

ВИТАМИН  
Ы

**ЖИРОРАСТВОРИМЫЕ** : А, D, E,  
К, F

**ВОДОРАСТВОРИМЫЕ** : В1, В2, В3, В5, В6, В9, В12,  
Н, С, Р, РР

## **ВИТАМИНОПОДОБНЫЕ ВЕЩЕСТВА:**

- **Жирорастворимые** Q (убихинон)
- **Водорастворимые** – В4(холин), Р (биофлавоноиды), В8(инозит), В10 (парааминобензойная кислота), В11(Вт, карнитин), U(S-метилметионин), N(липолевая кислота), В13(оротовая кислота), В14(метоксантин, пиррол-хинолин-хинон), В15(пангамовая кислота)

- АВИТАМИНОЗ- СОСТОЯНИЕ, ВОЗНИКАЮЩЕЕ ПРИ ПОЛНОМ ОТСУТСТВИИ В ПИЩЕ ИЛИ ПОЛНОЕ НАРУШЕНИЕ УСВОЕНИЯ КАКОГО-ЛИБО ВИТАМИНА В ОТСУТСТВИИ ПОЛНОГО ДЕЙСТВИЯ ВИТАМИНОВ.
- ГИПОВИТАМИНОЗ- СОСТОЯНИЕ, ВОЗНИКАЮЩЕЕ ПРИ ПОНИЖЕННОМ СОДЕРЖАНИИ ИЛИ НЕПОЛНОМ УСВОЕНИИ ВИТАМИНОВ ( ВСТРЕЧАЕТСЯ ЧАЩЕ).
- ГИПЕРВИТАМИНОЗ- СОСТОЯНИЕ, ВОЗНИКАЮЩЕЕ ПРИ ПОСТУПЛЕНИИ ЧРЕЗМЕРНЫХ КОЛИЧЕСТВ ВИТАМИНОВ.

## ПРИЧИНЫ ГИПО- И АВИТАМИНОЗОВ

### 1) НИЗКОЕ СОДЕРЖАНИЕ ВИТАМИНОВ В ПИЩЕ:

- ОДНООБРАЗНОЕ ПИТАНИЕ;
- НЕПРАВИЛЬНОЕ ХРАНЕНИЕ ПРОДУКТОВ;
- НЕПРАВИЛЬНАЯ КУЛИНАРНАЯ ОБРАБОТКА;

### 2) НЕСООТВЕТСТВИЕ МЕЖДУ ПОСТУПЛЕНИЕМ ВИТАМИНОВ И ПОВЫШЕННОЙ ПОТРЕБНОСТЬЮ:

- В ЗОНАХ С НИЗКОЙ И ВЫСОКОЙ ТЕМПЕРАТУРОЙ  
ПОТРЕБНОСТЬ В ВИТАМИНАХ УВЕЛИЧИВАЕТСЯ  
НА 30-60% ( И ДЛЯ ВС И ВМФ) ;
- ГИПОКСИЯ;
- НЕРВНЫЕ, ФИЗИЧЕСКИЕ НАГРУЗКИ;
- ПОЖИЛОЙ ВОЗРАСТ ;

- ПИЩА, БОГАТАЯ УГЛЕВОДАМИ УВЕЛИЧИВАЕТ ПОТРЕБНОСТЬ  
В ВИТАМИНАХ В<sub>1</sub>, В<sub>2</sub>, В<sub>3</sub>, В<sub>с</sub> ;
- ПИЩА, БОГАТАЯ БЕЛКАМИ УВЕЛИЧИВАЕТ ПОТРЕБНОСТЬ В  
ВИТАМИНАХ В<sub>2</sub>, В<sub>6</sub>, РР, С;
- БЕРЕМЕННОСТЬ И ЛАКТАЦИЯ;

### 3) ПОВЫШЕННОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВИТАМИНОВ В ЖКТ:

- БАКТЕРИИ;
- ГЛИСТЫ;

### 4) НАРУШЕНИЕ ПРОЦЕССОВ ВСАСЫВАНИЯ (В<sub>12</sub>, К и др.);

### 5) ЛЕКАРСТВЕННАЯ ТЕРАПИЯ (АНТИБИОТИКИ, СУЛЬФАНИЛАМИДЫ);

### 6) ВРОЖДЕННЫЕ НАРУШЕНИЯ ОБМЕНА ВИТАМИНОВ.

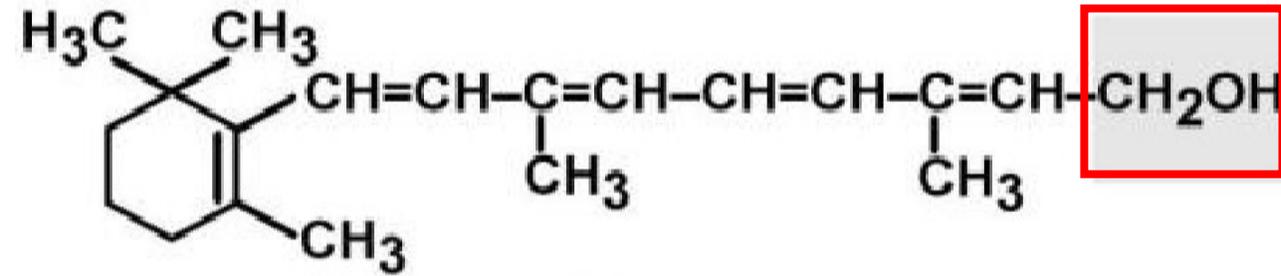
(В<sub>1</sub>, В<sub>с</sub>, В<sub>6</sub>, Н, В<sub>12</sub> и др.)

# ВИТАМИН А – ретинол

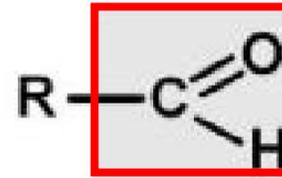
Общее название биологических соединений, относящихся к группе ретиноидов:

- А1- ретинол (ретинола ацетат)
- А2- дегидроретинол
- Активная форма А1-ретиனால்
- Ретиноевая кислота

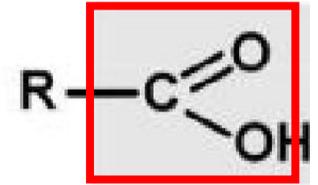
# Витамин А (ретинол, антиксерофтальмический)



Ретинол

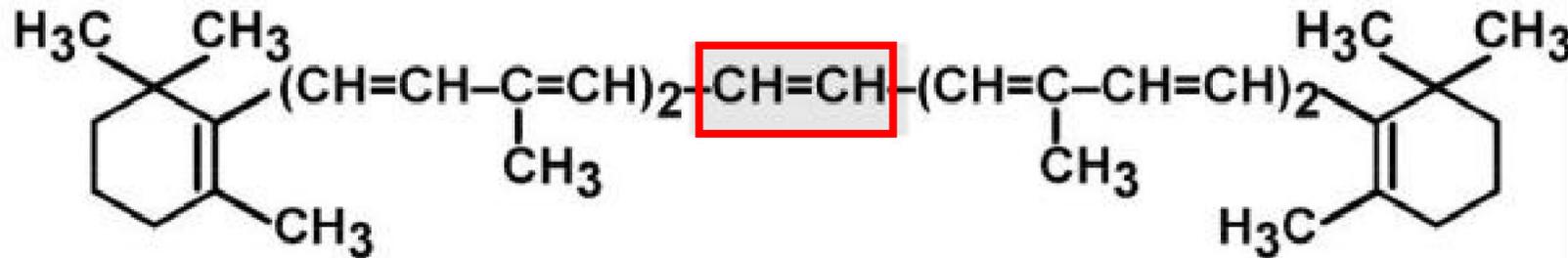


Ретиналь



Ретиновая кислота

## Строение ретиноидов



Строение  $\beta$ -каротина

## Биологическая роль витамина А

1. Процессы светоощущения.
2. Регуляция экспрессии генов
3. Участие в окислительно-восстановительных реакциях (прооксидантная и антиоксидантная системы).
4. Барьерная функция кожи, слизистых, проницаемости мембран.
5. Метаболиты витамина А необходимы для роста, дифференцировки эпителия, нервной и костной ткани.
6. Регуляция сперматогенеза.
7. Фактор роста.
8. Иммуногенез и антионкогенная роль

# Участие витамина А в фотохимическом акте зрения



# Витамин А (ретинол, антиксерофтальмический)

## ГИПОВИТАМИНОЗ:

- куриная слепота у взрослых ;
- ксерофтальмия (сухость оболочек глаза);
- кератомалация (распад роговицы);

## ГИПЕРВИТАМИНОЗ (редко):

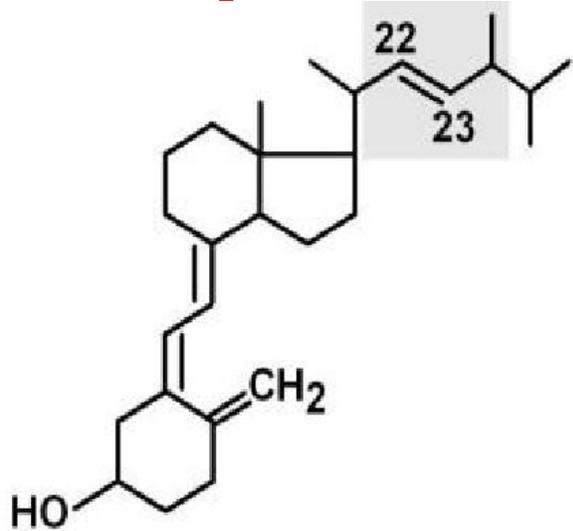
- кахексия;
- выпадение волос;
- головные боли;
- потеря аппетита;

## Витамин А (содержание в продуктах, мкг/г)

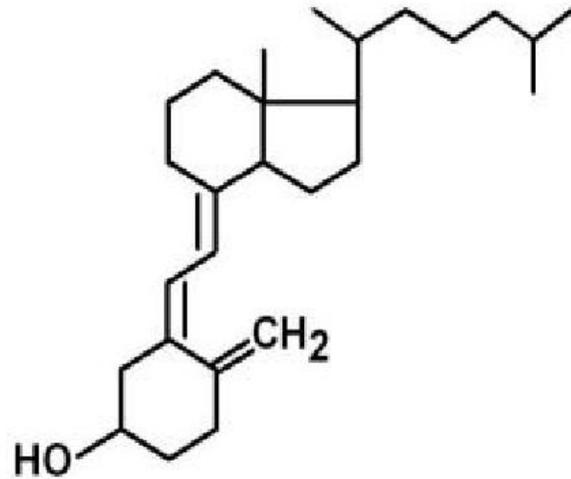
жир печени трески-----	<u>65-375</u>
жир печени палтуса-----	<u>25000</u>
печень барана-----	<u>200</u>
желток яйца-----	25-150
масло сливочное-----	2-125
мясо -----	1,2-12,5
молоко-----	0,2-4,5
листья петрушки-----	<u>100</u>
абрикосы-----	50-100
тыква-----	50
картофель-----	0,2-0,3
морковь-----	80-120
томаты-----	12-15

Суточная норма 1-2,5 мг

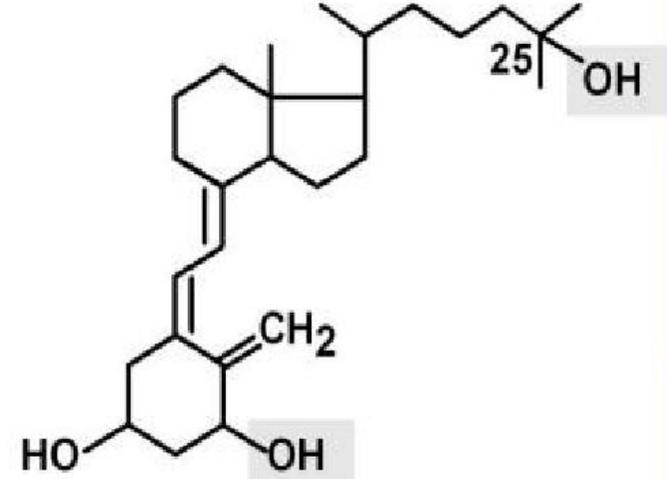
# ВИТАМИН D - кальциферол, антирахический



Эргокальциферол  
(витамин D2)



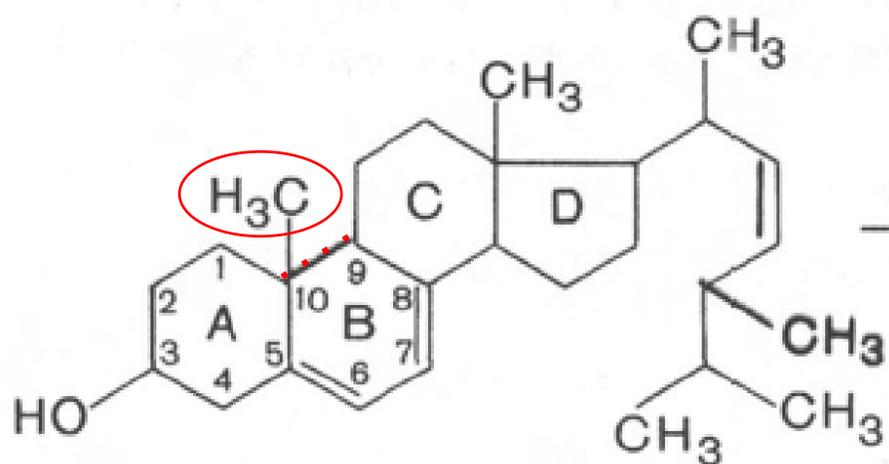
Холекальциферол  
(витамин D3)



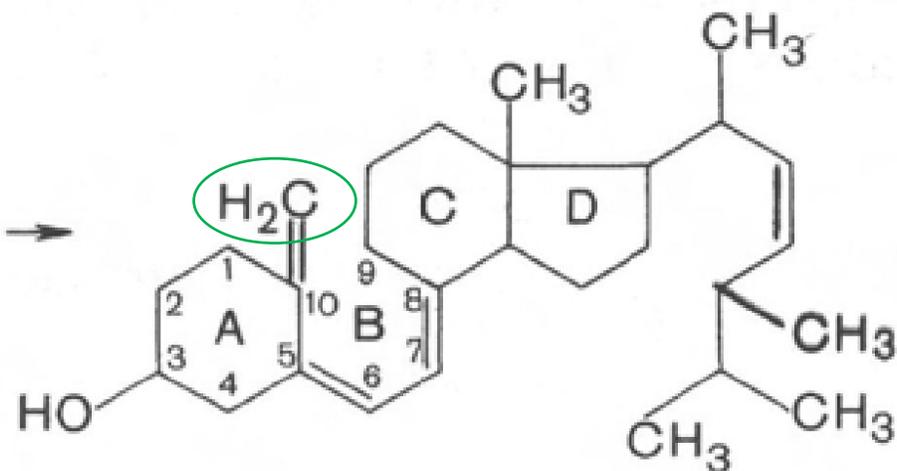
Кальцитриол

Строение двух форм витамина D и его активной формы

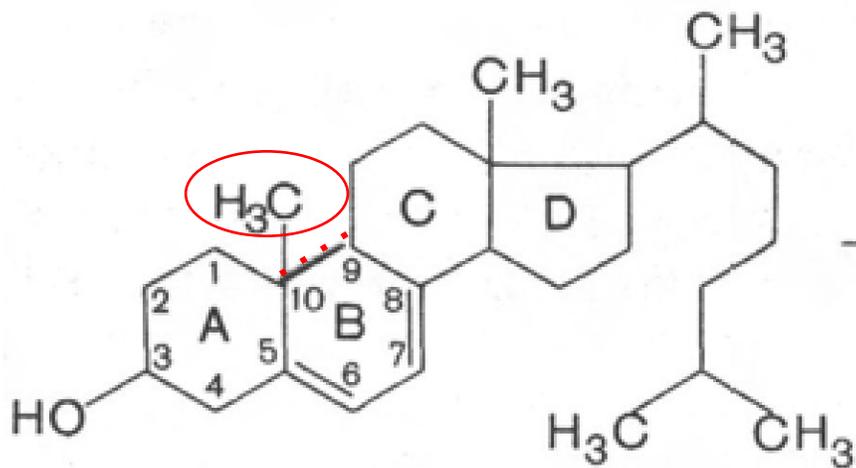
# Витамин D (группа кальциферолов, антирахитический)



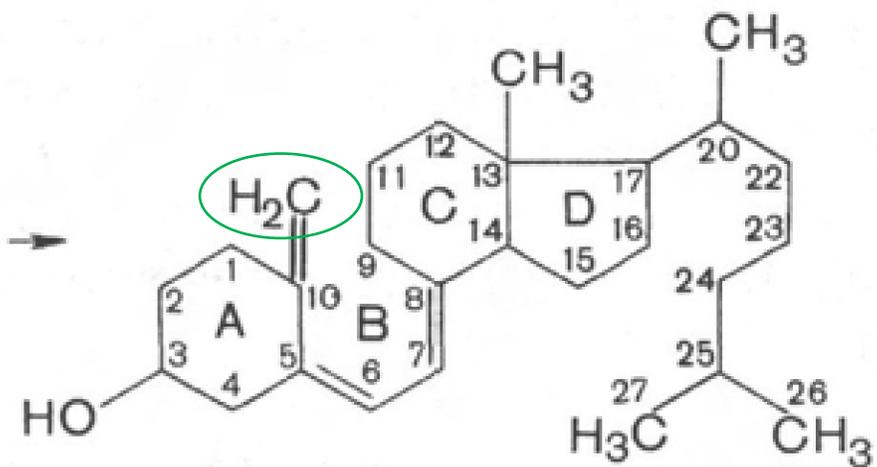
Эргостерин



Витамин D2 (эргокальциферол)

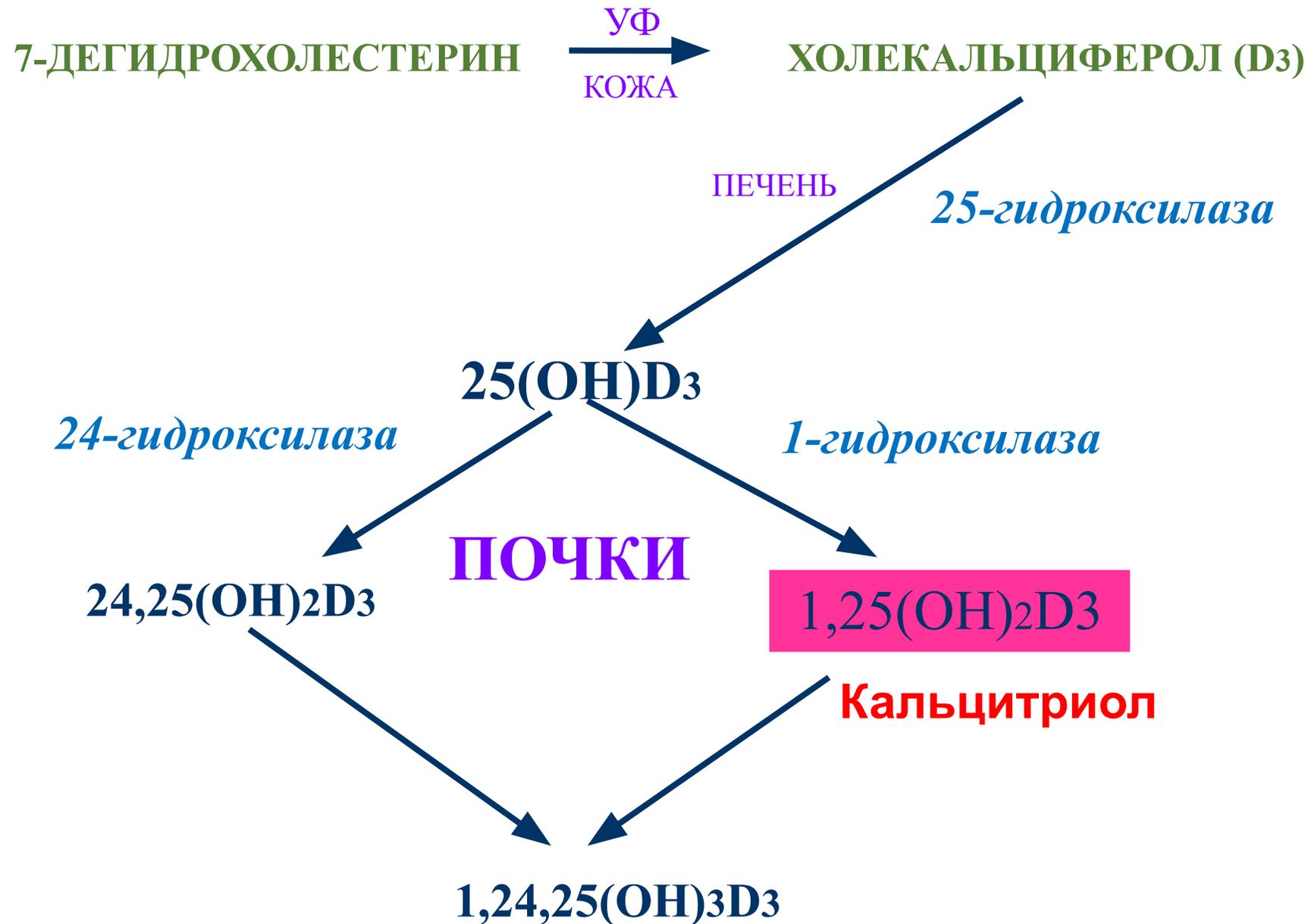


7-Дегидрохолестерин



Витамин D3 (холекальциферол)

# Образование активных метаболитов витамина D



## Биохимические функции витамина D3

- Усиление образования Са-связывающего белка
- Усиление всасывания органического фосфата
- Индукция синтеза щелочной фосфатазы, Са-зависимой АТФ-азы, цитратсинтетазы, обеспечивающих гомеостаз Са и Р
- Участник системы: паратгормон, тиреокальцитонин, кальцитриол

## ГИПОВИТАМИНОЗ:

- рахит у детей;
- остеомалация, остеопороз у взрослых (усиливается вымывание  $Ca^{2+}$  из организма)
- при беременности ( у ребенка поздно развиваются зубы, нарушается костеобразование, наблюдаются головные боли);

## ГИПЕРВИТАМИНОЗ:

- гиперкальциемия;
- избыточное отложение солей Са в тканях лёгких, почек, сердца, сосудов;
- остеопороз

## Витамин D (содержание в продуктах,мкг/г)

жир печени скумбрии-----	1500
жир печени карпа-----	250
жир печени камбалы-----	50-100
печень трески-----	1,5
яйцо куриное-----	0,013-0,05
молоко-----	0,001
белые грибы-----	0,088
Шампиньоны-----	0,02-0,063

### СУТОЧНАЯ НОРМА:

10-25 мкг – дети;

5 мкг – взрослые.

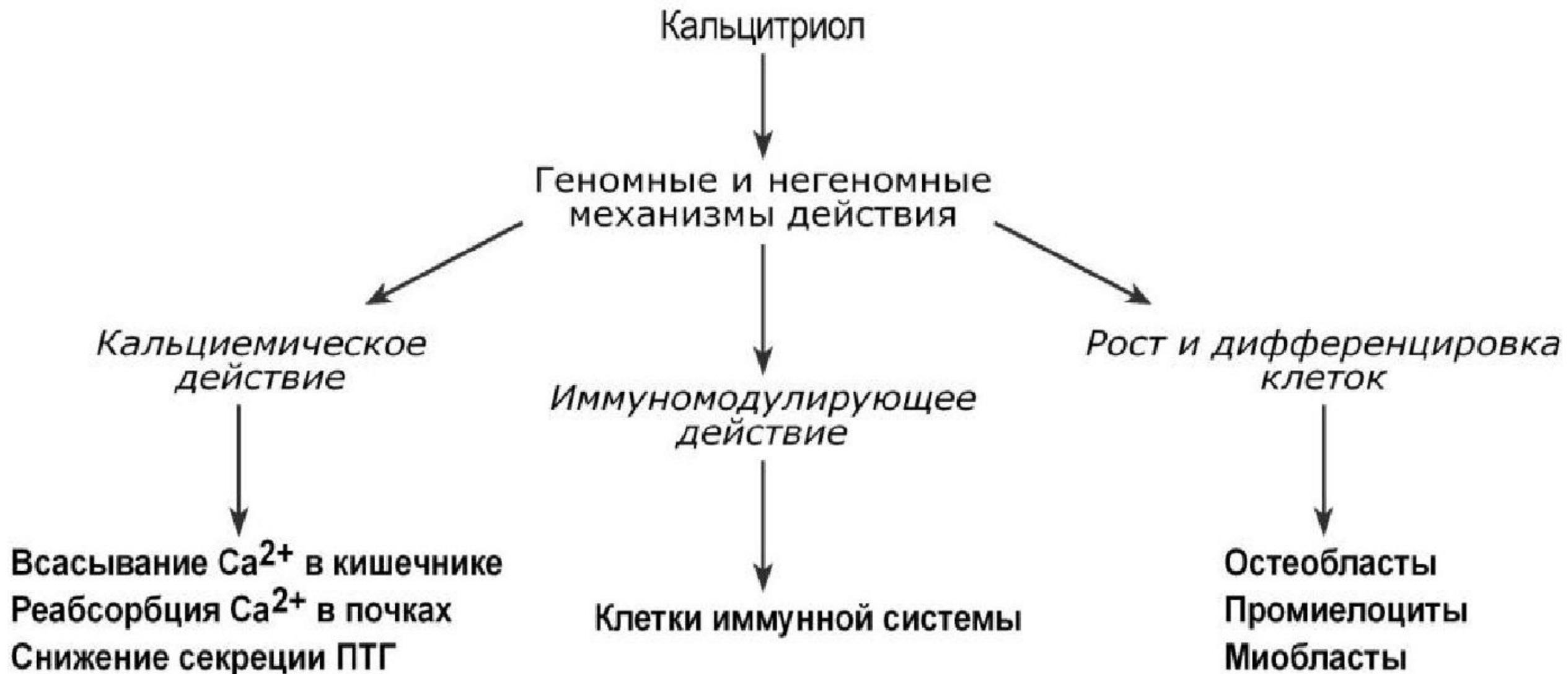
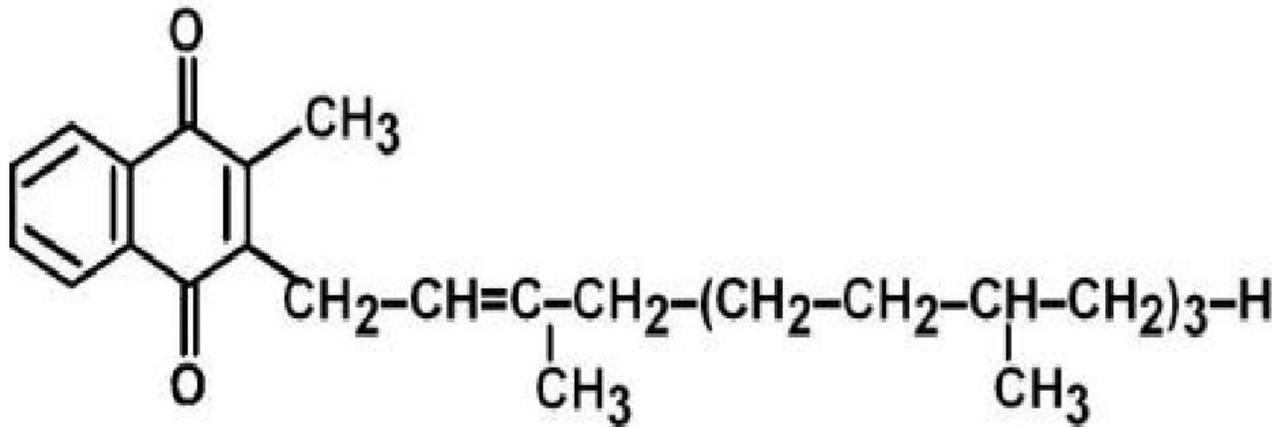


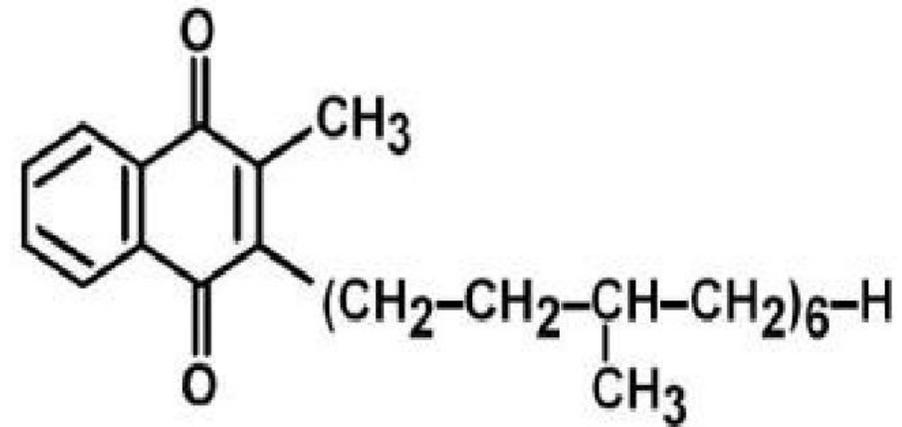
Схема эффектов кальцитриола

# ВИТАМИН К

(нафтохиноны,  
антигеморрагический)

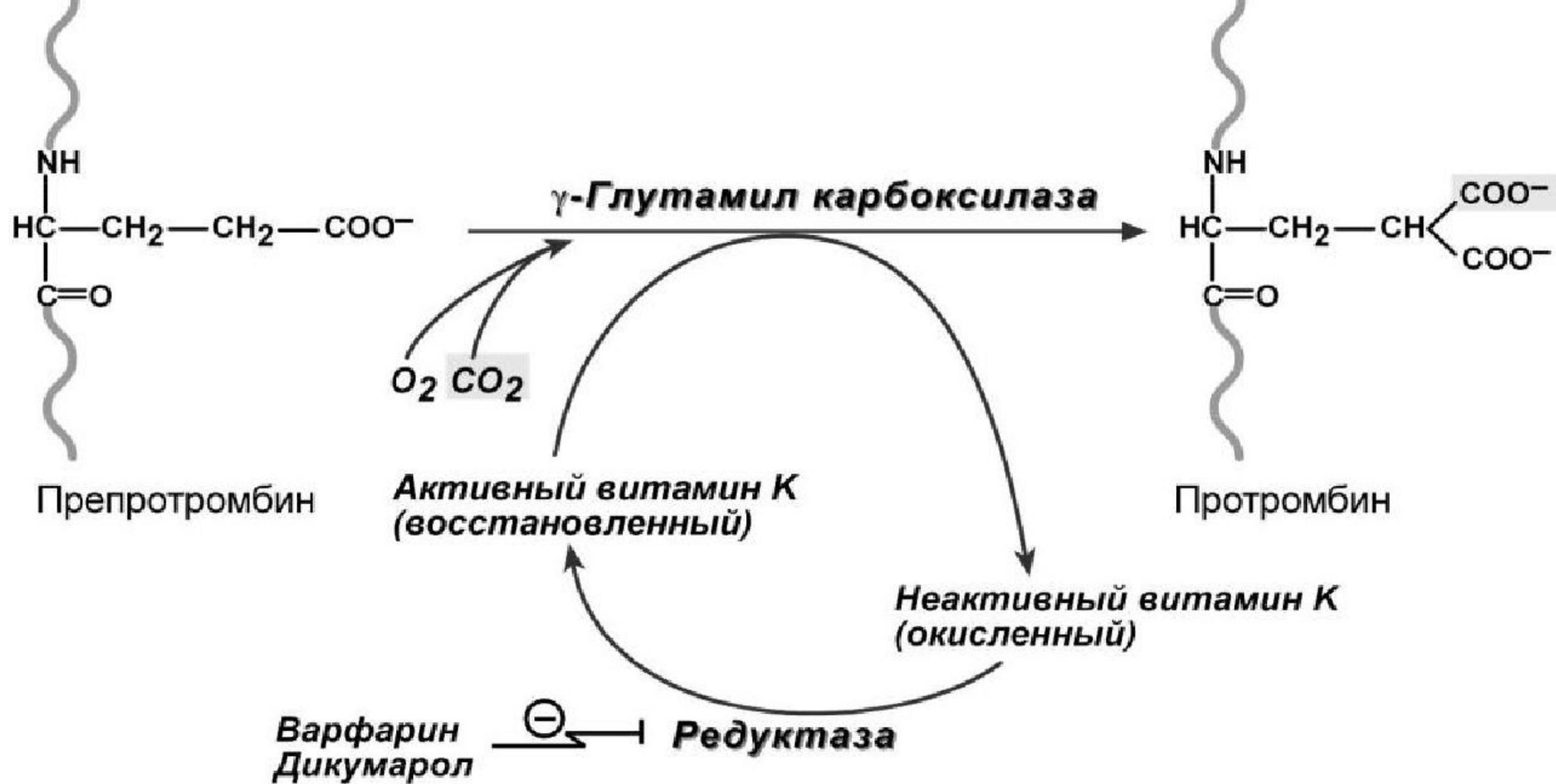


Филлохинон (витамин К1)



Менахинон (витамин К2)

Строение двух форм витамина К



Участие витамина К в реакциях  $\gamma$ -карбоксилирования при синтезе протромбина

## Витамин К(филлохинон, антигеморрагический)

ГИПОВИТАМИНОЗ (редко):

- снижается свертывающая способность крови;
- развивается кровоизлияния в слизистых;

АВИТАМИНОЗ-редко (вследствие поражения ЖКТ)

# Витамин К (содержание в продуктах, мкг/г)

листья каштана	800
шпинат	270-550
крапива	400
люцерна	200-400
томаты	100
картофель	20
овес	10

СУТОЧНАЯ НОРМА 1-2 мг

# ВИТАМИН E (токоферол, антистерильный)

- антиоксидантная функция
- Регуляция репродуктивной функции
- Защищает витамин A
- Защищает клеточные мембраны от перекисного окисления липидов
- Специфическая роль в обмене селена

## ГИПОВИТАМИНОЗ :

- бесплодие;
- нарушение развития беременности;
- нарушение синтеза половых гормонов;
- нарушение овогенеза/сперматогенеза;
- мышечная дистрофия;
- гемолитическая анемия

## Витамин Е (содержание в продуктах, мкг/г)

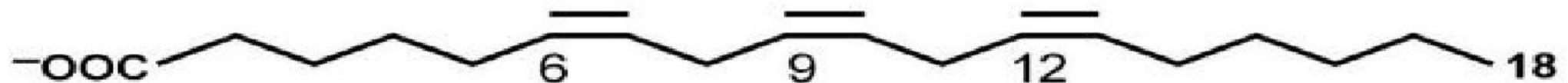
кукурузное масло	160
пшеничное масло	100
льняное масло	23
маргарин	5,7
сливочное масло	1,9
пшеница	1,11
картофель	0,05
рис	0,35
молоко	0,04-0,06
дрожжи	0,4

**СУТОЧНАЯ НОРМА 5-10 мг**

# Витамин F (омега-6 жирные кислоты)



Линолевая кислота, C18:2



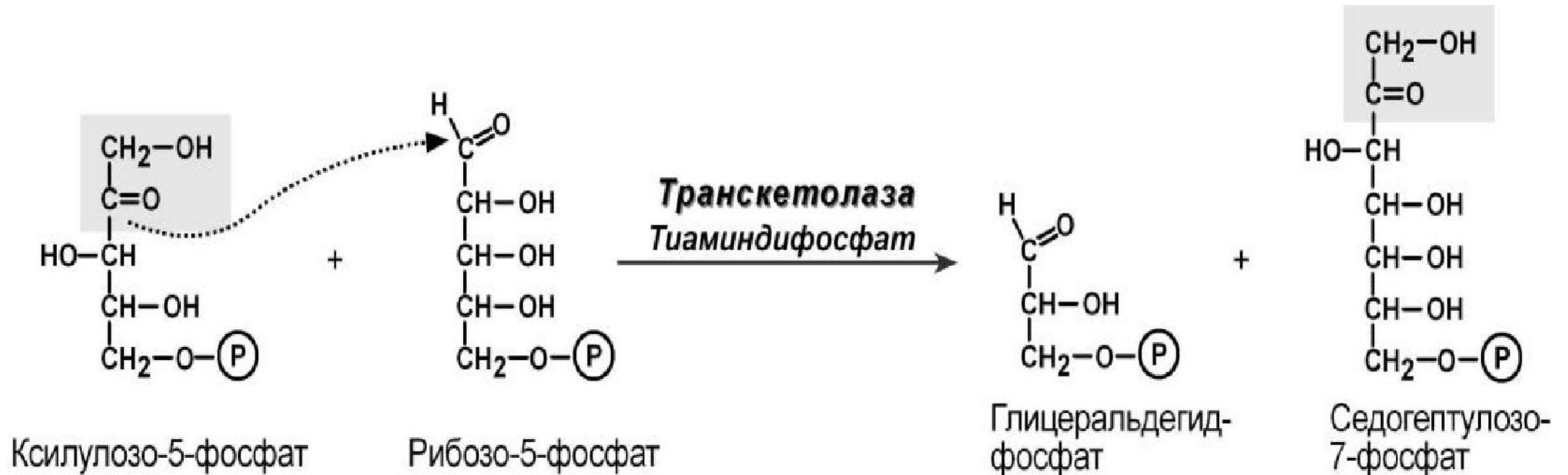
γ-Линоленовая кислота, C18:3



Арахидоновая кислота, C20:4

Строение жирных кислот группы витамина F

# Витамин В1 (тиамин, антиневритный)

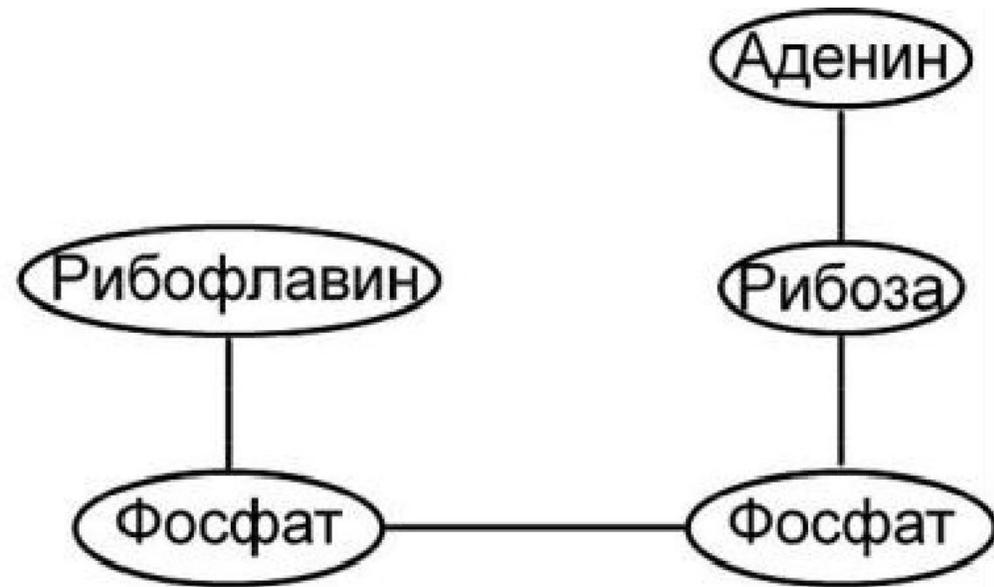


Пример реакции с участием тиаминдифосфата

# ВИТАМИН В<sub>2</sub> (рибофлавин, витамин роста)



Флавинмононуклеотид



Флавинадениндинуклеотид

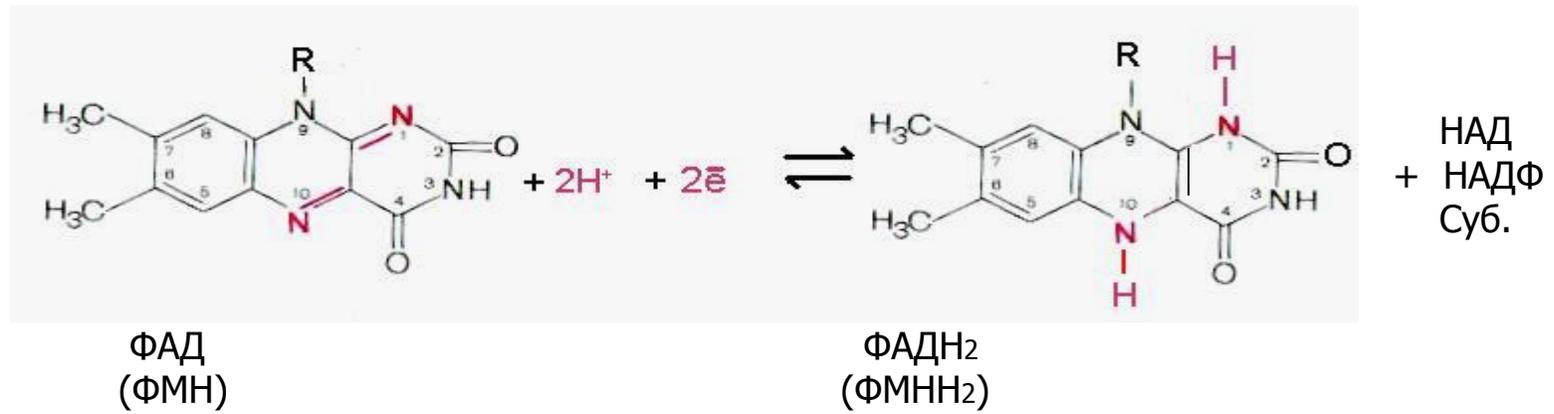
Упрощенное изображение строения ФМН и ФАД

• Участие витамина В2 в обмене веществ

1. Участие в биологическом окислении:

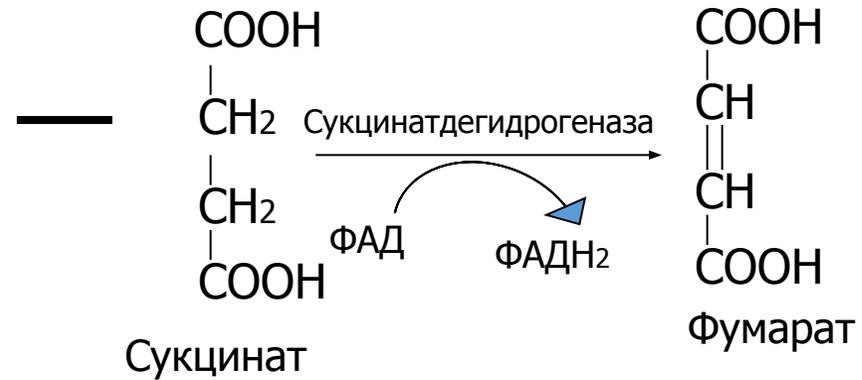
Субстрат-Н<sub>2</sub>

НАДН<sub>2</sub> +  
НАДФН<sub>2</sub>



Примеры:

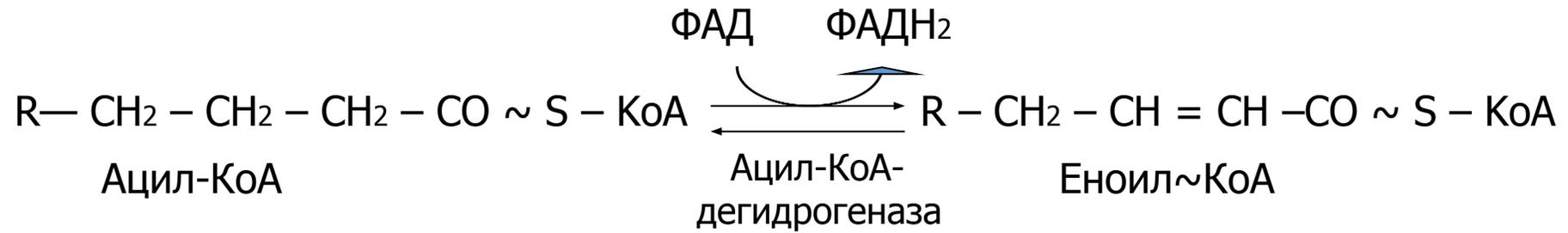
а) Углеводный обмен:



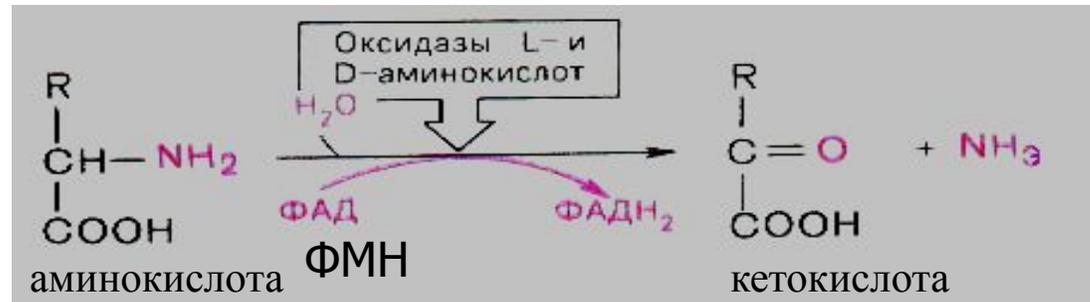
Окислительное декарбоксилирование пирувата и α-кетоглутарата

б) Липидный обмен:

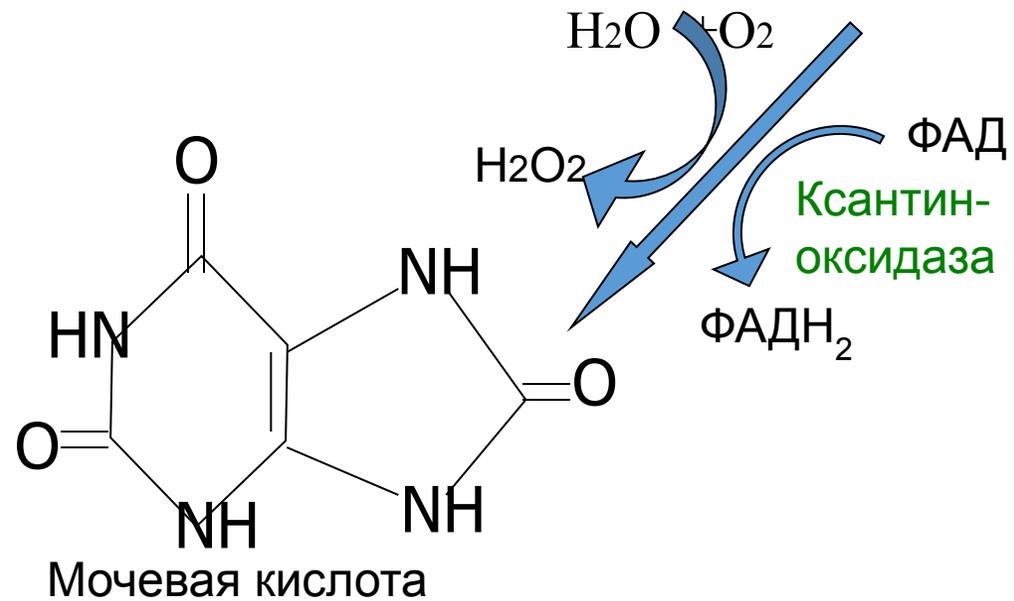
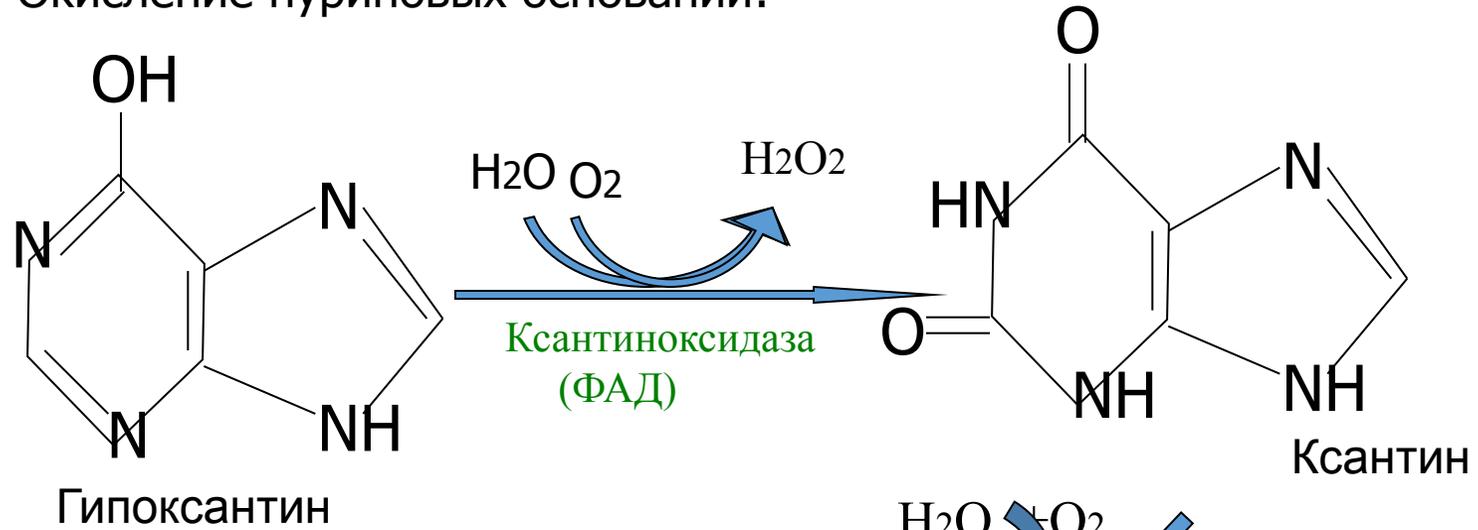
—  $\beta$  - окисление высших жирных кислот

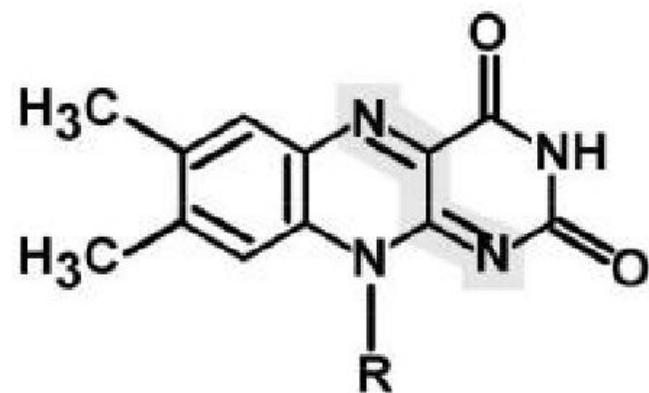


в) Белковый обмен:

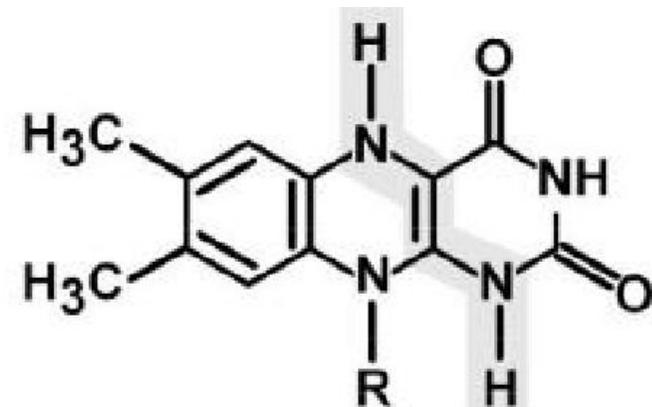
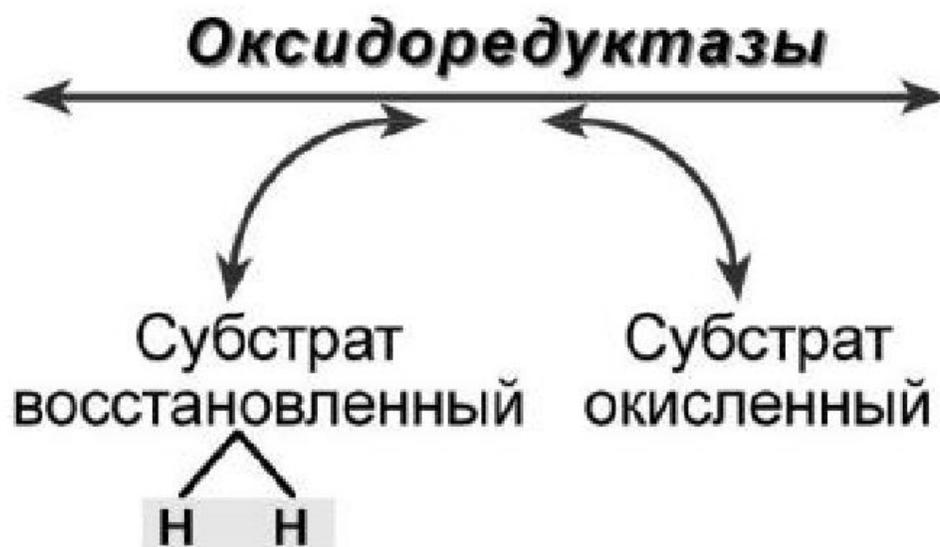


г) Окисление пуриновых оснований:





Окисленный  
ФАД или ФМН



Восстановленный  
ФАД или ФМН

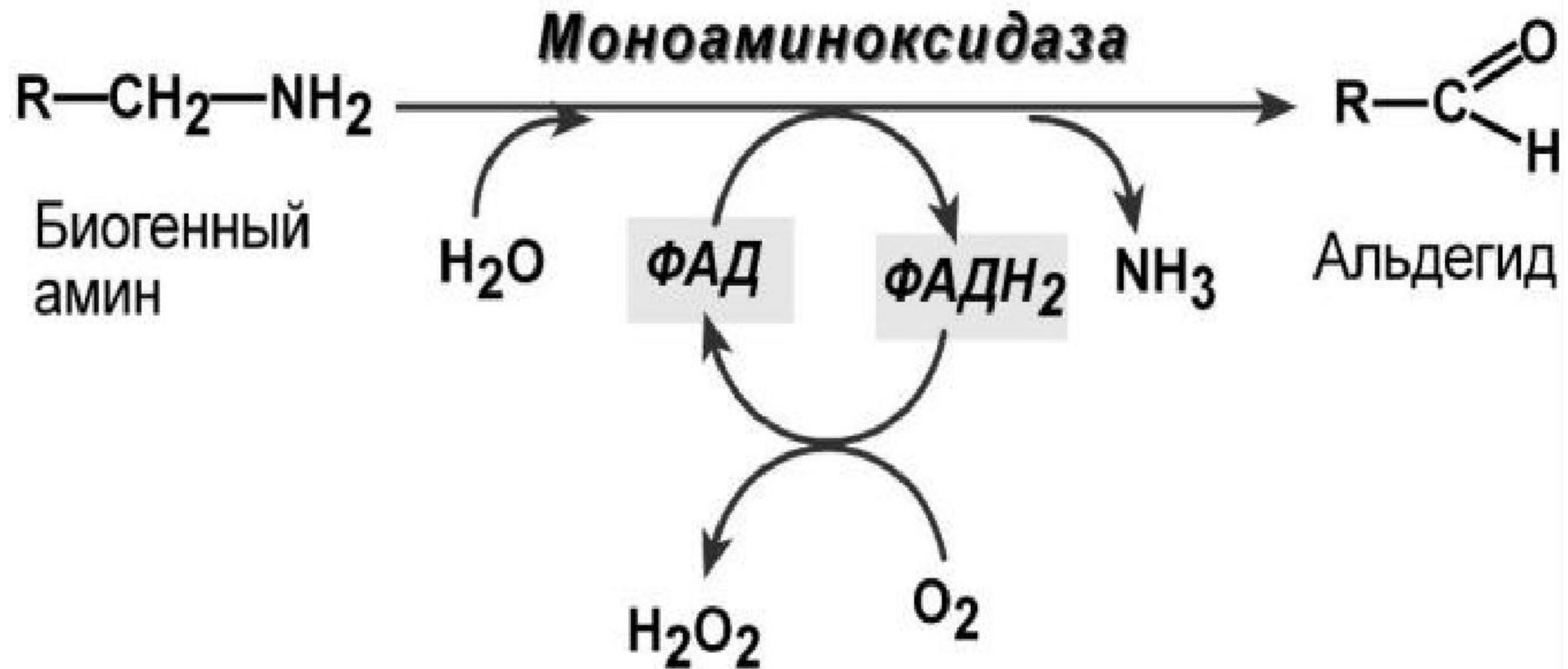
Механизм участия флавинового кофермента в биохимической реакции



Глицерол-3-фосфат

Диоксиацетон-фосфат

Пример реакции с участием ФАД-зависимой дегидрогеназы



Пример реакции с участием оксидазы

# Биологическое действие В2

- -окислительное декарбоксилирование  $\alpha$ -кетокислот, продуктов распада АК с разветвленной цепью;
- -распад биогенных аминов;
- -стимуляция фагоцитоза;
- -синтез эритропоэтина и гемоглобина;
- -нормализация зрения;
- -образование HCL в желудке; улучшение желчеотделения;
- нормализация уровня билирубина в крови;
- гепатотропная функция;
- антиоксидант;
- увеличение чувствительности клеток к инсулину.

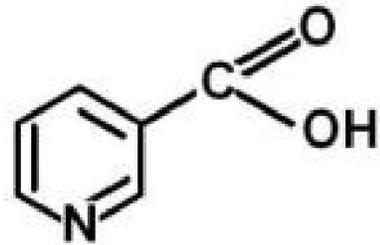
# Недостаточность витамина В<sub>2</sub>

*Впервые картина авитаминоза В<sub>2</sub> получена Н. И.Луниным (1880)*

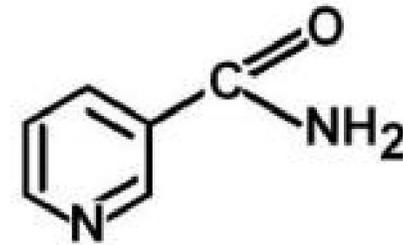
- нарушение роста организма
- возникновение кожных поражений (дерматиты, облысение, шелушение кожи, эрозии и т.д.).
- поражения глаз в виде васкуляризации роговой оболочки, кератитов, катаракты.
- развитие эррозий желудочно-кишечного тракта.

# Витамин РР

( никотиновая кислота,  
антипеллагрический)

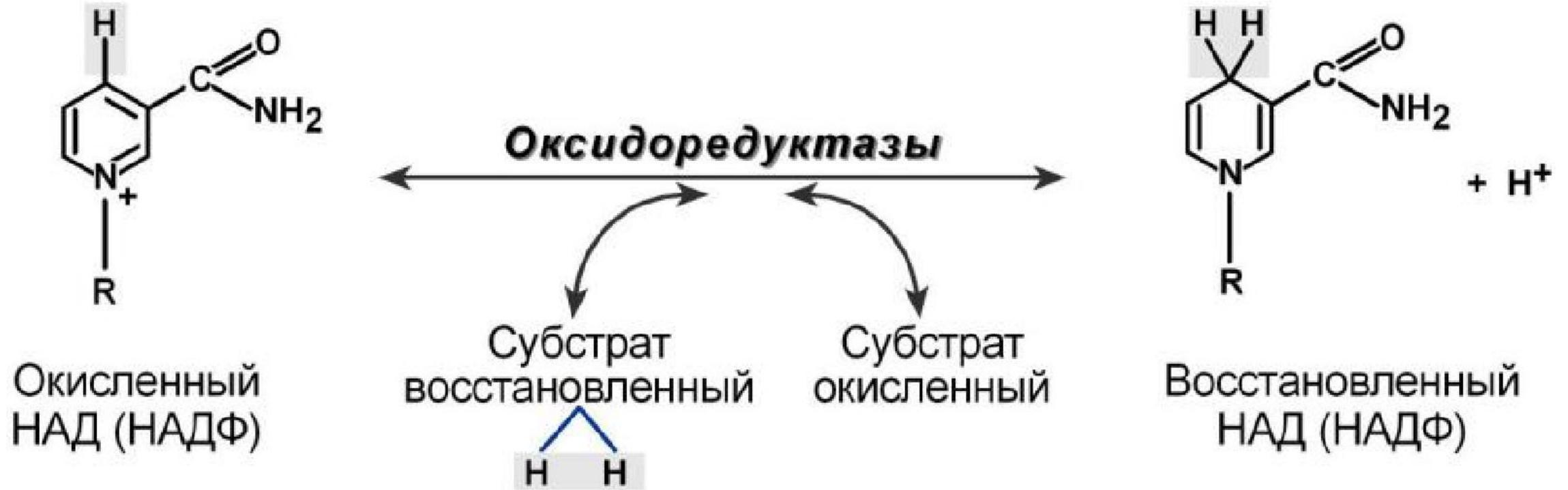


Никотиновая кислота



Никотинамид

Строение двух форм витамина РР



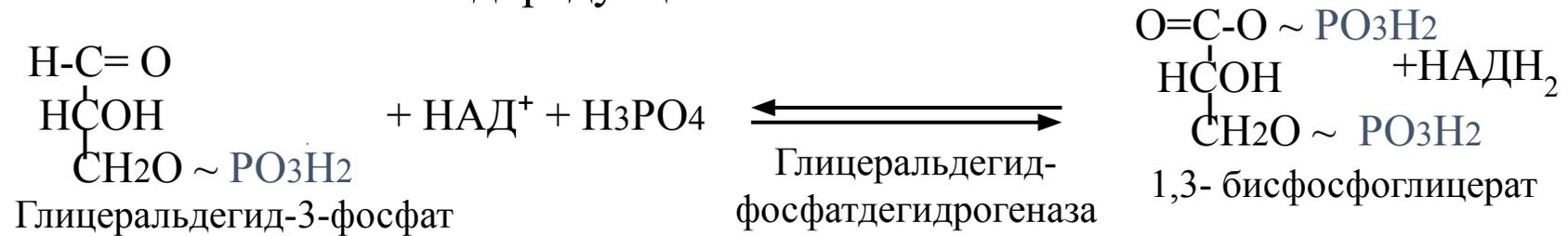
Механизм участия НАД и НАД<sup>H</sup> в биохимических реакциях

70 % всех коферментов НАД и НАДФ находятся в митохондриях и лишь 30 % в гиалоплазме.

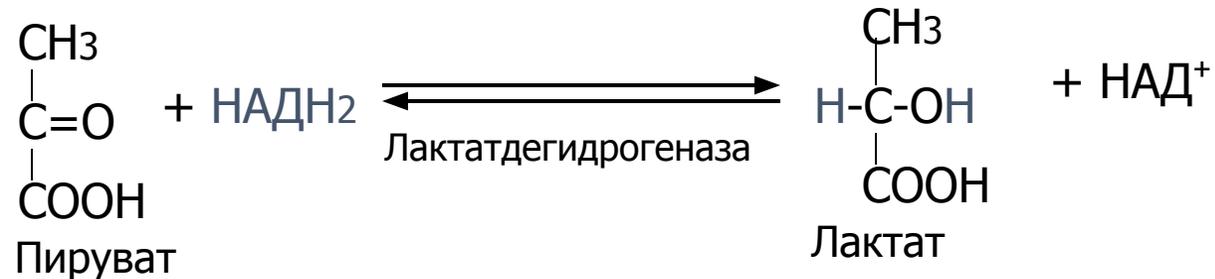
### Примеры:

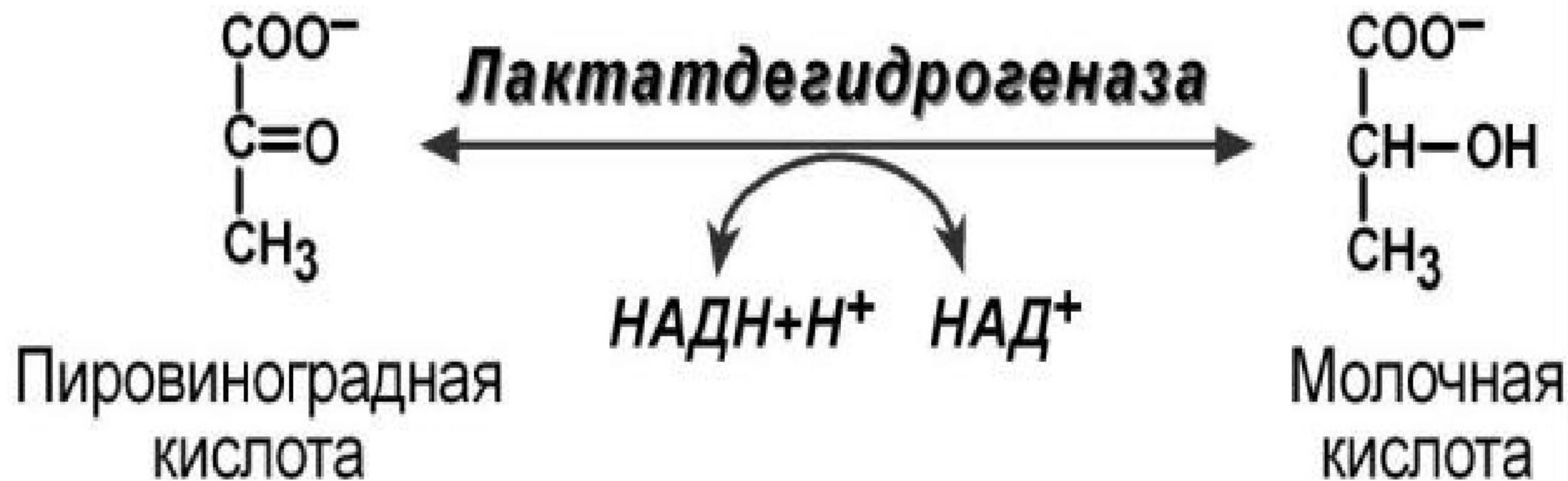
а) Углеводный обмен ( 2 реакции в гликолизе):

- гликолитическая оксидоредукция



- ЛДГ- реакция

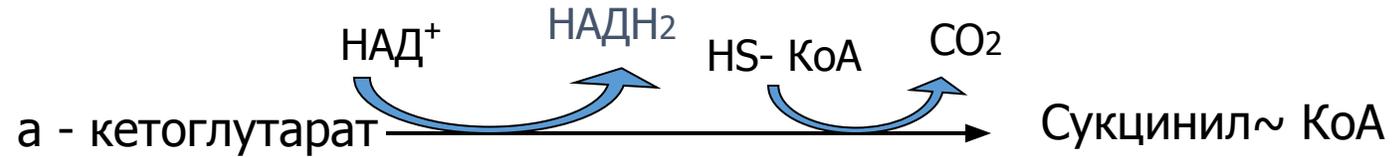




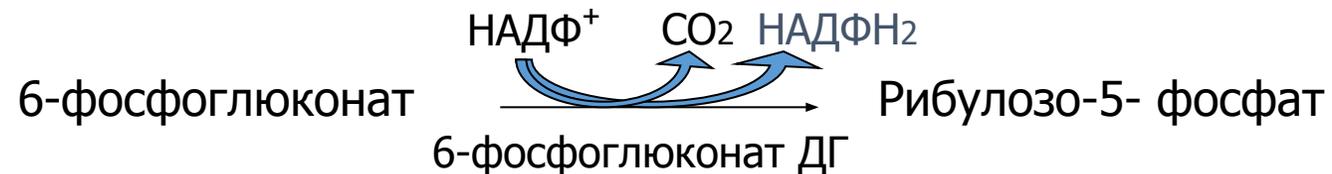
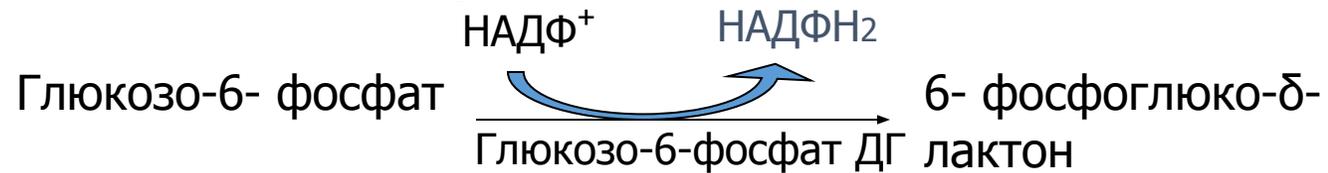
Пример реакции с участием НАД

-окислительное декарбоксилирование ПВК

- в цикле Кребса - 3 реакции:



- в пентозном цикле ( 2 реакции):



б) липидный обмен:

- β- окисление жирных кислот

- синтез холестерина

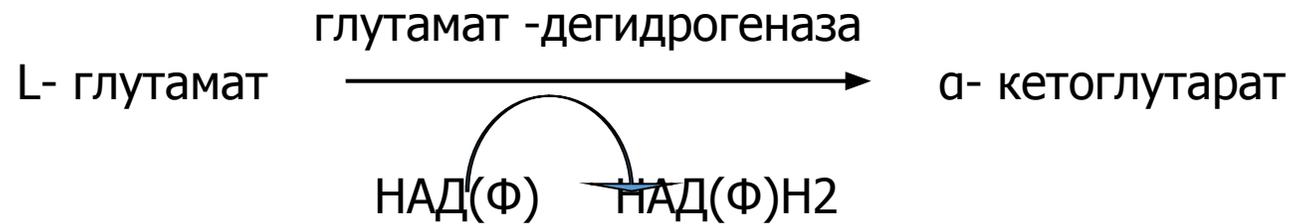
-синтез насыщенных жирных кислот (пальмитоолеиновой и олеиновой)

-синтез триглицеридов

-синтез кетоновых тел ( $\beta$ -оксибутират)

в) белковый обмен

- прямое окислительное дезаминирование глутаминовой кислоты



-обмен аминокислот (серосодержащие АК),

-окислительное декарбоксилирование  $\alpha$ -кетокислот, продуктов распада АК с разветвленной цепью.

г) синтез пиримидиновых нуклеотидов

д) распад билирубина

е) рибоза в дезоксирибозу (тиоредуктаза).

ж) алкогольдегидрогеназа, альдегиддегидрогеназа

# Недостаток витамина РР вызывает пеллагру

“Пеллагра” означает по-итальянски “шершавая кожа”. Испанский врач Касел впервые описал ее в 1735 г. и указал на важность в питании человека мяса, молока в предупреждении и лечении пеллагры.

Клиническая картина пеллагры включает следующие симптомы (3 Д): дерматит, диаррея, деменция.

Кроме того: вялость, апатия, слабость в ногах, быстрая утомляемость, головокружение, раздражительность, бессонница, сердцебиение, цианоз губ, щек, рта и кистей рук, бледность и сухость кожи, снижение аппетита, падение веса, понижение сопротивляемости организма к инфекциям и понижение трудоспособности.

## **Распространение никотиамида**

Из растительных продуктов - оболочка злаков :

в грече (4 мг %), пшене, ячневой (по 2 мг %) , овсяной и перловой крупах, а также в рисе (по 1,5 мг %) .

в бобовых: зеленый горошек, чечевица, фасоль, соя.

в арахисе (10-16 мг %),

в шпинате, томате, капусте, брюкве, баклажанах (0,5-0,7 мг %).

В картофеле ( 1-0,9 мг %), а в вареном 0.5 мг %.

В красной свекле - 1.6 мг %,

в свежих грибах - 6 мг %, в сушеных до 60 мг %.

Из животных продуктов: мясо (5-8 мг %), печень (15 мг %), почки (12-15 мг %), сердце (6-8 мг %), рыба (3 мг %).

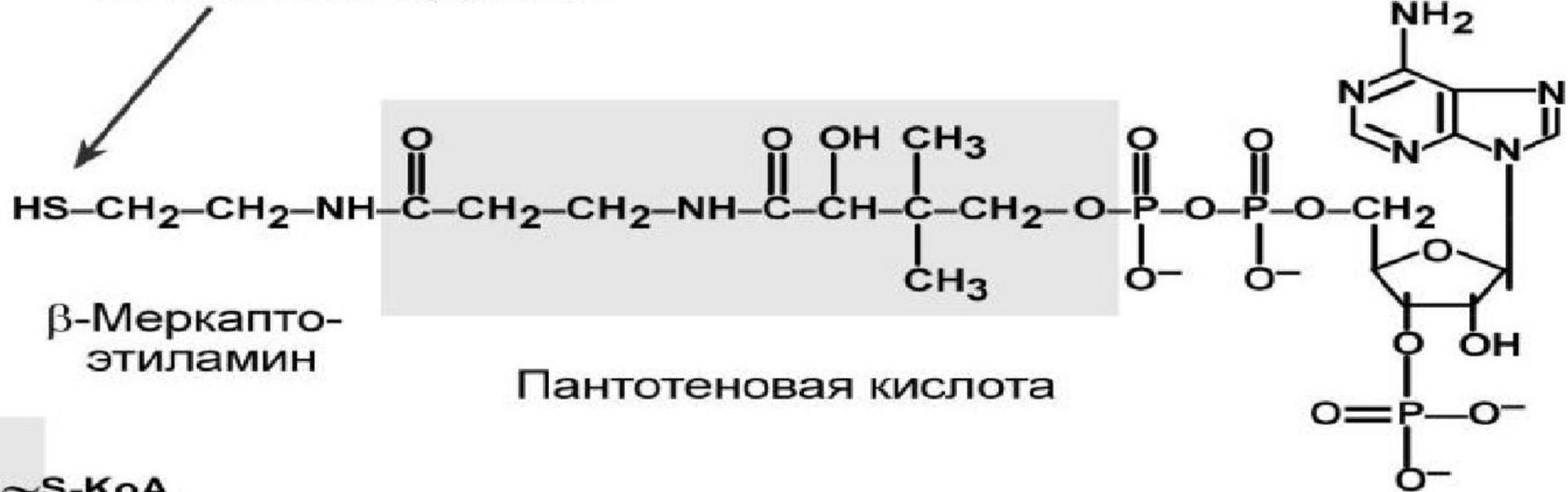
В животных организмах витамин PP может синтезироваться из триптофана (слабо).

**Частично – потребность за счет синтеза из триптофана!!!**

**Суточная потребность витамина PP составляет 15-25 мг.**

# Витамин В5 (пантотеновая кислота)

Место присоединения ацильной группы



$\beta$ -Меркапто-этиламин

Пантотеновая кислота

Фосфоаденозин-дифосфат



Ацетил-S-CoA

Строение кофермента А

Обмен липидов: Активация ВЖК      ЖК + HS КоА + АТФ → Ацил~ КоА

Синтез ЖК (и HS КоА и 4-фосфопантотеин)

Синтез нейтральных липидов и фосфолипидов

Синтез холестерина

Синтез кетоновых тел.

Синтез витамина D<sub>3</sub>

Синтез желчных кислот

Синтез гема

Синтез стероидных гормонов

Синтез ацетилхолина

Синтез ацетилглюкозаминов

Детоксикация ксенобиотиков в печени



# Недостаточность витамина В<sub>5</sub>

(в значительных количествах синтезируется микрофлорой кишечника)

## **Гиповитаминозы развиваются при поражениях ЖКТ:**

Дерматиты, поражения слизистых, дистрофические изменения.

Поражения нервной системы (невриты, параличи).

Изменения в сердце и почках.

Депигментация волос.

Прекращение роста.

Потеря аппетита и истощение.

**Распространение**( pantos- повсюду):

Печень, яичный желток, дрожжи,  
зеленые части растений

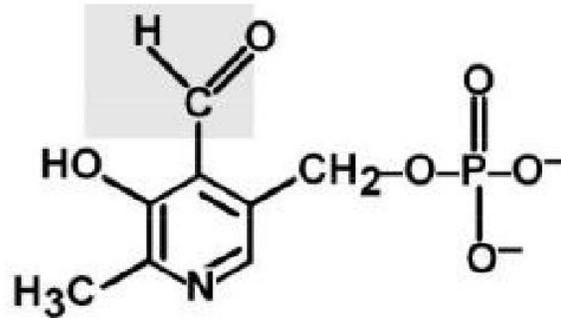
**Суточная потребность витамина В3 составляет 10-15 мг**

# Витамин В<sub>6</sub>

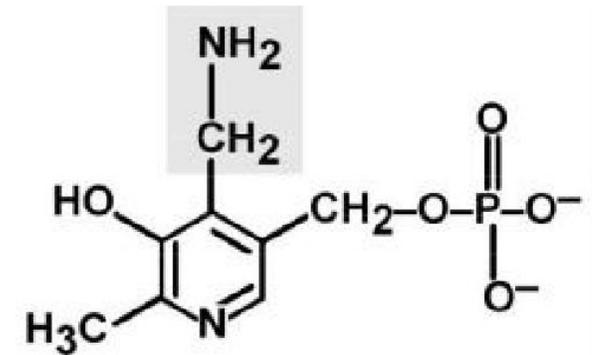
(пиридоксин, антидерматитный)



Пиридоксин



Пиридоксальфосфат



Пиридоксаминфосфат

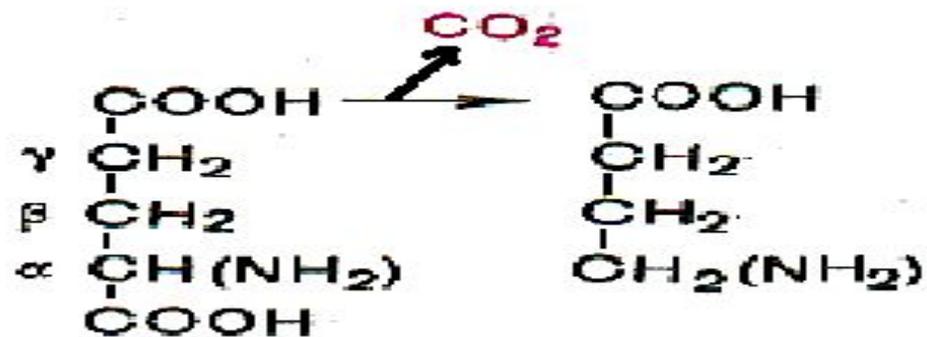
Строение пиридоксина и его коферментных форм



## 2. Декарбоксилирование α-аминокислот - синтез биогенных аминов:

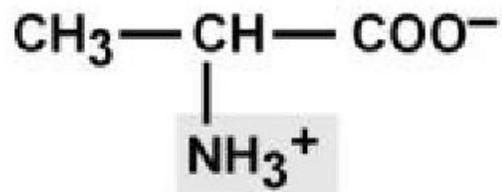


Глутаматдекарбоксилаза

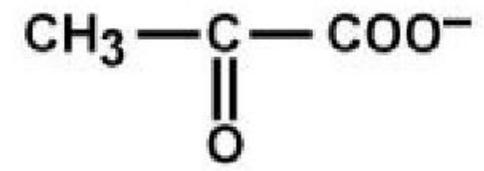


Глутаминовая к-та

ГАМК



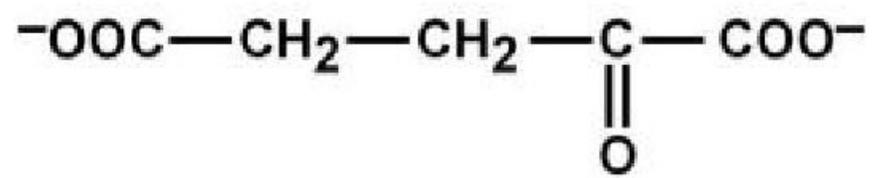
Аланин



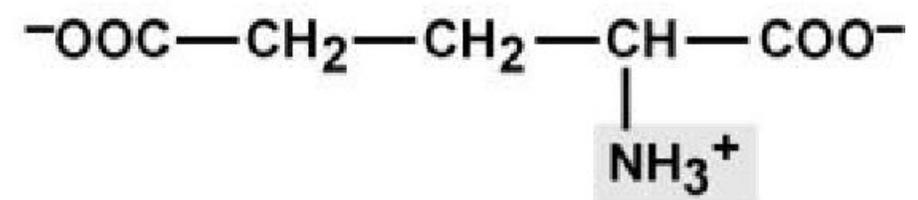
Пировиноградная  
кислота

**Аланинамино-  
трансфераза**

*Пиридоксальфосфат*



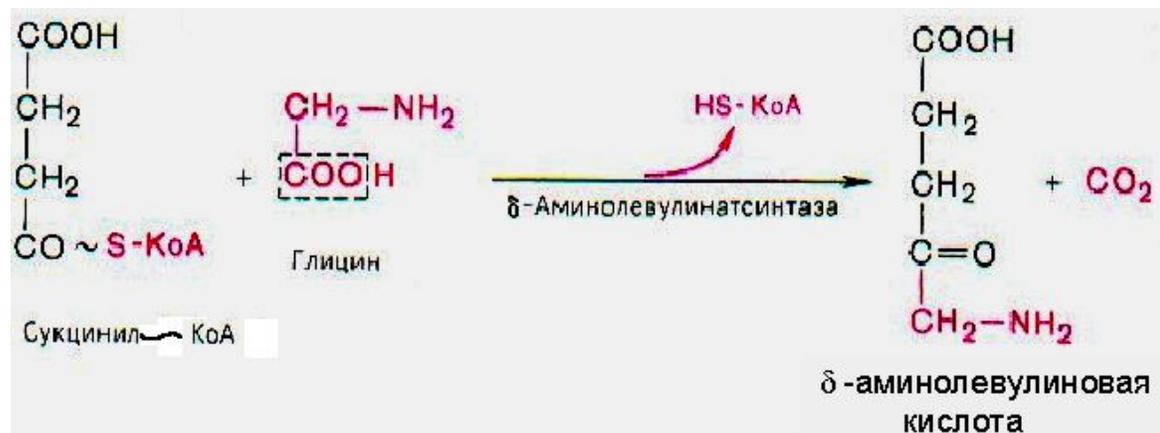
$\alpha$ -Кетоглутаровая кислота



Глутаминовая кислота

Пример реакции с участием пиридоксальфосфата

### 3. Синтез гема - кофактор $\delta$ -Аминолевулинатсинтазы



4. Пиридоксальфосфат участвует в синтезе витамина РР из триптофана.

6. Гниение АК в кишечнике (триптофан→индол)

7. Непрямое дезаминирование серина, треонина, десульфирование цистеина

8. **Пиридоксальфосфат входит в состав гликоген- фосфорилазы.**

9. **ПФЦ- кофермент глюкозо-6-фосфатдегидрогеназы**

10. *Синтез арахидоновой кислоты*

11. *Синтез сфингозина из серина*

12. Утилизация меди и железа

13. Удлинение времени свертывания и ингибирование агрегации тромбоцитов (связывание с фибриногеном).

# Недостаточность витамина В<sub>6</sub>

Дерматиты, поражения слизистых, глоссит

Периферический неврит

Гомоцистинурия

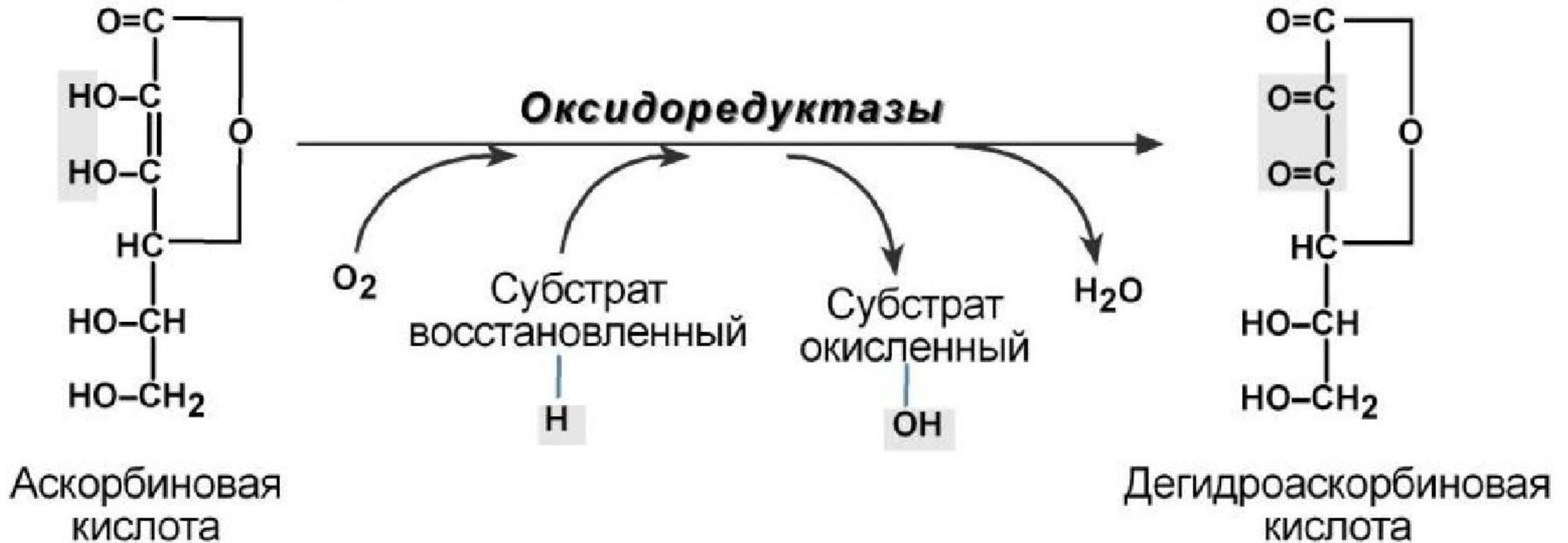
Нарушения обмена триптофана

Судороги

Гипохромная анемия (нарушение утилизации железа)

Изониазид – антагонист В<sub>6</sub>.

# Витамин С (аскорбиновая кислота)



Механизм участия витамина С в биохимических реакциях

# Участие витамина С в метаболизме

Аскорбиновая кислота – сильнейший антиоксидант для защиты клеток от активных форм  $O_2$ . Она в качестве сильного восстановителя принимает участие во многих реакциях.

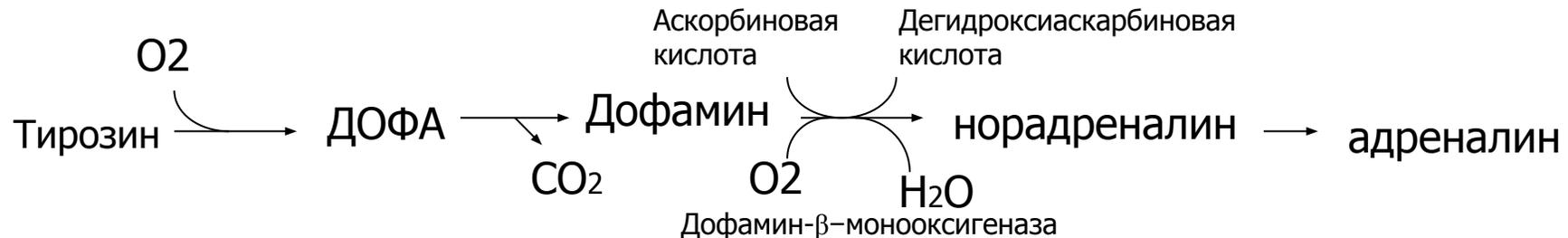
1. Участвует в процессах биологического окисления и восстановления (транспорт электронов)

2. Реакции гидроксилирования - «созревание» белков соединительной ткани (коллагена)

Гидроксилирование остатков пролина и лизина в молекуле проколлагена катализируется проколлаген – гидроксилазами, имеющими в активном центре атомы  $Fe^{++}$ . В качестве кофермента используется аскорбат (витамин С)

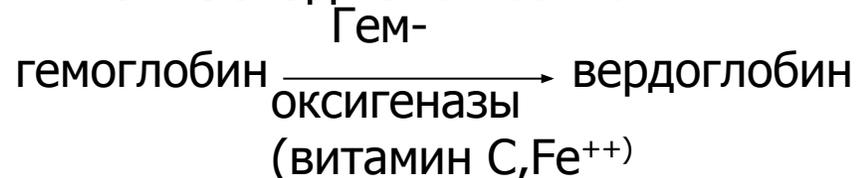
3. Синтез кортикостероидов, половых гормонов, гормонов щитовидной железы.

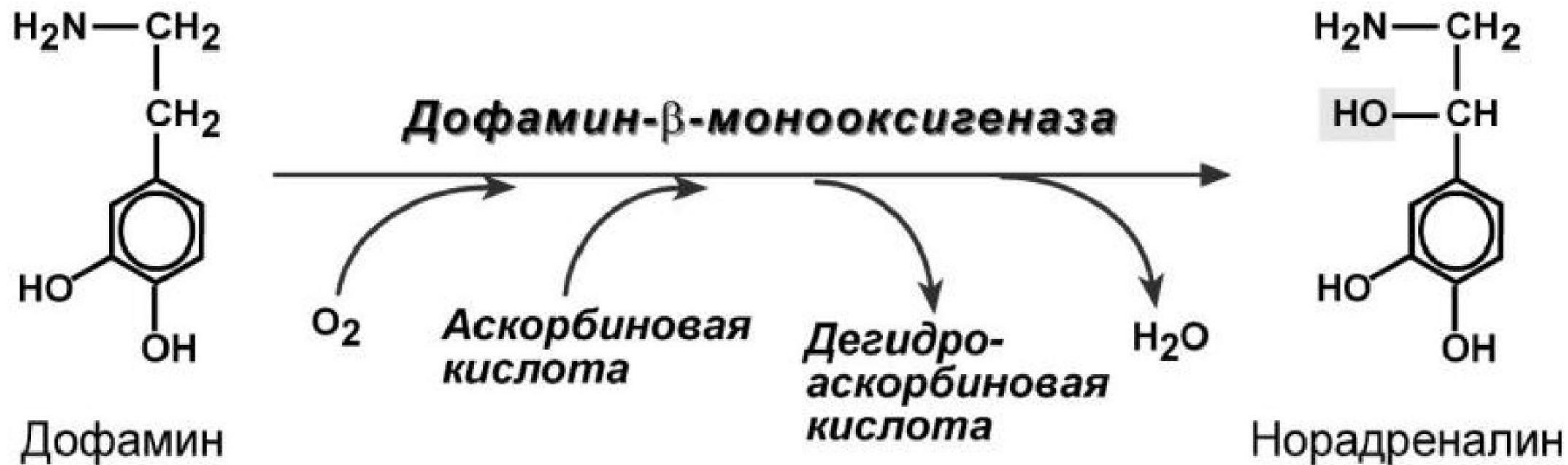
4. Биосинтез катехоламинов:



5. Восстановление фолиевой кислоты в ТГФК.

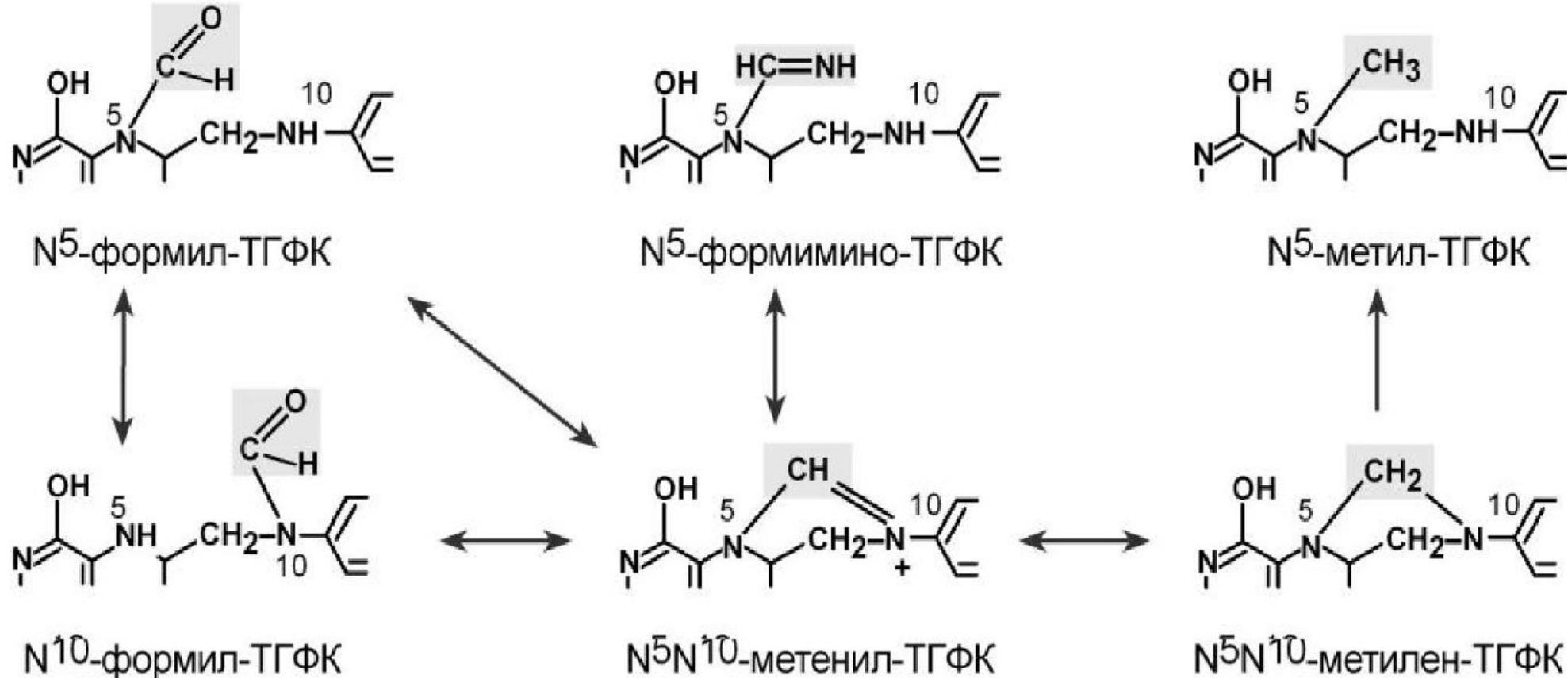
6. Распад гемоглобина.





Пример реакции с участием аскорбиновой кислоты

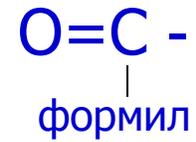
# Витамин В<sub>6</sub> ( В<sub>с</sub>, фолиевая кислота)



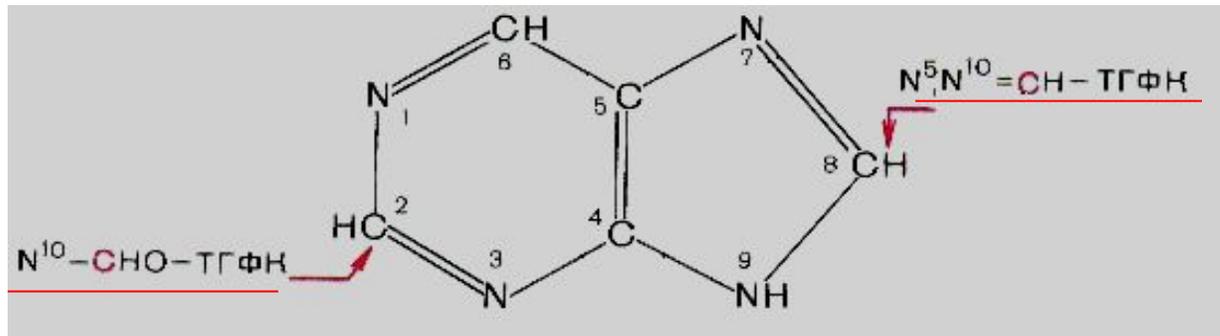
Строение и взаимопревращение активных форм тетрагидрофолиевой кислоты

## Участие в метаболизме

1. Перенос радикалов:

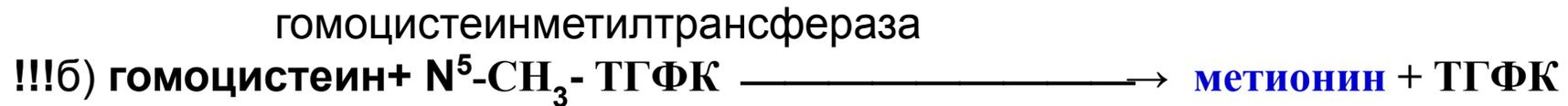
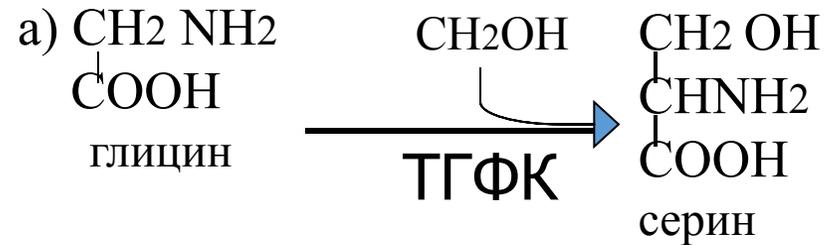


2. Синтез пуринов на стадии присоединения углеродов:





4. Синтез аминокислот:



5. Синтез креатина из гуанидинацетата

# Витамин В<sub>12</sub> - цианкобаламин (антианемический витамин)

1849 г. Аддисон впервые описал особую форму анемии

1868 г. она была подробно исследована Бирмером, поэтому и получила название анемия Аддисон-Бирмера

В 1926 г., успешно применили для ее лечения сырую печень

Прошло еще 20 лет прежде чем удалось выделить в чистом виде особый фактор. Его назвали витамином В<sub>12</sub>

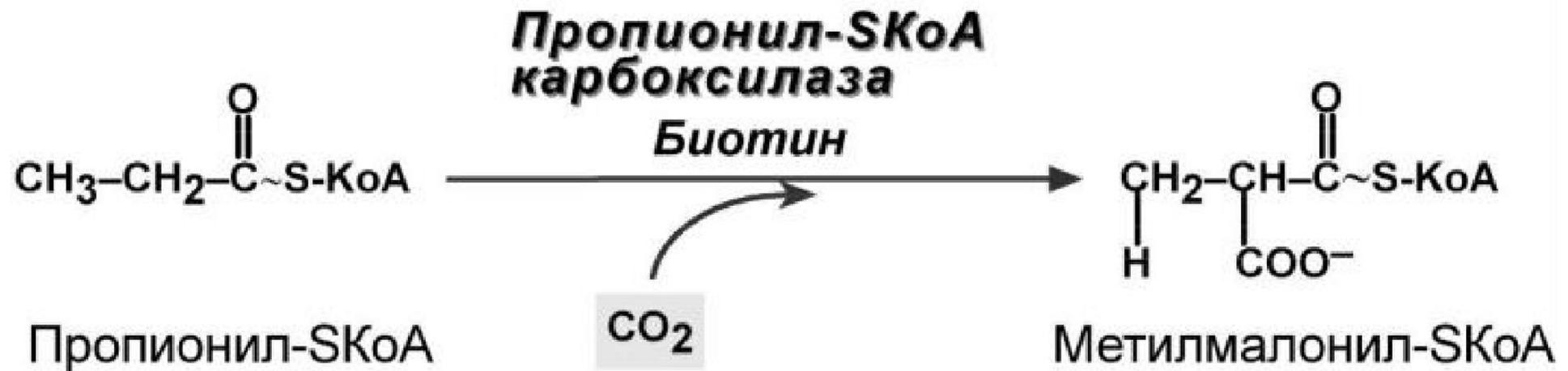
1955 г. – Ходжкин расшифровала структуру В12 методом рентгенографической кристаллографии. Получена Нобелевская премия.

# Витамин В<sub>12</sub> (антианемический)



Пример реакции изомеризации с участием витамина В<sub>12</sub>

# Витамин Н (биотин, антисеборейный)



Пример участия витамина Н в биохимических реакциях

- Карбоксибиотинэнзим играет роль переносчика  $\text{COO}^-$  групп в реакциях карбоксилирования при участии АТФ;  
 -транскарбоксилирования без АТФ,
- Участие биотина в обмене веществ

1. Глюконеогенез: А) синтез оксалоацетата



Б) образование фосфоенолпирувата



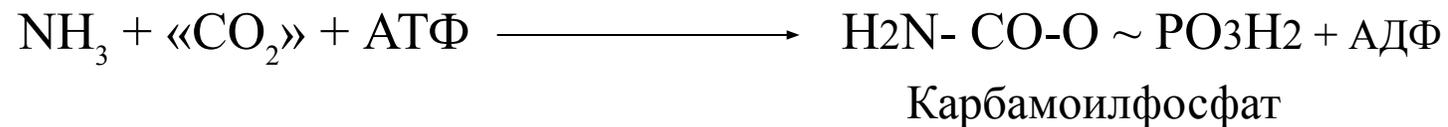
## 2. Липидный обмен- синтез жирных кислот ( в составе синтетазы жирных кислот)



Окисление жирных кислот с нечетным С:

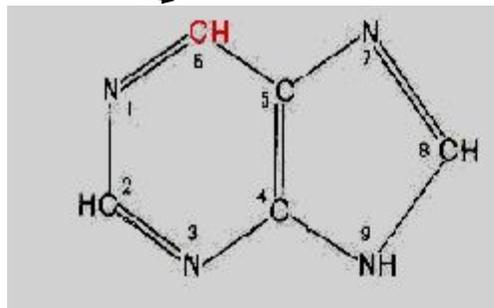


## 3. Белковый обмен- биосинтез мочевины

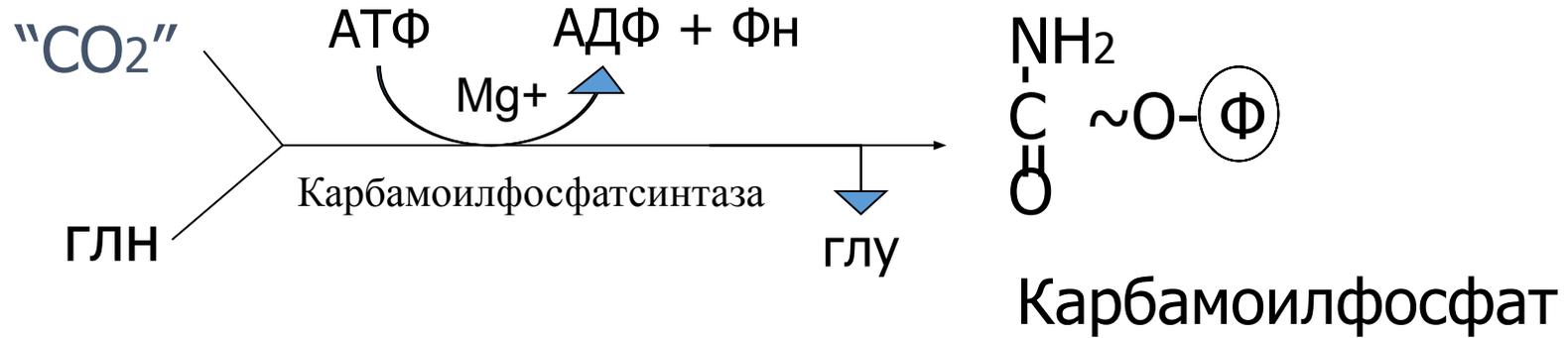


## 4. Биосинтез пуриновых нуклеотидов

„CO<sub>2</sub>“



## 5. Биосинтез пиримидиновых нуклеотидов



## 6. Синтез аскорбиновой кислоты.

# Недостаточность витамина Н

Изучена недостаточно, т.к. витамин синтезируется микрофлорой кишечника. Проявляется при употреблении сырого яичного белка в больших количествах, при приеме сульфаниламидов и антибиотиков.

Проявления: дерматиты  
↑ секреция сальных желез  
выпадение волос  
поражения ногтей  
боли в мышцах  
усталость  
сонливость  
депрессия  
анемия

## Распространение:

Потребность в биотине у человека покрывается в основном за счет биосинтеза его кишечными бактериями, небольшая часть поступает с пищей.

Наиболее высокий уровень витамина в печени акулы и в яичниках насекомых. Богаты им свиная и говяжья печень, почки и сердце быка, яичный желток, горох, соя, рисовые отруби, пшеничная мука и цветная капуста.

Альбумин яичного белка – **авидин** связывает биотин, образуя нерастворимый комплекс, невсасывающийся в кишечнике.

Суточная потребность: 150-300 мкг.