



Витамин - необходимый для жизни амин

Основные признаки витаминов (≈ 13 витаминов)

- Содержатся в пище в незначительных количествах (микрокомпоненты)
 - Не синтезируются в организме вообще или синтезируются в незначительных количествах микрофлорой кишечника
 - Не выполняют пластических функций
 - Не являются источниками энергии
 - Оказывают биологическое действие в малых концентрациях и влияют на все обменные процессы
 - Являются кофакторами многих ферментативных систем
- ≈ 8 витаминоподобных веществ**

Если у вещества присутствуют все признаки витамина, кроме 1 (иногда 2-х), то оно – витаминоподобное



Витамины – **важнейшая часть многих коферментов**

**У большинства ферментов есть небелковый
компонент – кофактор
(кофермент или простетическая группа)**

**В состав коферментов витамины входят
не в свободном, а в активированном виде**

***Для каждого витамина –
свой путь активирования:***

**фосфорилирование, присоединение нуклеотида
или другое превращение**

• Витамеры –

- сходные по химическому строению вещества, обладающие характерным физиологическим действием конкретного витамина. Принято обозначать индексом.
- витамин А имеет три витамера (A_1 , A_2 , A_3),
- витамин D – пять,
- витамин Е представлен большой группой витамеров, из которых наиболее распространены α -, β -, γ -токоферолы.

- По физико-химическим свойствам классифицировать витамины затруднительно, но по растворимости выделяют две большие группы витаминов:
жирорастворимые и водорастворимые.
- Согласно программе курса, из группы жирорастворимых витаминов необходимо изучить витамины: **А, Д, Е, К, Ф, убихинон;**
- из группы водорастворимых: **В₁, В₃, В₅, В₆, В₁₂, В_С, Н, Р, С** и витаминоподобные вещества: **парааминобензойную кислоту, липолевою кислоту, холин, инозит.**

Номенклатура витаминов

№ п.п.	Буквенное обозначение	Химическое название	Физиологическое название
1	А	Ретинол	Антиксерофтальмический
2	Д	Кальциферолы	Антирахитный
3	Е	Токоферолы	Антистерильный
4	К	Филохиноны	Антигеморрагический
5	В ₁	Тиамин	Антиневритический
6	В ₂	Цианкобаламин	Антианемический
и т. д.			

• **Водорастворимые витамины** отличаются *термолабильностью и неустойчивостью к изменению рН среды.*

• В организме почти не накапливаются и должны постоянно поступать с кормом. Способны наиболее полно усваиваться из рационов, сбалансированных по белку.

• Жвачные животные менее зависимы от поступления витаминов с кормом, что связано с деятельностью микрофлоры желудочно-кишечного тракта (ЖКТ).

- **Жирорастворимые витамины** не растворяются в воде, но хорошо растворимы в жирах и органических растворителях. К ним относят А, D, Е, К и витаминоподобные вещества, F, Q и другие.
- Жирорастворимые витамины отличаются термостабильностью и устойчивостью к изменению рН среды. В организме практически не синтезируются, но могут депонироваться. Полнее усваиваются организмом при наличии жиров в рационе.

- **Из всех известных витаминов животные чаще всего испытывают недостаток в витаминах А, Д, К, Е, В₁, В₂, В₆, В₁₂, РР, пантотеновой и фолиевой кислотах в витамине Н и других, при этом молодняк животных более чувствителен к недостатку витаминов в рационах, чем взрослые животные.**
- **Для жвачных животных при нормировании рациона учитывают: каротин, витамины А, Д, Е. При нормировании витаминного питания свиней рационы контролируют по витаминам А(или каротину), Д₂, Е, В₁, В₂, В₃, В₄, В₅, В₁₂.**
- **Для птицы дополнительно к этим витаминам нормируются витамины К, В₆, В_с, С, Н.**
- **Суточная потребность животных в витамине зависит от многих факторов: вида, пола, возраста, физиологического состояния. Недостаток хотя бы одного витамина в рационе вызывает функциональные расстройства в обмене веществ и снижение продуктивности животных.**

Активные формы витаминов :

- В₁ - ТДФ (тиаминдифосфат)
- В₂ - ФАД (флавинадениндинуклеотид)
- В₆ - ПФ (пиридоксальфосфат)
- В₉(В_с) - ТГФК (тетрагидрофолиевая кислота или фолиновая кислота)
- РР - НАД и НАДФ(никотинамидадениндинуклеотид и его фосфорилированная форма)
- В₁₂ - кобаламин при активации соединяется с адениловой кислотой
- Биотин - соединяется с СО₂
- В₃ - пантотеновая кислота - в активированном виде представляет собой Коэнзим А

В организме животных и человека возможен синтез единичных витаминов:

- **витамина РР** из аминокислоты триптофана
- **витамина D₃** из 7-дегидрохолестерола в процессе фотохимической реакции
- **некоторые витамины группы В** синтезируются в кишечнике под влиянием микрофлоры

Все остальные витамины
обязательно должны поступать в организм
извне,
чаще всего с пищей

Источники витаминов:

- **растительного происхождения** – овощи и фрукты, многие злаки и бобовые, ягоды и орехи, зелень и корни
- в продуктах **животного происхождения** витаминов значительно меньше
- в виде **искусственных препаратов** может поступать большое количество витаминов
- **Через клеточную мембрану свободные витамины проходят значительно легче.** Поэтому дешевле и выгоднее вводить **не коферменты, а свободные витамины,** т.е. не активированные витамины

Провитамины

- Это молекулы – предшественники ВИТАМИНОВ.
- **Провитамины А**
3 типа провитаминов: α -, β -, γ -**каротины**, из которых самый активный β -каротин.
- **Провитамин D**
Производное холестерина:
7-дегидрохолестерол, из которого в коже на свету может образоваться витамин D₃.

- Витамины **быстро всасываются** в кровь и **быстро выводятся**, поэтому они **должны поступать** в организм **постоянно**
- **При недостатке витаминов**
 - **субнормальная обеспеченность** (дефицит витамина без клинических признаков нарушений обмена)
 - **гиповитаминозы** (недостаточность витамина не полная, умеренная)
 - **авитаминозы или полиавитаминозы**
(глубокая недостаточность, почти **отсутствие** витамина)
- **При избыточном количестве витаминов**
 - **гипервитаминозы**

Гиповитаминозы встречаются очень часто.

Причины:

- 1) **Социальные факторы:**
однообразное, одностороннее питание с недостаточным содержанием витаминов в пище, плохие жилищные условия
- 2) **Неправильная технология обработки пищи:**
медленное долгое нагревание или неоднократное подогревание пищи уничтожает витамины
- 3) **Употребление табака, этанола** (алкоголизм)
- 4) **Биологические факторы:**
грудной и пожилой возраст, беременность, период кормления ребенка

5) *Некоторые патологические состояния:*

- а) Нарушение **всасывания** в ЖКТ
- б) Кишечные инфекции.

Патогенные микроорганизмы подавляют нормальную кишечную микрофлору, нарушая **синтез витаминов группы В**

- в) Заболевания печени нарушают:
 - **превращение провитаминов в витамины**
 - **включение витаминов в различные реакции биосинтеза**
 - **депонирование витаминов в печени.**

6) *Введение избыточного количества лекарств*, в первую очередь - **антибиотиков**, которые могут **угнетать деятельность нормальной микрофлоры** в кишечнике

- **7) Введение антивитаминов.**

- ❖ *Истинные* – похожи по строению на нативные витамины (структурные аналоги), но *обладают противоположным действием вследствие конкурентных отношений с витамином*. Обычно блокируют центры связывания ферментов с витаминами, вытесняя витамины.
- ❖ *Неспецифические* – в широком смысле это любое вещество, после введения которого в организм наступает картина одного из гипо- или авитаминозов. Вызывают модификацию витамина или затрудняют его всасывание или транспорт, в итоге – снижение или потеря биологического эффекта витамина.

- **Суточная потребность**

в витаминах - это профилактическая доза, или количество витамина, необходимое для

предотвращения гиповитаминоза

- **несколько миллиграммов или микрограммов**

- **За единицу активности** витамина принята **Международная единица (МЕ)** или **Интернациональная единица (ИЕ)**
Стандартизация проводится на лабораторных животных

- 1 МЕ витамина $B_1 = 3$ мкг кристаллич. тиамин (голуби)
- 1 МЕ витамина $B_2 = 3$ мкг
- 1 МЕ витамина C = 50 мкг
- 1 МЕ витамина A = 0,3 мкг (крысы)
- 1 МЕ витамина D = 0,025 мкг чистого кальциферола
- 1 МЕ витамина E = 1 мг α -токоферола.

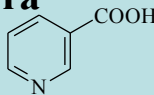
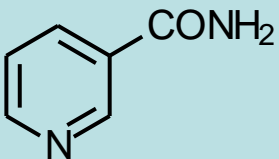
- Отдельно выделяют условную группу **витаминоподобных веществ**, которые отличаются от витаминов тем, что потребность организма в них выше. Например, суточная потребность взрослого человека в витамине В₅ составляет 15–25 мг, в витамине F (условно витаминоподобного вещества) – 5–10 г.

ЖИРОРАСТВОРИМЫЕ ВИТАМИНЫ

и витаминоподобные вещества

- **А** ретинол
- **D** холекальциферол
- **E** токоферол
- **K** филлохинон, менахинон
- **F** - полиненасыщенные эссенциальные жирные кислоты: линолевая(ω6),
линоленовая(ω3),
арахидоновая
(витаминоподобное вещество)
- **Коэнзим Q** – убихинон
(витаминоподобное вещество)

Водорастворимые витамины	Жирорастворимые витамины	Витаминоподобные соединения
Витамин С (аскорбиновая кислота)	Витамин А (ретинол) и каротин	Биофлавоноиды (витамин Р)
Витамин В ₁ (тиамин) Витамин В ₂ (рибофлавин)	Витамин D (кальциферолы)	Метилметионинсульфоний (витамин U)
Витамин РР (никотиновая кислота, ниацин)	Витамин Е (токоферолы)	Пангамовая кислота (витамин В ₁₅)
Витамин В ₆ (пиридоксин) (филло- хиноны)	Витамин К	Холин
Витамин В ₁₂ (цианокобаламин)	—	Липоевая кислота. Оротовая
Фолиевая кислота (витамин В ₉)	—	Парааминобензойная кислота
Пантотеновая кислота	—	Инозит
Биотин (витамин Н)	—	Карнитин

Все возможные названия витамина	Химические формы		Участие в обмене веществ	Специфические признаки недостаточности витамина в организме	Источники
В₅ (РР), ниацин, антипеллагрический, никотиновая кислота, никотинамид	Неактивная: поступает с кормом: никотиновая кислота 	Активная: кофермент НАД⁺ (никотинадениндинуклеотид), кофермент дегидрогеназ	Переносит водород в биологических ОВР Участвует в матричном синтезе нуклеиновых кислот Влияет на процесс деления клеток; Является аллостерическим регулятором ряда ферментов энергетического обмена	Симметричные дерматиты на открытых участках кожи (пеллагра) Диарея, невриты Атрофия и болезненность языка	Отходы мукомольной промышленности: дерть, отруби, дрожжи, шроты
	никотинамид 				

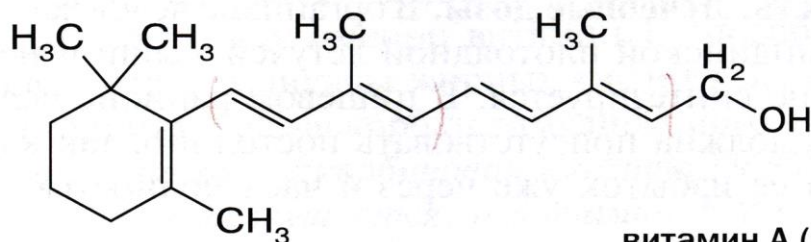
Витамин	Витамеры	Активные формы витаминов	Специфические функции витаминов
Водорастворимые витамины			
Витамин С	Аскорбиновая кислота, дегидроаскорбиновая кислота	Не известны	Участвует в гидроксировании пролина в оксипролин в процессе созревания коллагена
Тиамин (витамин В₁)	Тиамин	Тиаминдифосфат (ТДФ, тиаминпирофосфат, кокарбоксилаза)	В форме ТДФ является коферментом ферментов углеводно-энергетического обмена
Рибофлавин (витамин В₂)	Рибофлавин	Флавиномононуклеотид (ФМН), флавинадениндуклеотид (ФАД)	В форме ФМН и ФАД образует простетические группы флавиновых оксидоредуктаз - ферментов энергетического, липидного, аминокислотного обмена
Пантотеновая кислота (устаревшее название - витамин В ₅)	Пантотеновая кислота	Кофермент А (коэнзим А; КоА)	В форме КоА участвует в процессах биосинтеза, окисления и других превращениях жирных кислот и стероидов (холестерина, стероидных гормонов), в процессах ацетилирования, синтезе ацетилхолина
Витамин В₆	Пиридоксаль, пиридоксин, пиридоксамин	Пиридоксальфосфат (ПАЛФ)	В форме ПАЛФ является коферментом большого числа ферментов азотистого обмена (трансаминаз, декарбоксилаз аминокислот) и ферментов, участвующих в обмене серосодержащих аминокислот, триптофана, синтезе гема
Витамин В₁₂ (кобаламины)	Цианокобаламин, оксикобаламин	Метилкобаламин (СН ₃ В ₁₂), дезоксиаденозилкобаламин (ДАВ ₁₂)	В форме СН ₃ В ₁₂ участвует в синтезе метионина из гомоцистеина; в форме ДАВ ₁₂ участвует в расщеплении жирных кислот и аминокислот с разветвленной цепью или нечетным числом атомов углерода
Ниацин (витамин РР)	Никотиновая кислота, никотинамид	Никотинамидадениндуклеотид (НАД); никотинамиддениндуклеотидфосфат (НАДФ)	В форме НАД и НАДФ является первичным акцептором и донором электронов и протонов в окислительно-восстановительных реакциях, катализируемых различными деадрогеназами
Фолат (устаревшее название - витамин В ₉)	Фолиевая кислота, полиглутаматы фолиевой кислоты	Тетрагидрофолиевая кислота (ТГФК)	В форме ТГФК осуществляет перенос одноуглеродных фрагментов при биосинтезе пуриновых оснований, тимидина, метионина
Биотин (устаревшее название - витамин Н)	Биотин	Остаток биотина, связанный с ε-аминогруппой остатка лизина в молекуле апофермента	Входит в состав карбоксилаз, осуществляющих начальный этап биосинтеза жирных кислот
Жирорастворимые витамины			
Витамин А	Ретинол, ретиналь, ретиновая кислота, ретинола ацетат	Ретиналь, ретинилфосфат	В форме ретиналя входит в состав зрительного пигмента родопсина, обеспечивающего восприятие света (превращение светового импульса в электрический). В форме ретинилфосфата участвует как переносчик остатков сахаров в биосинтезе гликопротеидов
Витамин D (кальциферолы)	Эргокальциферол (витамин D ₂); холекальциферол (витамин D ₃)	1,25-Диоксихолекальциферол (1,25(ОН) ₂ D ₃)	Гормон, участвующий в поддержании гомеостаза кальция в организме; усиливает всасывание кальция и фосфора в кишечнике и его мобилизацию из скелета; влияет на дифференцировку клеток эпителиальной и костной ткани, кроветворной и иммунной систем
Витамин Е (токоферолы)	α-, β-, γ-, δ-токоферолы	Наиболее активная форма α-токоферол	Выполняет роль биологического антиоксиданта, инактивирующего свободнорадикальные формы кислорода, защищает липиды биологических мембран от перекисного окисления
Витамин К	Филлохинон (витамин К ₁); менахиноны (витамины К ₂); 2-метил-1, 4-нафтохинон (менадион, витамин К ₃)	Дигидрoвитамиn К	Участвует в превращении препротромбина в протромбин, а также в аналогичных превращениях некоторых белков, участвующих в процессе свертывания крови, и костного белка остеокальцина

Нехватка полезных элементов – острая проблема для крупного рогатого скота

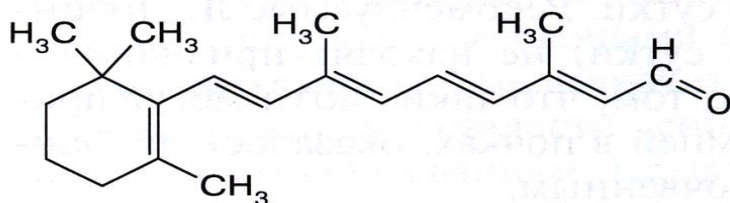
Название витамина	Где содержится	Полезные свойства	Признаки нехватки
А	Основными источниками витамина «А», считаются морковь и молодая трава. Если правильно засушивать сено, то и оно будет богато этим витамином.	Стимулирует рост и развитие животных. Благоприятно влияет на иммунитет, помогая справляться с вирусами и прочими заболеваниями.	Появляются выделения из носа. В глазах скапливается гной и слизь. Появляются проблемы с пищеварением.
Д	Содержится в таких травах, как люцерна и клевер. Для сохранения питательных компонентов при засушке, рекомендуется оставлять траву на солнце.	Витамин «Д» крайне важен для костей животных, а при его недостатке может начаться рахит.	У животных, в организме которых недостает данного витамина, замечается общая слабость, затрудняется передвижение. Кости становятся хрупкими. При незначительных травмах могут произойти переломы и деформация конечностей.

ЖИРОРАСТВОРИМЫЕ ВИТАМИНЫ

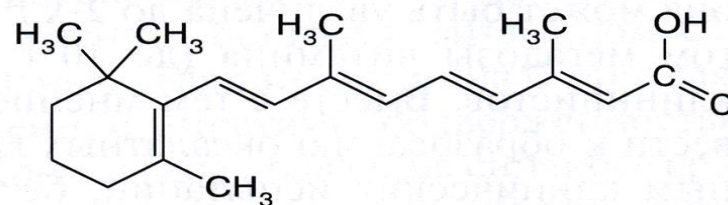
ВИТАМИН А (ретинол, антиксерофтальмический)



витамин А (ретинол)



ретиаль



ретиновая кислота

Суточная потребность: 1,5 – 2,5 мг (5-6 тыс. МЕ) для человека
280-900 мг каротина (КРС) и 30-70 мг(свиньи)

Источники: рыбий жир, коровье масло, желток, печень, молоко,
молочные продукты, каротиноиды в желтых продуктах

Каротины – провитамины А

- каротиноиды α, β, γ

α - и γ -каротины содержат по одному β -иононовому кольцу, при окислительном распадае образуется 1 молекула витамина А.

β -каротин содержит 2 β -иононовых кольца



Реакцию катализируют 2 фермента:

- 1) Каротиндиоксигеназа (расщепляет молекулу β -каротина по центру окислительным путем)
- 2) NAD(P)-зависимая редуктаза (восстанавливает до спиртовой группировки – ретинол)

Биохимические функции витамина А

- **ПРИРОДНЫЙ АНТИОКСИДАНТ** участвует в **ОКИСЛИТЕЛЬНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫХ** реакциях, синергист витамина Е
- **РЕГЕНЕРАЦИЯ И ДИФФЕРЕНЦИРОВКА КЛЕТОК КОЖИ И СЛИЗИСТЫХ**, предупреждение ороговения, шелушения, растрескивания кожи
- **АНТИКАНЦЕРОГЕН И АНТИМУТАГЕН**
- **УЧАСТИЕ В СИНТЕЗЕ ферментов, образующих ФАФС**. ФАФС нужен для:
 - синтеза кислых гликозаминогликанов (**развитие кости и хряща**),
 - синтеза сульфocereброзидов, гепарина, таурина (**связывание Са, К, медиаторов, нормальная работа ЦНС**)
 - **инактивации токсинов** в печени

Биохимические функции витамина А

- **РЕГУЛЯТОРНАЯ**

- синтез **гормонов** (кортикостероидов, эстрогенов, гонадотропинов),
- синтез **липидов**
- **активность ферментов**

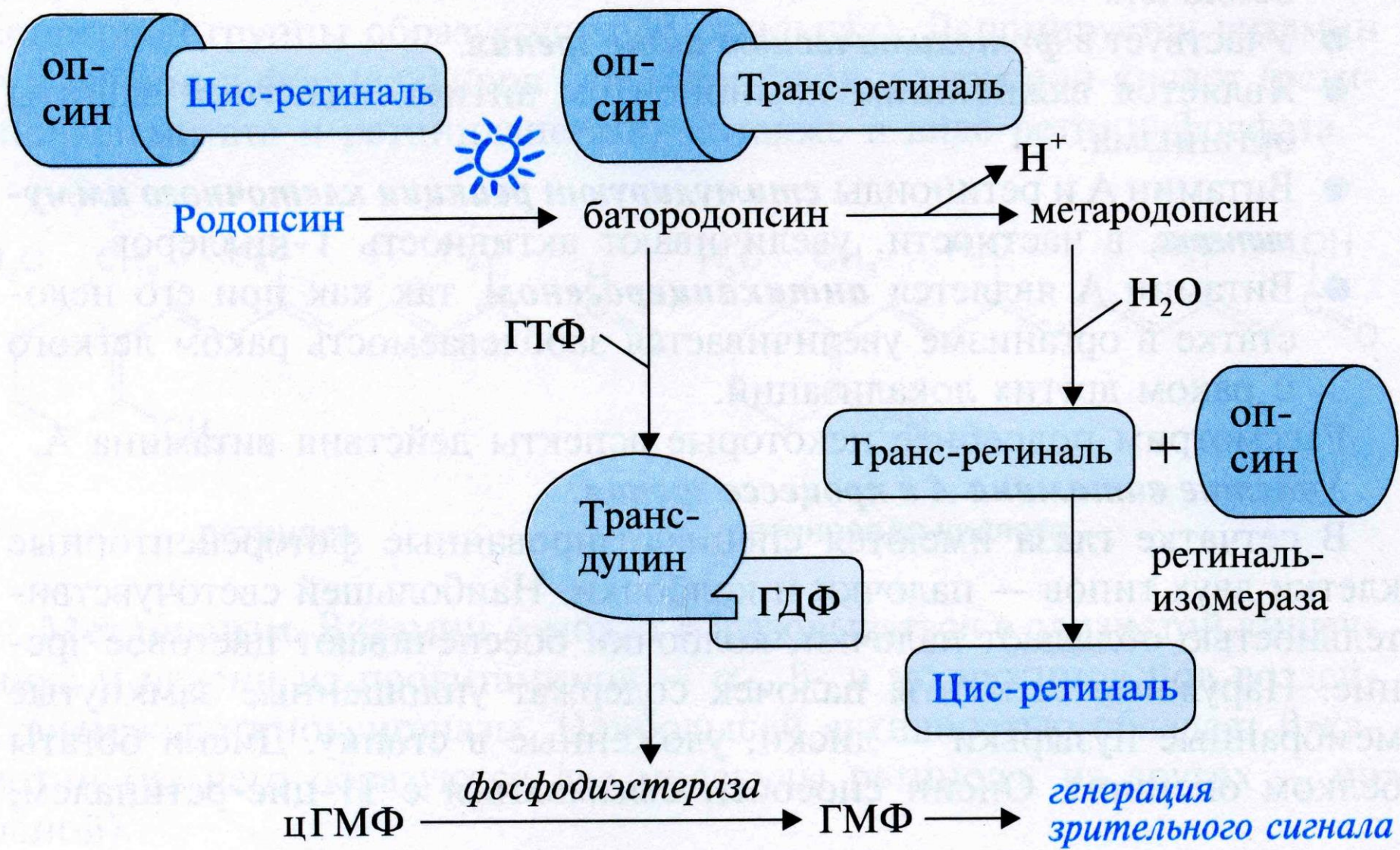
- **ИММУНОЛОГИЧЕСКАЯ**

- регуляция синтеза **защитных белков** (антител, интерферона, лизоцима...)
- стимуляция **фагоцитоза** (повышает проницаемость мембран лизосом в лимфоцитах)

- **СЕНСОРНАЯ**

- фоторецепция (входит в состав белка родопсина, зрительных «палочек», отвечает за **цветное зрение**)
- регуляция **вкусовых, обонятельных, вестибулярных** рецепторов,
- предотвращает тугоухость на фоне нарушений самого органа **слуха** и невралгических заболеваний

Участие витамина А в фотохимическом акте зрения



Авитаминоз, гиповитаминоз ретинола

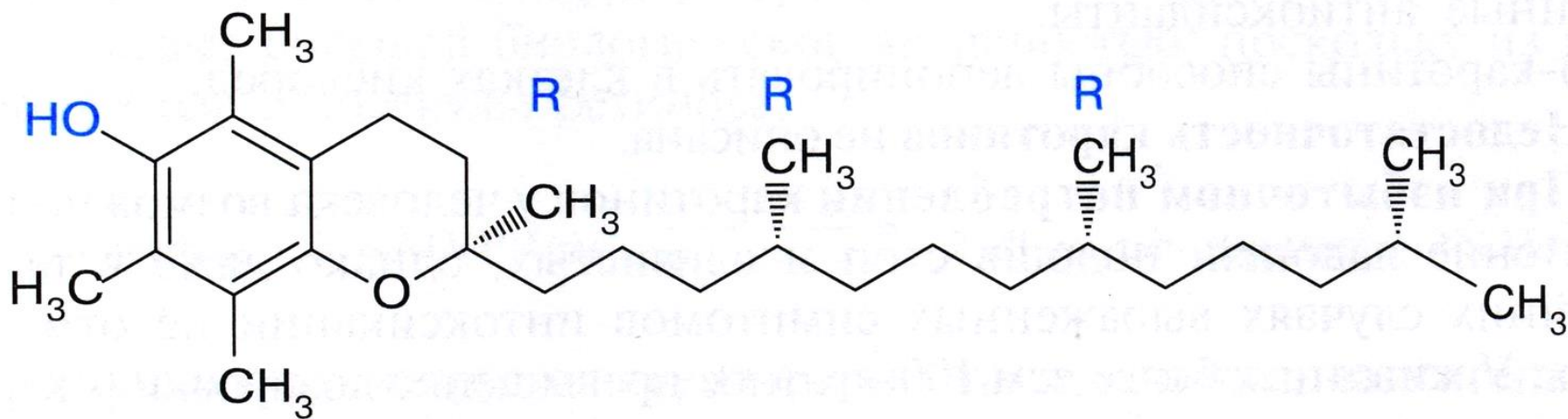
- **поражение слизистых** (*превращение эпителия в многослойный плоский, усиление процессов ороговения*)
- **сухость кожи**, *папулёзная сыпь, шелушение*
- **снижение секреции слюнных желез**
- **ксерофтальмия** (*сухость роговицы глаза*), **кератомалация** (*размягчение роговицы*), **гемералопия** (*«куриная слепота»*)
- **поражение желудочно-кишечного тракта**
- **снижение устойчивости к инфекциям**, *замедление заживления ран*

Гипервитаминоз, острые отравления витамином А

- **поражение кожи** (сухость, пигментация)
- выпадение волос, ломкость ногтей, боли в области костей, суставов, остеопороз, гиперкальциемия
- **увеличение печени** (с накоплением липидов), селезенки, почечная недостаточность, обострение желудочно-кишечных заболеваний, панкреатита,
- **нарушение развития плода**
- уменьшение свертываемости крови за счет увеличения количества гепарина (геморрагии)
- **острое отравление** (более 300 тыс.МЕ ежедневно)
 - головная боль, сонливость, тошнота, рвота
- **явления менингизма** - светобоязнь (повышение внутриглазного давления, сдавление сосочка зрительного нерва), у детей - судороги

ЖИРОРАСТВОРИМЫЕ ВИТАМИНЫ

ВИТАМИН Е (токоферол, витамин размножения, антистерильный)



**Суточная потребность 20 - 30 мг для человека,
300-500 МЕ на 100 кг живого веса КРС
60-100 МЕ на 100 кг живого веса свиней**

Источники: растительные масла

- Витамины группы Е – это 8 токоферолов, обозначают буквами греческого алфавита (из них природный только α -токоферол, остальные – синтетические).

По биологическому действию токоферолы делят:

- с витаминной активностью (**α -токоферол**)
- с антиокислительной активностью (**δ -токоферол**)

Содержание витамина Е в крови составляет

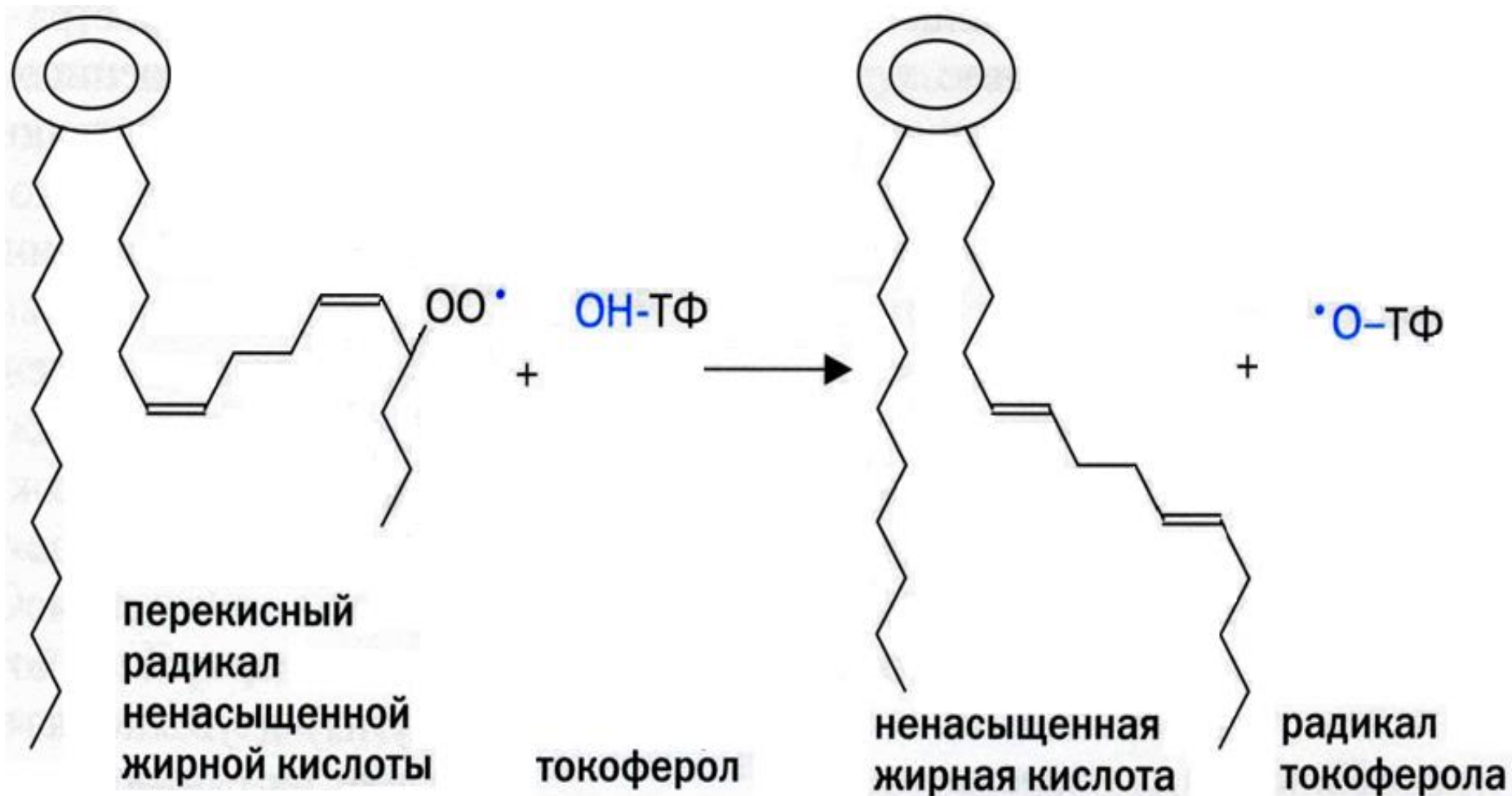
2 - 4 мкмоль/л (1 мг%).

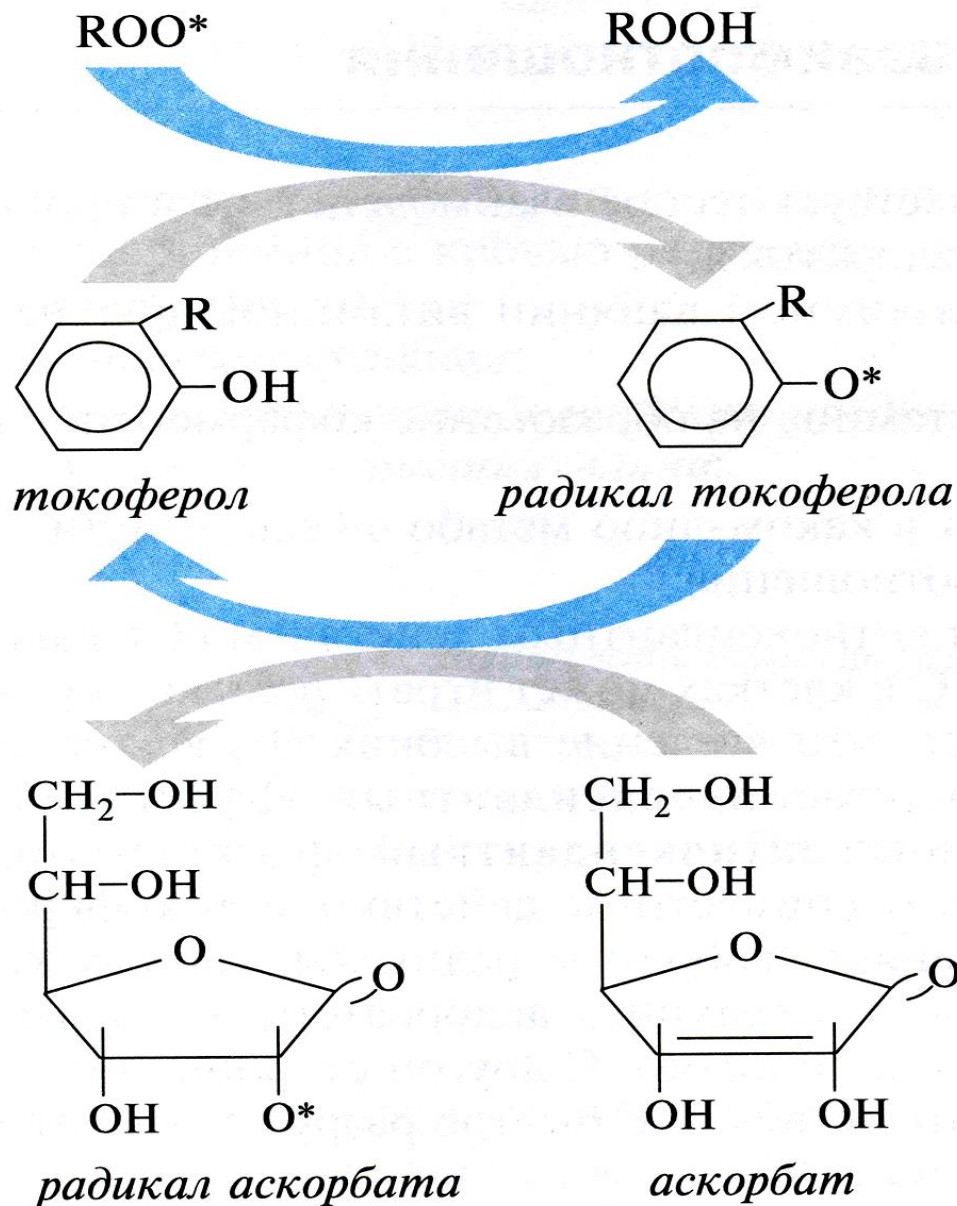
Биохимические функции витамина Е:

1) Антиоксидантное действие на липиды клеток организма и **предохранение липидной фазы мембран от перекисления.**

- Липоперекиси и другие продукты перекисного окисления липидов (ПОЛ) повреждают мембраны клеток и нарушают их функции.
- Окисление липидов **мембран эритроцитов** может сопровождаться **гемолизом**. Витамин Е, защищая липиды, предохраняет эритроциты от гемолиза.
- Таким образом, **витамин Е – антиоксидант липидной (гидрофобной) фазы**

Антирадикальное действие витамина Е





**Обезвреживание
токоферолом
перекиси жирной
кислоты (ROO^*)
и регенерация
радикала токоферола
аскорбиновой кислотой**

Биохимические функции витамина Е:

- 2) *повышает накопление* во внутренних органах *всех жирорастворимых витаминов*, особенно ретинола (витамина А)
- 3) улучшает клеточное дыхание, *активирует* процессы, способствующие *синтезу АТФ*
- 4) влияет *на функции и состояние эндокринных систем*, особенно половых желез, гипофиза, надпочечников и щитовидной железы, стимулирует синтез гонадотропинов, развитие плаценты
- 5) тормозит агрегацию тромбоцитов, что помогает предупредить атеросклероз

Биохимические функции витамина Е:

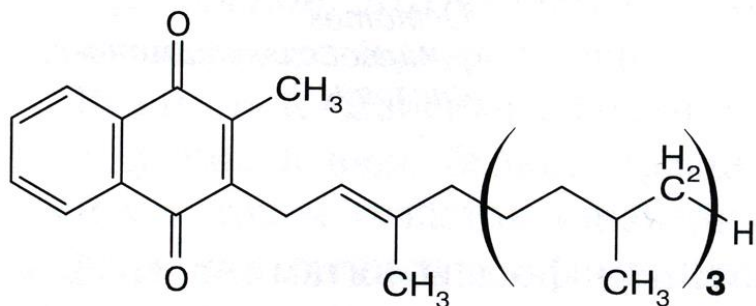
- 6) Токоферолы принимают *участие в обмене белка*:
- увеличивают синтез **нуклеопротеинов, коллагена, сократительных белков**, белков слизистых, плаценты, **ферментов, гормонов, антител**, интерферона
 - усиливают синтез **гема** (входит в состав гемоглобина, миоглобина, каталаз, пероксидаз, цитохромов),
 - участвуют в **обмене креатина и креатинина**
- 7) Токоферолы *нормализуют мышечную систему*, необходимы для развития и работы мышц:
- применяют с **лечебной целью при прогрессирующей мышечной дистрофии**
 - используют в спорте и спортивной медицине для **предотвращения мышечной слабости и утомления**

При недостатке токоферола - выраженная дистрофия скелетных мышц и миокарда, бесплодие, изменение щитовидной железы, печени, ЦНС

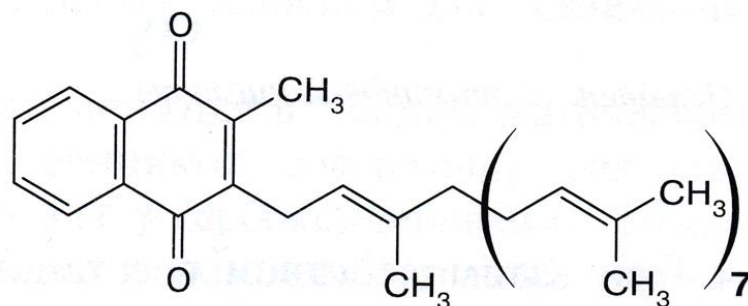
ЖИРОРАСТВОРИМЫЕ ВИТАМИНЫ

ВИТАМИН К

(от англ. **koagulation** свёртывание) филлохинон,
антигеморрагический



филлохинон



менахинон

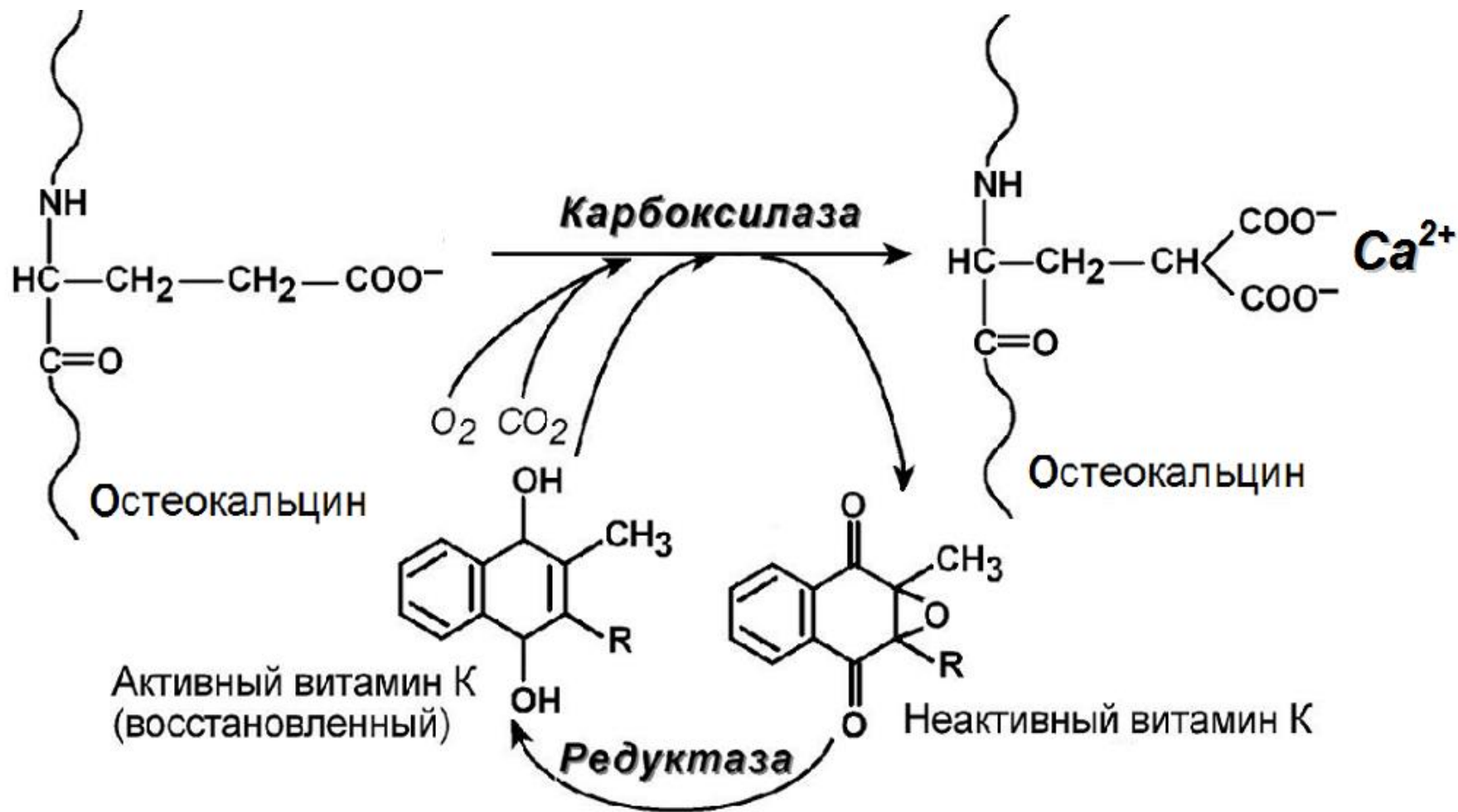
Суточная потребность 0,2 - 0,3 мг, для спортсменов до 1,0 мг
Для свиней – 5 мкг/кг корма, для КРС – нет

Источники: шпинат, капуста, тыква, зеленый горошек, морковь, печень, мясо; **синтезируется микрофлорой кишечника**

Биохимические функции витамина К:

1. стимулируют в печени биосинтез **4-х белков - факторов свертывания крови**, способствуют образованию активных тромбопластина и тромбина
2. Способствуют синтезу **Са-связывающих белков кости** (остеокальцин и др.)
3. Способствуют синтезу **АТФ, креатинфосфата, ряда ферментов**
4. Витамин К синтезируется у взрослых **микрофлорой кишечника (до 1,5 мг/сутки)**.
5. Первичный К-авитаминоз возникает **у детей в первые 5 дней жизни**, когда их кишечник еще недостаточно заселен микрофлорой, способной к синтезу витамина К.

Участие витамина К в реакции γ -карбоксилирования ГЛУ в белках



Вторичный К-авитаминоз возможен у взрослых

Причины:

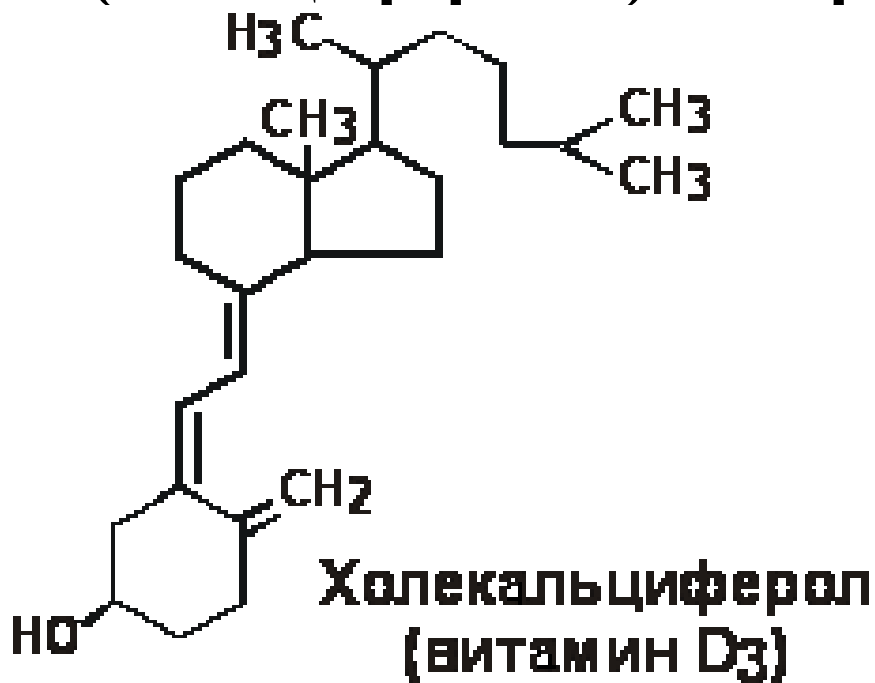
- **Заболевания кишечника**
- **Дисбактериоз**
- **Прием сульфаниламидов и антибиотиков**, которые нарушают деятельность нормальной микрофлоры
- **Заболевания печени**, когда нарушается усвоение жирорастворимых веществ, в том числе и витамина К
- **Прием антивитаминов К:** кумарины (дикумарин), передозировка антикоагулянтов.

Проявления недостаточности:

- **Сильная кровоточивость**, которая может в тяжелых случаях привести к гибели
- У новорожденных - **геморрагическая болезнь новорожденных**

ЖИРОРАСТВОРИМЫЕ ВИТАМИНЫ

ВИТАМИН D (кальциферолы) антирахитический



Суточная потребность 2,5 мкг (500 - 1000 ME) для человека
5000-8000 ME на 100 кг живой массы КРС

Источники: печень тунца, палтуса, трески, кита, икра, молоко, масло, яйца;
синтезируется в коже под влиянием солнечного света (УФ) из провитамина
7-дегидрохолестерола:



ВИТАМИН D

- Витамин D рассматривается как прогормон. Из него синтезируются активные кальцитриолы $1,25(\text{OH})_2\text{D}_3$, $24,25(\text{OH})_2\text{D}_3$, действующие как стероидные гормоны.
- **МЕХАНИЗМ.** Легко проникая в клетки-мишени, в цитоплазме они связываются с белковыми рецепторами. Далее гормон-рецепторный комплекс мигрирует в ядро, стимулирует транскрипцию и-РНК и последующий синтез белков-переносчиков ионов кальция (Са-АТФаза, Са-связывающий белок и др.) и неспецифических белков, участвующих в кальций-фосфорном обмене (фосфатазы и др.).

Биохимические функции витамина D:

повышает проницаемость мембран для Ca и P:

- (1) регулирует всасывание Ca, P в эпителии кишечника,
- (2) регулирует образование белковой стромы, минерализацию и ремоделирование костей, усиливает синтез коллагена, щелочной фосфатазы (минерализация в эпифизах), у детей – рассасывание остеоида в диафизах, что нормализует минерализацию кости,
- (3) повышает реабсорбцию кальция, фосфора, натрия, цитратов, аминокислот в проксимальных канальцах почек,
- (4) снижает синтез паратгормона (он регулирует Ca/P обмен) увеличивает синтез и секрецию тиреотропного гормона ТТГ
- (5) регулирует иммунные процессы, оказывает антиоксидантное и антиканцерогенное действие

Гиповитаминоз D₃

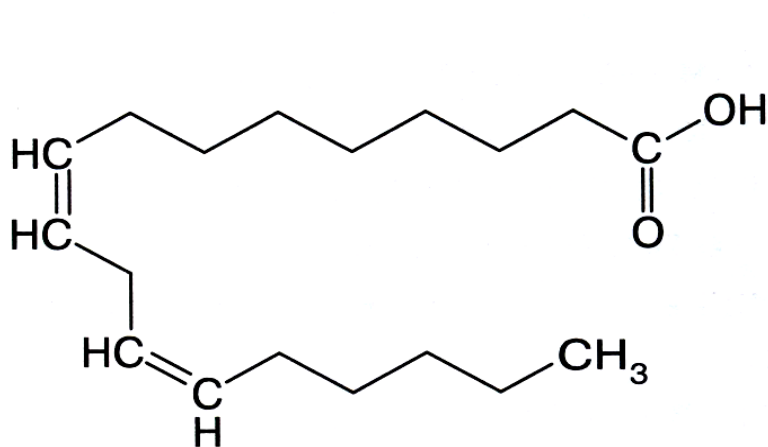
- **дети:** рахит (поражение нервной и иммунной системы, гипотония мышц, отставание в общем развитии, нарушение обызвествления костей, деформация позвоночника, грудной клетки, конечностей, задержка появления зубов);
- **взрослые:** гипертрофия хряща, остеоида, остеомаляция.

Гипервитаминоз D₃

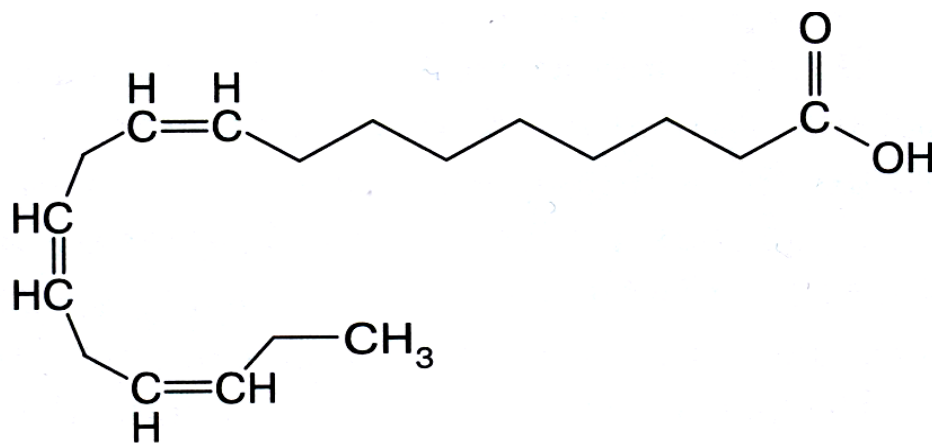
- *1 стадия без токсикоза*
(угнетение аппетита, раздражительность, потливость, выделение кальция с мочой);
- *2 стадия - умеренный токсикоз* (гиперкальциемия, гиперфосфатемия, гиперцитратемия);
- *3 стадия - тяжелый токсикоз*
(упорная рвота, снижение массы тела, мио-кардит, пневмония, панкреатит, пиелонефрит), патологическая деминерализация костей, отложение кальция в мышцах, почках, сосудах, сердце, легких, кишечнике, приводящее к их недостаточности, сердечным аритмиям.

ЖИРОРАСТВОРИМЫЕ ВИТАМИНЫ

витамин F - полиненасыщенные эссенциальные жирные кислоты: линолевая(ω_6), линоленовая(ω_3)



линолевая кислота



линоленовая кислота

Суточная потребность для человека: 10 г, из них 5 г – обязательно на ω_3

- **Источники:** растительные масла (особенно **льняное 75%!**), свежий рыбий жир.
- Чаще относят к **витаминоподобным веществам**

Биохимические функции витамина F:

Линолевая(ω6) – предшественник **арахидоновой кислоты**
(её часто считают компонентом витамина F),

линоленовая(ω3) – предшественник **эйкозапентаеновой кислоты**.

Эти кислоты – структурный компонент сложных липидов клеточных мембран

Эти кислоты нужны для синтеза ряда простагландинов, тромбоксанов, простациклина, лейкотриенов, которые относят к **тканевым гормонам**, медиаторам воспаления.

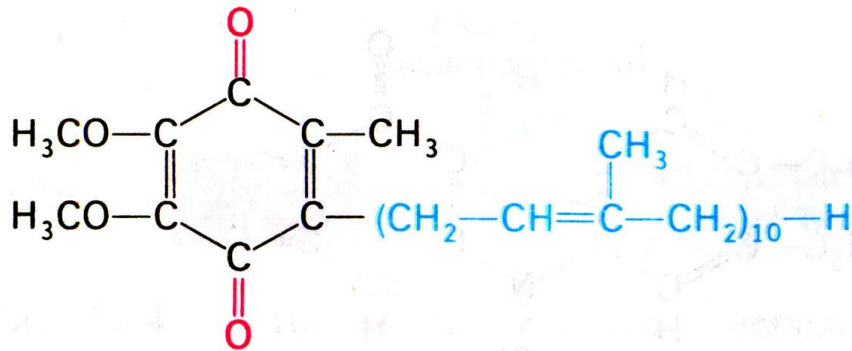
Они регулируют свертываемость крови, агрегацию тромбоцитов, просвет сосудов, артериальное давление, а также иммунитет (в том числе против опухолей)

Недостаточность витамина F

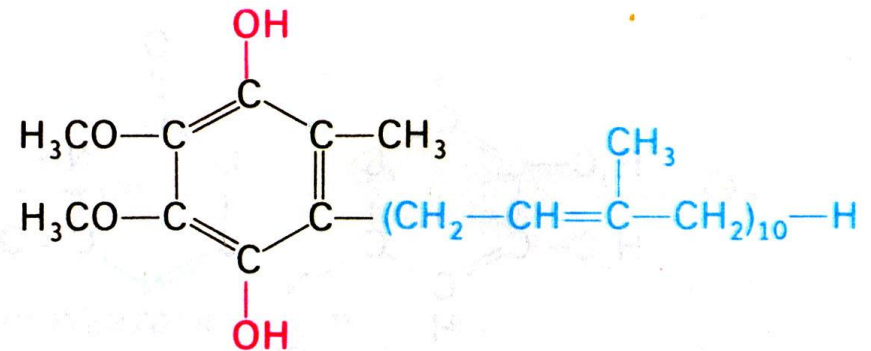
- Недостаточность обычно является следствием голодания или нарушения процесса всасывания липидов в кишечнике.
- Развивается фолликулярный гиперкератоз (избыточное ороговение кожного эпителия вокруг волосяных фолликулов),
у животных – бесплодие.
Страдают многие звенья метаболизма,
однако чётких критериев недостаточности витамина F пока не имеется.

Коэнзим Q – убихинон

«вездесущий» хинон → широко распространён



Окисленная форма кофермента Q₁₀
(окисленный Q₁₀)



Восстановленная форма кофермента Q₁₀
(восстановленный Q₁₀)

Производное бензохинона с длинной изопреноидной боковой цепью.

Источники: натуральный коэнзим Q₁₀ содержат многие продукты, *синтезируется микрофлорой кишечника*

Биохимические функции коэнзима Q₁₀

- Это гидрофобное, низкомолекулярное вещество, не связанное с белком, может мигрировать в пределах мембраны. **Переносит электроны и протоны в дыхательной цепи митохондрий:** жирорастворимая молекула коэнзима Q₁₀ наподобие челнока «снует» в липидной фазе внутренней мембраны митохондрий между флавопротеинами и системой цитохромов, при этом Принимает восстановленные эквиваленты от флавопротеинов I-го и II-го комплексов дыхательной цепи, превращаясь в гидрохинон, и передает их на цитохромы
- Коэнзим Q₁₀ – восстановительный компонент дыхательной цепи митохондрий, он поддерживает **антиоксидантное** состояние клетки
(за счет способности принимать и отдавать электроны и протоны)
- Защищает липопротеины крови (ЛПНП) от окислительного повреждения
- **Важен для нормальной работы сердечнососудистой системы**

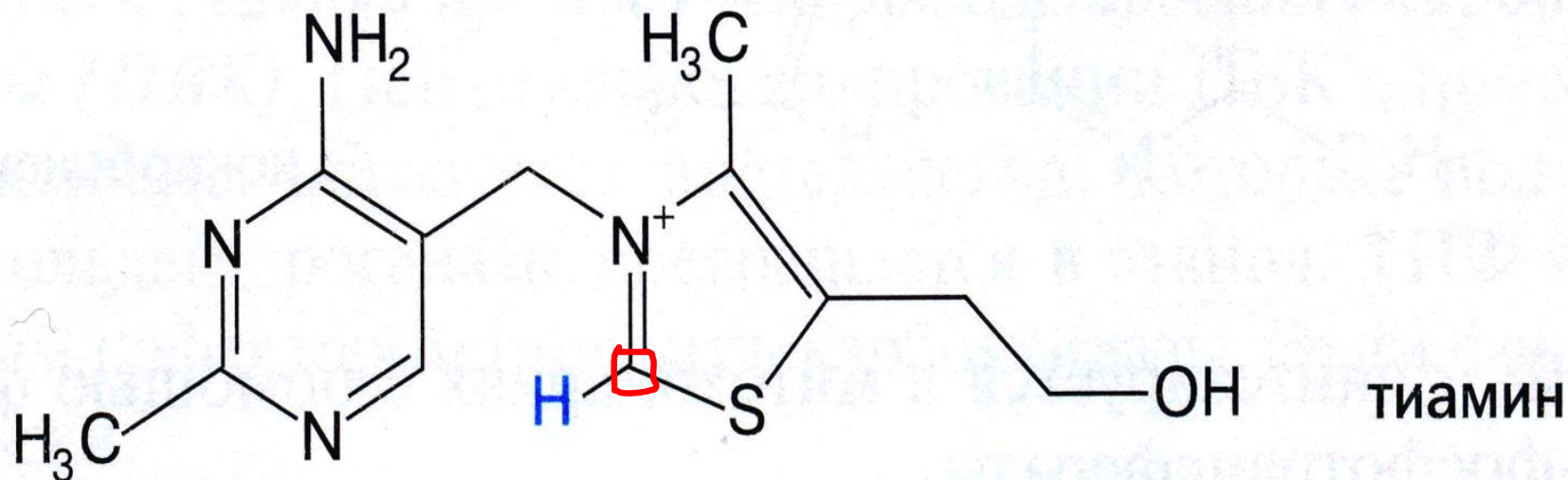
НЕДОСТАТОЧНОСТЬ коэнзима Q₁₀

- При патологии сердечно-сосудистой системы содержание коэнзима Q₁₀ в миокарде уменьшено, при ишемической болезни сердца снижено отношение восстановленной (убихинол) и окисленной (убихинон) форм коэнзима Q₁₀. Недостаточность коэнзима Q₁₀ усугубляет течение многих сердечно-сосудистых заболеваний, а, возможно, является причиной их развития
- Препараты с коэнзимом Q₁₀ перспективны, так как при его недостаточности (в том числе наследственной) использование других антиоксидантов не восполняет эндогенный пул убихинона
- Q₁₀ используется в косметологии в составе средств, активирующих клеточное дыхание и метаболизм тканей

ВОДОРАСТВОРИМЫЕ ВИТАМИНЫ И ВИТАМИНОПОДОБНЫЕ ВЕЩЕСТВА

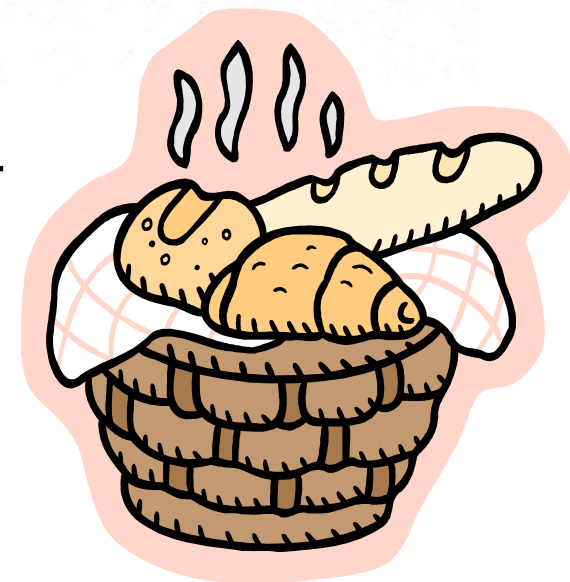
- **В1** – тиамин .
- **В2** – рибофлавин .
- **В3** – пантотеновая кислота .
- **В4** – **ХОЛИН** (витаминоподобное вещество)
- **В5** – РР, ниацин, никотиновая кислота .
- **В6** – пиридоксин .
- **В8** – **ИНОЗИТ** (витаминоподобное вещество)
- **В9** – Вc, фолиевая кислота, фолацин .
- **В12** – кобаламин .
- **С** – аскорбиновая кислота .
- **Н** – биотин .
- **Р** – рутин, биофлавоноиды (витаминоподобное вещество)
- **U** – метилметионинсульфоний, противоязвенный фактор (витаминоподобное вещество)
- **N** – липоевая кислота (витаминоподобное вещество)
- **Карнитин** (витаминоподобное вещество)
- **Парааминобензойная кислота** (витаминоподобное вещество)
- **Пангамовая кислота** (витаминоподобное вещество)

В₁ (тиамин) антиневритный



Суточная потребность 1,0 – 2,0 мг

Источники отруби семян, риса, хлебных злаков; горох, дрожжи

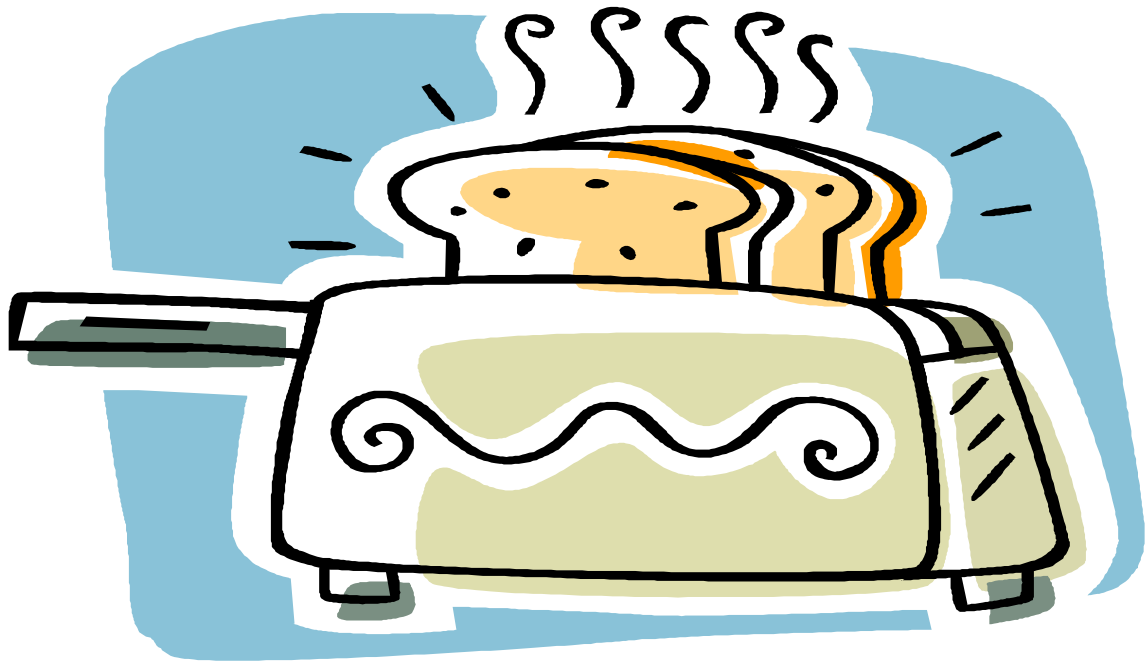


Метаболическая роль тиамина

Активная форма витамина – тиаминпирофосфат (ТПФ, ТДФ)

Кофермент декарбоксилаз, транскетолазы, участвует в **окислительном декарбоксилировании кетокислот** (пирувата, α -кетоглутарата в ЦТК и др.) и в **транскетолазной реакции** (пентозо-фосфатный цикл).

- Снижает содержание сахара в крови, активизирует инсулин
 - Ликвидирует метаболический ацидоз
- Увеличивает синтез АТФ, НАДФН, белков, липидов



Тиамин содержится в основном на поверхности семян. Поэтому при высокой очистке муки бóльшая часть витамина теряется. При питании полированным рисом или исключительно хлебом из муки высшего качества возникает недостаточность витамина В₁.

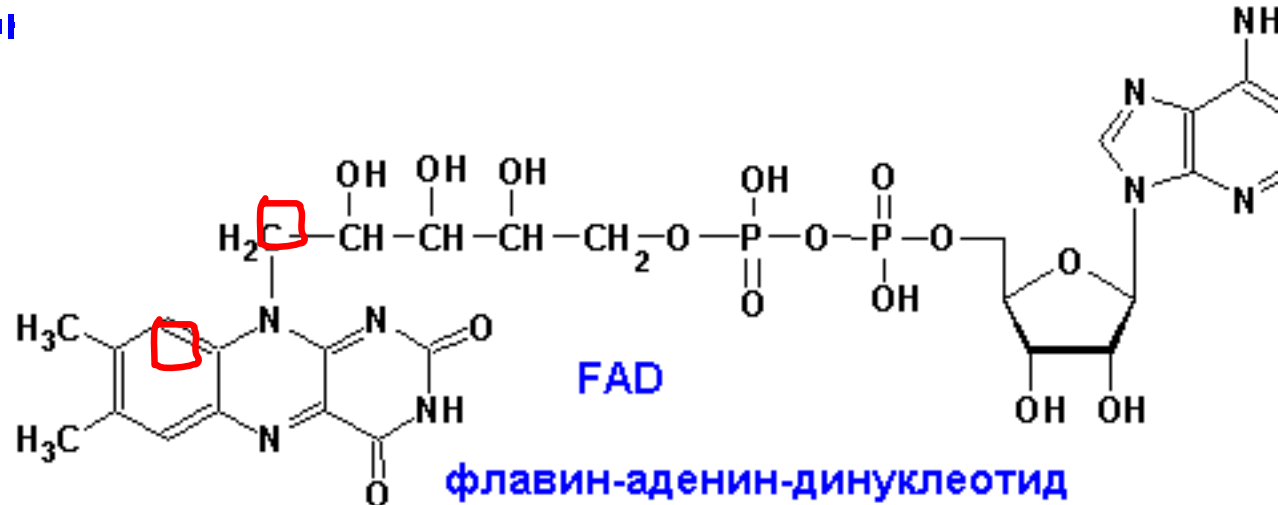
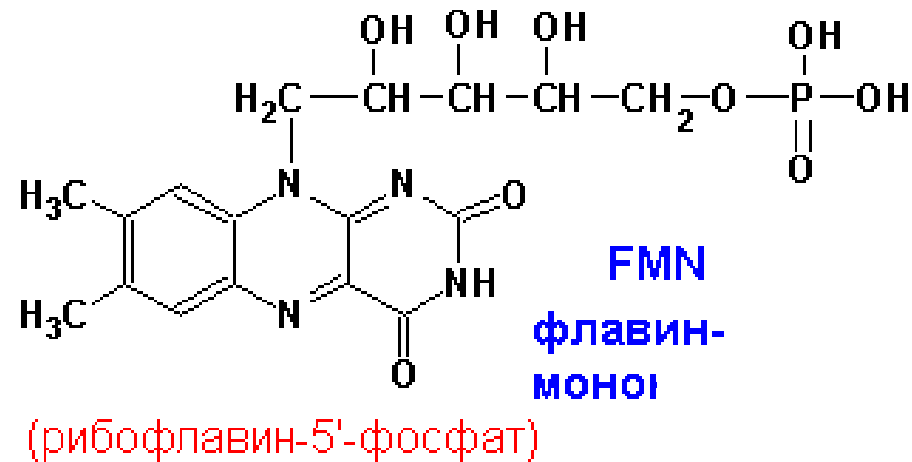
Гиповитаминоз витамина В₁

проявляется полиневритами, мышечной слабостью.

В тяжелых случаях возникает заболевание, получившее название "**Бери-бери**", что означает **«овца»**: у человека дрожат колени, больные высоко поднимают ноги и ходят подобно овцам. У больных нарушается чувствительность рук и ног, иногда и всего тела.



V₂ (рибофлавин) антидерматитный



Суточная потребность 2 - 4 мг, для с/силовых нагрузок - 2,5 мг,
на выносливость - 5,0 мг

Источники печень, почки, яйца, молочные продукты,
дрожжи, зерновые злаки, рыба

Биохимические функции

- · участвует в **окислительно-восстановительных реакциях**
- · усиливает **синтез АТФ, белков**, гемоглобина,
· увеличивает количество **желудочного сока, желчи**
- · нормализует гомеостаз всех видов **обмена**,
повышает возбудимость **ЦНС**
- · обеспечивает нормальное функционирование светопреломляющих сред **глаза**, темновую адаптацию, регенерацию эпителия

Коферментные формы **ФМН** и **ФАД** – простетические группы **флавиновых ферментов**, которые катализируют в метаболизме 2 типа химических реакций:

- **Прямое окисление** с участием кислорода, то есть дегидрирование исходного субстрата или промежуточного метаболита (оксидазы L- и D-аминокислот, ксантиноксидаза и др.)
- **Перенос электронов и протонов от восстановленных пиридиновых коферментов** (играют главную роль в биологическом окислении)

ГИПОВИТАМИНОЗ В₂

- · задержка физического развития у детей, поражение ЦНС (депрессия, ипохондрия, истерия, гипоманиакальное состояние)
- · снижение секреции желудочного сока, подавление ферментов кишечника
- · дисфункция капилляров (расширение, нарушение кровотока), жжение подошв, анемия
- · глоссит ("кардинальский" язык), поражение кожи у носа и ушей
- · светобоязнь, слезотечение.

Гипервитаминоза, побочных эффектов, острых отравлений **нет**

Пантотен был открыт в 1933 г. как **фактор роста дрожжевых** клеток и молочнокислых бактерий.

У человека **авитаминоз не встречается.**

У животных **при недостаточности** возникают **дерматиты, язва желудка, дегенеративные изменения в миелиновых оболочках спинного мозга и корешков.**

Метаболические функции пантотена

определяются его присутствием в составе

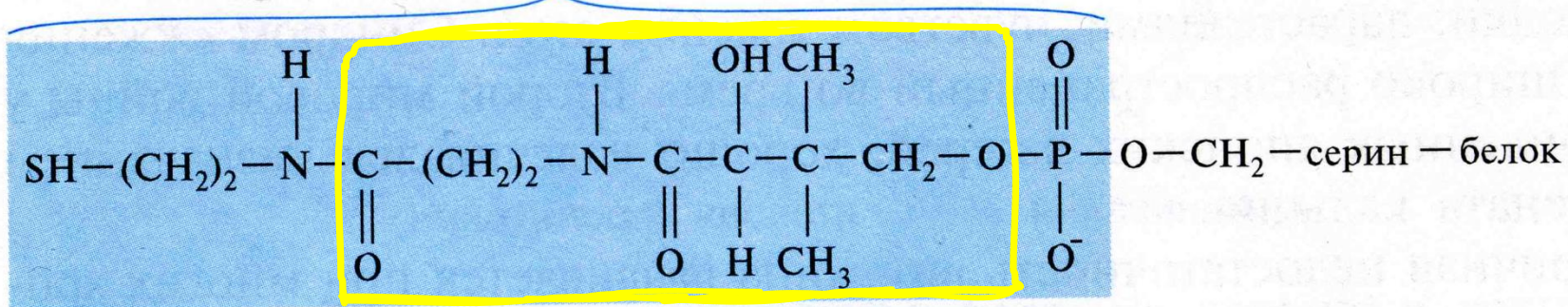
- **кофермента А**

- **ацилпереносящего белка (АПБ) –**

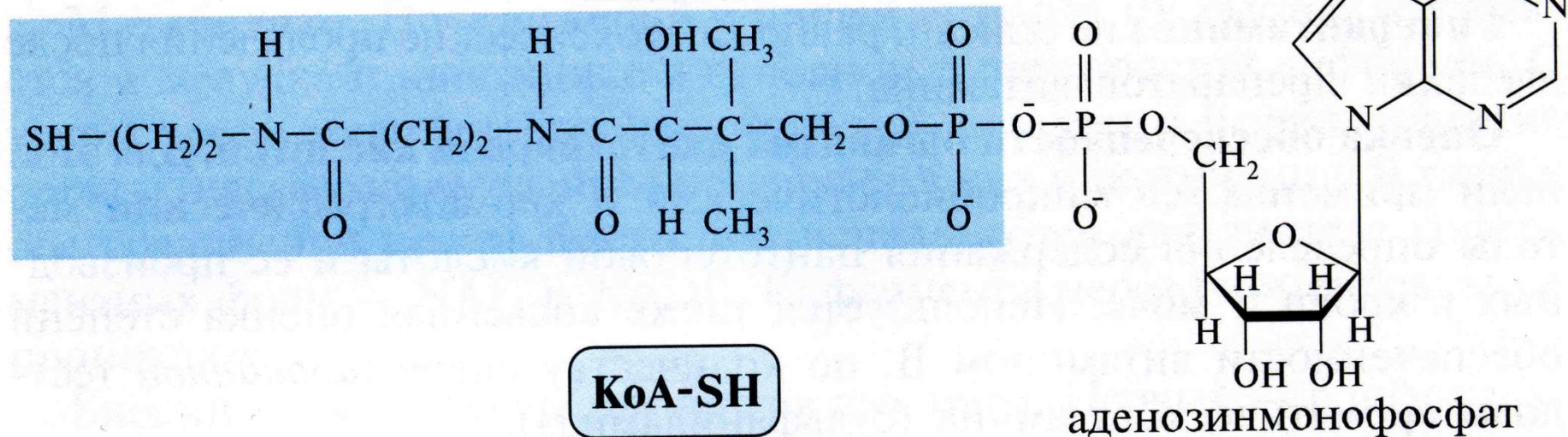
нужен для синтеза высших жирных кислот

Витамин В3 (пантотен) в составе коэнзима А и ацилпереносящего белка

ф о с ф о п а н т е т е и н



АПБ

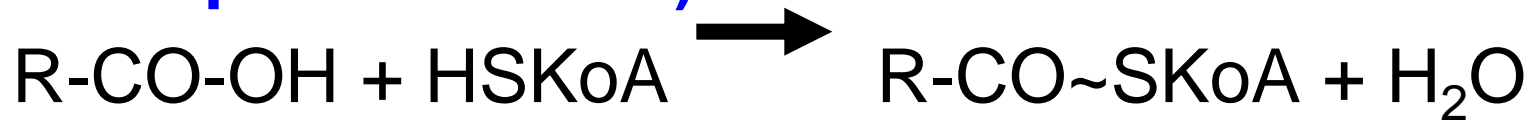


КоА-SH

аденозинмонофосфат

HSKoA осуществляет в организме реакции:

- **1) Образование ацил-КоА (активирование жирных кислот):**



- **2) Образование ацетил-КоА -**

универсального соединения в организме, которое является связующим звеном между всеми видами обмена веществ.

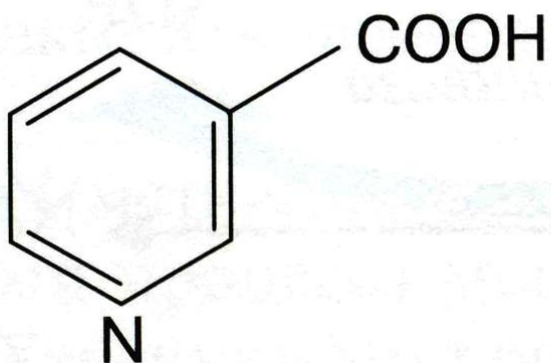
Ацетил-КоА используется для синтеза

высших жирных кислот, холестерина,

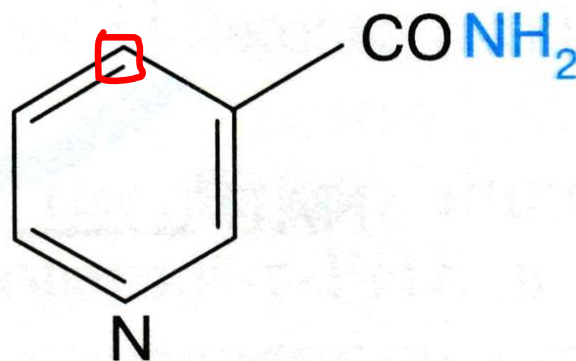
ацетилхолина, гормонов коры

надпочечников, половых гормонов.

В₅ (никотинамид, ниацин, витамин РР) антипеллагрический



НИКОТИНОВАЯ КИСЛОТА



НИКОТИНАМИД

Суточная потребность **15-20 мг/сут**

Источники: печень, почки, мясо, рыба, мука из цельной пшеницы

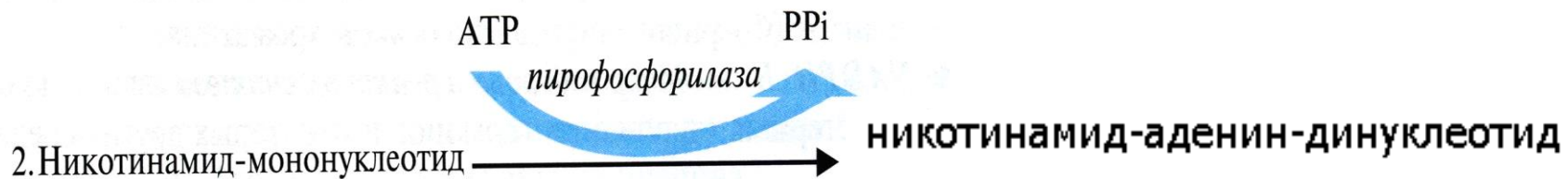
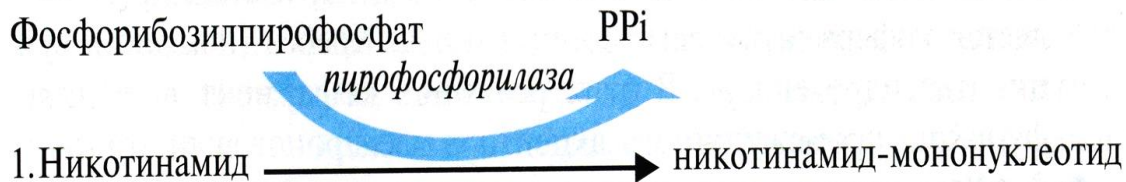
Ниацин широко распространен в природе

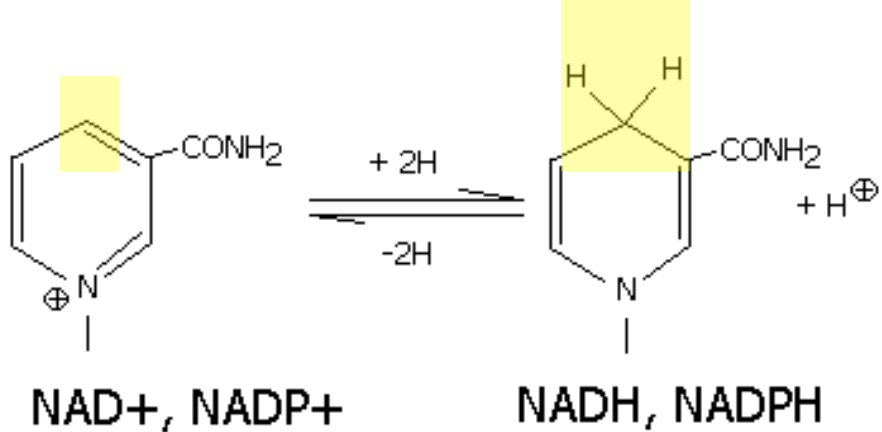
в соответствии со своим всеобщим значением для клеточного обмена

Ниацин является составной частью коферментов **НАД** и **НАДФ**

Это и определяет его метаболическую роль

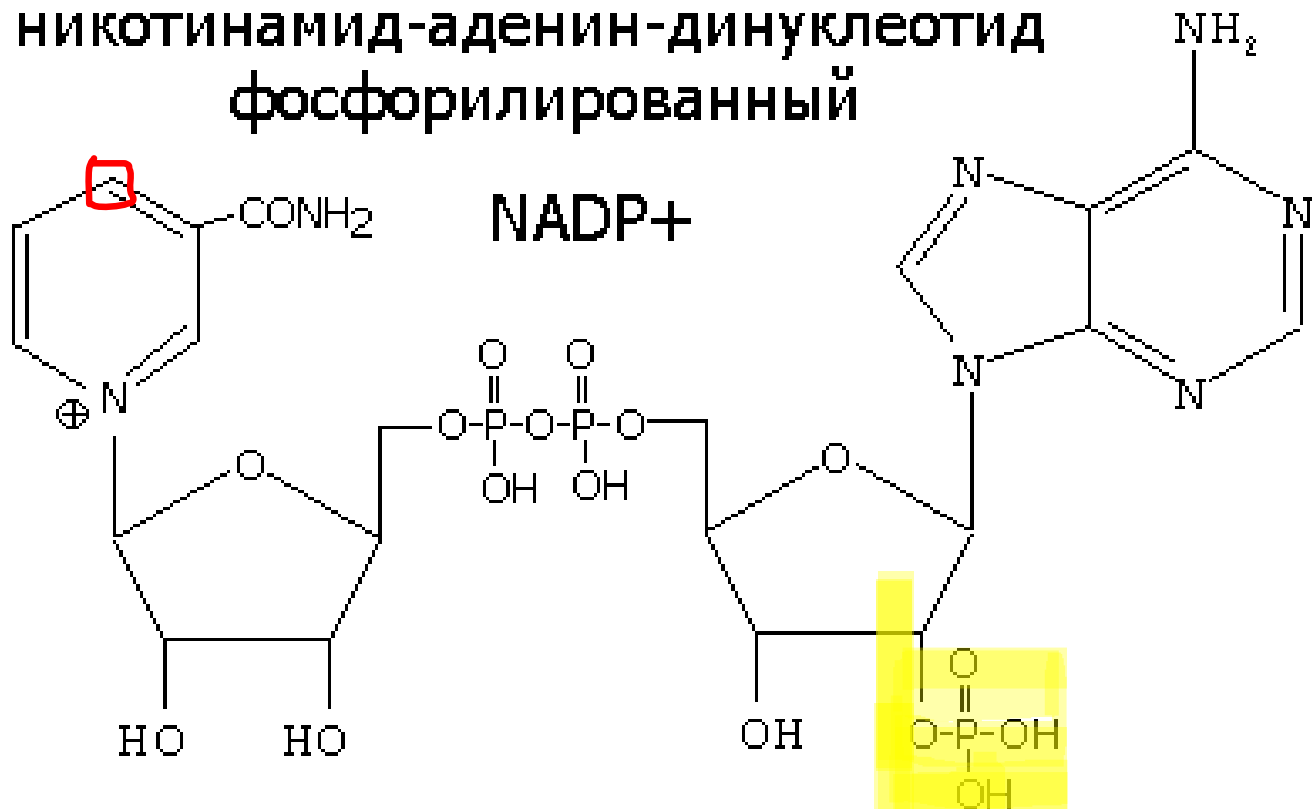
Этапы образования НАД в организме:





Механизм работы активного центра в составе коферментов

**НИКОТИНАМИД-АДЕНИН-ДИНУКЛЕОТИД
ФОСФОРИЛИРОВАННЫЙ**

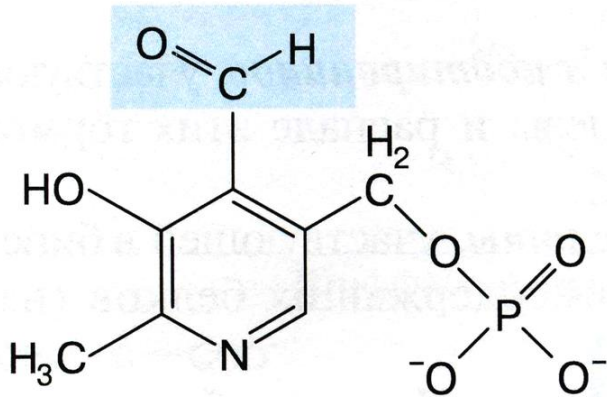


При недостаточности ниацина возникает
ПЕЛЛАГРА – болезнь трех «Д»:

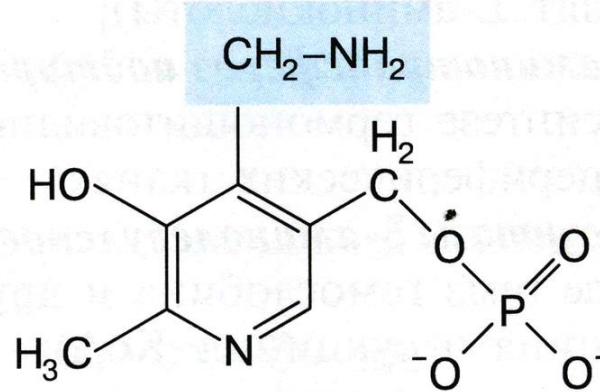
диарея, дерматит, деменция

- **Со стороны ЖКТ** возникает прежде всего диарея, а также *воспаление слизистой оболочки ротовой полости и языка*
- **На коже**, особенно на открытых частях тела, появляется зудящая *эритема, болезненное припухание, утолщение и пигментация*
- **Поражения нервной системы** выражаются в невритах и тяжелых психических нарушениях: депрессии, летаргии, спутанности сознания и в конце концов *полном умственном упадке*

В6 (пиридоксин, пиридоксамин, пиридоксаль) антидерматитный



пиридоксальфосфат



пиридоксаминфосфат



- Суточная потребность 2-3 мг
- **Источники:** широко распространен в пищевых продуктах растительного и животного происхождения, особенно - ростки пшеницы, дрожжи и печень
Некоторое количество доставляется кишечными бактериями
- Потребность возрастает при **физической работе и быстром росте**

В организме различные формы пиридоксина переходят в **пиридоксаль-5-фосфат**

Это кофермент обмена аминокислот

Он участвует в следующих реакциях:

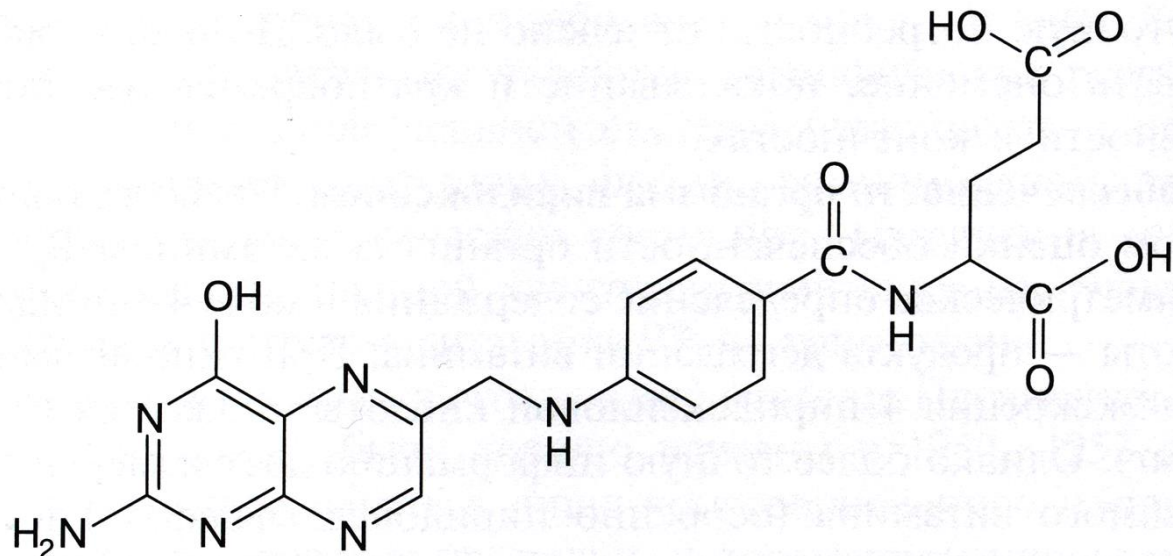
- 1) **Трансаминирование**
- 2) **Декарбоксилирование аминокислот**
(образование гистамина...)
- 3) Реакции **обмена триптофана**
- 4) Образование **цистеина из серина**
- 5) Превращение **серина в глицин**

- 6) Образование **δ-аминолевулиновой кислоты**, необходимой для синтеза **гема** (в гемоглобине)
- 7) Усвоение аминокислот клетками, т.е. **активный транспорт аминокислот через клеточные мембраны против концентрационного градиента**
- 8) Пиридоксаль является составной частью фермента, расщепляющего гликоген – **фосфоорилазы гликогена**

При недостаточности витамина **В6**:

- отставание в росте, дерматиты
- У **младенцев** - конвульсивные **судороги**, тяжелая **гипохромная анемия**
- Недостаточность витамина **В6** наблюдается не так уж часто.

В9 (Вс, фолиевая кислота, фолацин)

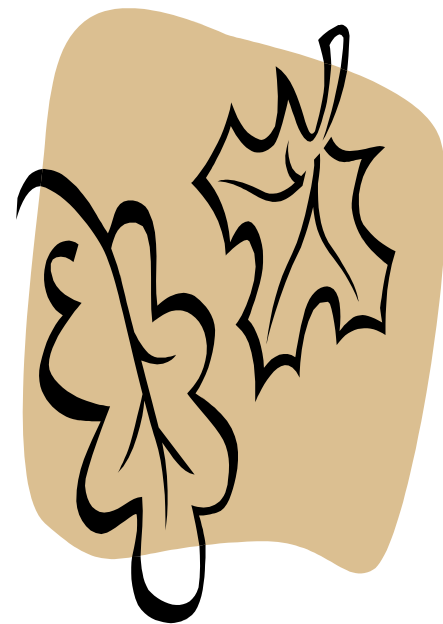


птеридин

ПАБК

глутаминовая К-та

фолиевая кислота

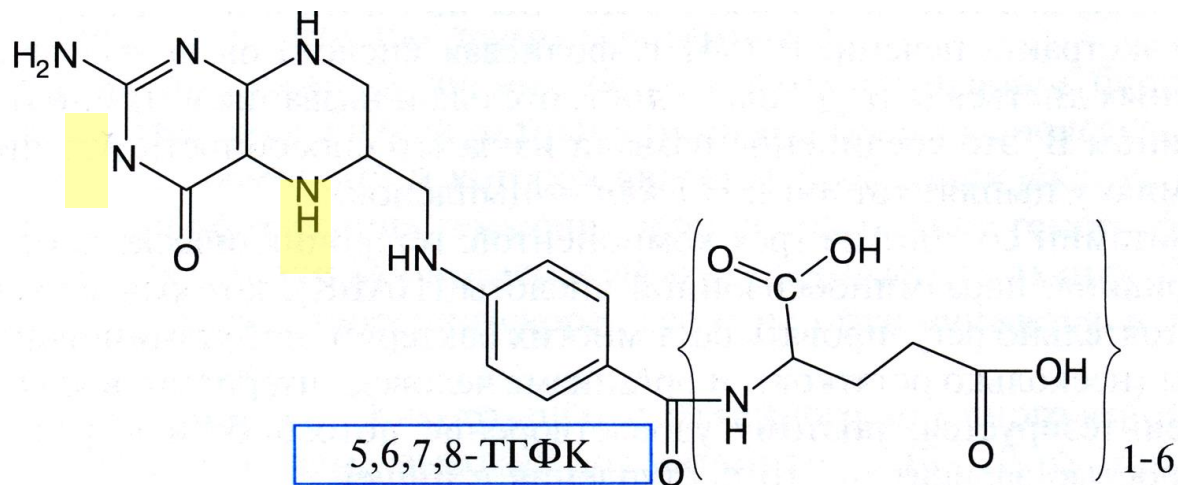


Суточная потребность \approx **50 мкг**, но из-за плохой всасываемости профилактический прием \approx **400 мкг**

Источники много в дрожжах, листьях шпината, щавеля и других продуктах растительного происхождения

Метаболическая роль: участие в переносе одноуглеродных фрагментов: **-CH₃, -CH₂OH, -CHO, -CH₂-**

- При этом фолиевая кислота предварительно восстанавливается в **тетрагидрофолиевую кислоту**



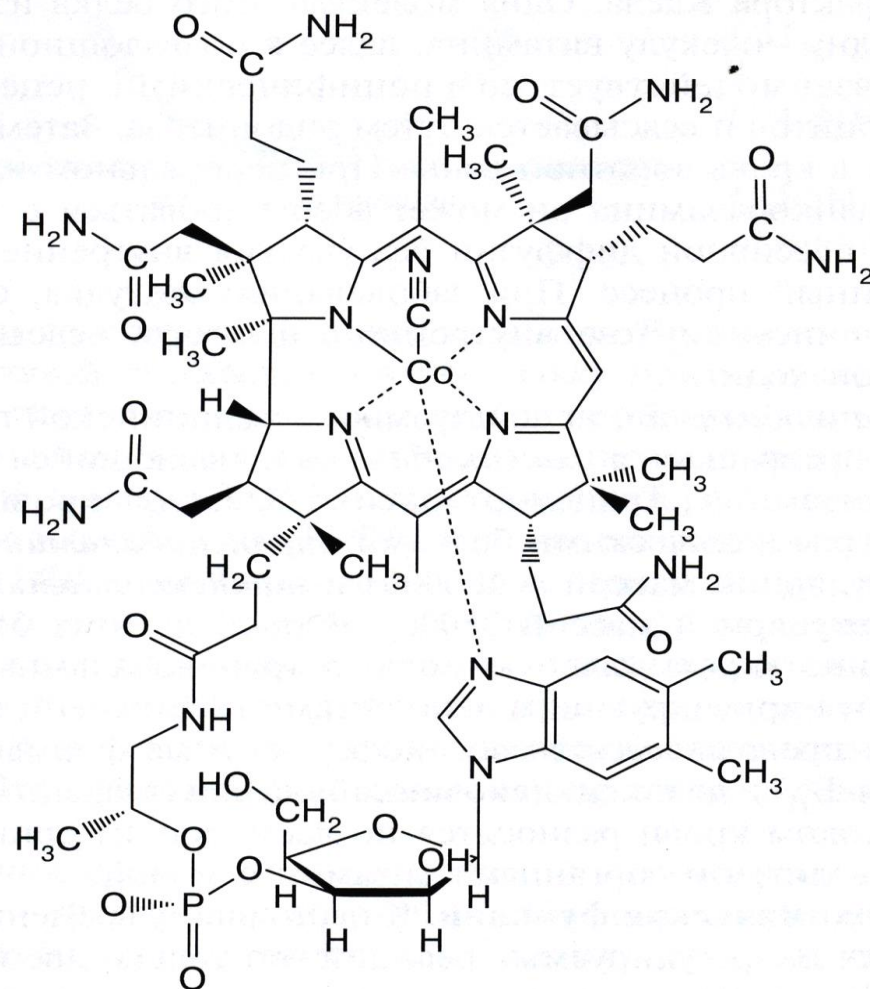
- ТГФК играет важную роль **в обмене пуринов**, поэтому участвует в обмене нуклеиновых кислот, это важно **для роста тканей**, а также **при опухолевом росте**

Недостаточность фолиевой кислоты

Характеризуется **задержкой роста, анемией**
В тонкой кишке наблюдаются **атрофические изменения.**

Антиметаболиты фолиевой кислоты
применяют для торможения синтеза ДНК и,
следовательно, для торможения роста
бактерий или опухолевых клеток.

В₁₂ (кобаламин) антианемический



витамин В₁₂

Суточная потребность
1-3 мкг

Источники: печень, молоко, яйца,
другие продукты животного происхождения

- **Кобаламины синтезируются только микроорганизмами.**
- Но человек **не может усваивать** этот витамин, вырабатываемый кишечными бактериями в толстом кишечнике, а **нуждается в его введении с пищей.**
- Усваивается **B₁₂** только в такой форме, **которая была прежде усвоена животными**

- **Витамин В₁₂** называют **внешним фактором Кастла**
- В желудочном соке есть **внутренний фактор**, которым оказался **мукопротеид**
- Мукопротеид связывает в кишечнике витамин В₁₂, который поступает с пищей, и в таком виде **он хорошо всасывается через слизистую оболочку кишечника.**
Лишь очень небольшая часть витамина В₁₂ может всасываться в свободном виде
- В крови **кобаламин** связывается с **α₂-глобулином** и в таком виде поступает в **печень и кроветворные органы**

- А внутренний фактор либо гидролизуется, либо возвращается обратно в кишечник, где связывается с новой порцией кобаламина.
- Таким образом, **главная причина недостаточности витамина В₁₂ - заболевание желудка с атрофией слизистой и нарушением выработки внутреннего фактора**
- Кроме того группой риска в этом отношении являются люди, **лишенные длительное время пищи животного происхождения, а также хронические алкоголики**

- **Строение:**

В центре модифицированного порфиринового кольца кобаламина расположен **кобальт**.

Через координационные связи кобаламин связан с каким-нибудь **анионом**:

если с гидроксилем - **гидроксикобаламин**,
(могут быть сульфат, хлорид, нитрит).

Все эти производные одинаково активны.

- **Биохимическая роль кобаламина**

- перенос **метильной** группы **-CH₃**

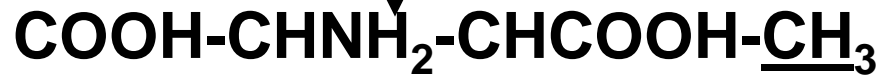
которая встаёт на место аниона

коферментные формы:

**5-дезоксаденозилкобаламин,
метилкобаламин**

РЕАКЦИИ

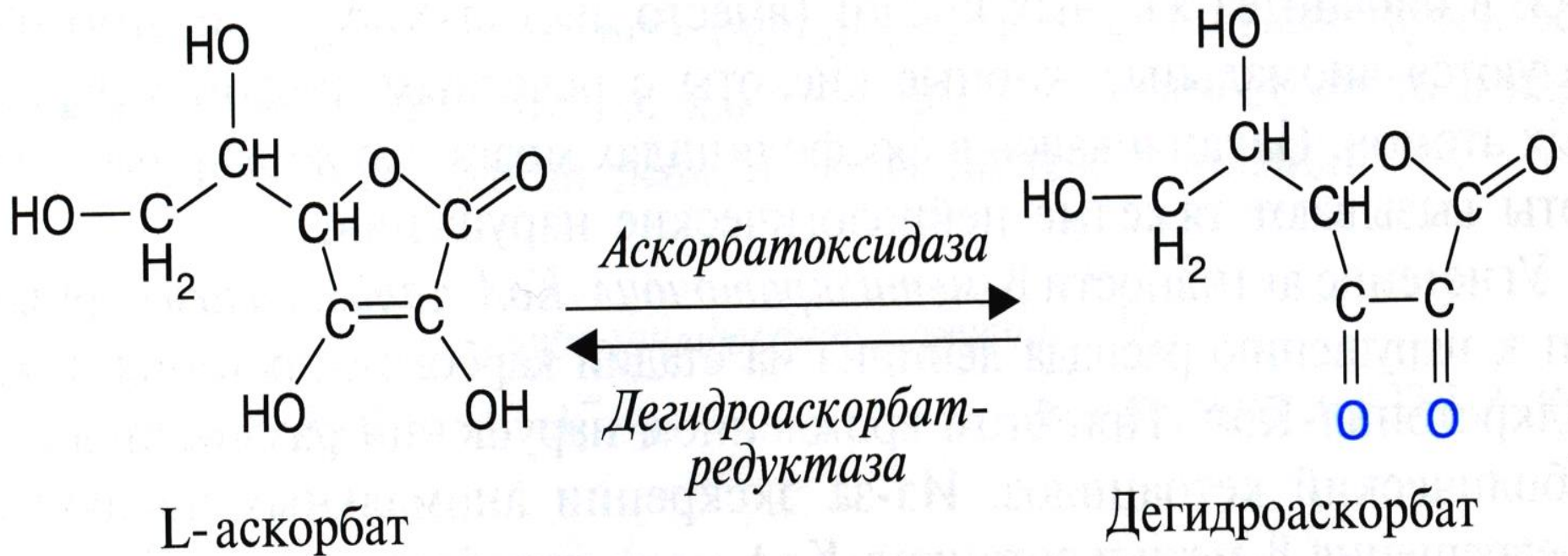
- 1) Образование β-метиласпарагиновой кислоты из глутаминовой кислоты:



- 2) Аналогично: взаимопревращение **сукцинил-КоА** и **метилмалонил-КоА** (синтез липидов).
- 3) Восстановление **рибозонуклеозиттрифосфатов** до соответствующих **дезоксирибонуклеозидтрифосфатов**.
- 4) **Метилирование** гомоцистеина в цистеин.
- 5) Витамин В₁₂ важен для образования холина, а следовательно для образования **фосфолипидов**. Таким образом, витамин В₁₂ значим для **предупреждения ожирения печени**

- **Недостаточность витамина В₁₂** проявляется в виде **пернициозной анемии (болезнь Бирмера-Аддисона)**.
- Это тяжелое **нарушение кроветворения**. Обнаруживается резко выраженная **мегалоцитарная гиперхромная анемия** с количеством эритроцитов менее **1 млн/1 куб. мм**. Одновременно происходит **угнетение образования лейкоцитов**.
- В желудке наблюдается **атрофия слизистой оболочки**, отсюда и снижение секреции.
- В нервной системе - **дегенеративные изменения в боковых столбах спинного мозга**.

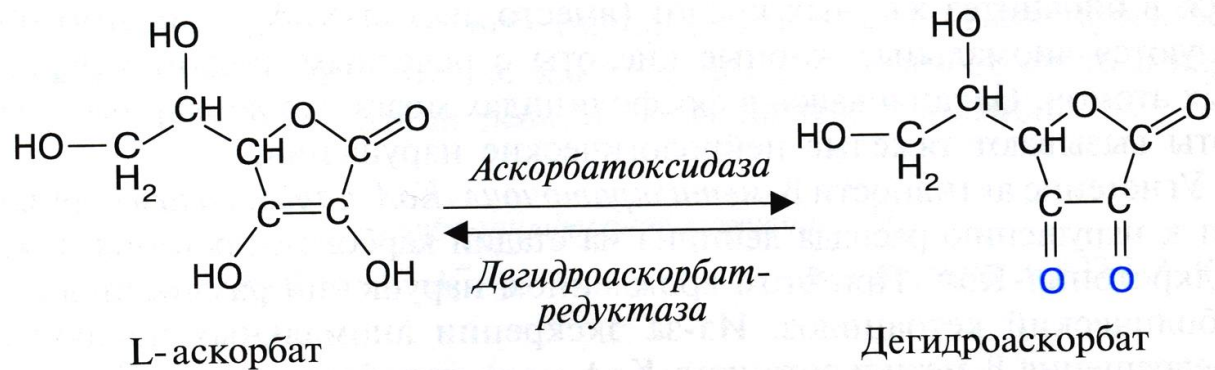
Витамин С (аскорбиновая кислота) АНТИЦИНГОТНЫЙ



- Суточная потребность **50-150 мг. Это 1 мг/кг веса**
- **Источники:** растительные пищевые продукты

- **Зелень и овощи** в общем являются лучшими источниками витамина С, чем фрукты, а из фруктов наиболее богаты витамином С **цитрусовые и ягоды**.
- Особую роль играет **картофель**. Он покрывает примерно **половину потребности** в аскорбиновой кислоте.
- **Содержание аскорбиновой кислоты** в большой степени **зависит от способов хранения и приготовления продуктов**.
- Картофель при хранении его с **сентября по апрель** теряет **2/3** содержащегося в нем **витамина С**.

- **Витамин С** легче разрушается, если овощи варить в алюминиевой, и особенно, в медной посуде.
Картофель для лучшего сохранения в нем витамина С нужно опускать при варке в **кипящую воду**. Тогда сразу инактивируется фермент аскорбиназа самого картофеля и не может разрушать витамин.
- Аскорбиновая кислота синтезируется почти всеми организмами животного и растительного происхождения, в том числе и микробами.
- Только **люди**, обезьяны и морские свинки **не могут синтезировать** ее в процессе собственного обмена веществ.



- **Аскорбиновая кислота - лактон ненасыщенной гексоновой кислоты**
- Вследствие наличия двойной связи в соседстве с двумя гидроксильными группами молекула обладает **кислым характером**, несмотря на отсутствие карбоксильной группы.
- Обладает **резко выраженной восстановительной способностью**, легко и обратимо переходит в дегидроаскорбиновую кислоту, представляющую из себя дикетон

Аскорбиновая кислота:

- Является **антиоксидантом** водной фазы
- Участвует в реакциях **окисления**, катализируемых **глутатион-дегидрогеназой**
- Способствует превращению **фолиевой** кислоты в **тетрагидрофолиевую** кислоту
- Способствует **синтезу кортикостероидных гормонов**
- От аскорбата зависит **распад тирозина**
- Необходима для гидроксирования пролина и лизина. Этот процесс является посттрансляционной модификацией аминокислот в процессе **синтеза коллагена**

Недостаточность аскорбиновой кислоты

- Встречается часто. Особенно у населения суровых, бедных овощами и фруктами областей Арктики и Антарктики, **среди беднейшего населения, среди бомжей, одиноких стариков, потребляющих однообразную пищу, нередко у искусственно вскармливаемых грудных детей, у курящих и при употреблении алкоголя.**
- Недостаточное насыщение организма витамином С без развития тяжелых симптомов широко распространено **ранней весной**

«Авитаминоз С» (гиповитаминоз)

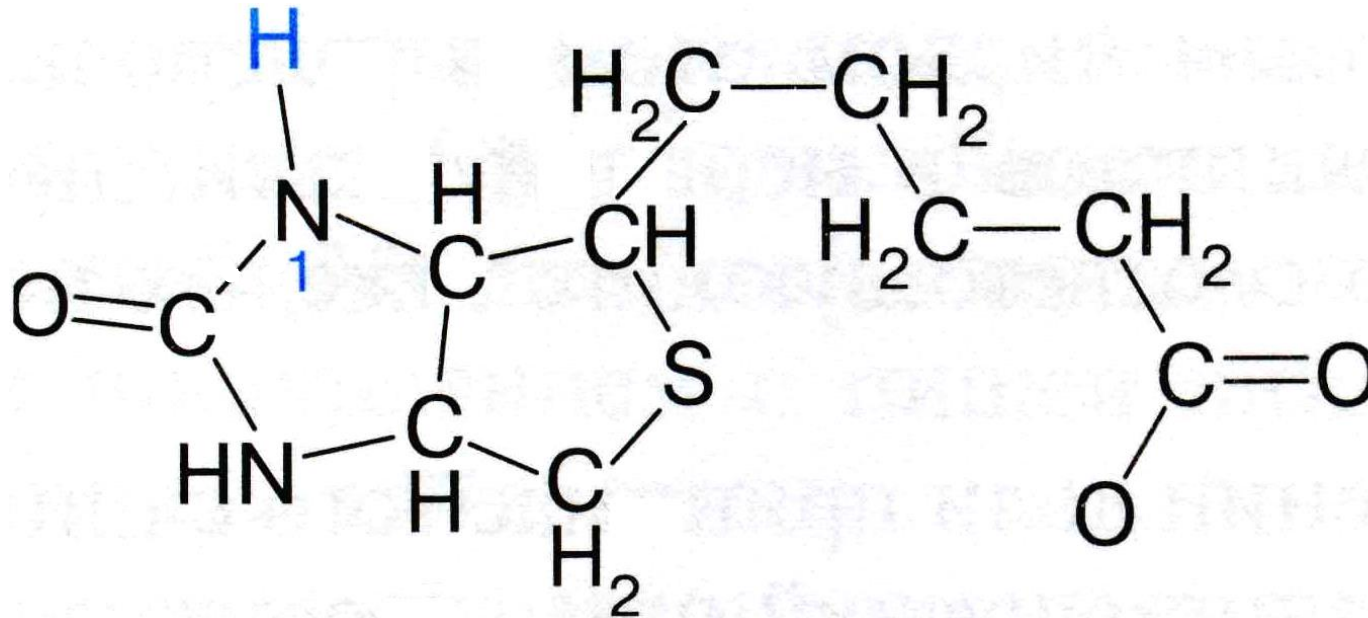
- При недостатке аскорбиновой кислоты развиваются яркие симптомы такого заболевания, как **цинга (скорбут)**. Симптомы носят **множественный** характер.
- Большая часть симптомов сводится к воздействию на образование **основного вещества соединительной ткани**. **Нарушается синтез коллагена и эластина**, происходит недостаточное образование цементирующего вещества в эндотелии капилляров, что **ведет к кровоточивости**.
- Характерны кожные **кровоизлияния**, располагающиеся **вокруг волосяных фолликулов**. На более поздних стадиях обнаруживают **кровоизлияния в полость суставов и во внутренние органы**

- Недогидроксилирование коллагена и эластина при синтезе ведет к **недостаточности образования тканей пародонта, зубной и костной субстанций, расшатыванию и выпадению зубов, затруднению заживления ран.**

Гипервитаминоз С

- ведет к **снижению синтеза инсулина**
- аскорбат в процессе метаболизма превращается в **щавелевую кислоту**. Её избыток в почках ведет к **оксалурии** и образованию **оксалатных камней в мочевыводящих путях**

БИОТИН - витамин Н (от нем. Haut - кожа) (от греч. Bios - жизнь)



Суточная потребность **150 - 200 мкг/сутки**

Источники: вырабатывается микрофлорой кишечника, печень, почки, бобовые, цветная капуста, грибы, молоко, яичный желток

- В сыром белке яйца обнаружен гликопротеид **авидин**, который связывает биотин в водонерастворимый комплекс и тем самым вызывает **биотиновую недостаточность**

При недостаточности биотина

наблюдается бледность кожных и слизистых покровов, недомогание, сонливость, дерматит с отрубевидным шелушением кожи, жирная себорея.

- У животных выпадает шерсть вокруг глаз ("очковые глаза").
- **До 14% биотина оседает в печени.**
- **В тканях биотин** своей группой (COO-) **связан с белком-ферментом**, содержащим **ЛИЗИН** (NH₂-) в активном центре.

- Биотин входит в состав **кофермента** и способствует усвоению тканями ионов бикарбоната, образуемых из **CO₂** :

- **карбоксилирование и**

- **транскарбоксилирование**

Наращивает карбоксильную группу за счет превращения неактивного **CO₂** в активную форму, имеющую **макроэргическую связь**.

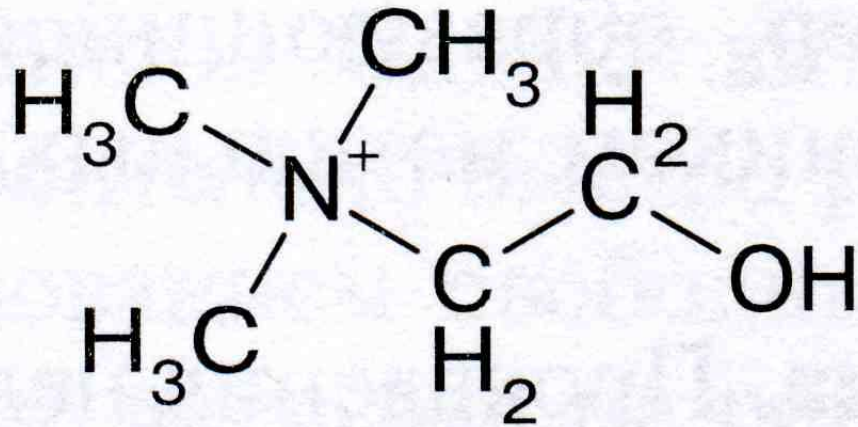
Этот процесс требует **затраты АТФ** и ионов **Mn** и **Mg** в качестве катализаторов

Ферменты карбоксилазы

- 1) Синтез оксалоацетата (**ЩУК**):
пируват + CO_2 -биотин \longrightarrow оксалоацетат
- 2) Синтез **ВЫСШИХ ЖИРНЫХ КИСЛОТ**:
Ацетил-SКоА + CO_2 -биотин \longrightarrow
 $\text{COOH-CH}_2\text{-CO-SКоА}$ (малонил-КоА)
- 3) Синтез **пуринового кольца**
- 4) Синтез **карбамоилфосфата**
в орнитиновом цикле образования
мочевины

ВИТАМИНОПОДОБНЫЕ вещества

Витамин В4 – холин



ХОЛИН

Трижды N-метилированный аминоэтиловый спирт

Суточная потребность ~ 0,5 г

Источники: мясо, злаковые растения

Метаболические функции

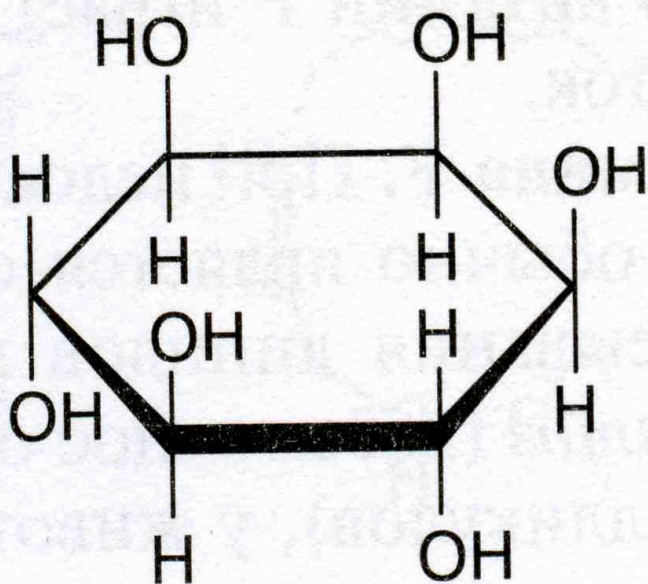
- Холин пищи фосфорилируется за счёт АТФ ферментом киназой при всасывании в энтероцитах. Далее фосфохолин, активируясь с помощью ЦДФ, используется для синтеза липидов – фосфатидилхолина (лецитина), сфингомиелина
- Холин является донором метильных групп в реакциях трансметилирования (например, при окислении холина образуется бетаин и служит источником метильных групп в реакциях синтеза метионина)
- Холин – метаболический предшественник нейромедиатора ацетилхолина.

Недостаточность холина у человека не описана.

У животных – жировая инфильтрация печени, геморрагии почек, повреждение кровеносных (особенно коронарных) сосудов

Витамин В8 – инозит

- Шестиатомный циклический спирт, а
- витаминными свойствами обладает **фитин** – соль инозитфосфорной кислоты



ИНОЗИТ

Суточная потребность **0,5 – 1,5 г**

Источники: все растительные и животные продукты, особенно тёмно-зелёная овощная зелень, (шпинат и др.), зелёный горох, чечевица, бобы, репа, картофель, хлеб, грибы, печень, мозг, мясо, желток

Метаболические функции

- Помогает мобилизовать жир из печени и из окружения внутренних органов при потере веса
- Входит в состав инозитфосфатидов, содержащихся во всех тканях, особенно в нервной
- Фосфорилированные формы инозита (в основном **ИТФ** – инозитол-1,4,5-трифосфат) – вторичные посредники в реализации действия некоторых гормонов
- ИТФ способствует высвобождению ионов Са из кальцисом – пузырьков, формируемых мембранами ЭПР
- Улучшает передачу нервных сигналов при диабетическом поражении нервов и нечувствительности

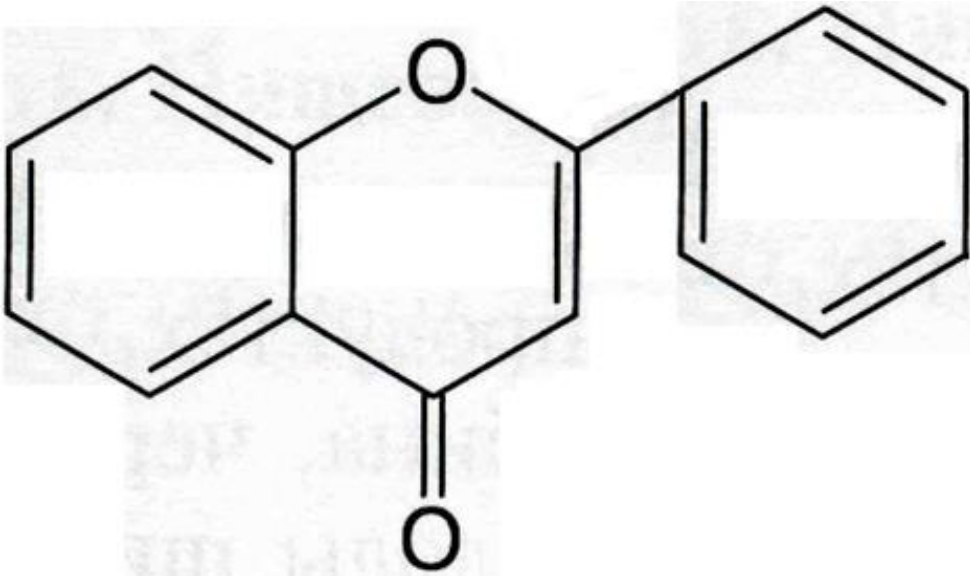
СИНТЕЗ. ИТФ образуется из липида плазматической мембраны клетки **фосфатидинозитола** под действием фосфолипазы С

Недостаточность инозита

- **У животных** проявляется жировой дистрофией печени и падением содержания в ней фосфолипидов (жировая дистрофия), облысением и анемией. У молодых особей – задержка роста
- **У человека** обычно недостаточности не бывает, поэтому инозит – важный, но не необходимый витаминоподобный фактор питания. Иногда – очаговое выпадение волос, запоры, чешуйчатые высыпания на коже, в крови высокое содержание холестерина

Гипервитаминоз инозита не описан

Витамин Р – биофлавоноиды рутин, кверцетин, катехин и другие (англ permeability – проницаемость)



Полифенолы –
в основе
дифенилпропановый
углеродный скелет

- Суточная потребность **25 – 50 мг**
- **Источники:** вместе с витамином С, особенно черноплодная рябина, чёрная смородина, яблоки, лимоны, шиповник, чайный лист. В растениях – в виде комплексов с металлами, лучше усваиваются.

Метаболические функции витамина Р

- Используется для синтеза убихинона, других БАВ
- Его компоненты – сильные антиоксиданты:
 - а) прямое антирадикальное действие (катехины зелёного чая – выраженные цитопротекторы, перехватывают свободные радикалы кислорода)
 - б) связывают ионы металлов с переменной валентностью (Cu, Fe), чем ингибируют перекисное окисление липидов
 - в) наиболее эффективны комплексы Fe^{2+} -флавоноид (Fe^{2+} -рутин в 5 раз лучше чем рутин связывает радикал $O_2^{\bullet-}$, начинающий процесс ПОЛ в мембранах)
- Капилляроукрепляющее действие: регулирует синтез коллагена (синергизм с витамином С), препятствует деполимеризации основного вещества соединительной ткани гиалуронидазой

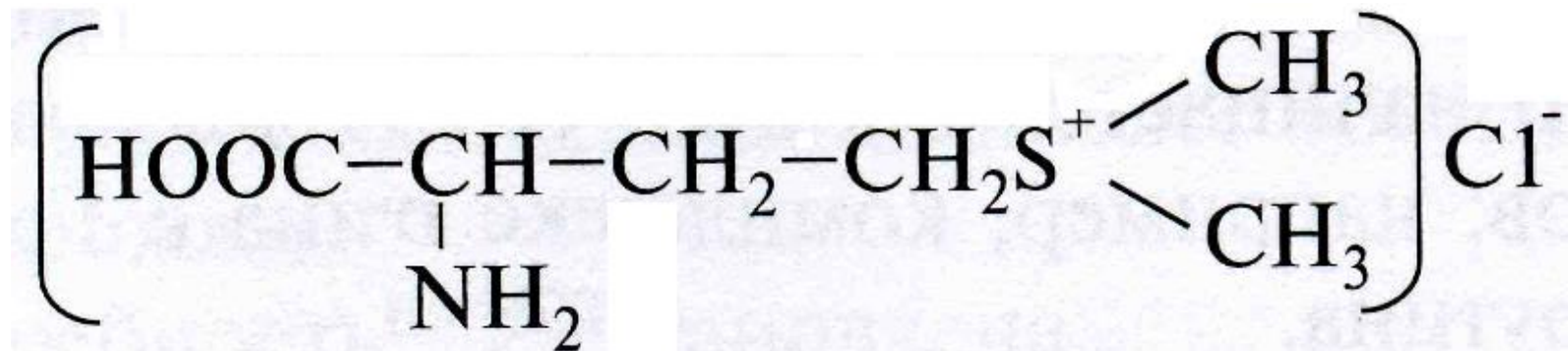
Недостаточность витамина Р

- Повышенная проницаемость и ломкость капилляров
- Петехии – точечные кровоизлияния
- Кровоточивость дёсен

Гипервитаминоз не описан

Витамин U – метилметионинсульфоний, противоязвенный фактор (лат. *ulcus* – язва)

Обнаружен в 1950 г.



S-метил-метионин

- **Суточная потребность:** предполагают **200 мг**
- **Источники:** сырые овощи, особенно спаржа, бел. капуста, петрушка, морковь, лук, перец, зелёный чай; свежее молоко, печень, сырые желтки.
При t° легко разрушается.

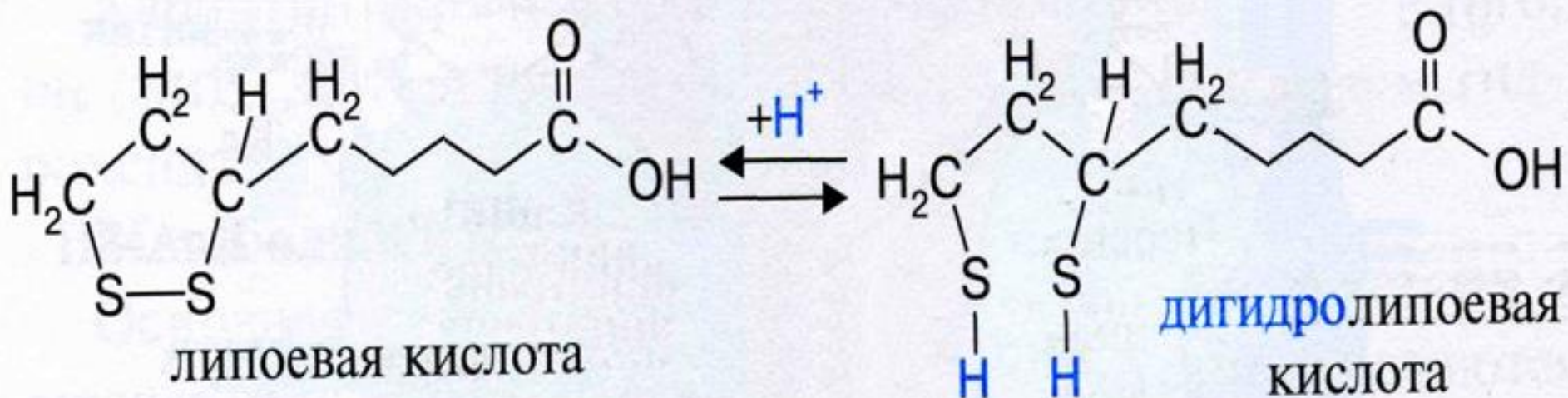
Метаболические функции витамина U

- Подобно метионину является донором метильных групп в реакциях синтеза креатина, холина (холинфосфатидов), в ходе репарации.
- За счёт участия в синтезе холина оказывает липотропное защитное действие на печень.
- Участвует в синтезе самого метионина и метилировании некоторых других соединений (метилование гистамина снижает желудочную секрецию и оказывает противоязвенное действие)

Недостаточность витамина U и гипервитаминоз для человека не описаны.

Витамин эффективен при лечении язвенной болезни желудка. При моделировании язвы желудка животные и птицы излечивались при добавлении в корм свежего овощного сока.

Витамин Н – липоевая кислота (6,8-дитиооктановая), (от lipid – жир)



- Суточная потребность \approx 25-50 мг
- **Источники:** дрожжи, мясные и молочные продукты

Метаболические функции витамина N

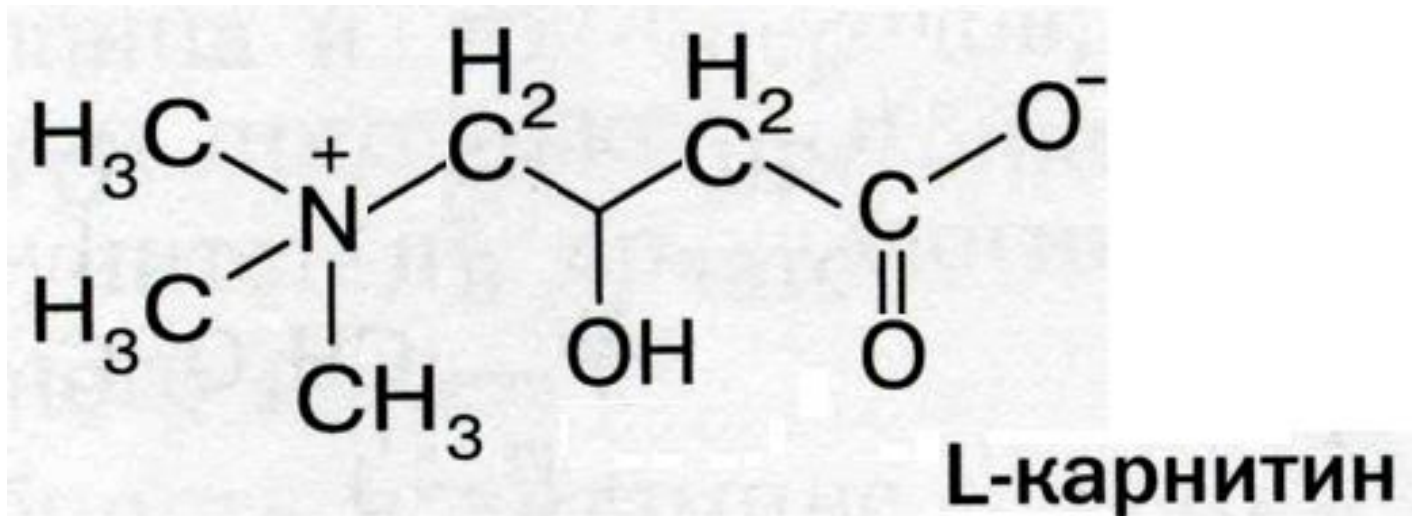
- Является тиопроизводным валериановой кислоты, легко подвергается окислению-восстановлению. Идеальный антиоксидант в защите от радиации, УФО и токсинов, реактивирует витамины E и C, глутатион, тиоредоксин. Предохраняет от окисления атерогенные ЛПНП. Вместе с витаминами E и C участвует в защите от атеросклероза.
- Включается как кофермент в ферменты, присоединяясь своей $-COOH$ группой к $\epsilon-NH_2$ -группе лизина. В составе пируват- и α -кетоглутарат-дегидрогеназных комплексов, катализирующих окислительное декарбоксилирование этих кетокислот, переносит электроны и ацильные группы.
- Увеличивает вход глюкозы в клетки, влияя на белок-транспортёр глюкозы, ингибирует распад инсулина, снижает гликозилирование белков → используют при СД.

- Липоевая кислота влияет на экспрессию вредоносных генов, подавляя активацию свободными $R\bullet$ и продуктами свободнорадикального окисления редокс-чувствительных факторов транскрипции (ген иммунодефицита и др.). Подобная активация ненормальной экспрессии генов лежит в основе канцерогенеза → липоевая кислота играет роль в профилактике рака

Недостаточность и гипервитаминоз витамина N для человека не описаны

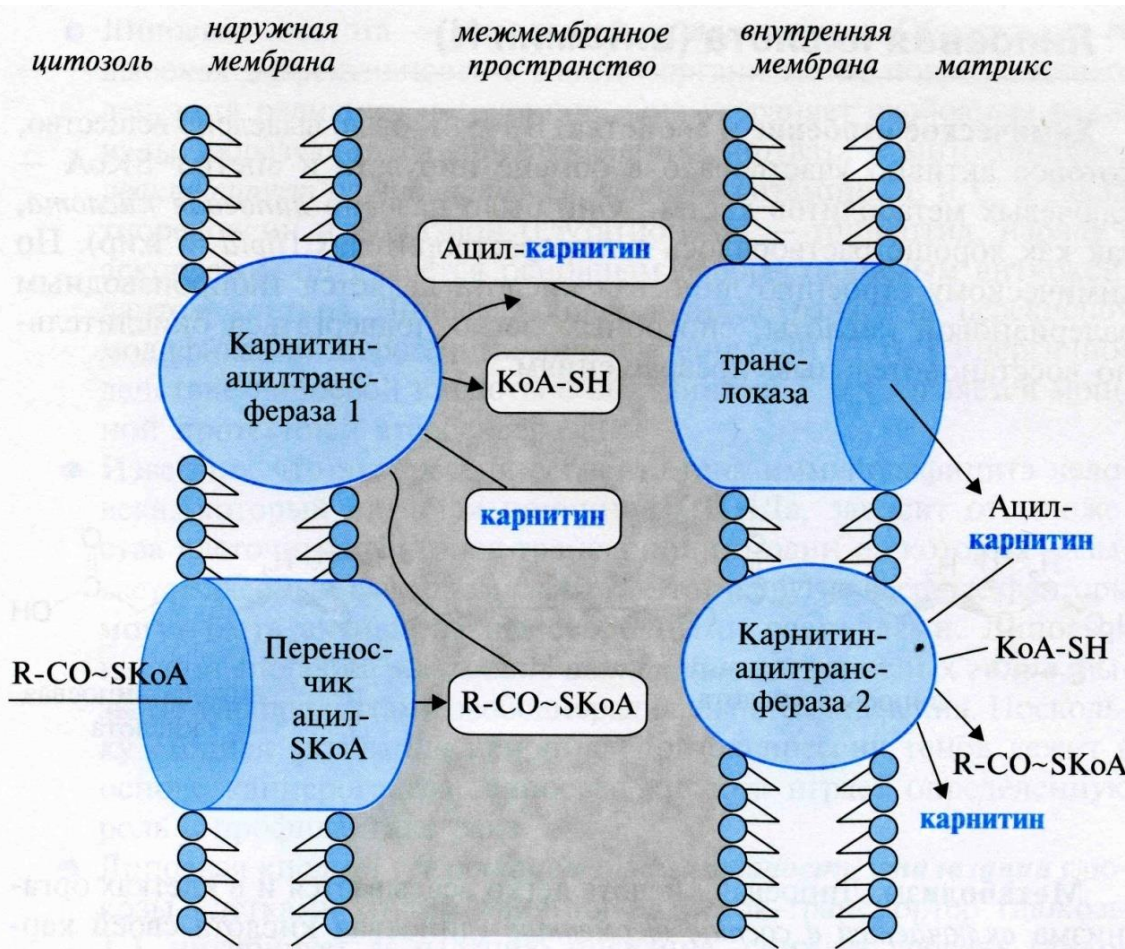
Витамин В₁₁=В_т Карнитин

γ-триметиламино-β-оксибутират



- Суточная потребность \approx 500 мг
- **Источники:** молочные продукты, мясо, яйца – продукты, содержащие полноценный белок
- **Синтез** из лизина и метионина идет при участии витамина В₆, катализируют гидроксилазы

Основная функция – участие в сжигании жира для получения энергии



Транспорт жирных кислот в митохондрию с участием карнитина

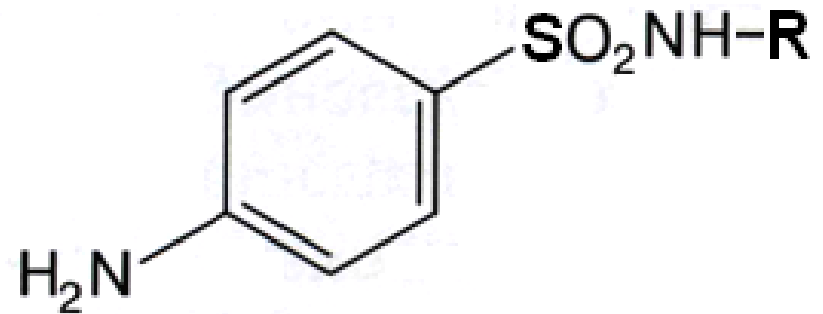
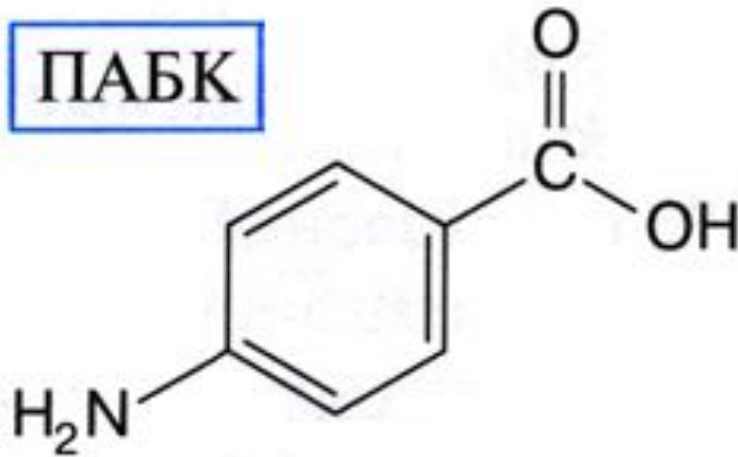
- Транспорт ацил~КоА (жирных кислот) в митохондрии
- Поддержание работы сердца, где жирные кислоты – главный источник энергии
- Стимуляция внешней секреции *pancreas*
- Активация сперматогенеза

- **Недостаточность карнитина**

При полноценном белковом питании недостаточности не бывает, т.к. в пище много лизина и метионина. При дефиците лизина и витамина С – мышечная слабость, дистрофия и истончение мышечных волокон

- Симптомы у животных – слабость, повышенная утомляемость, недостаточность печеночной, сердечной и почечной функций

Парааминобензойная кислота



сульфаниламидные препараты –
структурные аналоги

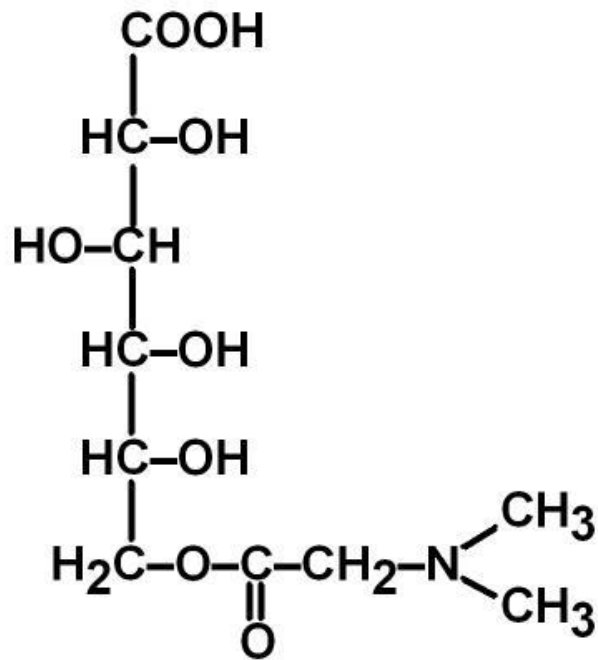
- Суточная потребность не установлена
- **Источники:** во всех продуктах питания, особенно в молоке, яйцах, печени, мясе, дрожжах

Метаболические функции пара-аминобензойной кислоты

- Входит в состав фолиевой кислоты, поэтому
 - 1) участвует в метаболизме как сам витамин Вс
 - 2) симптомы **недостаточности** как у фолатов
- Активирует тирозиназу (ключевой фермент синтеза меланинов), поэтому ПАБК нужна **для нормальной пигментации кожи и волос**
- Микробы не синтезируют ПАБК, поэтому структурные аналоги парааминобензойной кислоты (сульфаниламиды) являются антибактериальными препаратами

Пангамовая кислота

B₁₅



эфир глюконовой кислоты
и диметилглицина

Строение пангамовой кислоты

- Суточная потребность неизвестна
- **Источники:** семена растений (главным образом в зародыше), ростки, ядра косточковых плодов (миндаль), печень, дрожжи

Биохимическая и биологическая роль

- **Повышает биоэнергетику и устойчивость к гипоксии за счет активации дыхательных ферментов и переноса кислорода.**
- **Липотропный эффект, препятствует отложению холестерина в бляшках кровеносных сосудов (роль при атеросклерозе и гипертонии)**
- **Участвует в реакциях метилирования (синтез метионина, холина, адреналина, стероидных гормонов и др.)**
- **Участвует в детоксикации при отравлении алкоголем, антибиотиками, хлорорганическими соединениями**
- **Гиповитаминоз не встречается**

Контрольные вопросы

- Понятие витамины, их основные признаки.
- Какова потребность организма в витаминах и от чего она зависит?
- Какие наблюдаются состояния организма в зависимости от обеспеченности витаминами?
- Каковы возможности и условия синтеза отдельных витаминов в организме человека?
- В чем заключается основной механизм действия витаминов? Назовите важнейшие коферменты, в состав которых входят витамины.
- Дайте характеристику основных механизмов активации витаминов (фосфорилирование, нуклеотидирование, восстановление/окисление).
- По какому признаку классифицируются витамины? Назовите основных представителей отдельных классов.
- Какова роль отдельных жирорастворимых и водорастворимых витаминов в регуляции обмена веществ?
- Какие знаете витаминоподобные вещества и антивитамины? Механизмы их действия.
- Какие витамины обладают антиоксидантным действием?
- Какие витамины участвуют в энергетических процессах?
- Какие витамины обладают анаболическим эффектом. Что это означает?
- Какие витамины наиболее важны для функционирования костной и соединительной ткани?
- Потребление каких витаминов изменено при заболеваниях пародонта и кариесе и почему?