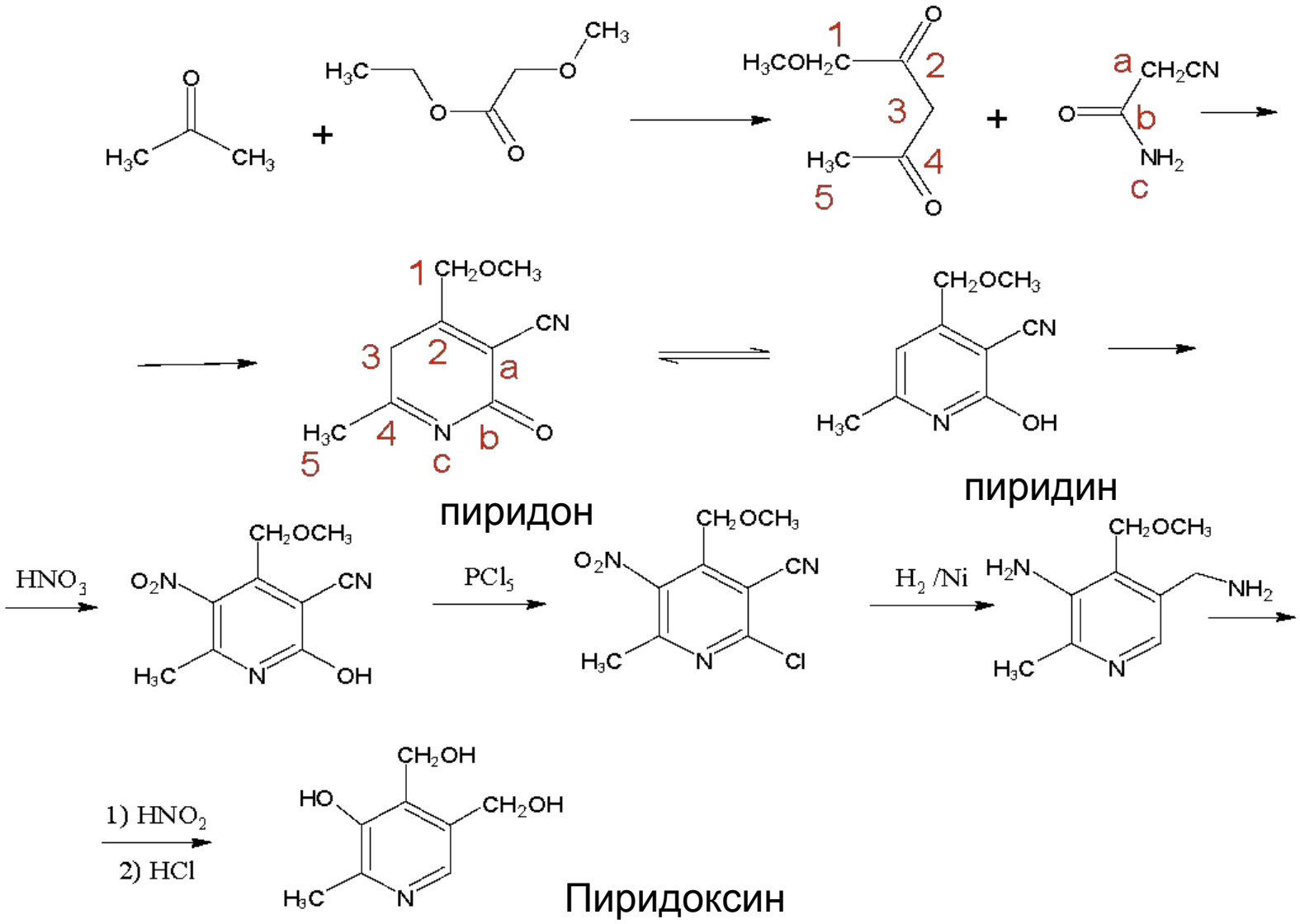


Пиридоксаминфосфат

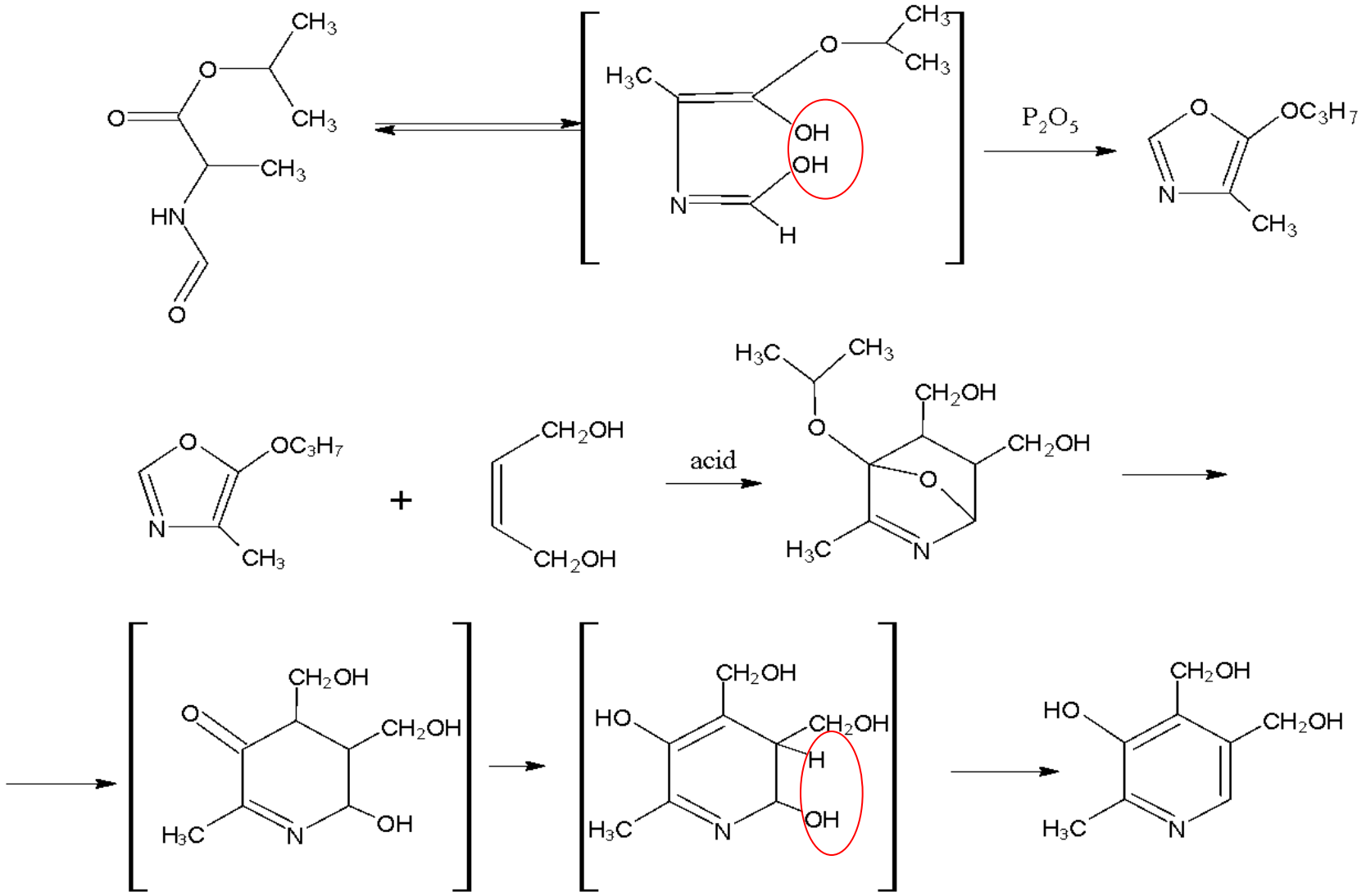


Пиридоксальфосфат – производное витамина В6- обеспечивает перенос аминогрупп с аминокислот на кетокислоты – то есть участвует в реакциях переаминирования

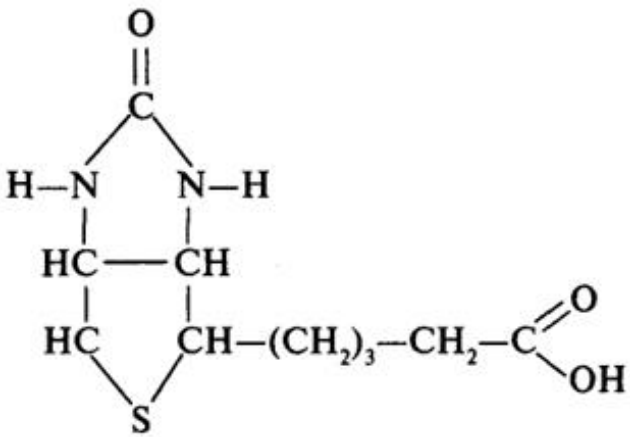
Синтез витамина B_6 по Харрису



Синтез витамина B_6 по Кондратьевой (оксазольный метод)



Витамин Н (B_8) – биотин, антисеборейный

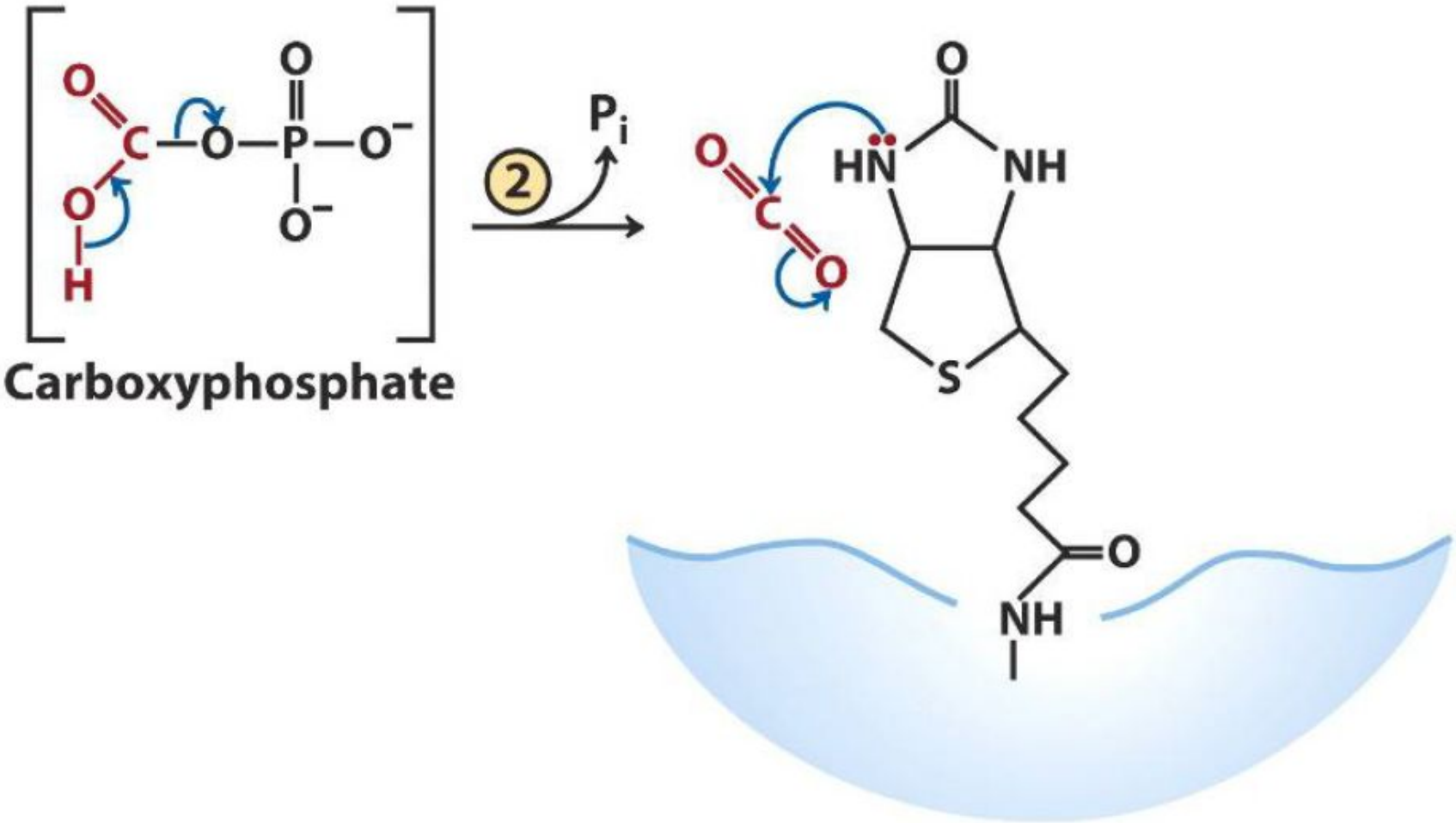


Кофермент:
биоцитин,
карбоксибиотин

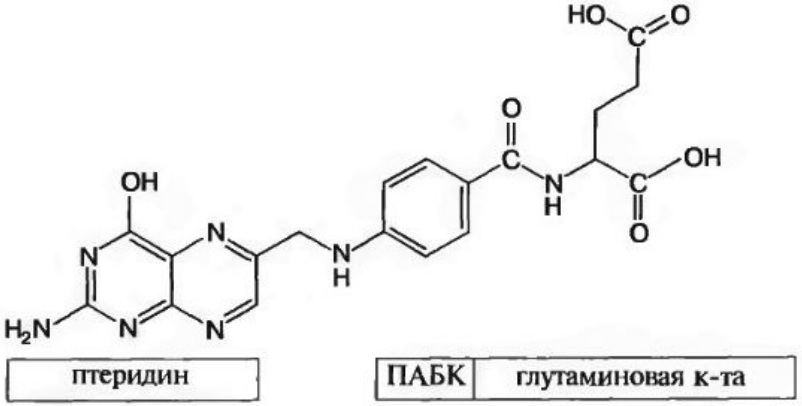
Биол. роль:

- входит в состав карбоксилаз
- синтез оксалоацетата, глюкозы, жирных кислот, пуринових нуклеотидов
- регулирует синтез кератиновой субстанции волос и ногтей

Биотин



Витамин B_9 – фолиевая кислота, фолацин, антианемический



Кофермент: ТГФК (H_4-фолат)

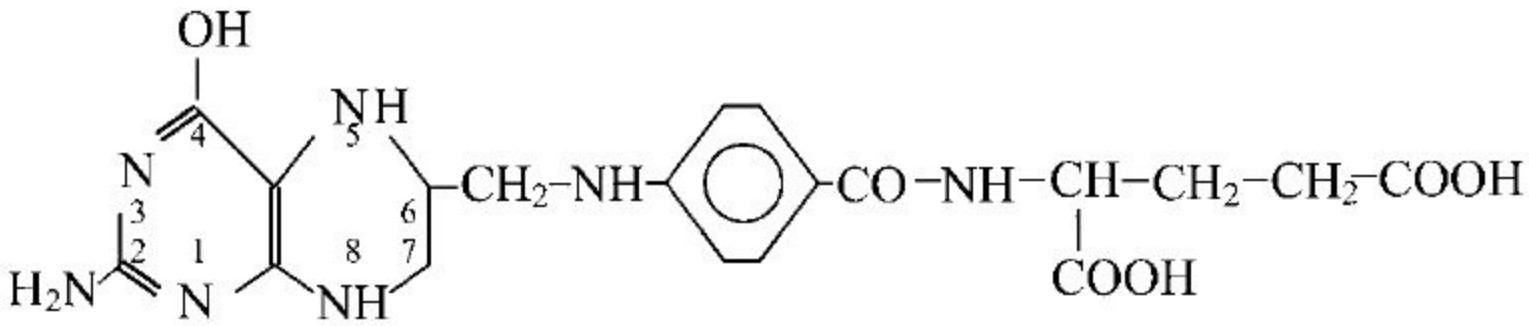
Вит.B_9 депонируется в печени

Биол. роль:

- синтез нуклеотидов (дТМФ) и ДНК
- ресинтез метионина из гомоцистеина (вместе с вит.B_{12})
- синтез холина, креатина, адреналина

Функции фолиевой кислоты как кофермента связаны с ее восстановленным птеридиновым производным — тетрагидрофолиевой кислотой (ТГФК).

Восстановление фолиевой кислоты сводится к разрыву двух двойных связей и присоединению четырех водородных атомов в положениях 5, 6, 7 и 8. В животных тканях оно протекает в 2 стадии при участии специфических ферментов, содержащих восстановленный НАДФ. На первой стадии под действием фолатредуктазы образуется дигидрофолиевая кислота (ДГФК), которая во вторую стадию под действием дигидрофолатредуктазы восстанавливается в ТГФК.



5, 6, 7, 8-тетрагидрофолиевая кислота

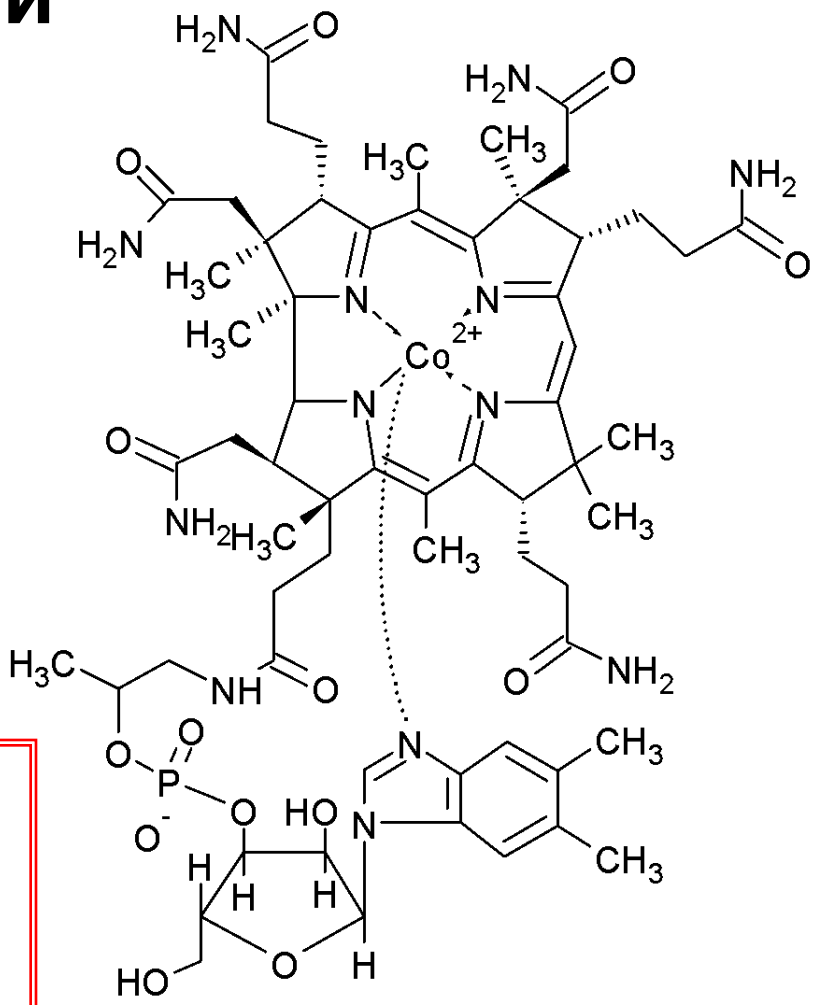
Витамин B_{12} - кобаламин, антианемический

❖Содержит кобальт

Коферменты:

метилкобаламин

дезоксиаденозил-кобаламин

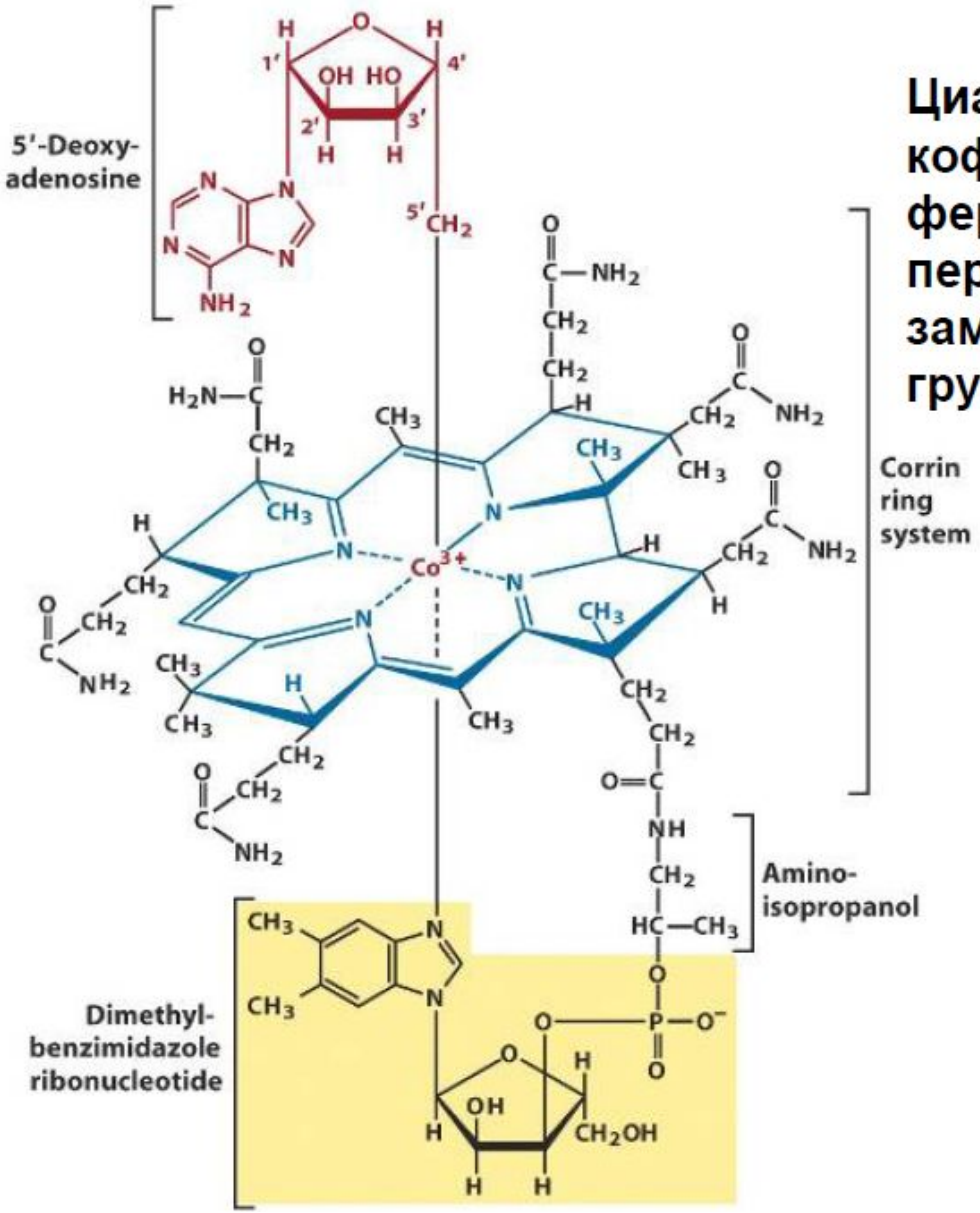


â³òàì ³í Â12

Вит.B_{12} депонируется в печени.

Синергист вит.B_9

Цианкобаламид (витамин B_{12})

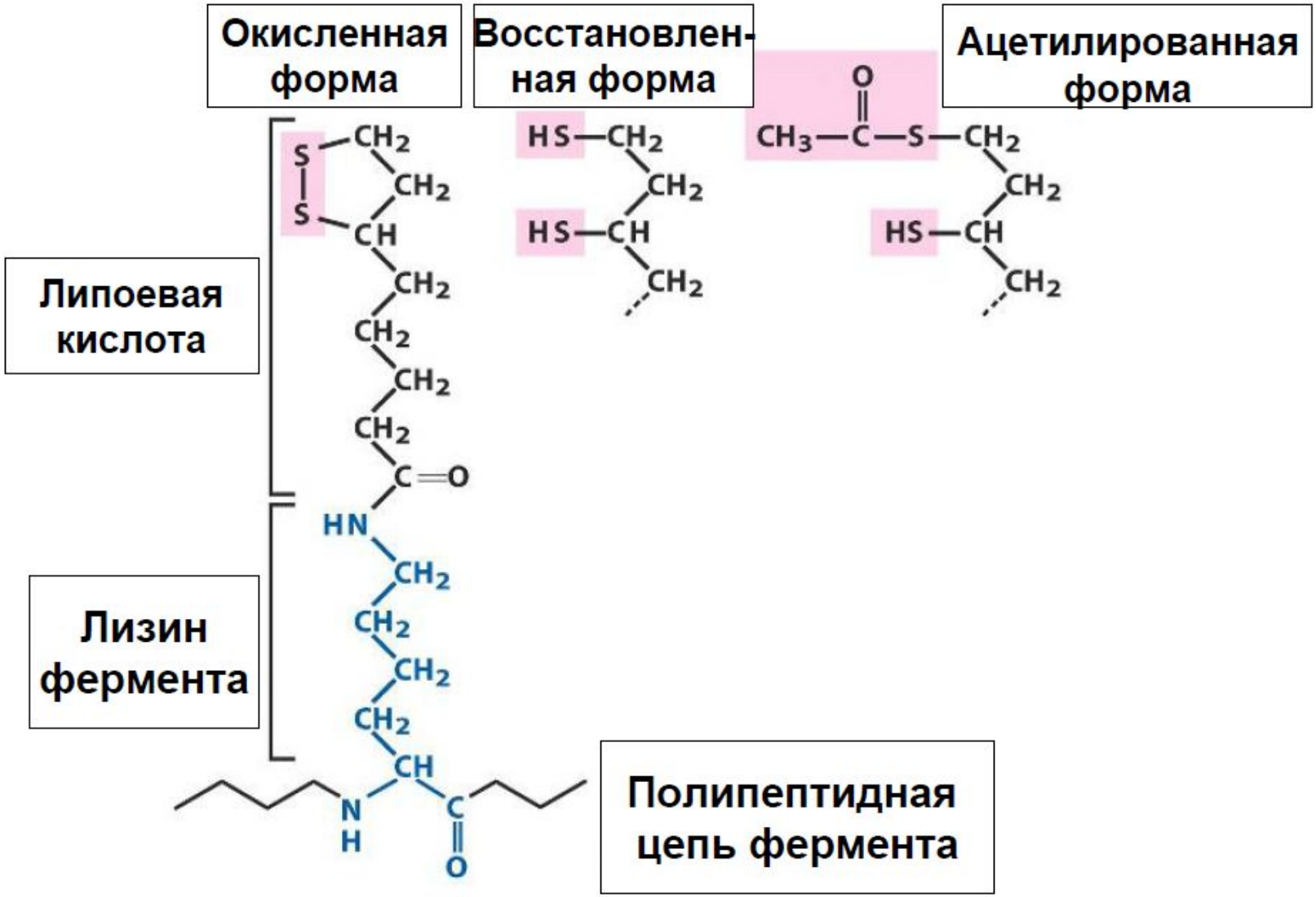


Цианкобаламид является коферментом нескольких ферментов, осуществляющих перенос алкильных или замещенных алкильных группировок

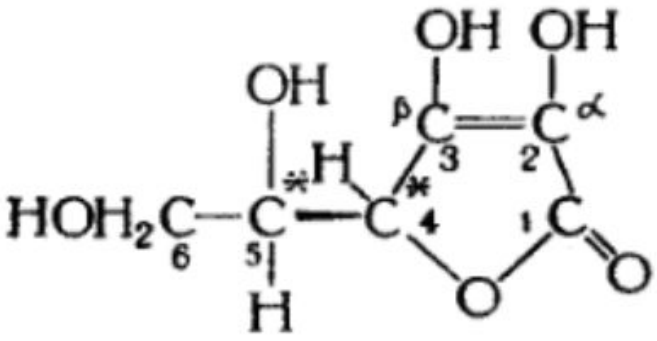
Таблица 12.1. Ферментативные реакции, катализируемые аденозилкобаламином

Ферменты	Реакции	Переносимая группа
Глутаматмутаза	L-трео-β-метиласпарат ↔ L-глутамат	$—CH(NH_2)COOH$
Метилмалонил-КоА-мутаза	сукцинил КоА ↔ L_R-метилмалонил-КоА	—COS-КоА
2-Метиленглутаратмутаза	метилитаконат ↔ 2-Метиленглутарат	$—C(=CH_2)COOH$
L-β-Лизинмутаза	3,5-диаминогексаноат ↔ L-β-лизин	$—NH_2$
D-α-Лизинмутаза	2,5-диаминогексаноат ↔ D-α-лизин	$—NH_2$
D-α-Орнитинмутаза	2,4-диаминогексаноат ↔ D-α орнитин	$—NH_2$
L-α-Лейцинмутаза	3-аминоизокапронат ↔ L-α лейцин	$—NH_2$
1,2-Диолдегидратаза	этиленгликоль → ацетальдегид + $+ H_2O$	—OH
	1,2-пропандиол → пропионовый альдегид + H_2O	—OH
Глицериндегидрогеназа	Глицерин → 3-оксипропионовый альдегид + H_2O	—OH
	Этиленгликоль → ацетальдегид + $+ H_2O$	—OH
	1,2-Пропандиол → пропионовый альдегид + H_2O	—OH
Этаноламиндезаминаза	Этаноламин → ацетальдегид + $+ NH_4$	$—NH_2$
	2-аминопропанол ↔ пропионовый альдегид + NH_4	$—NH_2$
Рибонуклеотидредуктаза	D-рибонуклеотид → D-2-дезоксирибонуклеотид + H_2O	Нет

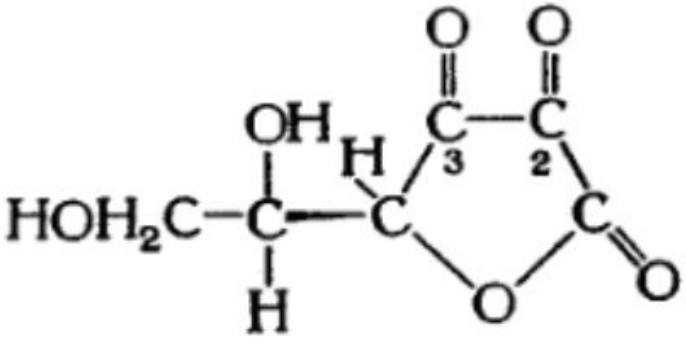
Липоевая кислота



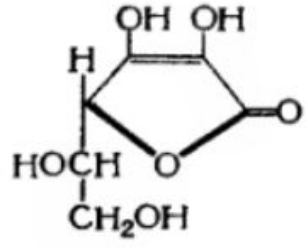
Витамин С
Аскорбиновая кислота



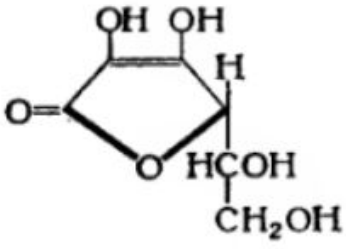
I



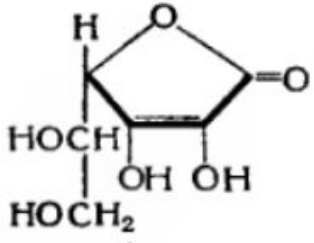
II



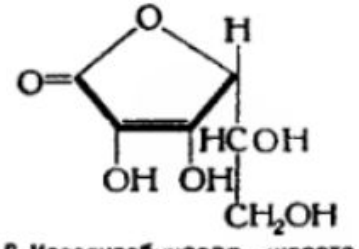
L-Аскорбиновая кислота
I



D-Аскорбиновая кислота
III

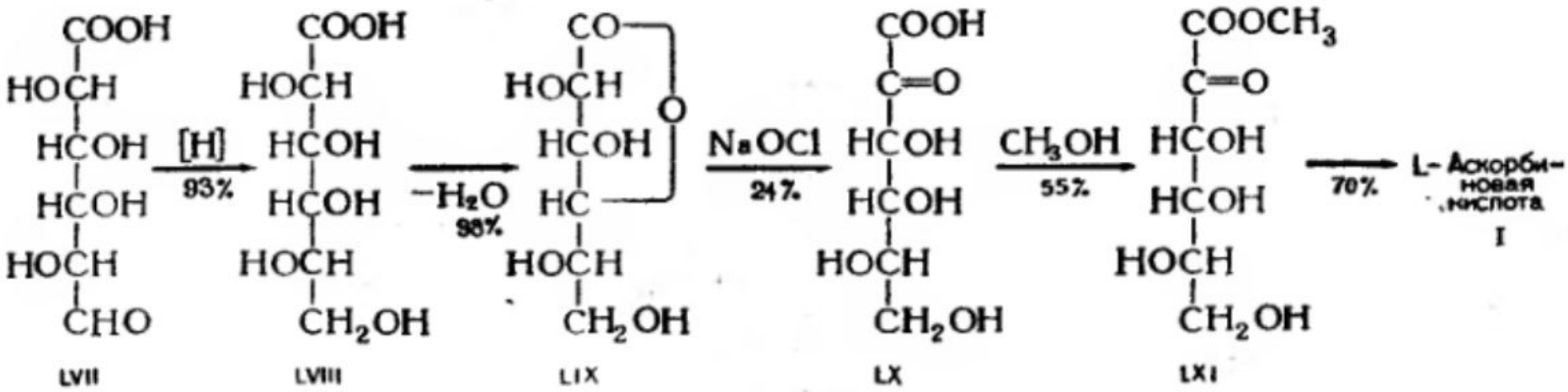


L-Изоаскорбиновая кислота

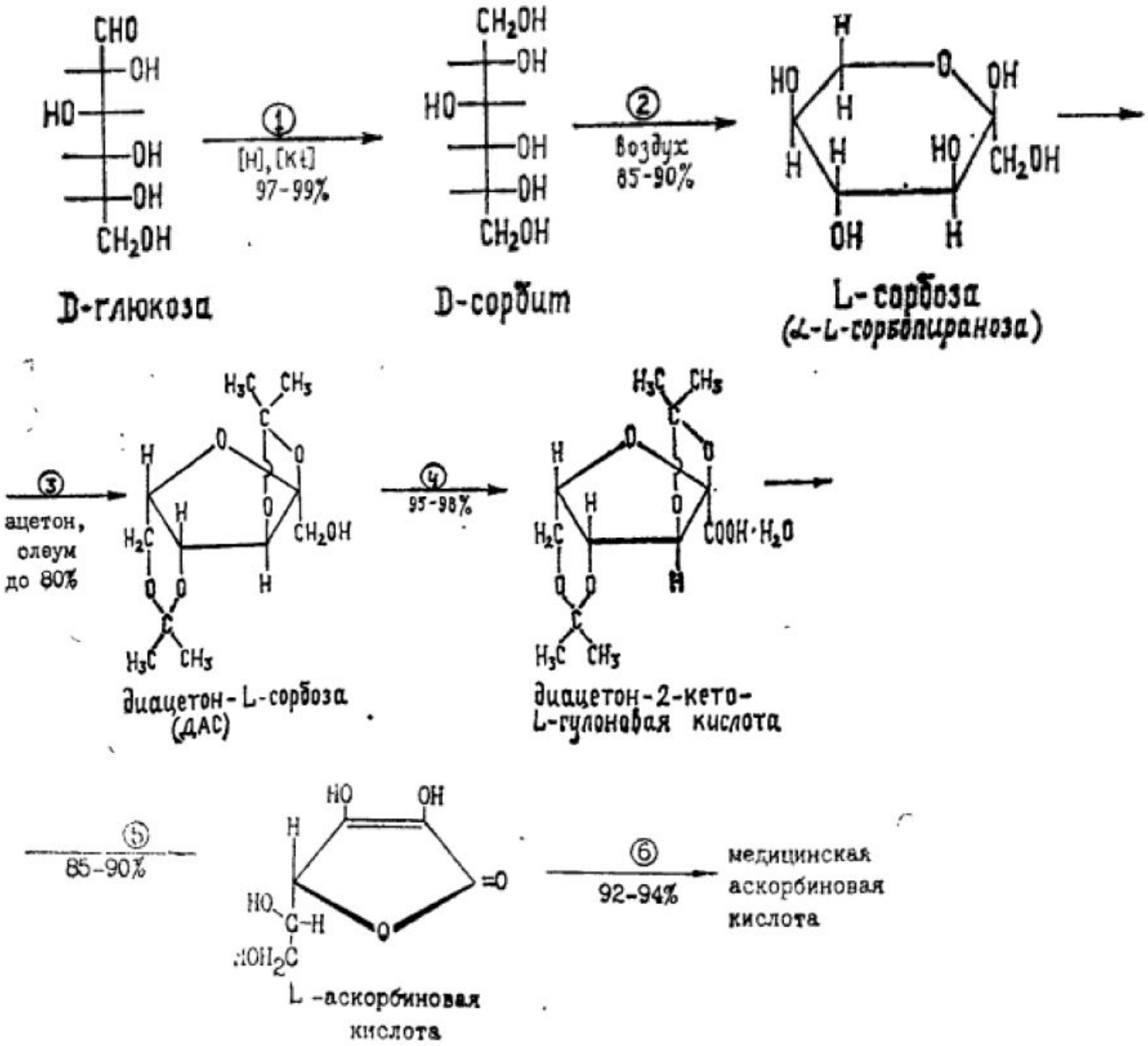


D-Изоаскорбиновая кислота

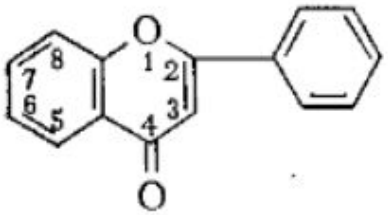
Синтез *L*-аскорбиновой кислоты из *D*-галактуроновой кислоты



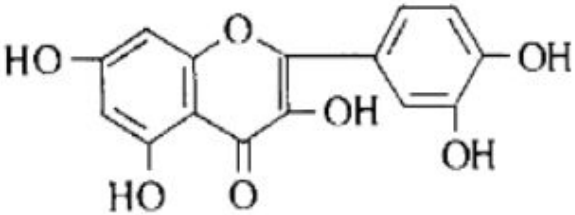
Химическая схема производства аскорбиновой кислоты



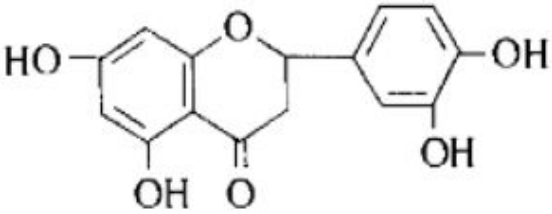
Витамины Группы Р



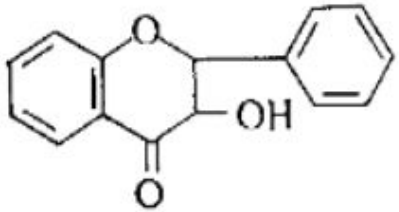
Флавоны



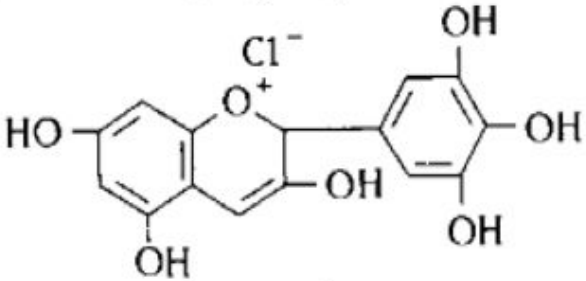
Флавонолы
(Кверцетин)



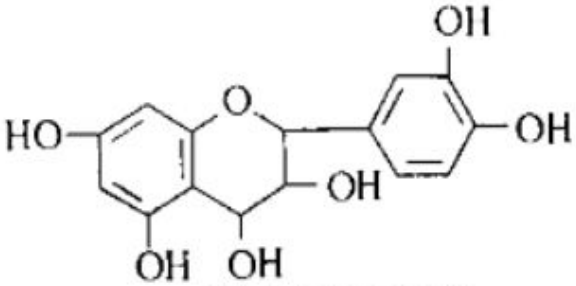
Флавононы
(Эриодиктиол)



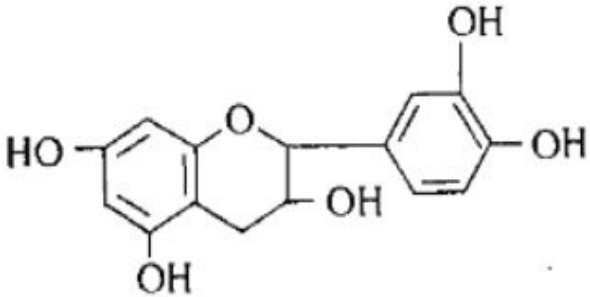
Флавононолы



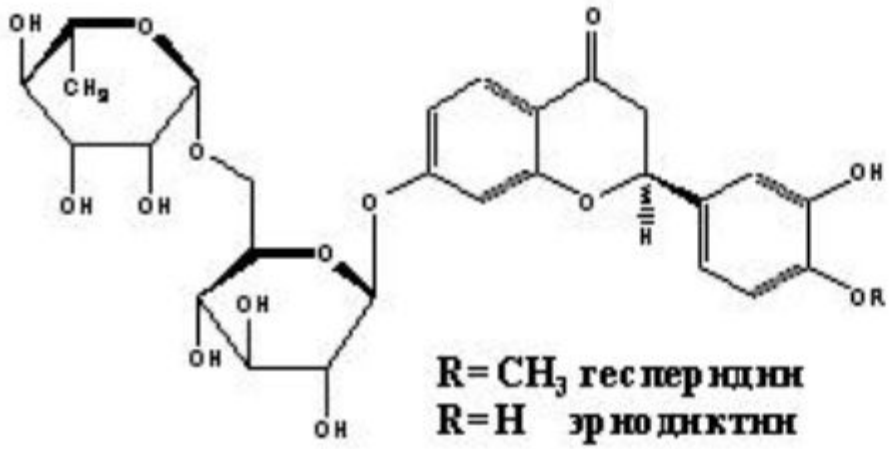
Антоцианидины
(Дельфинидин)



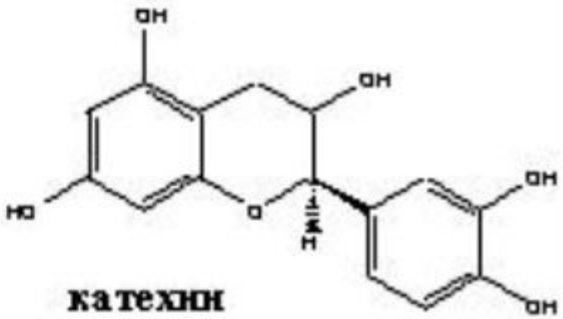
Лейкоантоцианидины
(Лейкоцианидин)



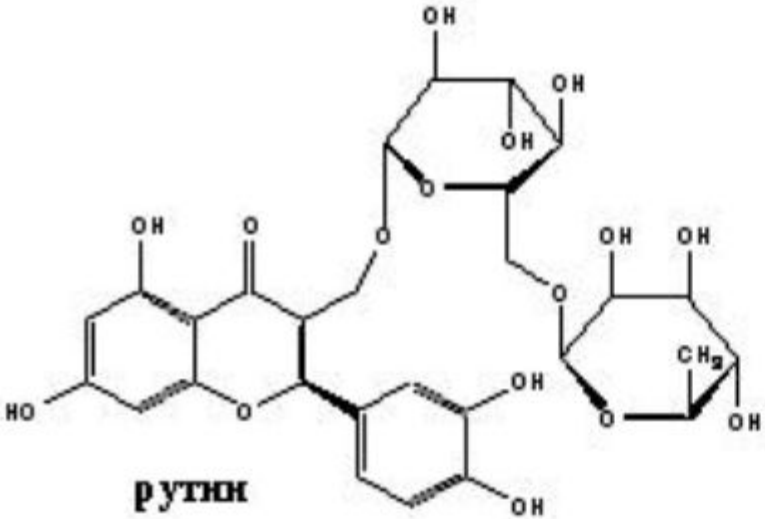
Катехины
(L(-)-эпикатехин)



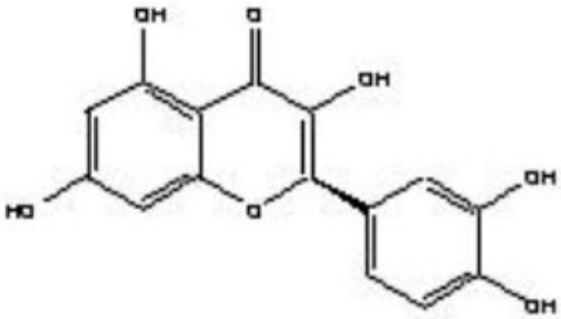
R= CH_3 гесперидин
R=H эриодиктин



катехин

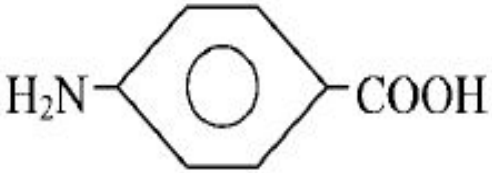


рутин



кверцетин

Витаминоподобные вещества

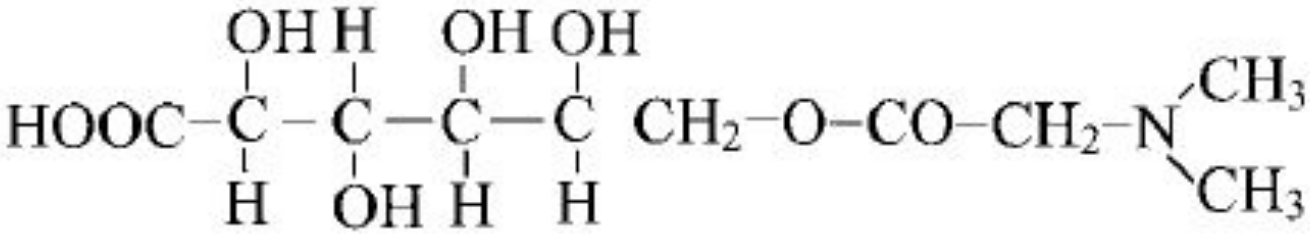


пара-Аминобензойная кислота

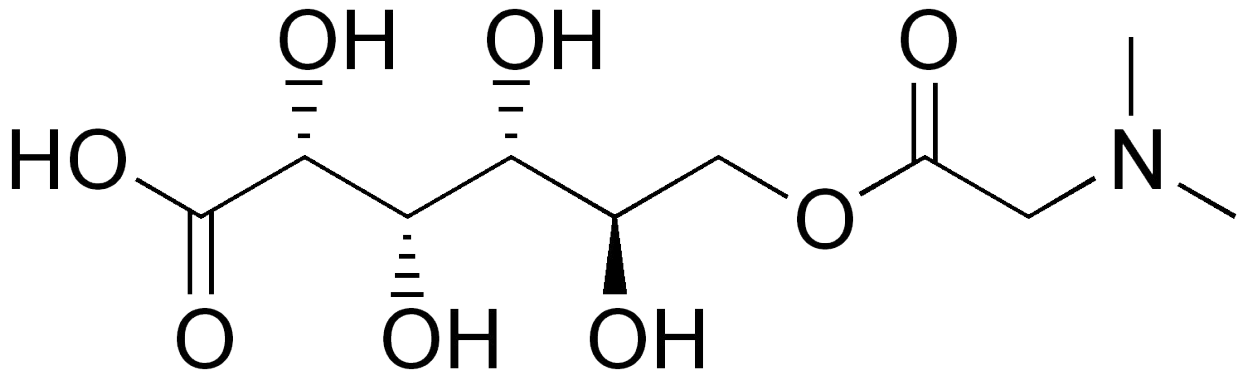
n-аминобензойная кислота

Парааминобензойная кислота представляет собой кристаллы, плохо растворимые в воде и хорошо растворимые в спирте и эфире. При кипячении в кислой и щелочной среде или при автоклавировании не разрушается. Витаминные свойства ее определяются тем, что она входит в состав молекулы фолиевой кислоты. Парааминобензойная кислота необходима для нормального процесса пигментации волос, шерсти, перьев и кожи, так как она активирует тирозиназу — ключевой фермент при биосинтезе меланинов кожи. В медицине структурные аналоги парааминобензойной кислоты — сульфаниламиды — используются в качестве антибактериальных средств.

Витамин B_{15} (пангамовая кислота)

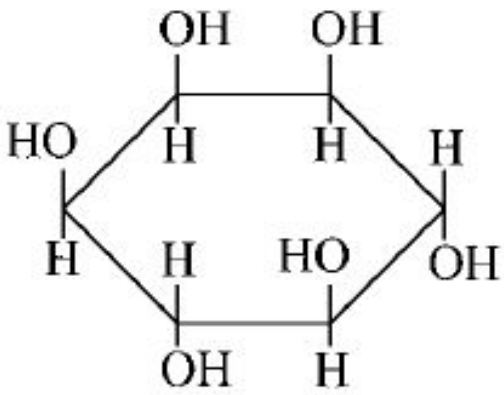


пангамовая кислота



Предположительно пангамовая кислота участвует в биосинтезе холина, метионина и креатинина в качестве источника метильных групп.

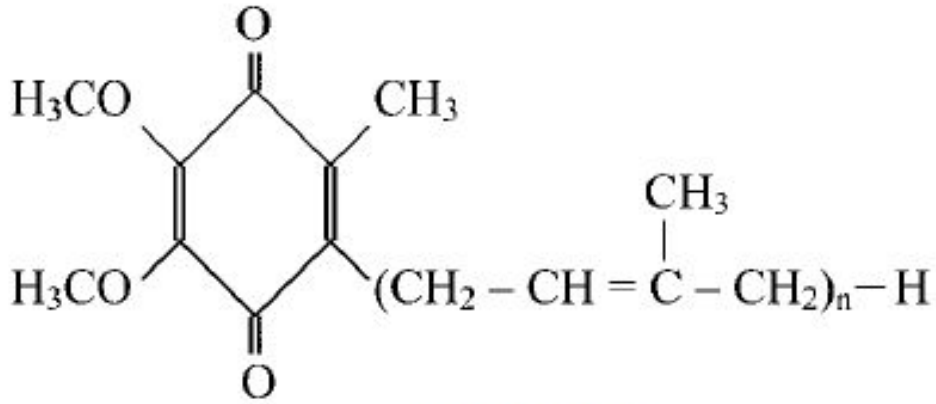
Инозит



инозит

Инозит обнаружен в составе фосфоглицеролов, является компонентом фосфатидилинозитола. Биологическая роль его связана с обменом фосфоглицеролов и образованием вторичного мессенджера внутриклеточных сигналов (инозитол-1, 4, 5-трифосфата). Инозитол оказывает значительный липотропный эффект и тормозит развитие дистрофии печени. У животных при отсутствии этого фактора в пище наблюдались остановка роста, своеобразная потеря шерстяного покрова и жировая инфильтрация печени с отложением холестерина.

Коэнзим Q (убихинон) относится к чрезвычайно широко распространенным коферментам. По химической структуре он представляет собой 2,3-диметокси-5-метил-1,4-бензохинон с изопреновой цепью в положении 6.

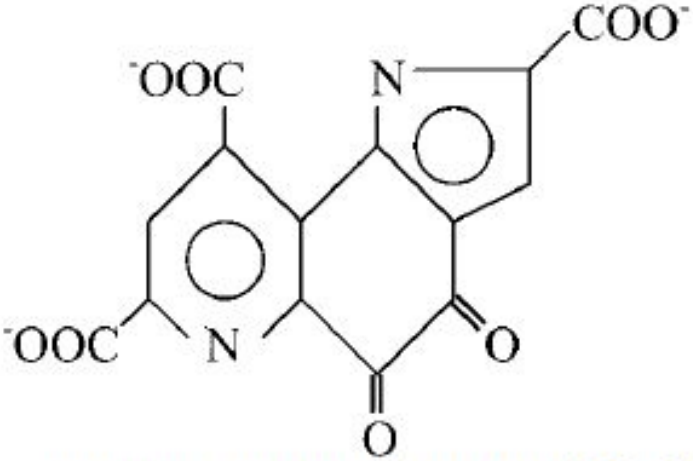


убихинон

Число остатков изопрена в боковой цепи убихинона варьирует от 6 до 10 (KoQ_6, KoQ_7 и т. д.). Убихинон нерастворим в воде.

KoQ является обязательным компонентом дыхательной цепи, осуществляя в митохондриях перенос злектронов от мембранных дегидрогеназ (НАД — Н-дегидрогеназы, CLU и др.) на цитохромы. В организме человека убихинон может синтезироваться из мевалоновой кислоты и продуктов обмена фенилаланина и тирозина, поэтому не может быть отнесен к классическим витаминам.

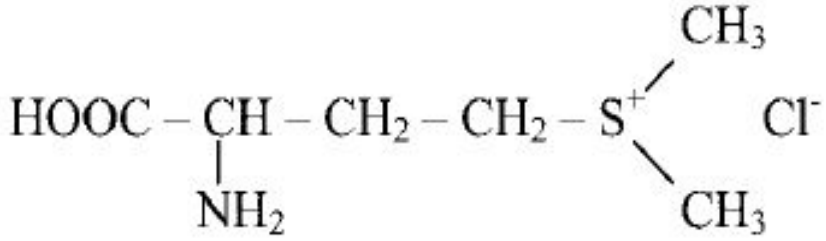
Пирролохинолинохинон (PQQ) — витаминоподобный кофактор, содержащийся в белках относительно нового класса — хинопротеинах (PQQ-ферментах). Он имеет следующую структуру.



пирролохинолинохинон (PQQ)

PQQ в качестве кофермента входит в состав бактериальных ферментов метанолдегидрогеназы и алкогольдегидрогеназы, Животные и растительные хинопротеины, содержащие PQQ в качестве кофермента, входят в состав оксидаз и декарбоксилаз (аминооксидаз, диаминооксидаз, монооксигеназ, диоксигеназ). Некоторые декарбоксилазы аминокислот (глутаматдекарбоксилаза и ДОФА-декарбоксилаза) предположительно имеют в своем составе два кофермента — пиридоксальфосфат и PQQ.

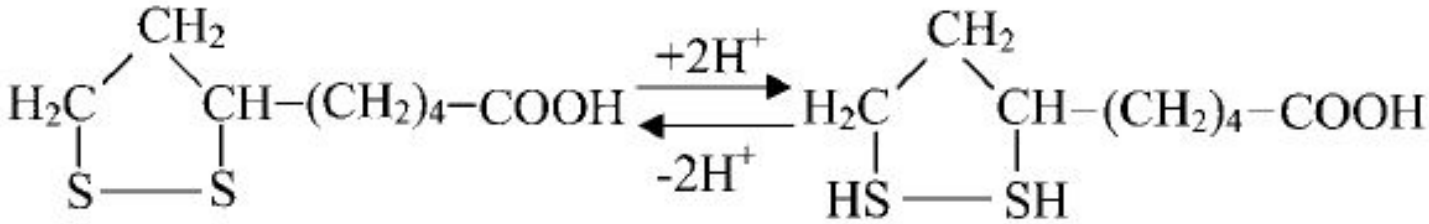
Витамин U (S-метилмалонин, противоязвенный фактор) был впервые обнаружен в 1950 г. в сырых овощах, парном молоке и печени. Он имеет следующую структуру.



метилметионинсульфония хлорид
(витамин U)

Витамин U хорошо растворим в воде, легко разрушается при температуре 100 °С (особенно в нейтральной и щелочной среде), устойчив в кислой среде. У крыс витамин U полностью заменяет потребность в метионине как незаменимой аминокислоте. Он участвует в синтезе метионина, холина и креатина, используется бактериями в качестве донатора метильных групп.

Липоевая кислота по своей структуре представляет α-липоевую (1,2-дитиолан-3-валериановую) кислоту:

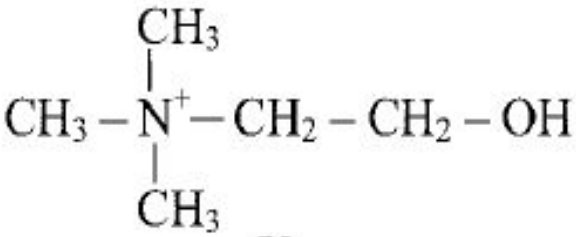


липоевая кислота дигидролипоевая кислота

Коферментные функции липоевой кислоты реализуются за счет того, что она может существовать в окисленной и восстановленной формах. Липоевая кислота играет важную роль в окислении и переносе ацильных групп в составе многокомпонентных ферментных систем.

Основная ее функция — прямое участие в окислительном декарбоксилировании в тканях α-кетокислот (пировиноградной и α-кетоглутаровой). Наряду с ТПФ и КоА липоевая кислота служит простетической группой в пируват- и кетоглутаратдегидрогеназной системах.

Холин по своей структуре представляет аминоэтиловый спирт, содержащий три метильные группы у атома азота.



холин

Холин хорошо растворим в воде и спирте. В организме животных холин синтезируется в составе фосфолипидов. Донорами метильных групп являются метионин, серин или глицин. Холин является составной частью ацетилхолина — медиатора нервного импульса. Он также принимает участие в реакциях трансметилирования при синтезе метионина, пуриновых и пиримидиновых нуклеотидов, фосфолипидов и др.