

## ТЕМА 13. ВИТАМИНЫ

- 13.1. Общая характеристика и классификация витаминов
- 13.2. Жирорастворимые витамины
- 13.3. Водорастворимые витамины

### 13.1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА И КЛАССИФИКАЦИЯ ВИТАМИНОВ

Витамины - жизненно важные органические низкомолекулярные соединения, необходимые для человека и животных в ничтожных количествах, по сравнению с основными питательными веществами (белками, жирами и углеводами), но имеющие огромное значение для нормального роста, развития и самой жизни. Витамины обычно поступают с растительной пищей или с продуктами животного происхождения, поскольку они не синтезируются в организме человека и животных. Большинство витаминов являются предшественниками коферментов, выполняют каталитические функции, а некоторые соединения выполняют сигнальные функции. Суточная потребность в витаминах зависит от типа вещества, а также от возраста, пола и физиологического состояния организма (период беременности и кормления ребенка, физические нагрузки, состояний упитанности).

При нормальном питании суточная потребность организма в витаминах удовлетворяется полностью. Недостаточное или неполноценное питание (например, несбалансированная диета у пожилых людей, недостаточное питание у алкоголиков, потребление полуфабрикатов) или нарушение процессов усвоения и использования витаминов могут быть причиной различных форм витаминной недостаточности, вплоть до авитаминоза. Важная роль в обеспечении организма рядом витаминов (К, В<sub>12</sub>, Н) принадлежит микрофлоре пищеварительного тракта. Поэтому дефицит витаминов может возникать вследствие медикаментозного лечения с использованием антибиотиков.

Только немногие из витаминов, такие, как А, D, Е, В<sub>12</sub>, могут накапливаться в организме. Поэтому витаминная недостаточность быстро влечет за собой болезни витаминдефицита, затрагивающие состояние кожи, клетки крови и нервную систему организма.

Витаминная недостаточность излечивается посредством полноценного питания или с помощью витаминных препаратов. Явление гипervитаминоза касается лишь витаминов А и D. Избыточное количество большинства других витаминов быстро выводится из организма с мочой (рис. 13.1).

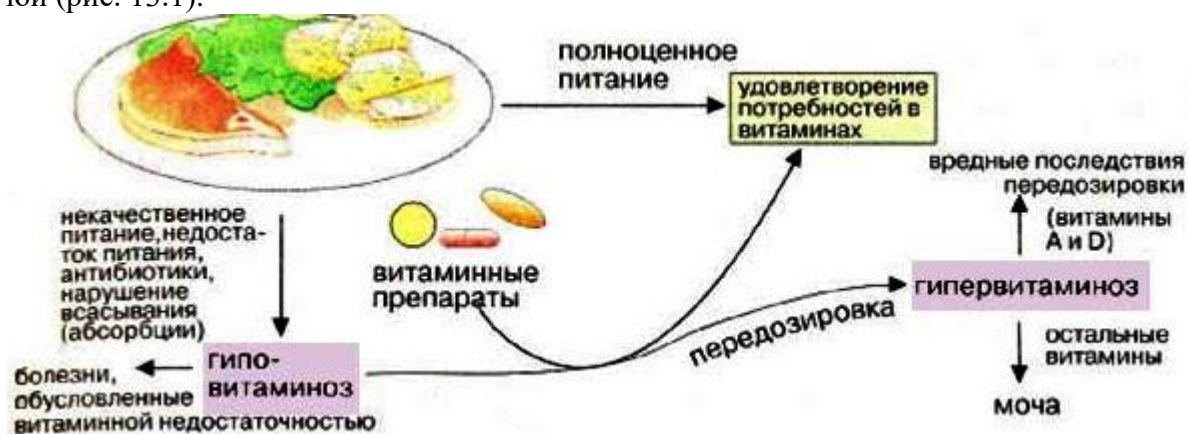


Рис. 13.1. Обеспечение организма витаминами

До настоящего времени остается неясным, почему организм человека и многих животных испытывает потребность в витаминах. Предполагают, что у животных это связано с утратой вследствие мутаций некоторых стадий синтеза коферментов, в то время как такие стадии сохранились без изменений у микроорганизмов и растений. Во всяком случае наличие в пищевом рационе предшественников, необходимых для биосинтеза коферментов,

а также готовых витаминов позволяет компенсировать дефекты эндогенного синтеза, вызванные такими мутациями.

**Коферментная функция витаминов.** В начале 20 века при изучении процессов окислительного распада углеводов исследователям впервые удалось выделить в кристаллическом состоянии кофермент *глюкозо-6-фосфатдегидрогеназу*. Было установлено, что в его состав входит никотинамид. Впоследствии оказалось, что амид никотиновой кислоты является компонентом коферментов ряда ферментативных систем, участвующих во многих окислительно-восстановительных реакциях организма. Позднее был открыт ряд коферментов, содержащих в своем составе те или иные витамины. Анализ структуры коферментов позволил выделить в них два функциональных участка, один из которых отвечает за связь с апоферментом, а другой принимает непосредственное участие в каталитическом акте. Как правило, активная форма витаминов принимает участие именно в катализе. Подавляющее число витаминов, входящих в состав коферментов, растворимы в воде.

**Классификация витаминов.** По мере открытия отдельных витаминов их обозначали буквами латинского алфавита и называли в зависимости от их биологического действия. Например, витамин Е – токоферол (от латинского *токос* – деторождение, *ферро* – несущий), витамин К – антигеморагический витамин, витамин А – витамин роста, витамин С – витамин антицинга, витамин В<sub>1</sub> – антиберибери, витамин D – витамин антирахит. Наряду с буквенной классификацией применяется классификация витаминов, разделяющих их на две группы по признаку растворимости в воде или в жирах.

#### **Витамины, растворимые в жирах**

Витамин А (ретинол)

Витамин Д (эргокальциферол, холекальциферол)

Витамин Е ( $\alpha$  - токоферол,  $\beta$  - токоферол,  $\gamma$  - токоферол)

Витамин К (филлохинон, менахинон)

#### **Витамины, растворимые в воде**

Витамин В<sub>1</sub> (тиамин); Витамин В<sub>2</sub> (рибофлавин)

Витамин В<sub>3</sub> (никотинамид, никотиновая кислота)

Витамин В<sub>5</sub> (пантотеновая кислота)

Витамин В<sub>6</sub> (пиридоксин, пиридоксамин, пиридоксаль)

Витамин В<sub>12</sub> (цианкобальтамин); Витамин В<sub>15</sub> (пангамовая кислота)

Витамин В<sub>с</sub> (фолиевая кислота)

Витамин С (аскорбиновая кислота); Витамин Н (биотин)

### **13.2. ЖИРОРАСТВОРИМЫЕ ВИТАМИНЫ**

*Витамин А (рис.13.2)* это органическое вещество биохимическая основа которого связана с его влиянием на проницаемость клеточных мембран. Хорошо известно, что ретинол играет важную роль в фотохимических процессах зрения и является необходимым витамином для нормального эмбрионального развития.

Витамин А содержится только в животных продуктах, таких как печень, рыбий жир, сливочное масло и др. В растительной пище содержатся только *каротиноиды*, которые под влиянием фермента каротиназы превращаются в витамин А. Недостаток витамина А прежде всего приводит к нарушению процесса зрения, одним из проявлений которого является снижение способности глаз к темновой адаптации.

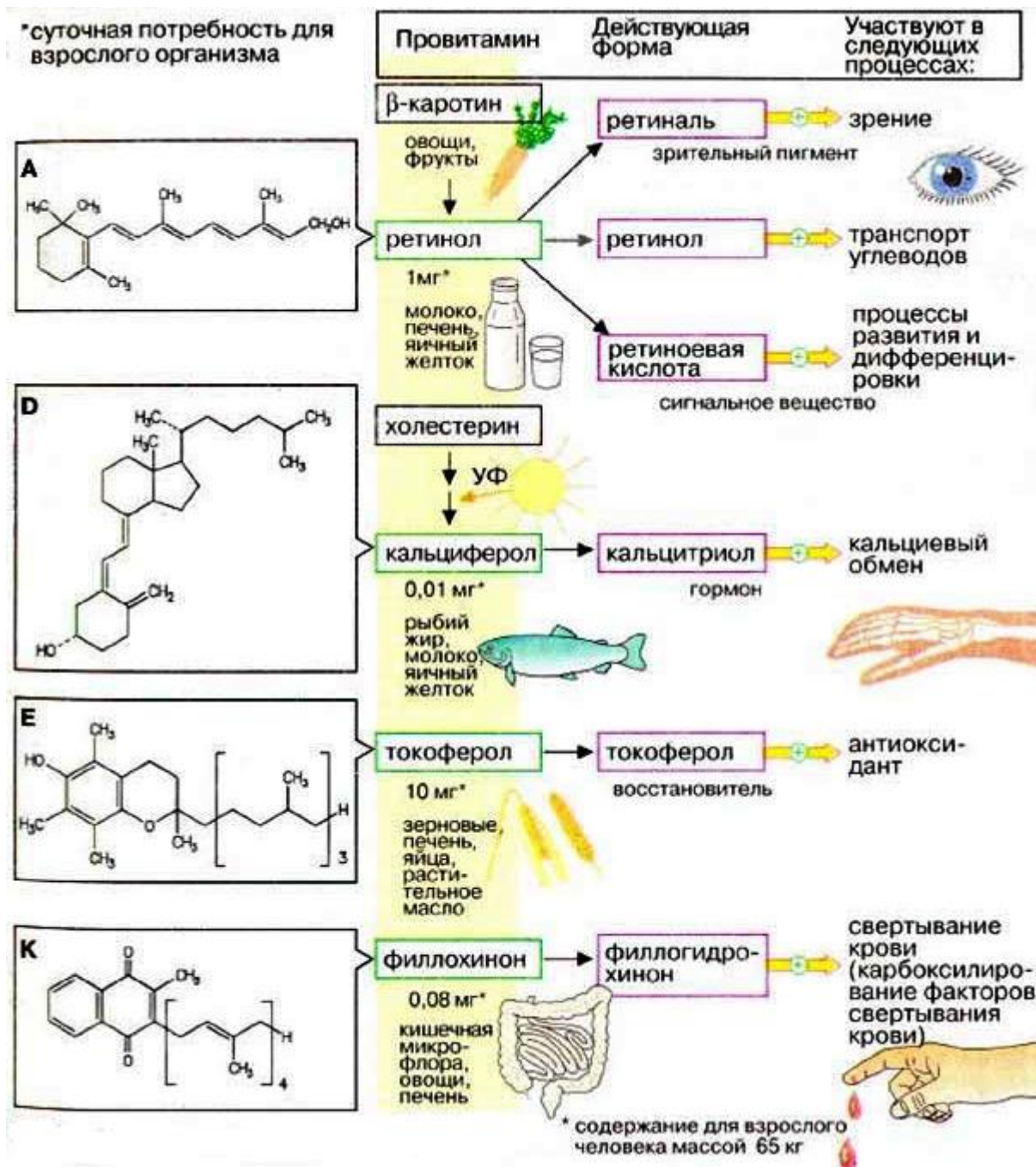


Рис.13.2. Жирорастворимые витамины

Витамины группы D (эргокальциферол, холекальциферол). Витамины группы D имеют сходное строение и свойства. Провитамины группы D широко распространены в природе. Особенно много их в печени рыб и животных. Другими продуктами, содержащими в большом количестве витамины D, являются сливочное масло, яйца и молоко. Основная биохимическая функция витаминов группы D обусловлена поддержанием физиологической



Больной ребенок  
рахитизмом



Тот же ребенок после лечения  
витамином D

**Рис. 13.3.** Действие витамина D<sub>3</sub> на костный метаболизм

концентрации кальция в крови. Несбалансированная по кальцию и фосфору пища, недостаток солнечного воздействия, а также дефицит витамина D в рационе питания приводят к замедлению процессов минерализации и нарушению костеобразования у детей (рахит).

Авитаминоз у взрослых приводит к развитию остеопороза вследствие удаления кальция из костной ткани. Напротив, гипervитаминоз D приводит к избыточному отложению кальция на стенках сосудов, в почках и легких.

*Витамины группы E (токоферолы)* отличаются по степени метилирования хроманового ядра и биологической активности:  $\alpha$  – токоферол,  $\beta$  – токоферол,  $\gamma$  – токоферол. Наибольшей биологической активностью обладает  $\alpha$  – токоферол: Витамины группы E в большом количестве содержатся в растительных и животных маслах, пшенице, моркови, яйцах и молоке. Механизм действия витамина E прежде всего связан с его антиоксидантными свойствами. Предотвращая процесс пероксидного окисления липидов, этот витамин поддерживает целостность биологических мембран, структурным компонентом которых он является. Кроме того, имеются данные об участии витамина E в синтезе гема – простетической группы ряда гемопroteинов. Установлена связь между витамином E и селеном. Повышение содержания селена в пище сокращает потребность организма в витамине E. Дефицит витамина E является причиной дегенерации спинного мозга и легочной дистрофии. Кроме того, недостаток токоферола приводит к нарушениям эмбриогенеза.

*Витамины группы K* существуют в 2-х формах K<sub>1</sub> (*филлохинон*) и K<sub>2</sub> (*менахинон*) Кроме природных витаминов K<sub>1</sub> и K<sub>2</sub>, ряд активных производных нафтохинона получены методом химического синтеза. Так, викасол является искусственно синтезированным аналогом витамина K<sub>1</sub>. Он обладает биологической активностью последнего. Витамин K является одним из составляющих системы регулирования свертывания крови. Количества витамина K, поступающего с пищей и синтезируемого микрофлорой кишечника, достаточно для предотвращения авитаминоза у здорового человека. Дефицит витамина K наблюдается при нарушении всасывания жиров в кишечнике, а также при заболеваниях печени и желчного пузыря.

### 13.3. ВОДОРАСТВОРИМЫЕ ВИТАМИНЫ

*Витамин B<sub>1</sub> (тиамин)* (рис.13.4) достаточно широко распространен как в растительных, так и в микробных клетках. Особенно много тиамин в зерновых культурах и дрожжах. В основе формулы витамина B<sub>1</sub> находятся тиазол и пиримидин, соединенные друг с другом метиленовой группой. Биохимическая функция витамина B<sub>1</sub> определяется его участием в окислительно-восстановительном катализе. Коферментная форма витамина B<sub>1</sub> (тиаминпирофосфат), связанная с соответствующими апоферментами, образует тиаминовые ферменты, участвующие в углеводном обмене. Недостаток тиамин в организме приводит к нарушениям водного обмена, функций кроветворения, а также к патологии нервной, сердечно-сосудистой и пищеварительной систем.

*Витамин B<sub>2</sub> (рибофлавин)* (рис.13.4) впервые был выделен из молока и получен в кристаллическом состоянии. Витамин B<sub>2</sub> в значительных количествах находится в печени, молоке, яйцах, дрожжах и зерновых культурах. Активные формы витамина B<sub>2</sub> (флавинмононуклеотид и флавинадениндинуклеотид) являются коферментами около 30 ферментов. В составе ферментов они играют немаловажную роль в процессах тканевого



дыхания, а также переноса электронов и протонов. Недостаток витамина В<sub>2</sub> приводит к приостановке роста организма и к мышечной слабости.

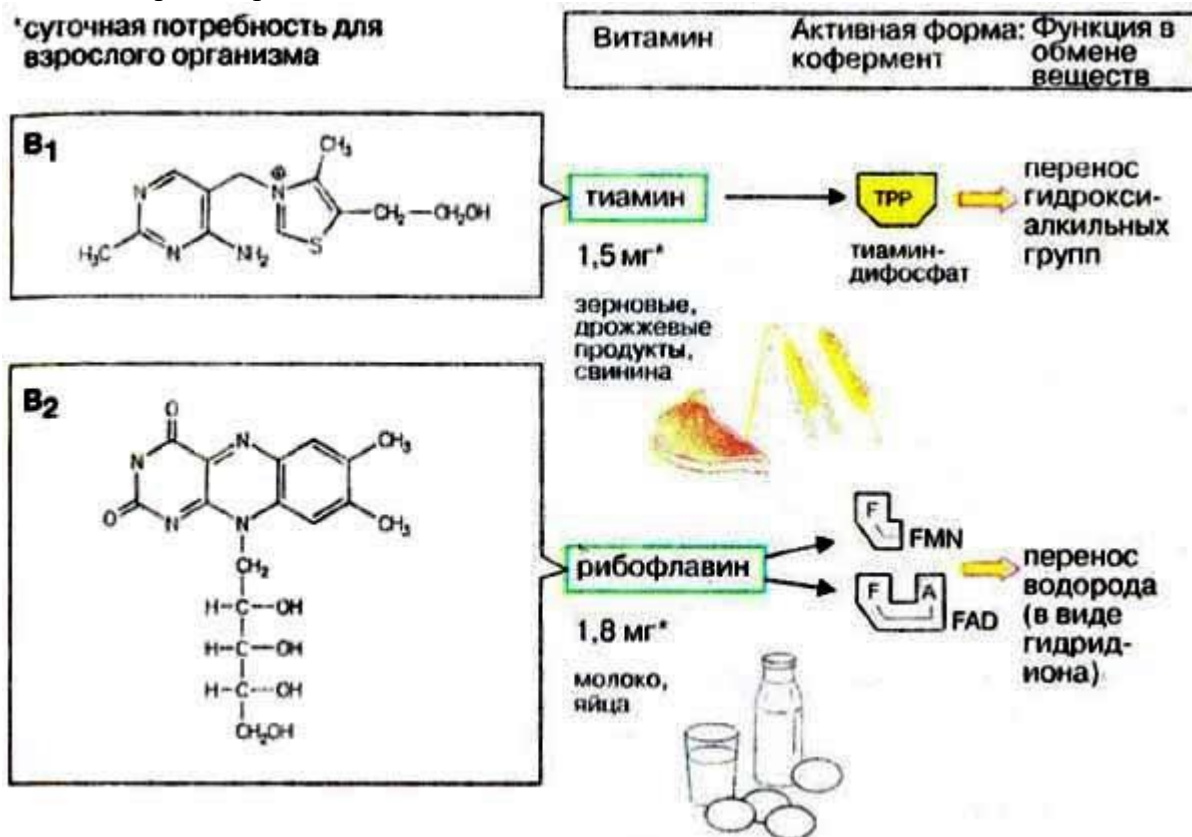


Рис.13.4. Водорастворимые витамины В<sub>1</sub> и В<sub>2</sub>

Витамин В<sub>3</sub> (PP) существует в форме никотинамида и никотиновой кислоты (рис.13.5). Никотинамид осуществляет биохимические функции в составе коферментов никотинамидадениндинуклеотида и никотинамидадениндинуклеотидфосфата, которые являются составной частью окислительно-восстановительных ферментов – дегидрогеназ. Они катализируют более 100 биохимических реакций, к числу которых относятся реакции окисления спиртов в альдегиды и кетоны, альдегидов и кетонов в соответствующие карбоновые кислоты, аминов в имины с последующим образованием оксисоединений и др. Кроме того, активные формы витамина В<sub>3</sub> принимают участие в регулировании ряда жизненно важных биохимических процессов. Дефицит витамина В<sub>3</sub> приводит к развитию пеллагры, которая проявляется в виде различных дерматитов.

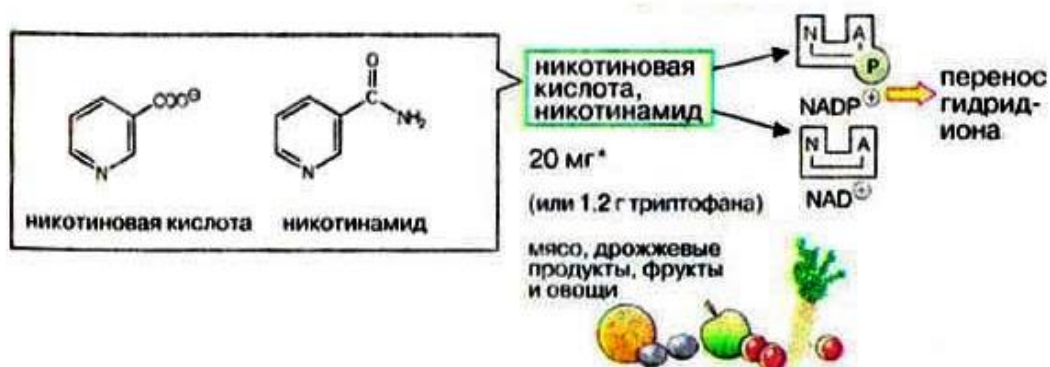


Рис.13.5. Водорастворимый витамин В<sub>3</sub>

**Витамин B<sub>5</sub>** (пантотеновая кислота) - амид аминокислоты β-аланина и пантоевой кислоты (рис. 13.6). Витамин B<sub>5</sub>, входит в состав кофермента КоА, одно из немногих веществ в организме, участвующее в метаболизме и белков, и жиров, и углеводов.

Пантотеновая кислота требуется для обмена жиров, углеводов, аминокислот, синтеза жизненно важных жирных кислот, холестерина, гемоглобина. Витамин играет важную роль в формировании антител, способствует усвоению других витаминов, а также принимает участие в синтезе нейромедиаторов.



Рис.13.6. Водорастворимый витамин B<sub>5</sub>

Суточная потребность человека в пантотеновой кислоте удовлетворяется при нормальном смешанном питании, так как она содержится в очень многих продуктах животного и растительного происхождения (дрожжи, икра рыб, яичный желток, зелёные части растений, молоко, морковь, капуста и т.д.). Пантотеновая кислота синтезируется также кишечной флорой.

**Витамин B<sub>6</sub>**. Различают три индивидуальных вещества, обладающих свойствами витамина B<sub>6</sub>. К ним относятся *пиридоксамин*, *пиридоксаль* и *пиридоксин* (рис.13.7). Все три формы легко превращаются друг в друга, однако наибольшую биологическую значимость имеет фосфорилированная форма пиридоксаля. Основная функция витамина B<sub>6</sub> заключается в том, что он в составе различных ферментов принимает участие в метаболизме аминокислот. Его активная форма (пиридоксальфосфат) является коферментом более 50 ферментов аминокислотного обмена. Кроме того, витамин B<sub>6</sub> влияет на активность ряда ферментов углеводного и липидного обмена. Недостаток витамина B<sub>6</sub> в организме прежде всего приводит к возникновению кожных заболеваний и нарушению центральной нервной системы.

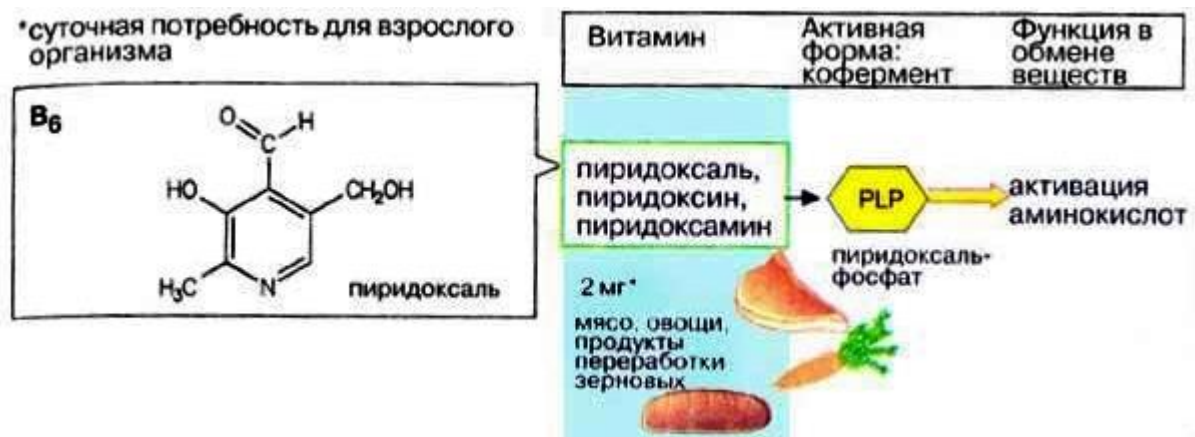


Рис.13.7. Водорастворимый витамин B<sub>6</sub>

**Витамин B<sub>9</sub>**. Водорастворимый витамин, необходимый для роста и развития кровеносной и иммунной систем.

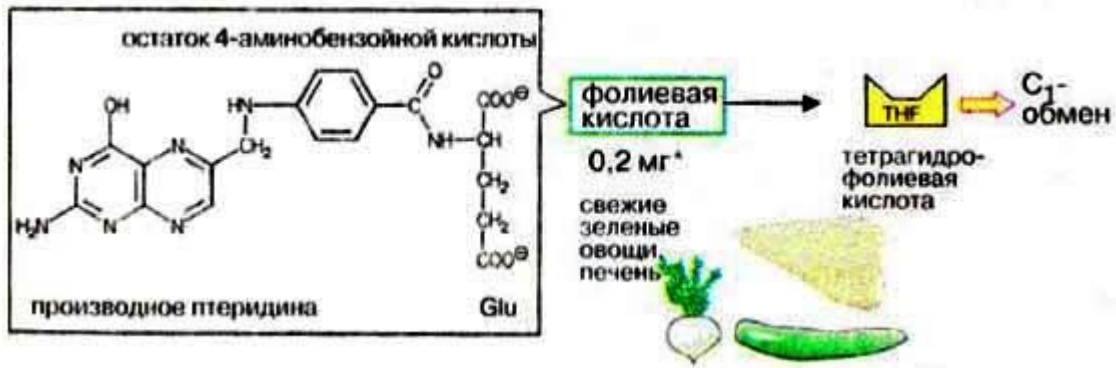


Рис.13.8. Водорастворимый витамин В<sub>9</sub>

Животные и человек получают фолиевую кислоту вместе с пищей либо благодаря синтезу микрофлорой кишечника. Фолиевая кислота в значимых количествах содержится в зелёных овощах с листьями, в некоторых citrusовых, в бобовых, в хлебе из муки грубого помола, дрожжах, печени, входит в состав мёда. Во многих странах законодательство обязывает производителей мучных продуктов обогащать зёрна фолиевой кислотой.

Процесс репликации ДНК требует участия фолиевой кислоты, и нарушение этого процесса увеличивает опасность развития раковых опухолей. В первую очередь от нехватки фолиевой кислоты страдает костный мозг, в котором происходит активное деление клеток. Фолиевая кислота необходима беременным женщинам, особенно на ранних сроках беременности, а также мужчинам для нормальной выработки сперматозоидов. Приём фолиевой кислоты во время беременности снижает риск развития дефектов нервной трубки плода.

*Витамин В<sub>12</sub> (цианокобаламин)* - комплексное соединение, имеющее в основе цикл *коррина* и содержащее координационно связанный ион кобальта (рис.13.9). Этот витамин синтезируется лишь в микроорганизмах. Из пищевых продуктов он содержится в печени, мясе, яйцах, молоке и полностью отсутствует в растительной пище. Витамин всасывается слизистой желудка только в присутствии секретлируемого (эндогенного) гликопротеина, так называемого *внутреннего фактора*. Назначение этого мукопротеида заключается в связывании цианокобаламина и тем самым в защите от деградации. В крови цианокобаламин также связывается специальным белком, *транскобаламином*. В организме витамин В<sub>12</sub> запасается в печени.

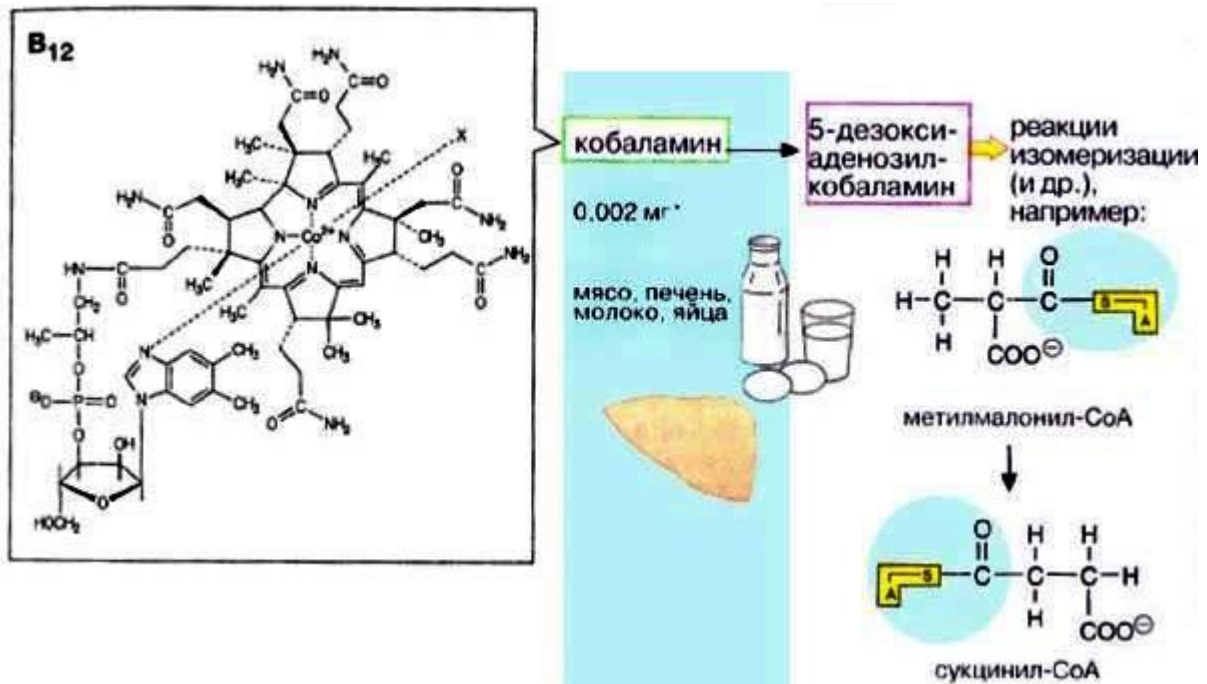


Рис.13.9. Водорастворимый витамин В<sub>12</sub>

Витаминный дефицит или нарушение всасывания витамина В<sub>12</sub> связаны главным образом с прекращением секреции внутреннего фактора. Следствием авитаминоза является *пернициозная анемия*.

*Витамин С (L-аскорбиновая кислота – рис.13.10)* это соединение источником которого являются свежие фрукты и овощи.



Рис.13.10. Водорастворимый витамин С

Аскорбиновую кислоту добавляют во многие напитки и пищевые продукты в качестве антиоксиданта и вкусовой добавки. Аскорбиновая кислота в качестве сильного восстановителя принимает участие во многих реакциях. Из биохимических процессов с участием аскорбиновой кислоты следует упомянуть *синтез коллагена, деградацию тирозина, синтеза катехоламина и желчных кислот*. Суточная потребность в аскорбиновой кислоте составляет 60 мг - величина, не характерная для витаминов. Сегодня дефицит витамина С встречается редко. Дефицит проявляется спустя несколько месяцев в форме цинги (скорбута). Следствием заболевания являются атрофия соединительных тканей, расстройство системы кроветворения, выпадение зубов.

*Витамин Н (биотин – рис.13.11)* содержится в печени, яичном желтке и других пищевых продуктах; кроме того, он синтезируется микрофлорой кишечника.

Входит в состав ферментов, регулирующих белковый и жировой баланс, обладает высокой активностью. Участвует в синтезе *глюкокиназы* - фермента, регулирующего обмен углеводов.

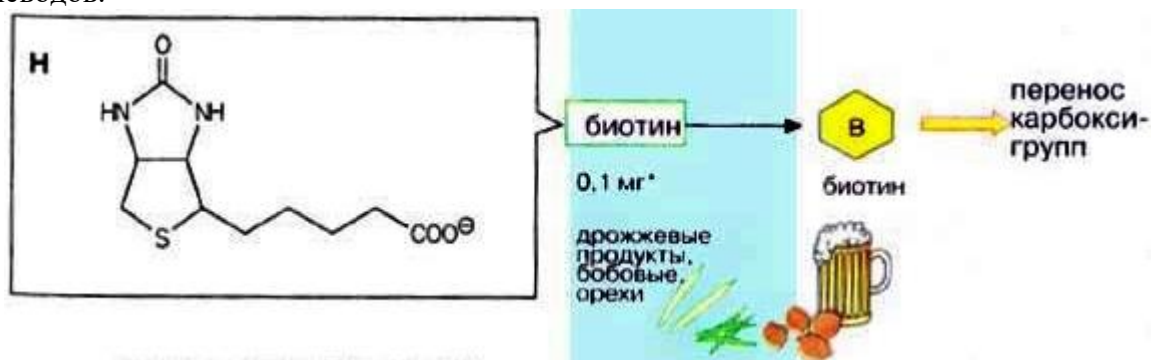


Рис.13.11. Водорастворимый витамин Н

Является коферментом различных ферментов. Участвует в синтезе пуриновых нуклеотидов. Является источником серы, которая принимает участие в синтезе коллагена. С участием биотина протекают реакции активирования и переноса CO<sub>2</sub>.