

- Тема: **БИОХИМИЯ ВИТАМИНОВ**

- **План:**

- 1. Определение понятия витамины
- 2. Классификации витаминов
- 3. Общие механизмы метаболизма витаминов
- 4. Отдельные представители

# Витамины

—  
низкомолекулярные органические  
соединения разнообразной  
химической природы, полностью или  
частично незаменимые для человека или  
животных, участвующие в регуляции и  
катализе, и не используемые в  
энергетических и пластических  
целях.

## Биологическая роль витаминов

**Коферментная:** витамин PP (противопеллагрический) входит в состав кофермента НАД, витамин B<sub>2</sub> (рибофлавин) – в состав кофермента ФАД.

**Являются аллостерическими активаторами** (регуляторами) многих ферментов.

**Некоторые витамины входят в состав более сложных белков**, например витамин А (антиксерофтальмический) входит в состав родопсина сетчатки.

**Антирадикальная (антиоксидантная) функция.** Витамины блокируют свободные радикалы, в том числе, радикалы кислорода. Данная функция наиболее характерна для витаминов Е, А, С.

- **Состояния, связанные с дисбалансом витаминов**

- **Авитаминоз** – заболевание, вызванное полным отсутствием какого-либо витамина.
- **Полиавитаминоз** – заболевание, вызванное полным отсутствием нескольких витаминов.
- **Гиповитаминоз** - заболевание, вызванное недостатком какого-либо витамина.
- **Гипервитаминоз** – заболевание, вызванное избытком какого-либо витамина.

- **Общие симптомы а- и гиповитаминозов**
- 1. Замедление роста и развития животных
- 2. Снижение продуктивности животных.
- 3. Снижение резистентности организма.
- 4. Снижение аппетита.
- 5. Быстрая утомляемость, сонливость.
- И на их фоне развиваются **специфические** **симптомы**, характерные для каждого витамина.

- **Основные причины а- и гиповитаминозов**
- 1. Дефицит витаминов в кормах и пище.
- 2. Нарушение технологии приготовления кормов: многие витамины – вещества неустойчивые, они легко разрушаются при высоких температурах, при изменении рН, окисляются.

- 3. Повышенные потребности в витаминах: особые физиологические состояния – беременность, высокие физические нагрузки, восстановительный период после тяжелой болезни.
- 4. Наличие в рационе антивитаминов (многие лекарственные препараты и др.).
- 5. Нарушение всасывания витаминов (заболевания ЖКТ и др.).

- **Провитамины** (предшественники витаминов) – вещества, из которых при определенных условиях в организме образуются витамины.

Примеры:

Каротиноиды – провитамины витамина А.

7-дегидрохолестерол – провитамин витамина D3.

Эргостерол - провитамин витамина D2.



- **План изложения материала по каждому витамину:**

- 1. Названия витамина всеми возможными способами.
- 2. Химическое строение (формула).
- 3. Источники в природе.
- 4. Биологическая роль (участие в процессах обмена веществ).
- 5. Специфические признаки а- и гиповитаминоза.

- **Классификация и номенклатура  
ВИТАМИНОВ**

- По физико-химическим свойствам витамины разделяют на две группы: витамины, **растворимые в жирах** (липовитамины) и витамины, **растворимые в воде** (гидровитамины).

- Принято обозначать витамины большими буквами латинского алфавита (А, D, E, B1, B2 и т.д.), а также по болезни, которую излечивает данный витамин с прибавкой "анти", например, антиксерофтальмический, антирахитичный, антинеуритный и т.д. или по химическому (условному) названию: ретинол, кальциферол, биотин, аскорбиновая кислота и т.д.

- **I. Жирорастворимые витамины**

- 1. Витамин А - (антиксерофтальмический)
- 2. Витамин D- (холекальциферол, антирахитичный)
- 3. Витамин Е - (токоферол, витамин размножения),
- 4. Витамин К - (филлохинон антигеморрагический)
- 5 Витамин F - (ненасыщенные жирные кислоты, для синтеза простагландинов)
- 6. Витамин Q – убихинон

- **II. Водорастворимые витамины**

- 1. Витамин В1 - (антиневритный, тиамин)
- 2. Витамин В2 - (рибофлавин); регулирует рост животных
- 3. Витамин В6 - (антидерматитный, пиридоксин)
- 4. Витамин В12- (антианемический, цианкобаламин)
- 5. Витамин В5 РР - (антипеллагрический, ниацин, никотинамид)

- 6. Фолиевая кислота (антианемический)
- 7. Пантотеновая кислота (антидерматитный, В3); регулирует обмен углеводов, жиров.
- 8. Биотин (витамин Н, антисеборейный, фактор роста бактерий, грибков)
- 9. Витамин С (антискорбутный)
- 10. Витамин Р (витамин проницаемости).

- Кроме этих двух главных групп витаминов различают группу разнообразных химических веществ, обладающих свойствами витаминов: холин, липоевая кислота, витамин В15 (пангамовая кислота), инозит, линоленовая кислота, линолевая кислота, витамины В11, В14 и др.

- Их отсутствие не дает внешних проявлений авитаминоза, но сказывается на общем уровне метаболизма. Они синтезируются в тканях животных, но в недостаточных количествах.



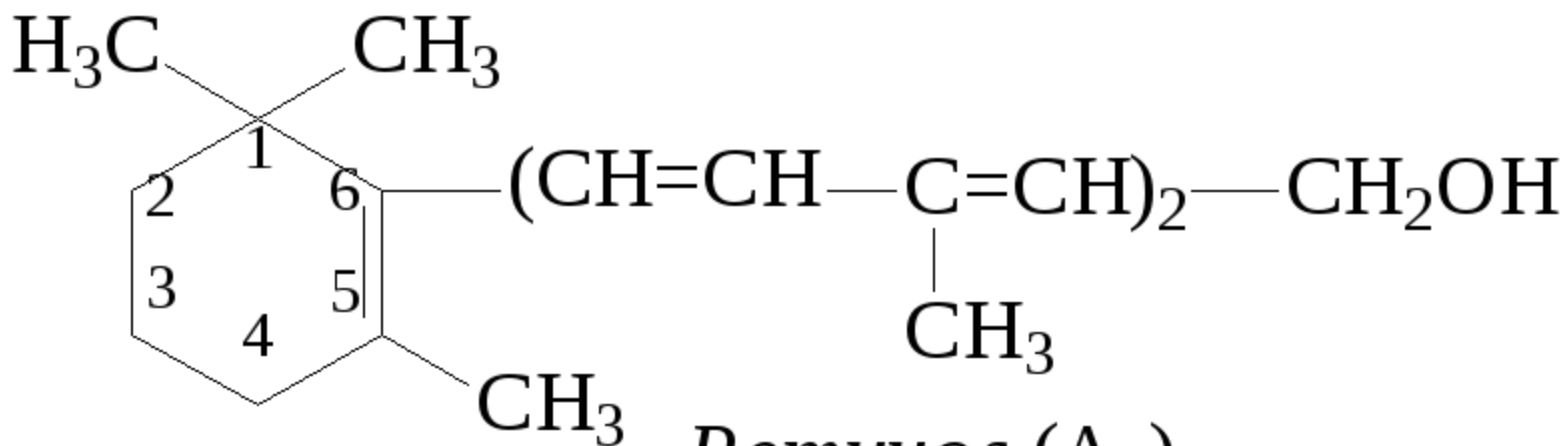
- **Витамин А – ретинол, антиксерофтальмический**
- При недостатке в организме животных витамина А возникает ряд нарушений в обмене веществ, которые ведут к задержке роста, снижению молочной и яичной продуктивности, легкой восприимчивости к инфекции. В более тяжелых случаях развиваются **специфические признаки**: ослабление зрения (куриная слепота), поражение эпителиальных тканей (сухость и слущивание эпителия кожи и слизистых оболочек) в том числе роговицы глаза (сухость ее и воспаление – ксерофтальмия).

К недостатку витамина А чувствительны все виды сельскохозяйственных животных, особенно молодняк.

В свободном виде витамин А содержится в печени рыб, рыбьем жире, молозиве и молоке коров и в других кормах животного происхождения.

Растительные корма содержат каротиноиды – провитамины. Наиболее ценным является - каротин, который при ферментативном гидролизе дает 2 молекулы витамина А

По химической структуре представляет собой циклический ненасыщенный, одноатомный спирт. В основе его лежит  $\beta$ -иононовое кольцо.



*Ретинол (A<sub>1</sub>)*

(у A<sub>2</sub> - дополнительная двойная связь между C<sub>3</sub>-C<sub>4</sub>)

К  $\beta$ -иононовому кольцу присоединена боковая цепь, содержащая два остатка изопрена (метилбутадиена) и первичная спиртовая группа. Ряд химических свойств этого соединения объясняется наличием большого количества двойных связей в составе его молекулы.

В организме спиртовая группа ретинола окисляется в свои активные формы: альдегидную (**ретиаль**) или карбоксильную (**ретиноевая кислота**) группы.

- Благодаря наличию двойных связей в изопреновой цепи витамин осуществляет нейтрализацию свободных кислородных радикалов, особенно существенно эта функция проявляется у каротиноидов.

- Ретиноевая кислота служит лигандом для суперсемейства ядерных рецепторов, к числу которых относятся рецепторы к стероидным гормонам (кортизол, тестостерон), к витамину D, трийодтиронину, простагландинам, к транскрипционным факторам. Таким образом, она абсолютно необходима для **экспрессии генов**, участвующих в процессах развития клетки и обеспечивающих чувствительность клеток к гормонам и ростовым стимулам.

- Благодаря такой функции ретиноевая кислота:
- регулирует нормальный рост и дифференцировку клеток эмбриона и молодого организма,
- стимулирует деление и дифференцировку клеток быстро делящихся тканей – хряща, костной ткани, сперматогенного эпителия, плаценты, эпителия кожи, слизистых оболочек, клеток иммунной системы.

- **Участие в фотохимическом акте зрения**
- Ретиналь в комплексе с белком опсином формирует зрительный пигмент родопсин, который находится в клетках сетчатки глаза, отвечающих за черно-белое сумеречное зрение ("палочки"). Максимум спектра поглощения родопсина находится в области 500 нм.



- При попадании кванта света на молекулу родопсина последний распадается на опсин и полностью транс-ретинол. При этом в мембране генерируется электрический сигнал, идущий в зрительный центр головного мозга. В дальнейшем под влиянием ферментов аллотрансретинол превращается в 11-цис-ретинол и связывается с опсином, снова образуя родопсин.

В последние годы доказано, что синтез каротина осуществляется микрофлорой кишечника у жвачных животных. Недостаточность витамина А является причиной гибели молодняка сельскохозяйственных животных и птиц в первые дни после рождения из-за нарушения функции эпителия слизистых оболочек кишечника и дыхательных путей.

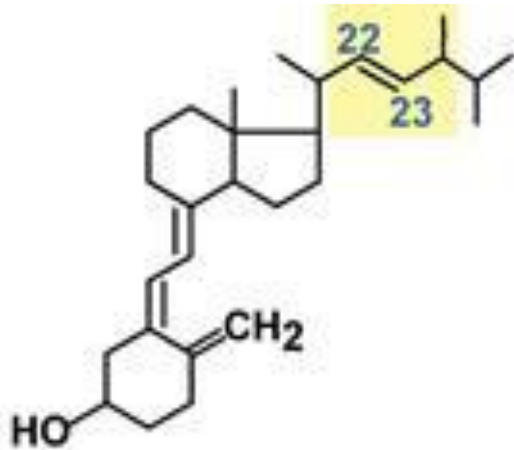
# Витамин D, антирахитический, кальциферол

Витамин представлен двумя формами –

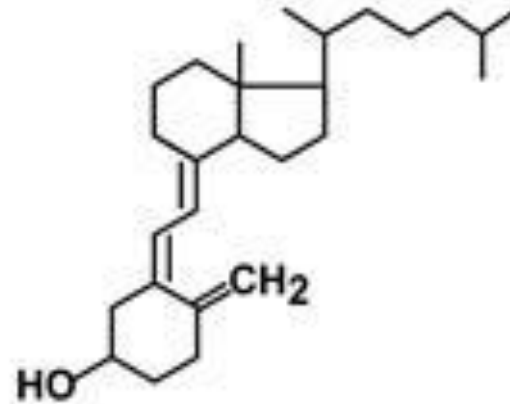
**эргокальциферол D<sub>2</sub> и холекальциферол**

**D<sub>3</sub>**. Химически эргокальциферол

отличается от холекальциферола наличием в молекуле двойной связи между C<sub>22</sub> и C<sub>23</sub> и метильной группой при C<sub>24</sub> (Витамины D<sub>2</sub> и D<sub>3</sub> представляют собой полициклические высокомолекулярные непредельные одноатомные спирты).

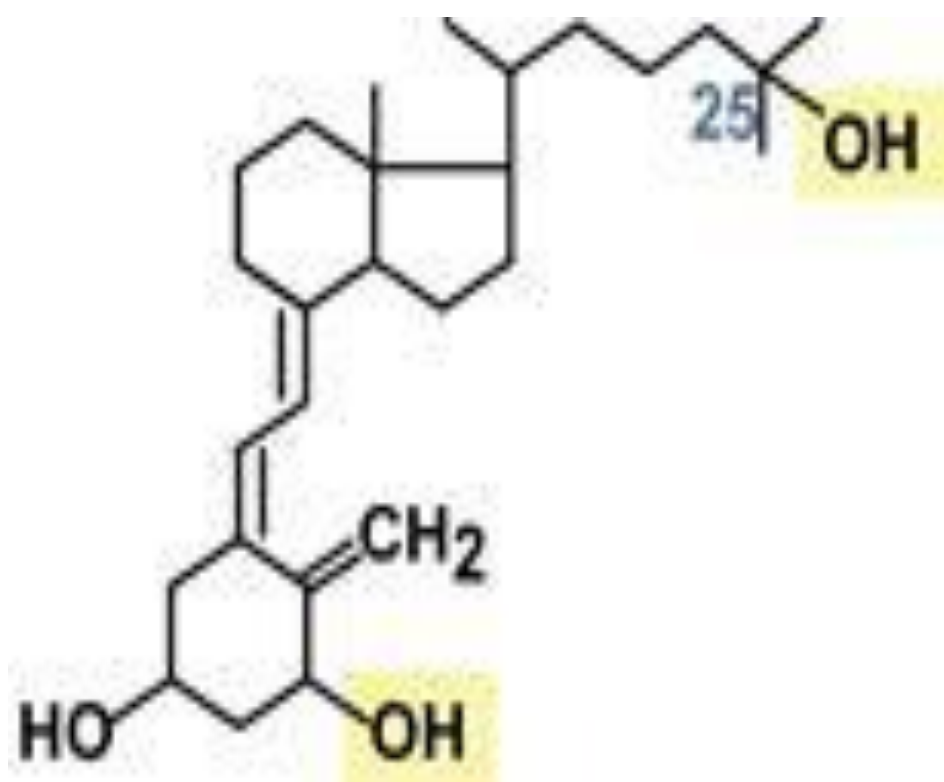


Эргокальциферол (витамин D<sub>2</sub>)



Холекальциферол (витамин D<sub>3</sub>)

После всасывания в кишечнике или после синтеза в коже витамин попадает в **печень**. Здесь он гидроксيليруется по C<sub>25</sub> и кальциферолтранспортным белком переносится к **почкам**, где еще раз гидроксيليруется, уже по C<sub>1</sub>. Образуется **1,25-дигидроксихолекальциферол** или, по другому, **кальцитриол**.



- Влияние витамина D на обмен веществ связано с нарушением всасывания кальция из кишечника. Витамин D (**кальцитриол**) стимулирует синтез кальцийсвязывающего белка в кишечнике в местах всасывания. Считают, что этот белок переносит ионы кальция через мембраны эпителиальных клеток.

- **Биохимические функции. Витамин Д3 можно рассматривать как прогормон, так как он в форме кальцитриола действует аналогично стероидным гормонам.**
- Проникая в клетки-мишени, он связывается с белковыми рецепторами, которые мигрируют в ядро клетки. В энтероцитах этот гормон-рецепторный комплекс стимулирует транскрипцию иРНК т.е. стимулирует синтез белка-переносчика ионов кальция.

- Кальций в большинстве случаев влияет на клеточные процессы в виде кальмодулина. Этот белок с молекулярной массой 16700 содержит 4 атома кальция и выполняет функции вторичного переносчика в клетке. D-гиповитаминоз ведет к нарушению обмена кальция и фосфора, снижению их всасывания, нарушению их соотношения в сыворотке крови (в норме Ca:P = 2:1), повышению активности щелочной фосфатазы.



- Недостаток витамина D приводит к возникновению рахита у молодых животных и остеомаляция (ломкость костей) у взрослых. В рационах животных соотношение Са:Р = 2:1. При недостатке витамина D происходит нарушение обмена Са и Р, у растущих животных происходит образование костной ткани бедной минеральными веществами.

Признаки рахита: х-образная постановка конечностей, искривление позвоночника, скованная походка, опухание суставов, у свиней – судороги, у взрослых – ломкость костей.

- Витаминов группы D много в рыбьем жире, рыбной муке, яичном желтке, молоке и в других кормах животного происхождения. Растения содержат мало витамина D, за исключением кукурузы в восковой спелости. После скашивания и высушивания растительной массы на солнечном свету количество витамина D резко увеличивается за счет превращения провитаминов.

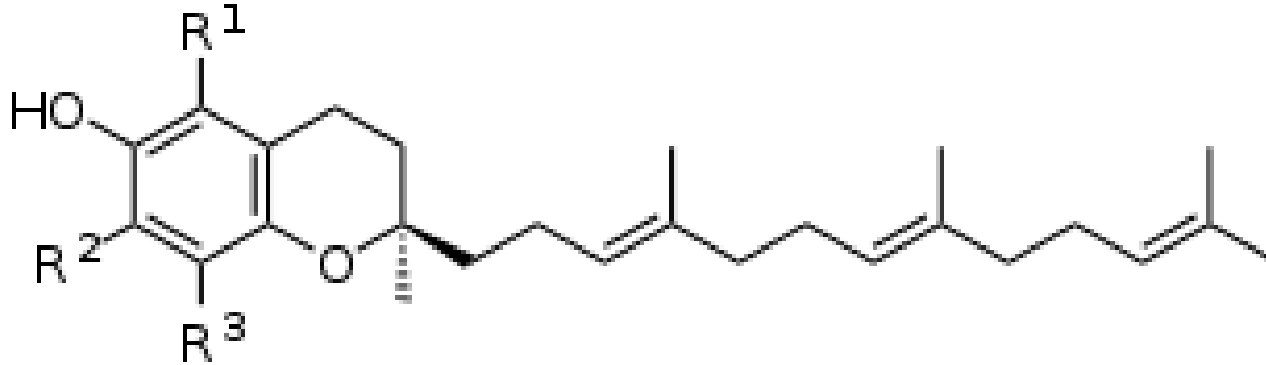
Зеленые корма искусственной сушки, в том числе и травяная мука, обладают незначительной витаминной активностью, в большом количестве содержат облученные дрожжи.

- Также образуется в коже при ультрафиолетовом облучении (длина волны 290-315 нм) из 7-дегидрохолестерола.

- **Витамин Е, антистерильный, токоферолы**
- Токоферолы (греч. tocos - потомство, fero - несу), витамин размножения. Е-гиповитаминоз ведет к нарушениям функции размножения – рассасыванию плода, прекращению беременности, мышечной дистрофии, ожирению печени, анемии, креатинурии, снижению содержания гликогена.

- Миодистрофия сопровождается изменением состава белков и липидов саркоплазматической сети.
- Дефицит витамина Е ведет к развитию у телят, ягнят, поросят и птицы беломышечной болезни.

- Витамин Е широко распространен в природе, много в семенах злаков, шиповнике; в мышечной ткани свиней, крупного рогатого скота, овец, сливочном масле, яичном желтке; в зеленых кормовых растениях. Токоферол – это сочетание триметилгидрохинона с непредельным одноатомным спиртом фитолом.



Токоферол – маслянистая жидкость, хорошо растворяется в спирте, эфире, устойчив по отношению к кислотам, нагреванию. Витамин Е синтезируется микрофлорой пищеварительного тракта.



- Витамин Е является биокатализатором и играет роль антиоксиданта (антиокислителя) по отношению к ненасыщенным жирными кислотам, витамину А и каротинам.
- Витамин Е в сочетании с микроэлементом селеном обеспечивает предупреждение перекисного окисления липидов клеточных мембран.

## При Е-витаминной недостаточности

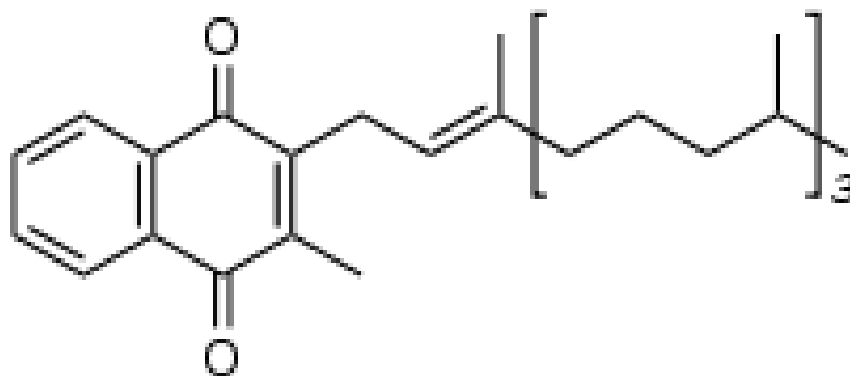
наблюдается повышение проницаемости мембран всех клеток и субклеточных структур, накопление в них продуктов ПОЛ - главное проявление гиповитаминоза. Именно этим обстоятельством объясняется разнообразие симптомов недостаточности токоферола – от мышечной дистрофии и бесплодия вплоть до некроза печени и размягчения участков мозга, особенно мозжечка.

Увеличение активности выходящих из поврежденных тканей ферментов в сыворотке крови (креатинфосфокиназы, аланинаминотрансферазы и др.) и увеличение содержания в ней продуктов ПОЛ наблюдается уже на ранних стадиях Е-гиповитаминоза.

- Дефицит витамина Е в организме сопровождается снижением содержания иммуноглобулинов.

- **Витамин К, антигеморрагический (филлохинон)**
- При авитаминозах К у животных появляются подкожные и внутримышечные кровоизлияния и снижается скорость свертывания крови. Авитаминоз практически наблюдается у птиц, т.к. в кишечнике у них витамин К синтезируется недостаточно. Витамин К богаты зеленые корма, рыбная и мясокостная мука, печень свиней и др. ткани.

- Витамин K<sub>1</sub> (филлохинон) содержит функциональное нафтохиноновое кольцо и алифатическую боковую цепь.

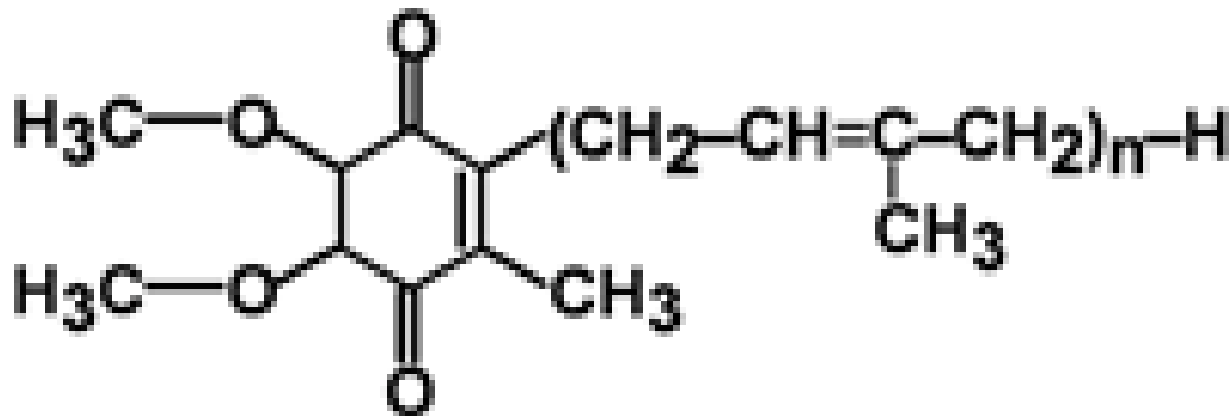


- Единственная известная биологическая роль витамина К заключается в том, что он является коферментом  $\gamma$ -глутамилкарбоксилазы, карбоксилирующей глутаминовую кислоту с образованием  $\gamma$ -карбоксиглутаминовой кислоты (является  $\text{Ca}^{++}$ -связывающей аминокислотой, которая необходима для функционирования кальцийсвязывающих белков: факторы свертывающей системы крови и др.)

Признаком недостаточности витамина К является повышенная кровоточивость, особенно при травмах. У взрослого человека гиповитаминоз К встречается довольно редко, так как этот витамин имеется во многих пищевых продуктах; кроме того, он синтезируется микрофлорой кишечника. У новорожденных недостаточность витамина К (геморрагическая болезнь новорожденных) – явление нередкое из-за его низкого содержания в материнском молоке и недостаточно развитой микрофлоры кишечника.

- **Витамин Q (убихинон)**

- Является производным хинона, который содержит в ядре одну метильную и две метоксильные группы, а в боковой цепи изопреновую группировку, состоящую из 6-10 молекул:





- Убихинон входит в состав электронпереносящих протеинов дыхательной цепи мембран митохондрий. Он как кофермент осуществляет перенос электронов от ФАДН<sub>2</sub> к молекуле цитохромов. Убихинон содержится в тканях животных, может синтезироваться в организме.

- **Витамин F – полиненасыщенные жирные кислоты**
- Витамин F (англ. fat – жир) представляет собой набор полиненасыщенных жирных кислот, имеющих больше, чем одну двойную связь: линолевая, линоленовая, арахидоновая и др., которые содержатся в растительных маслах (кукурузное, льняное, подсолнечное), не синтезируются в организме животных и человека, то есть являются незаменимыми. Недостаток их ведет к нарушению обмена холина, холестерина, фосфора.

- Из некоторых ненасыщенных жирных кислот образуются гормоны - простагландины, внутриклеточные регуляторы обмена веществ.

- **Водорастворимые витамины**
- К ним относятся витамины группы В, витамины С и Р. Они принимают участие в обмене веществ в качестве коферментов и оказывают влияние на промежуточный обмен белков, липидов, углеводов; водорастворимые витамины в организме, как правило, не накапливаются, а потому должны постоянно всасываться из кишечника.

- Обмен у жвачных в норме не зависит от поступления витаминов группы В с кормом, т.к. кишечная микрофлора синтезирует их в достаточном количестве.
- У свиней и птиц эти витамины синтезируются в толстом отделе кишечника. Сельскохозяйственные животные синтезируют витамин С из простых сахаров. Недостаток его может быть только в стрессовых условиях.

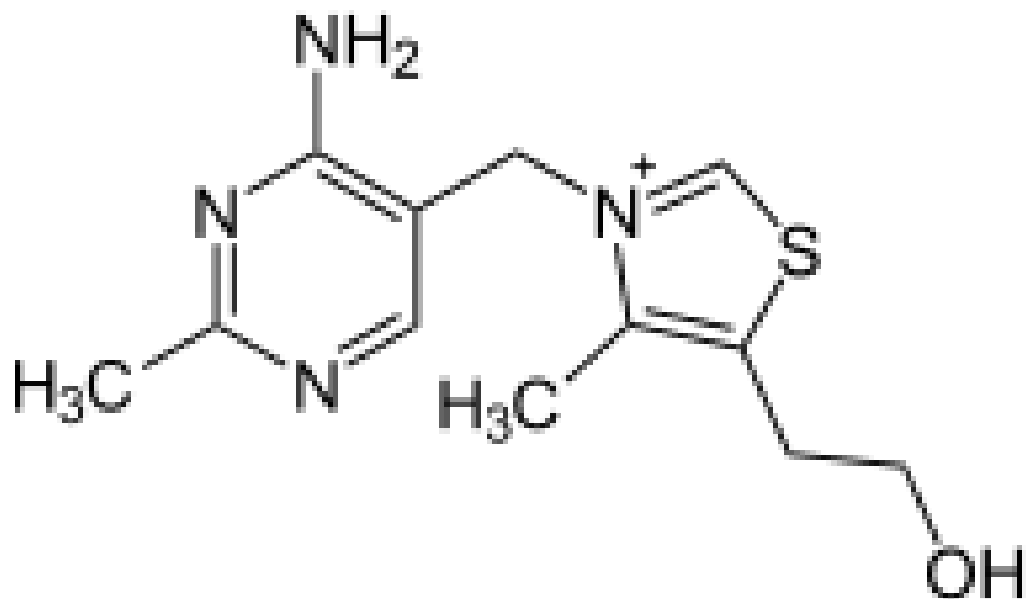
- **Витамин В1, антинеуритный, тиамин**
- Недостаток витамина В1 приводит к торможению процессов превращения пировиноградной кислоты в активированную уксусную кислоту, так и реакций цикла лимонной кислоты в целом. При этом в тканях накапливаются кетокислоты (пировиноградная,  $\alpha$ -кетоглутаровая). Тиаминпирофосфат входит в состав свыше 30 ферментов, принимающих участие в обмене белков, углеводов, липидов.

- Недостаток витамина клинически проявляется в виде параличей, полупараличей (полиневриты), судороги. Чувствительны птицы (цыплята, индюшата). У больных птиц отмечается взъерошенность оперения, слабость, запрокидывание головы, дегенерация мышечной ткани.

- У свиней: общая слабость, потеря аппетита, поносы, судороги, нервные явления; у человека развивается болезнь бери-бери. Витамин В1 содержится в кормах: зерно злаков, горох, молоко, рыбная мука и т.д., в тканях, много в дрожжах.

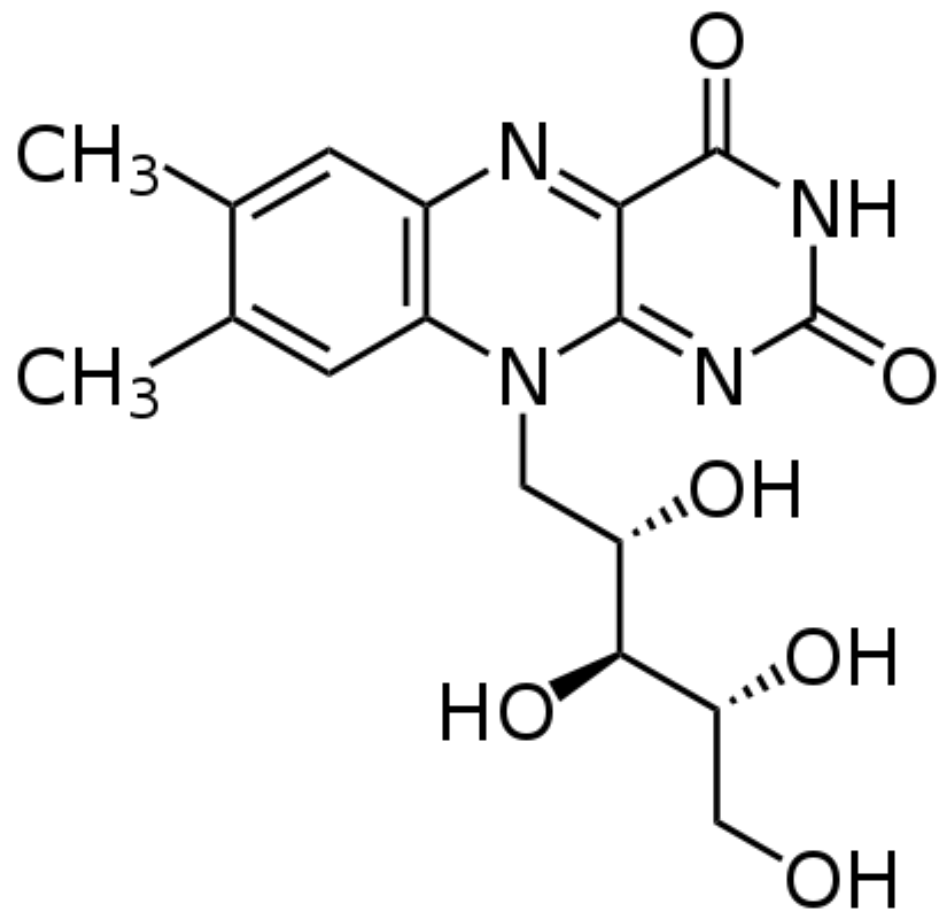


- Химическое строение: состоит из пиримидинового и тиазолового гетероциклов, соединенных метиленовым мостиком.



- В тканях животных, дрожжах витамин В1 находится в виде тиаминпирофосфата (ТПФ). ТПФ является небелковым компонентом декарбоксилаз пировиноградной и α-кетоглутаровой кислот.

- **Витамин В2, рибофлавин**
- Выделен из молока и других продуктов. Рибофлавин – желтое, кристаллическое вещество, хорошо растворимое в воде, разрушается при кипячении. В основе молекулы – гетероциклическое соединение – изоаллоксазин (сочетание бензольного, пиразинового и пиримидинового оснований), к которому в положении 9 присоединен многоатомный спирт рибит. Химическое название (рибофлавин) отражает наличие рибита и желтой окраски.



- Активные двойные связи в циклической структуре рибофлавина участвует в окислительно-восстановительных реакциях. Присоединяя водород в месте двойных связей с азотом в изоаллоксазиновом кольце рибофлавин восстанавливается и теряет окраску, то есть превращается в лейкоформу.

- Недостаток витамина В2 приводит к снижению продуктивности и другим функциональным нарушениям, смертности молодняка, особенно цыплят-бройлеров, поросят, снижается выводимость при инкубации яиц, связанное со смертностью эмбрионов. У птиц (кур) – скрючивание пальцев. У свиноматок – снижение оплодотворяемости и повышение эмбриональной смертности, воспаление кожи, слизистой кишечника, нервные расстройства и т.д.

- Влияние рибофлавина на обмен веществ связано с тем, что он входит в состав большого количества (более 60) флавиновых ферментов, участвующих в окислительно-восстановительных реакциях, в дыхательной цепи митохондрий и других реакциях обмена веществ.

- Флавиномононуклеотид (ФМН) и флавиндинуклеотид (ФАД) входят в состав флавопротеидов, которые являются оксидоредуктазами, витамин В2 участвует также в окислительном дезаминировании аминокислот и в биосинтезе гемоглобина.
- Витамина В2 много содержится в люцерне, кормовых дрожжах, зерне, молоке, мясокостной муке. Рибофлавин синтезируется также микрофлорой желудочно-кишечного тракта.

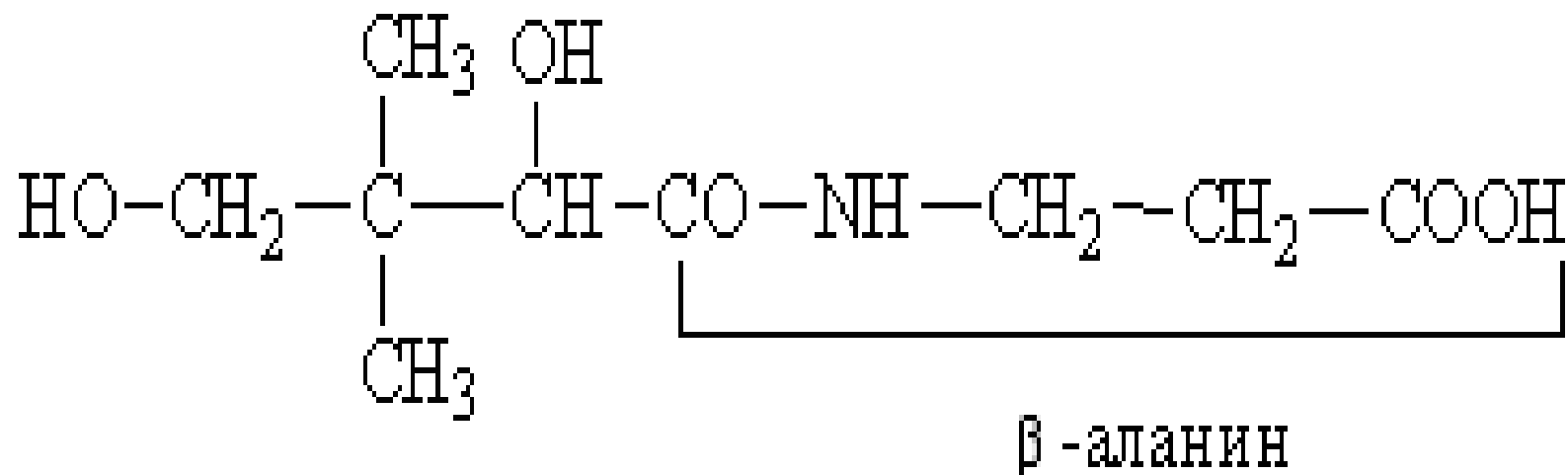


- **Витамин В3, пантотеновая кислота**

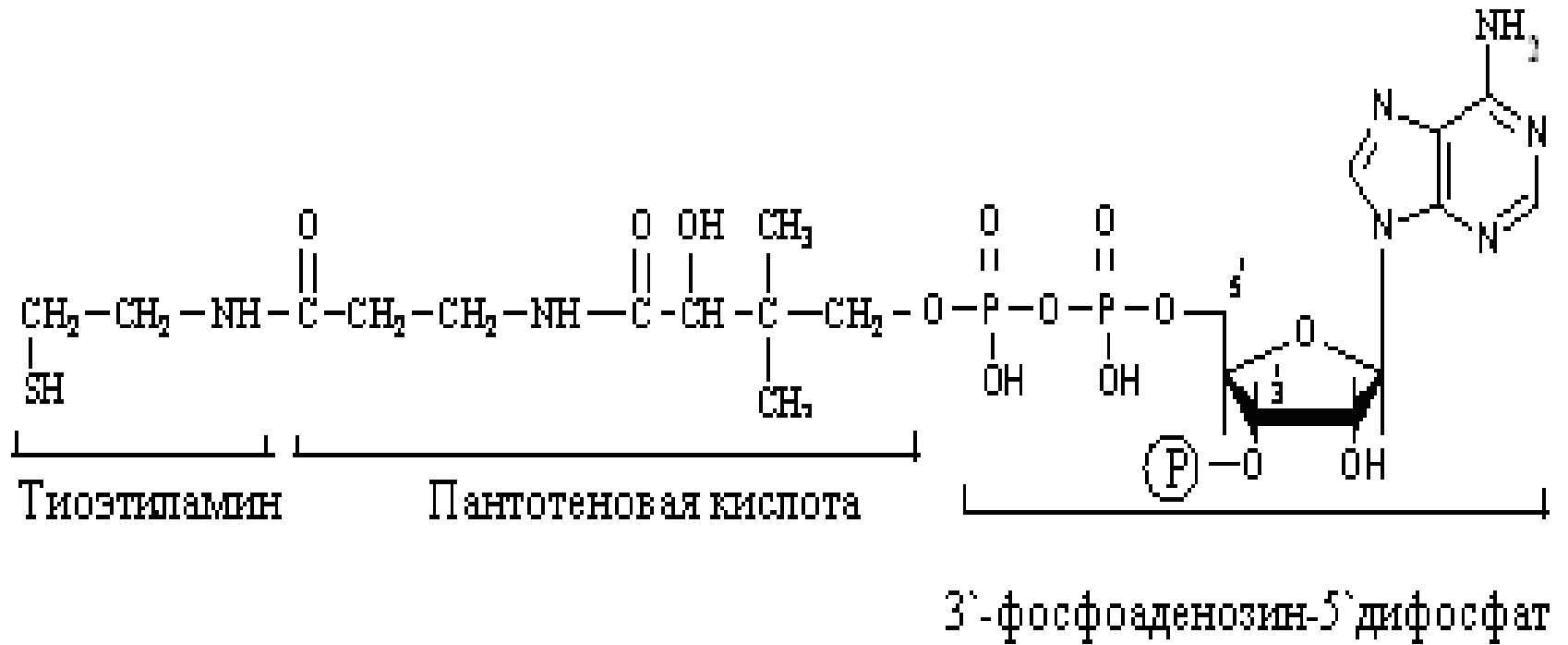
- Витамин В3 в природе широко распространен (pantothea – всюду присутствует, греч.). Много содержат этого витамина дрожжи, печень, яичный желток, шрот, жмыхи, зерновые корма и др. кормовые продукты. У жвачных животных витамин В3 синтезируется кишечной микрофлорой.

- При недостатке или отсутствии этого витамина у животных наблюдается потеря шерсти, поражение кожи, снижается сопротивляемость организма, продуктивность, задержки роста.

- Пантотеновая кислота  $\alpha$ -, $\gamma$ -диокси- $\beta$ , $\beta$ 1-диметилбутирил- $\beta$ -аланин:



- Пантотеновая кислота входит в состав кофермента активирования кислот HSKoA, который принимает участие в активировании жирных кислот и аминокислот, выполняет роль «переносчика» остатков уксусной кислоты, является ключевым веществом промежуточного обмена.

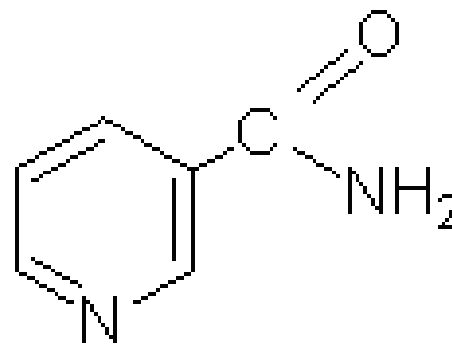
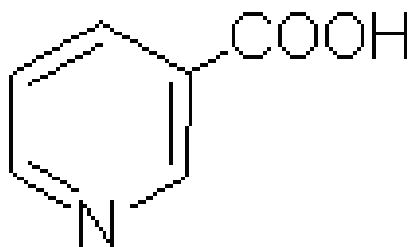


Коэнзим А

- **Витамин В5, РР, никотинамид, ниацин,**  
**Антипеллагрический**

Недостаток витамина В5 вызывает нарушение обмена веществ, проявляется в виде пеллагры (итал. pelle agra – шершавая кожа). У животных выражается следующим образом: у собак – «черный язык», у свиней – поражения кожи, гастроэнтериты, угнетение роста. У птиц – снижение продуктивности, гибель цыплят, снижение выводимости.

- Было установлено, что витамин В5 – это никотиновая кислота или ее амид. Никотиновая кислота представляет собой производное пиридина.



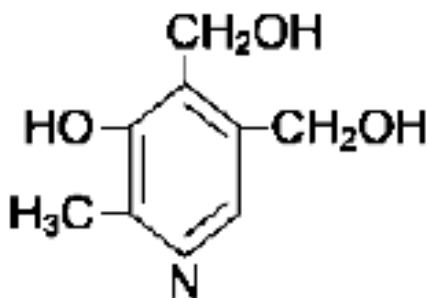
- Одна из основных причин пеллагры это слабое усвоение организмом никотиновой кислоты, содержащейся в кормах.



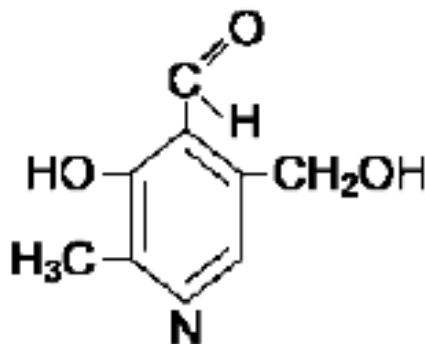
- НАДФ в положении 2' рибозы имеет остаток фосфорной кислоты. НАД и НАДФ содержащих ферментов несколько десятков, они осуществляют окислительно-восстановительные реакции, при этом НАД и НАДФ присоединяют протон и 2 электрона от окисляемого субстрата и передают другим переносчикам. Окисленные формы коферментов обозначаются НАД и НАДФ, восстановленные – НАДН<sub>2</sub>, НАДФН<sub>2</sub>.

- **Витамин В6, адермин, пиридоксол**
- Входит в состав коферментов (ферментов), участвующих в обмене аминокислот. Недостаток В6 ведет к нарушению обмена белков в организме.
- Этим витамином богаты корма: рисовые отруби, зародыши пшеницы, бобы, дрожжи и т.д. Витамин В6 синтезируется в желудочно-кишечном тракте микрофлорой.

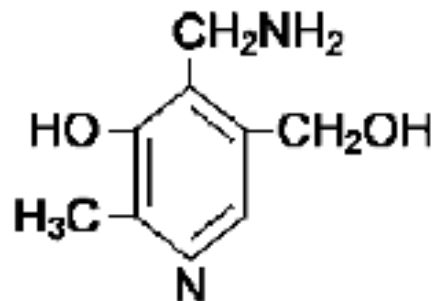
- Свойствами витамина В6 обладают пиридоксол, пиридоксаль, пиридоксамин, общее название пиридоксин.



Пиридоксол  
(пиридоксин)



Пиридоксаль

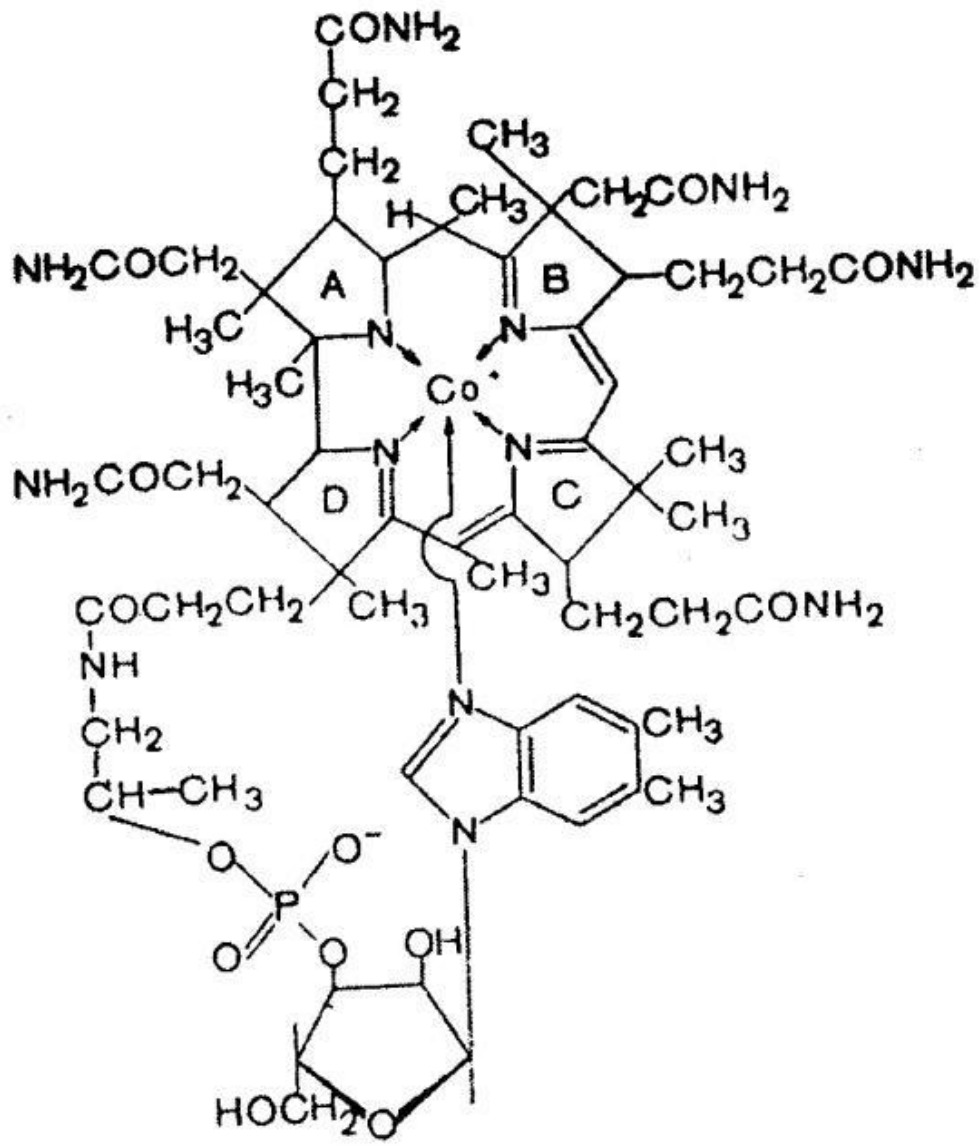


Пиридоксамин

- Витамин В6, его производные фосфопиридоксаль и фосфопиридоксамин принимают участие в реакциях трансаминирования и декарбоксилирования.
- Фосфопиридоксаль участвует в реакции переноса серы с метионина, в образовании адреналина, норадреналина, серотонина, гистамина, в обмене триптофана и тирозина.

- **Витамин В12, кобаламин,  
антианемический**

- Витамин В12- кобальтсодержащий витамин, синтезируется кишечной микрофлорой; недостаток его у животных отмечают при низком содержании кобальта в кормах (акобальтоз, гипокобальтоз), что связано с местностью. Например, Нечерноземье Российской Федерации, Республике Татарстан и другие зоны характеризуются низким содержанием кобальта.



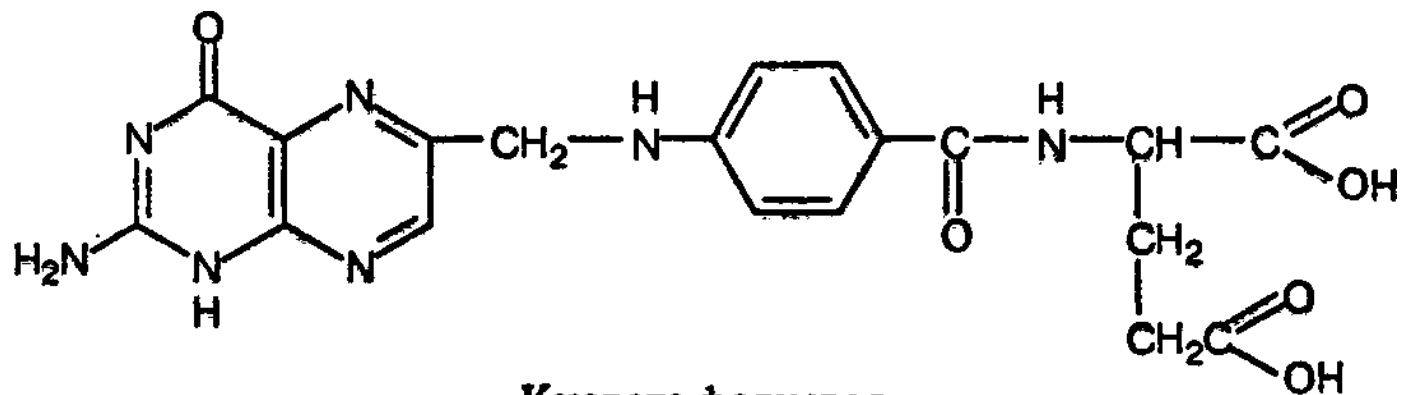
- Витамин В12 – совокупность соединений, образованных системой порфириновых колец, в центре находится атом кобальта

- Витамин В12 темно-красного света. Биологическая роль до конца не изучена. Хорошо известно положительное влияние на кроветворение (при злокачественной анемии). Является кофактором ферментов, участвует в биосинтезе метионина, является переносчиком метильных групп.



- **Фолиевая кислота**

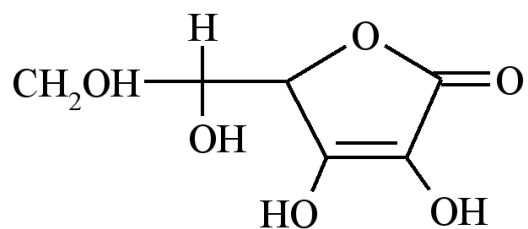
- Выделена из зеленых листьев (лат. folium – лист) состоит из остатка птеридина, парааминобензойной и глутаминовой кислот
- Синтезируется в кишечнике: животные обычно получают в достаточном количестве. Принимают участие в метаболизме метильных, оксиметильных, формильных и других функциональных остатков: участвует в синтезе креатина, метионина, гистидина, серина, азотистых оснований, холина. Реакции происходят с участием витамина B12.



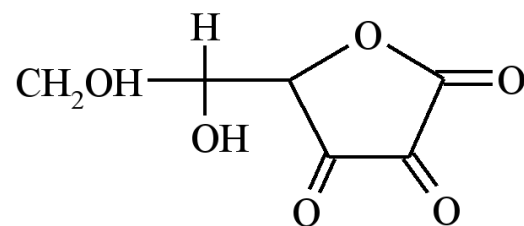
Кислота фолиевая

- **Витамин С (аскорбиновая кислота)**
- Синтезируется в печени (у млекопитающих и птиц) из моносахаридов. В обычных условиях авитаминоза у животных нет, может возникнуть при стрессовых состояниях. **Авитаминоз (цинга)** – проявляется кровоточивостью десен, слизистых оболочек, мышц, что связано с нарушением биосинтеза коллагена, проколлагена, эластина. Основным источником являются зеленые растения. **Витамин С синтезируется микрофлорой пищеварительного тракта.**
- Аскорбиновая кислота –  $\gamma$ -лактон кетогулоновой кислоты.

- Это ненасыщенное соединение, кислый характер связан с наличием двух енольных гидроксильных групп. Она способна к обратимому окислению (дегидрированию) с образованием дегидроаскорбиновой кислоты.



аскорбиновая  
кислота

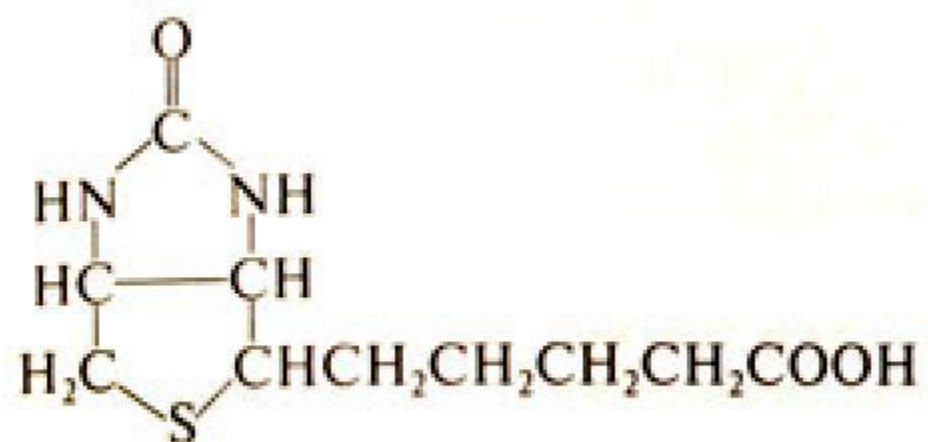


дегидроаскорбиновая  
кислота

- В качестве окислительно-восстановительной системы она катализирует многие реакции тканевого обмена веществ (участие в биологическом окислении, восстановление дисульфидной связи в белках до сульфгидрильных групп). Имеет функциональные связи с другими витаминами (А, Е, В1, В2, В12).

- **Биотин, витамин Н**

- Молекула биотина (bios – жизнь, греч.) состоит из имидазолового (А) и тиюфенового (В) колец, составляющих гетероциклическую часть молекулы, а боковая цепь представлена валериановой кислотой.



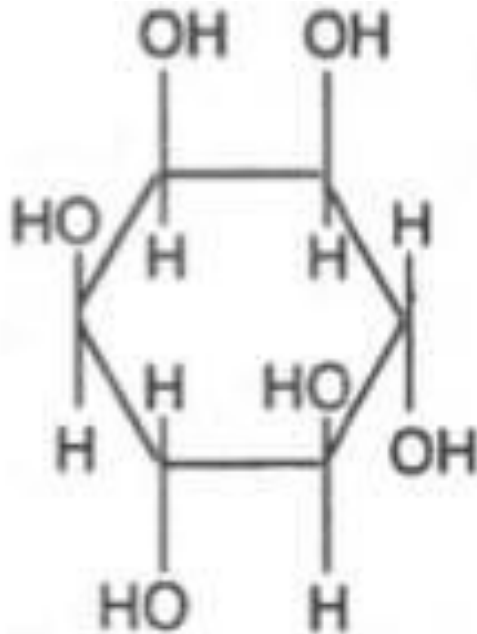
Биотин



- Биотин является коферментом карбоксилаз, катализирующих реакции:
- а) карбоксилирования:
  - $RH + HCO_3^- + ATP \rightarrow R-COOH + ADP + H_3PO_4$
- б) реакции транскарбоксилирования:
  - $R_1-COOH + R_2H \rightarrow R_1H + R_2-COOH$
- Эти реакции имеют важное значение в организме при синтезе высших жирных кислот, белков, пуриновых нуклеотидов и т.д.

# ИНОЗИТ

Это шестиатомный спирт  
(циклический).



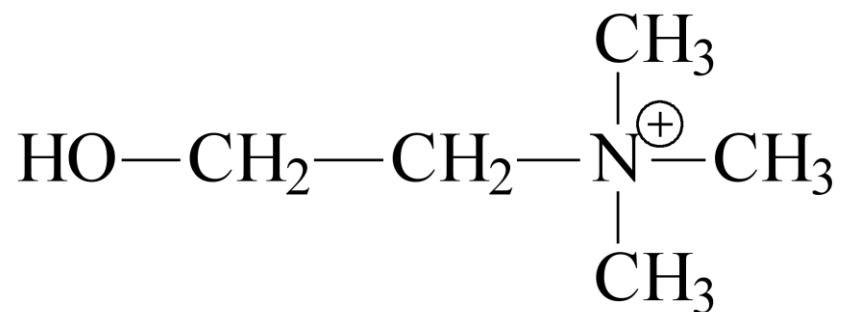
ИНОЗИТ

- Инозит входит в состав фосфолипида плазматической мембраны фосфатидилинозитола и его фосфорилированных производных, которые содержатся во всех тканях, особенно богата ими нервная ткань. Фосфорилированные формы инозита, прежде всего инозитол-1,4,5-трифосфат, являются вторичными посредниками в реализации действия ряда гормонов (мессенджером). Он способствует высвобождению ионов кальция из его внутриклеточных депо.

- Растительные и животные корма содержат достаточно много инозита. В зерне, отходах зерна он находится в форме кальциевой соли гексафосфорного эфира инозита (фитина). Синтезируется в организме ЖИВОТНЫХ.

# Холин

Аминоэтиловый спирт, содержащий у атома азота три метильные группы.



- Необходим в организме для жирового обмена и передачи нервного возбуждения. К витаминам относится условно. У курнесушек при клеточном содержании отмечают недостаток холина, в результате чего наблюдается ожирение печени, снижение яйценоскости. В растениях содержится в виде фосфолипидов. Холин при взаимодействии с уксусной кислотой образует ацетилхолин - медиатор нервных импульсов.