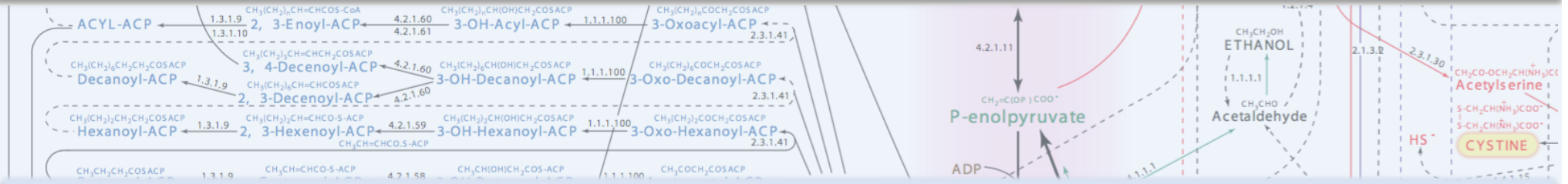


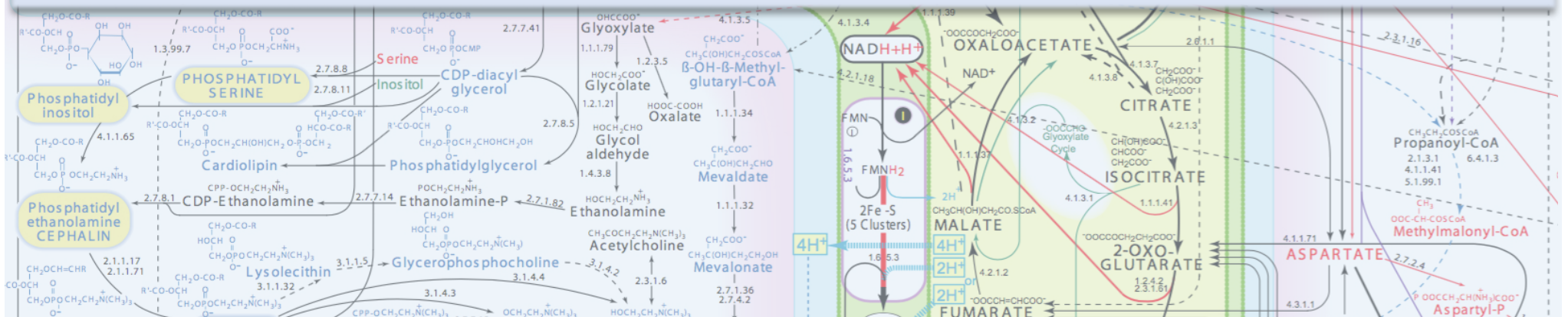
МЕДИЦИНСКАЯ БИОХИМИЯ

Курс лекций кафедры фундаментальной медицины и биологии ВолгГМУ для направления подготовки: 06.03.01 «Биология», профиль Биохимия (уровень бакалавриата)



ЛЕКЦИЯ №4:

«Биохимия питания. Витамины»



Витамины

Витамины - низкомолекулярные органические соединения различной химической природы и различного строения, синтезируемые главным образом растениями, частично - микроорганизмами.

В настоящее время известно около двух десятков витаминов, которые обеспечивают нормальный рост организма и нормальное протекание физиологических и биохимических процессов. **Для человека витамины - незаменимые пищевые факторы.**

Многие из них входят в состав **коферментов** (В₁, В₂, РР и другие); некоторые витамины выполняют специализированные функции (витамины А, D, Е, К).

Витамины

Основные причины гиповитаминозов

- Недостаток витаминов в пище;
- Нарушение всасывания в ЖКТ;
- Врождённые дефекты ферментов, участвующих в превращениях витаминов;
- Действие структурных аналогов витаминов (антивитамины).

Классификация витаминов

Водорастворимые витамины

Витамин В ₁	Тиамин
Витамин В ₂	Рибофлавин
Витамин В ₃ (витамин РР)	Никотиновая кислота
Витамин В ₅	Пантотеновая кислота
Витамин В ₆	Пиридоксин
Витамин В ₉	Фолиевая кислота
Витамин В ₁₂	Кобаламин

Классификация витаминов

Водорастворимые витамины

Витамин С

Аскорбиновая кислота

Витамин Н

Биотин

Витамин Р

Биофлавоноиды

Классификация витаминов

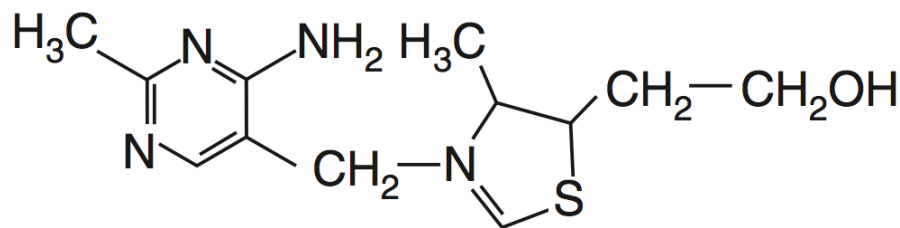
Жирорастворимые витамины

- Витамин **К**
- Витамин **Е**
- Витамин **Д**
- Витамин **А**



Водорастворимые витамины

Витамин В₁ (тиамин): биологическая роль



Предшественник кофермента **тиаминдифосфата (ТДФ)**.

ТДФ входит в состав ферментов:

- **пируват дегидрогеназы** (метаболизм углеводов);
- **α-кетоглутарат дегидрогеназы** (цикл Кребса);
- **транскетолазы** (пентозофосфатный путь распада глюкозы).

Водорастворимые витамины

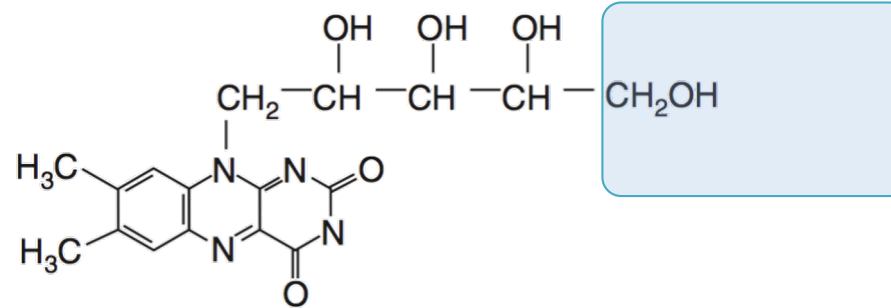
Витамин В₁ (тиамин): симптомы гиповитаминоза

Периферический полиневрит (болезнь бери-бери)	<ul style="list-style-type: none">• потеря кожной чувствительности;• паралич конечностей;
Нарушения ЦНС	<ul style="list-style-type: none">• энцефалопатия Вернике;• Корсаковский (алкогольный) психоз;
Нарушение сердечной деятельности	<ul style="list-style-type: none">• периферические отёки;• нарушения ритма сердца;
Нарушения ЖКТ	<ul style="list-style-type: none">• потеря аппетита;• атония кишечника;• снижение кислотности желудочного сока.

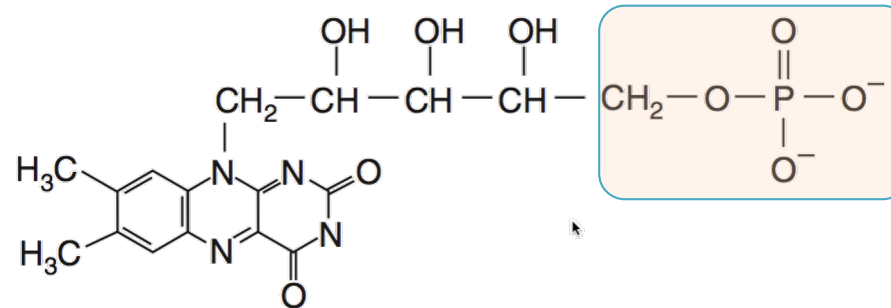
Водорастворимые витамины

Витамин В₂ (рибофлафин): биологическая роль

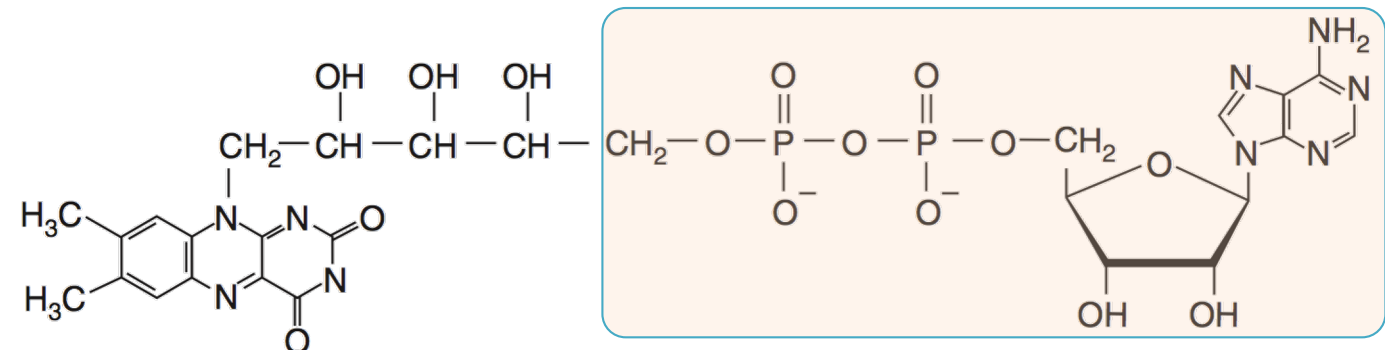
Рибофлавин



ФМН (FMN)



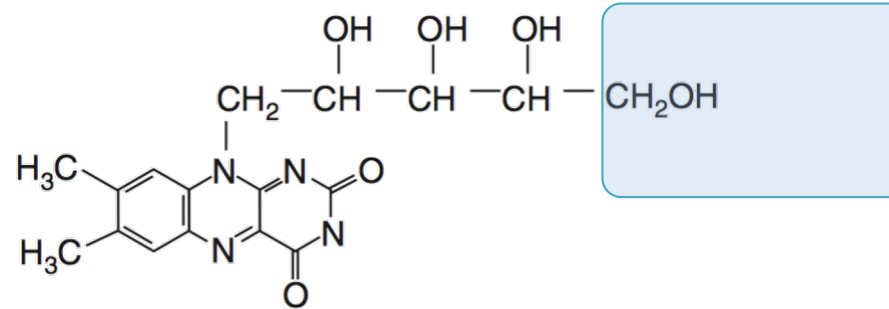
ФАД (FAD)



Водорастворимые витамины

Витамин В₂ (рибофлафин): биологическая роль

Рибофлавин



ФМН (FMN)

Флавин_Моно_Нуклеотид

ФАД (FAD)

Флавин_Аденин_Динуклеотид

коферменты
в окислительно-
восстановительных
реакциях при участии
флавиновых оксидаз

Водорастворимые витамины

Витамин В₂ (рибофлафин): симптомы гиповитаминоза

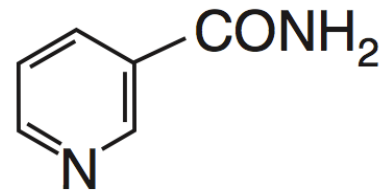
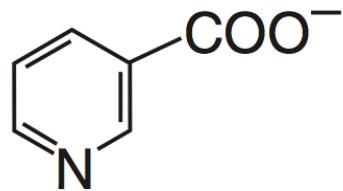
Дефицит витамина встречается редко.

Основные клинические проявления:

- воспалительные процессы на слизистой оболочке ротовой полости;
- длительно незаживающие трещины в углах рта;
- дерматит носогубной складки;
- конъюнктивиты;
- общая мышечная слабость.

Водорастворимые витамины

Витамин В₃ (никотиновая кислота и никотинамид): биологическая роль

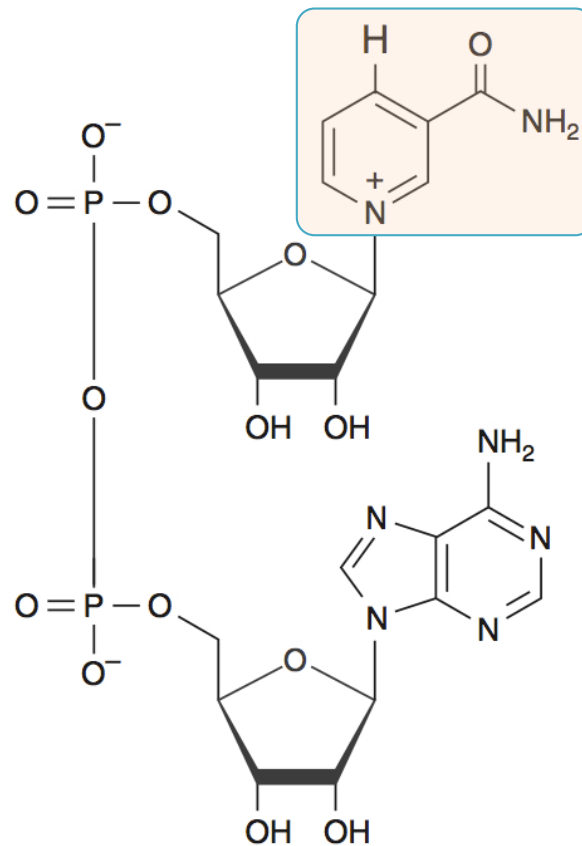


Витамин является предшественником коферментов дегидрогеназ:

- **NAD⁺ (НАД⁺)** – Никотинамид_Аденин_Динуклеотид;
- **NADP⁺ (НАДФ⁺)** – Никотинамид_Аденин_Динуклеотид_Фосфат;

Водорастворимые витамины

Витамин В₃ (никотиновая кислота и никотинамид): биологическая роль



NAD⁺

Водорастворимые витамины

Витамин В₃ (никотиновая кислота и никотинамид): СИМПТОМЫ ГИПОВИТАМИНОЗА

Пеллагра

дерматит (симметричного на участках кожи, доступных действию солнечных лучей)

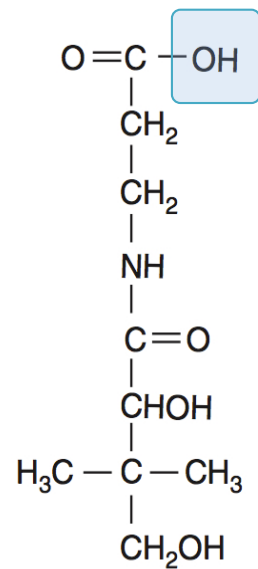
диарея и другие расстройства ЖКТ

деменция (нарушения памяти)

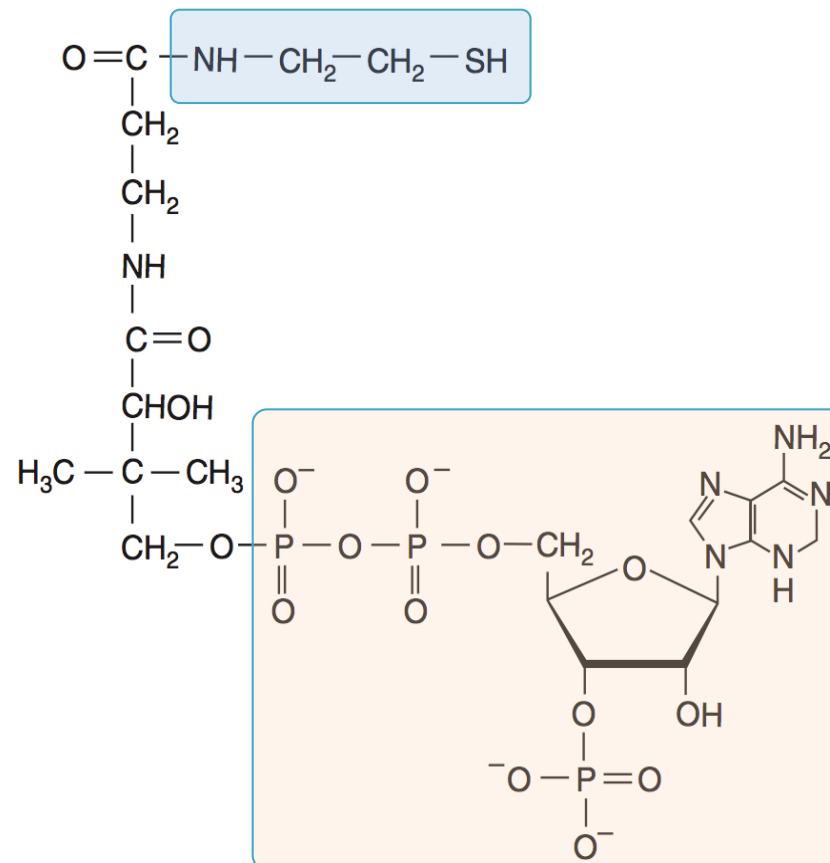
Водорастворимые витамины

Витамин В₅ (пантотеновая кислота): биологическая роль

Пантотеновая кислота



Коэнзим А (CoA-SH)



Водорастворимые витамины

Витамин В₅ (пантотеновая кислота): биологическая роль

Коэнзим А

Перенос ацильных радикалов в реакциях:

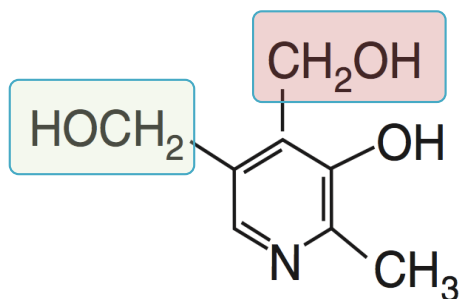
- общего пути катаболизма;
- синтезе жирных кислот;
- синтезе холестерина;
- синтезе кетоновых тел;
- обезвреживание ксенобиотиков в печени.

4-фосфопантотеин

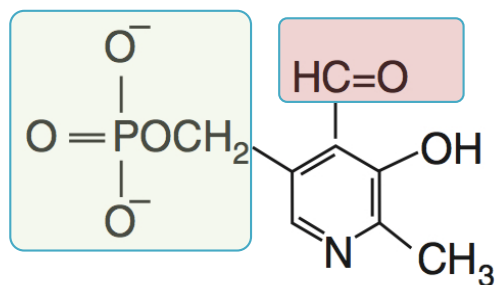
**Кофермент пальмитоилсинтазы
(синтез жирных кислот)**

Водорастворимые витамины

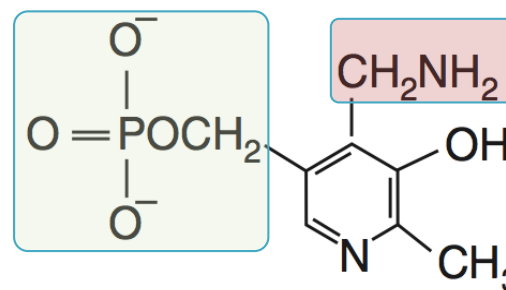
Витамин В₆ (пиридоксин): биологическая роль



Витамин В₆ – предшественник коферментов: **пиридоксальфосфата** и **пиридоксаминфосфата**, ключевых для обмена аминокислот (участвуют в реакциях трансаминирования и декарбоксилирования).



пиридоксальфосфат

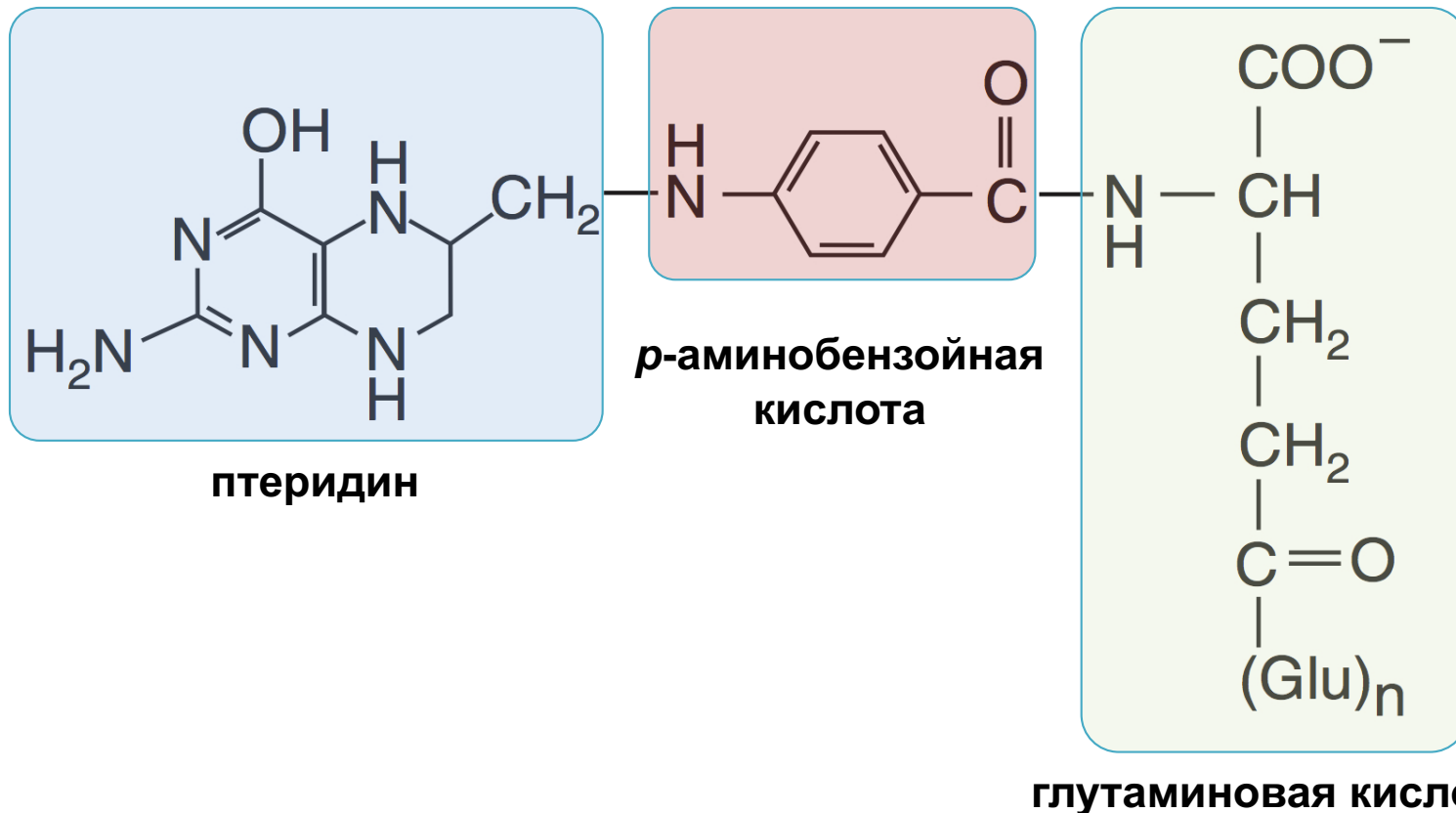


пиридоксаминфосфата

Водорастворимые витамины

Витамин B₉ (фолиевая кислота): биологическая роль

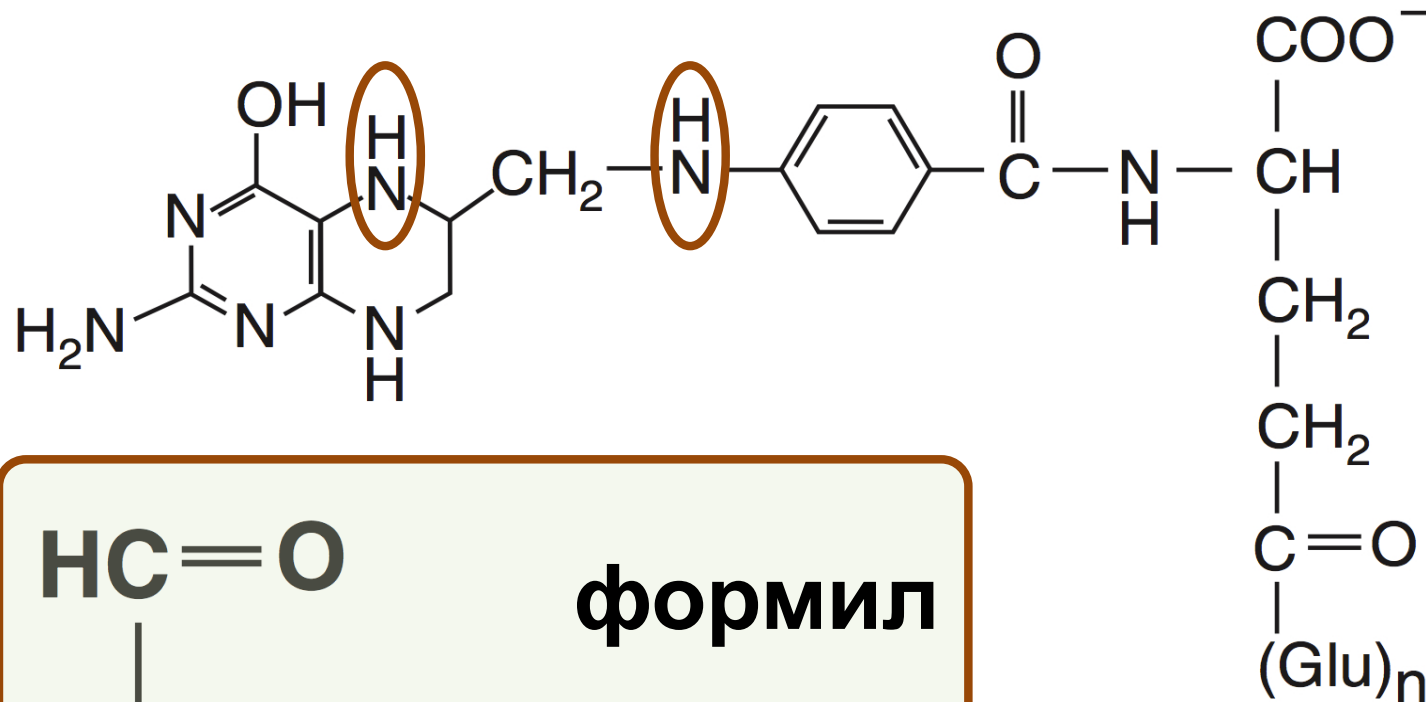
Тетрагидрофолат (ТГФ) – активная форма фолиевой кислоты



Водорастворимые витамины

Витамин B₉ (фолиевая кислота): биологическая роль

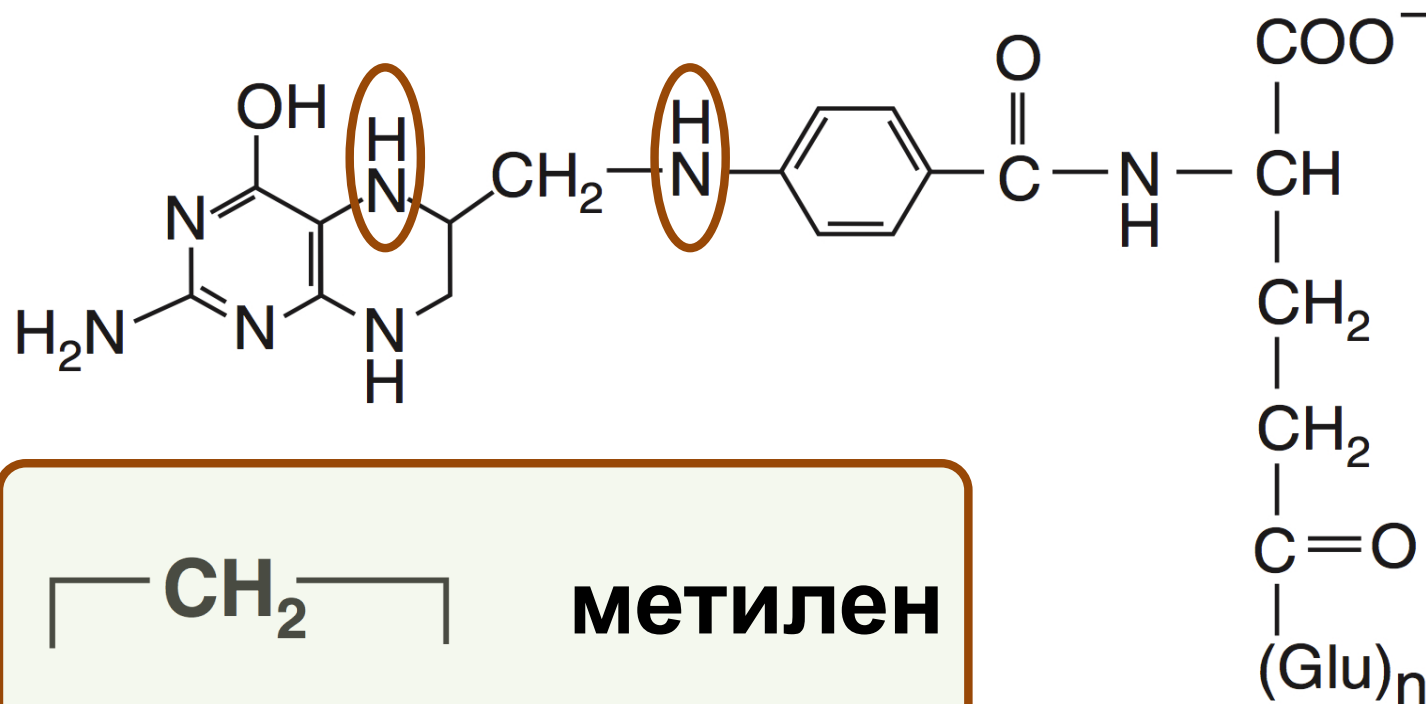
Основная функция – перенос одноуглеродных фрагментов



Водорастворимые витамины

Витамин B₉ (фолиевая кислота): биологическая роль

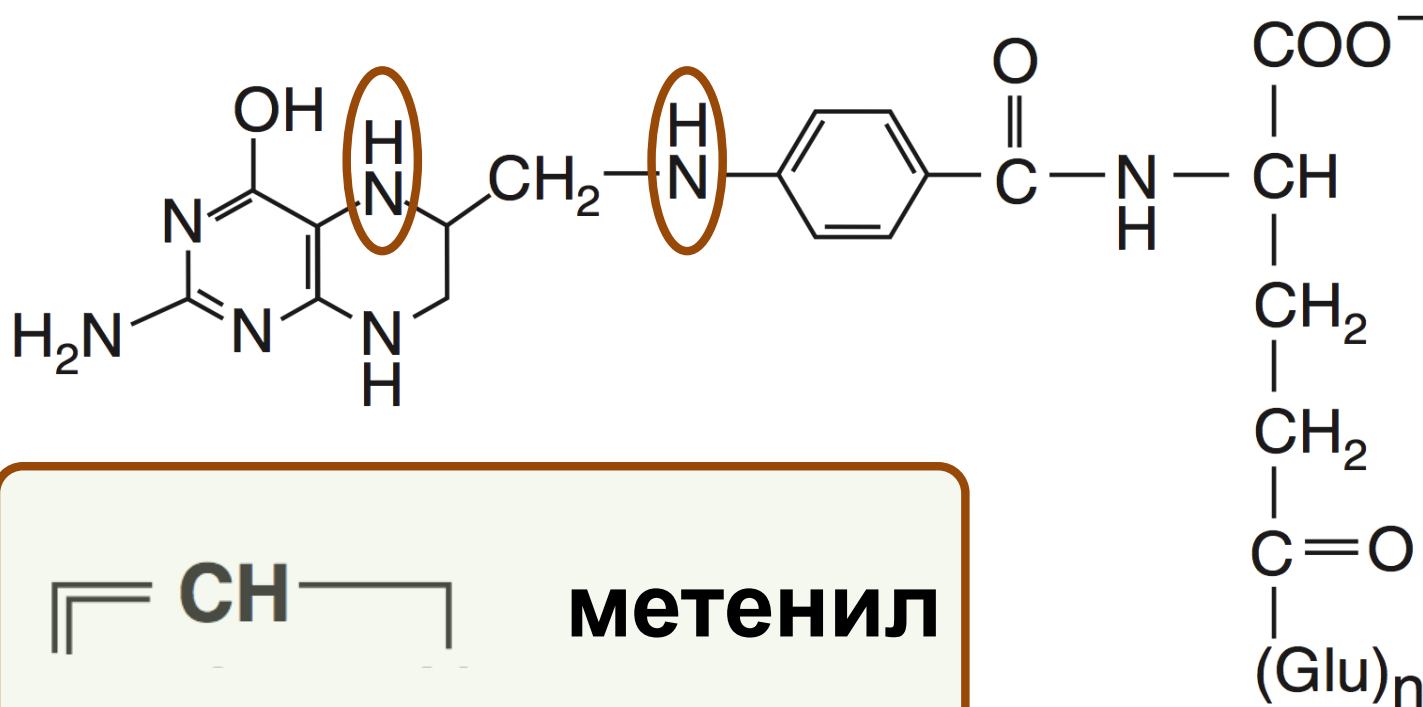
Основная функция – перенос одноуглеродных фрагментов



Водорастворимые витамины

Витамин B₉ (фолиевая кислота): биологическая роль

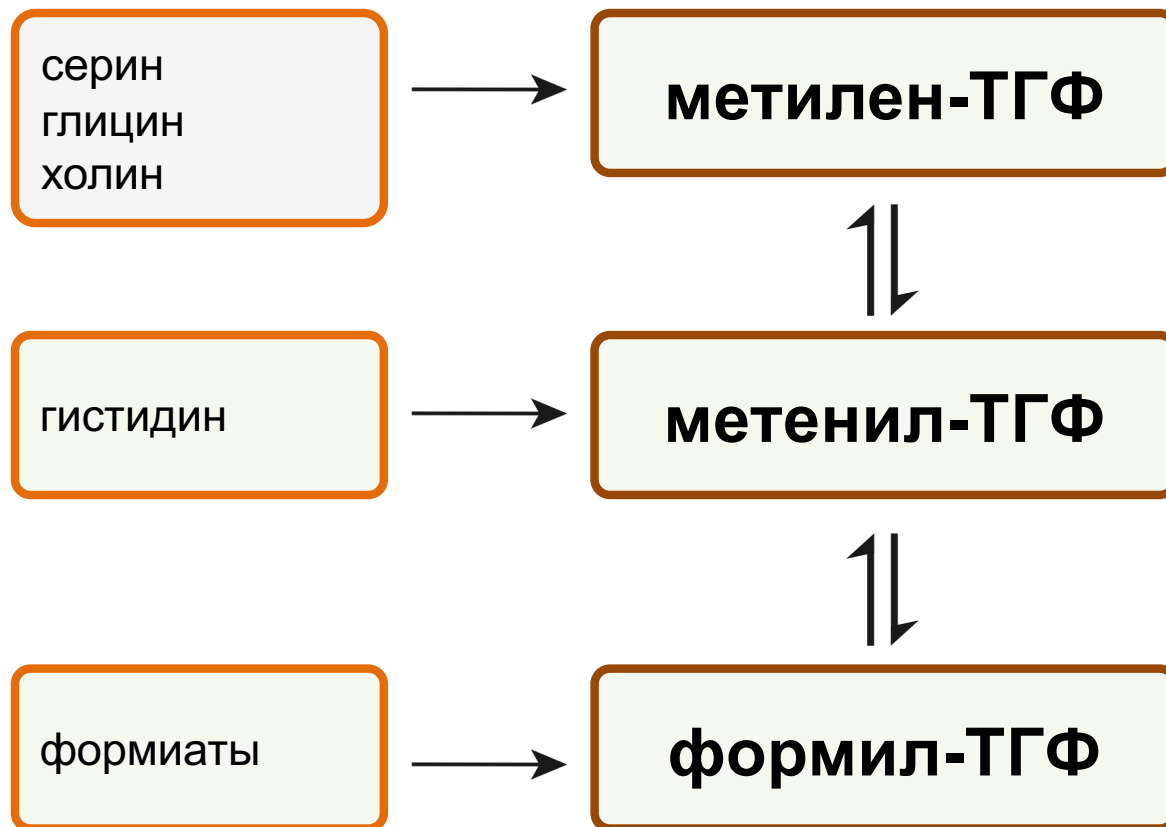
Основная функция – перенос одноуглеродных фрагментов



Водорастворимые витамины

Витамин В₉ (фолиевая кислота): биологическая роль

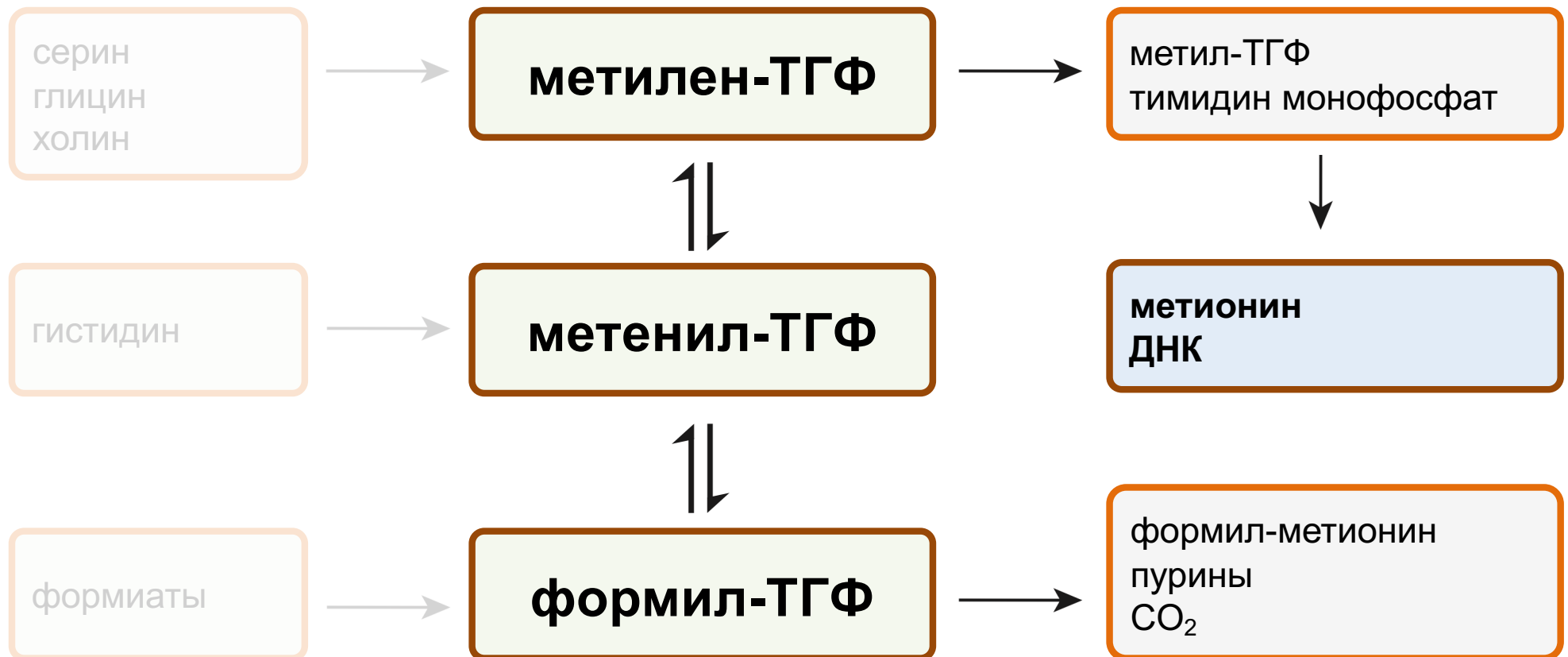
Источники одноуглеродных фрагментов



Водорастворимые витамины

Витамин В₉ (фолиевая кислота): биологическая роль

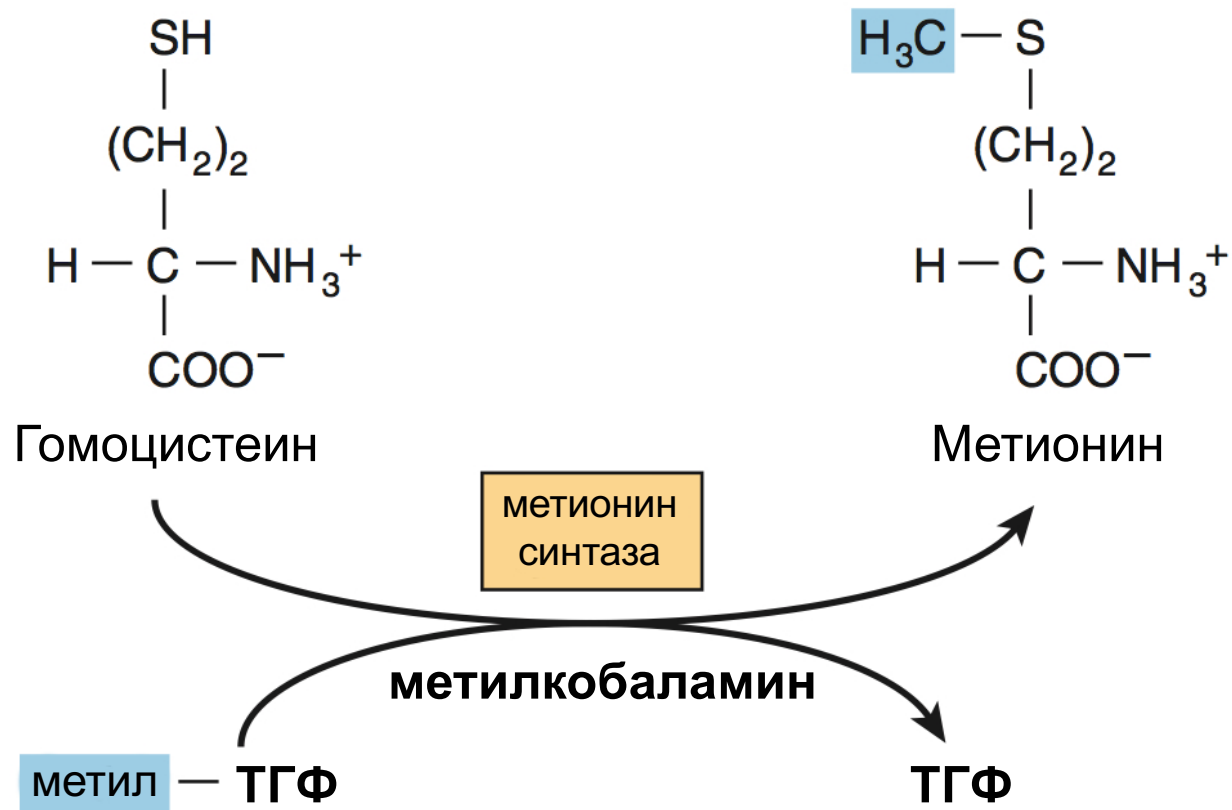
Использование одноуглеродных фрагментов



Водорастворимые витамины

Витамин B₉ (фолиевая кислота): биологическая роль

Использование одноуглеродных фрагментов



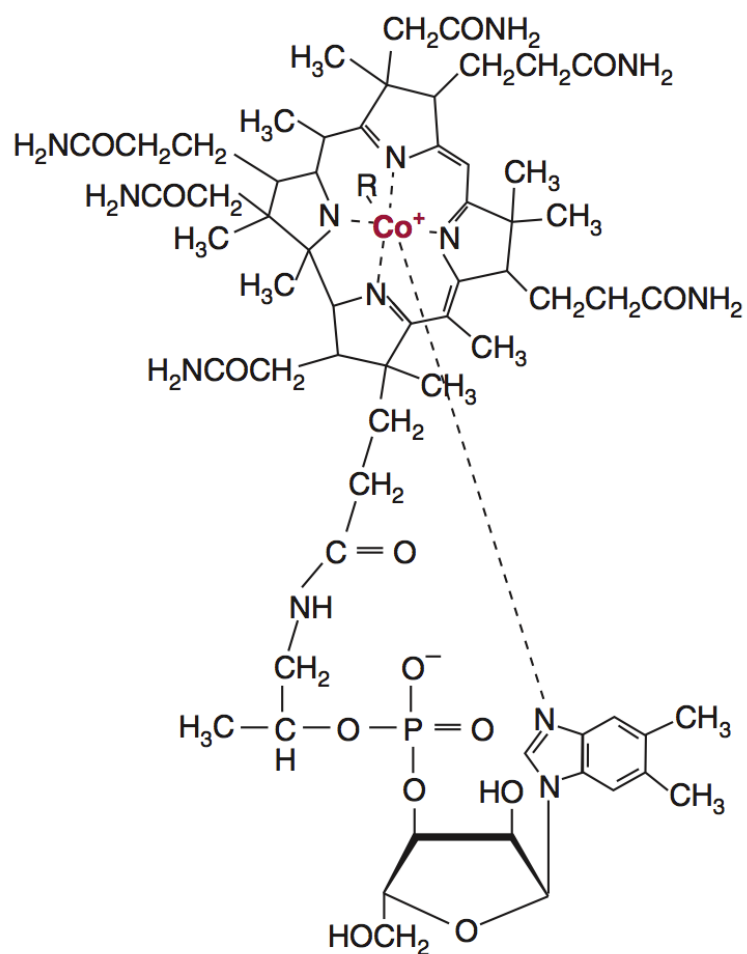
Водорастворимые витамины

Витамин B₉ (фолиевая кислота): СИМПТОМЫ ГИПОВИТАМИНОЗА

- **Нарушение кроветворения** (мегалобластная, макроцитарная анемия, лейкопения).
- **Поражение нервной системы** (врождённые дефекты нервной трубки).
- **Нарушение регенерации эпителиальных тканей** (в частности, слизистой оболочки ЖКТ).

Водорастворимые витамины

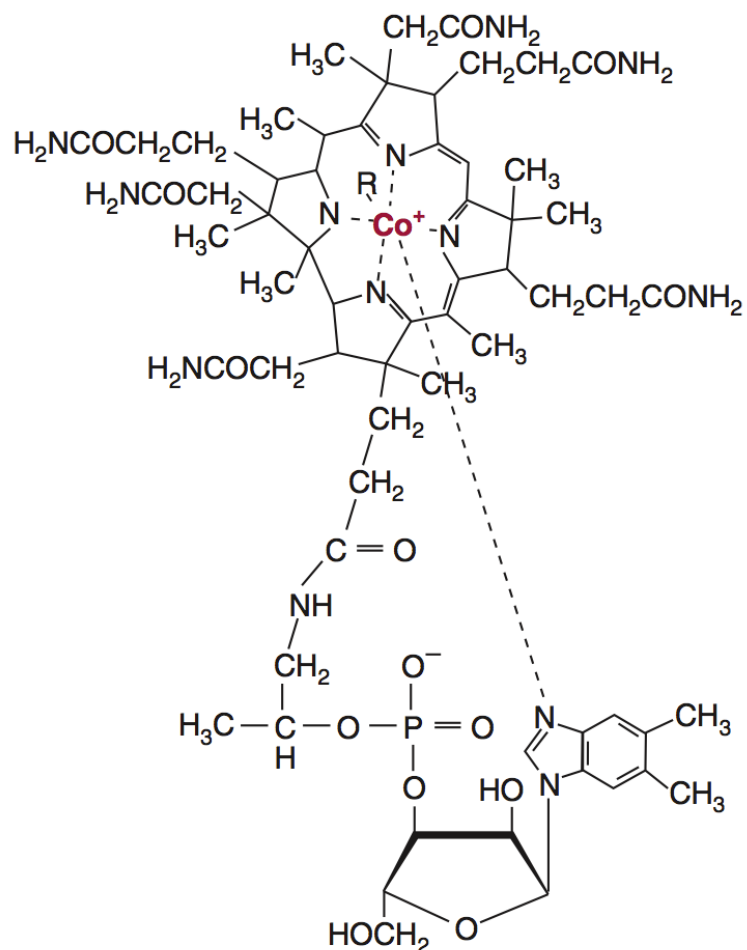
Витамин В₁₂ (кобаламин): биологическая роль



- Витамин В₁₂ содержится **только в пище животного происхождения** (при этом синтезируется почти исключительно микроорганизмами).
- Витамин В₁₂ - единственный витамин, содержащий в своём составе металл **кобальт**.
- Эффективное всасывание витамина В₁₂ происходит в тонком кишечнике после образования витамином комплекса с **внутренним фактором (фактором Касла)** — гликопротеином, секретиремым в желудке.

Водорастворимые витамины

Витамин В₁₂ (кобаламин): биологическое значение



- Транспорт кобаламинов в плазме крови осуществляют специфические белки-переносчики **транскобаламины**, из которых наибольшее значение имеет транскобаламин II, поскольку лишь он участвует в передаче витамина В₁₂ костному мозгу, а также в депо.
- Витамин В₁₂ (кобаламин) существуют в организме человека в двух коферментных формах: **дезоксиаденозилкобаламин** и **метилкобаламин**, из которых последняя преобладает в плазме крови.

Водорастворимые витамины

Витамин В₁₂ (кобаламин): биологическая роль

Метилкобаламин

(кофермент метионин синтазы в плазме крови и цитоплазме):

- синтез нуклеиновых кислот (ДНК и РНК);
- синтез **метионина** из гомоцистеина.

Дезоксиаденозилкобаламин

(кофермент метилмалонил-КоА-мутаза в митохондриях):

- синтез липопротеинов в миелиновой ткани;
- синтез глутатиона.

Водорастворимые витамины

Витамин В₁₂ (кобаламин): СИМПТОМЫ ГИПОВИТАМИНОЗА

**Нарушение
кровообразования**
(мегалобластная анемия)

- увеличение размеров эритроцитов;
- снижение количества эритроцитов в кровотоке;
- снижение концентрации гемоглобина в крови;

**Поражение нервной
системы**

- онемение конечностей;
- слабость, нарушение координации;
- психические нарушения

**Поражение
пищеварительной
системы**

- болезненные трещины в углах рта;
- глоссит («лакированный язык»);
- диспептические расстройства и др.

Водорастворимые витамины

Витамин С: строение



Главное свойство аскорбиновой кислоты - способность легко окисляться и восстанавливаться, участвуя во множестве биохимических реакций.

Водорастворимые витамины

Витамин С: функции

Кофермент медь- и железосодержащих гидроксилаз

- синтез катехоламинов, стероидных гормонов, карнитина, протеина С, остеокальцина, С1q компонента системы комплемента;

- **посттрансляционное гидроксилирование пролина и лизина в составе коллагена – главного белка соединительной ткани (переход проколлагена в коллаген);**

Неэнзиматические функции

- захват и инактивация свободных радикалов (антиоксидантные свойства);
- восстановление железа в кишечника и облегчение его всасывания.

Водорастворимые витамины

Витамин С: СИМПТОМЫ ГИПОВИТАМИНОЗА

Цинга (скорбут)

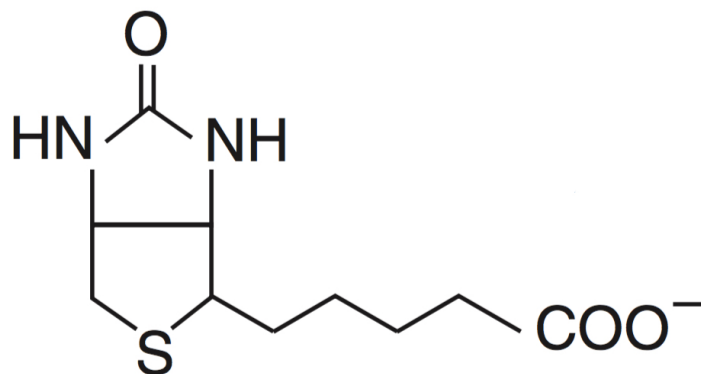
- нарушение целостности капилляров (сопровождается подкожными кровоизлияниями);
- отёки;
- разрыхление дёсен, расшатывание зубов;
- боль в суставах;
- анемия;

Основы патогенеза

- нарушение созревания коллагена соединительной ткани;
- нарушение всасывания железа и метаболизма фолиевой кислоты.

Водорастворимые витамины

Витамин Н (биотин): строение и биологическая роль



- Биотин – кофермент карбоксилаз, участвующий в образовании активной формы CO_2 и переносе карбоксильной группы.
- Клинические проявления недостаточности биотина у человека практически не встречаются, поскольку бактерии кишечника обладают способностью синтезировать этот витамин в необходимых количествах.

Водорастворимые витамины

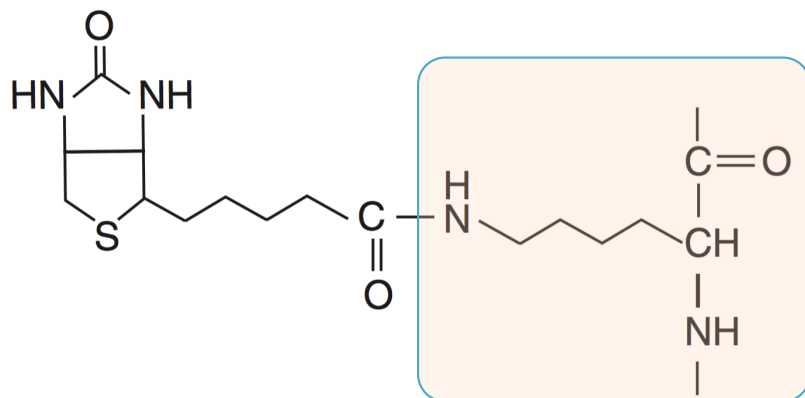
Биотин-зависимые ферменты

<ul style="list-style-type: none">• Ацетил-КоА карбоксилаза	Образование малонил-КоА из ацетил-КоА (первая реакция синтеза жирных кислот);
<ul style="list-style-type: none">• Пируват карбоксилаза	Образование оксалоацетата из пирувата (одна из ключевых анаплеротических реакций цикла Кребса, а также глюконеогенеза);
<ul style="list-style-type: none">• Пропионил-КоА карбоксилаза	Образование сукцинил-КоА из пропионил-КоА (цикл Кребса, метаболизм жирных кислот с короткой углеродной цепью);
<ul style="list-style-type: none">• Метилкротонил-КоА карбоксилаза	Метаболизм аминокислоты лейцина и ряда изопреноидов.

Водорастворимые витамины

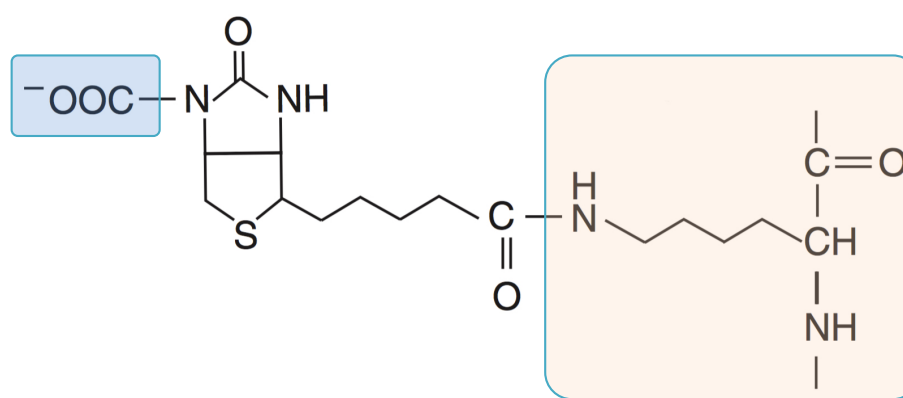
Витамин Н (биотин): строение и биологическая роль

Биоцитин (биотиниллизин)



лизиновый остаток

Карбоксибиоцитин



лизиновый остаток

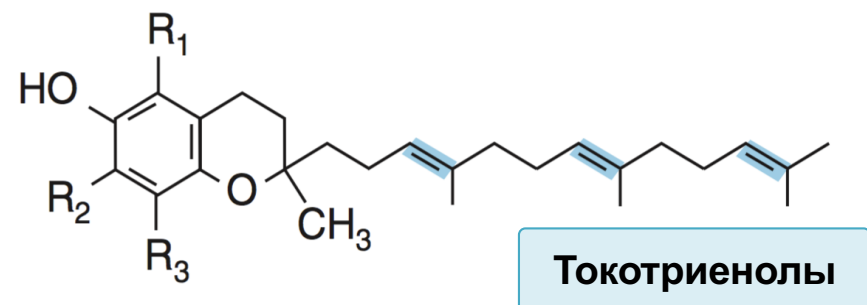
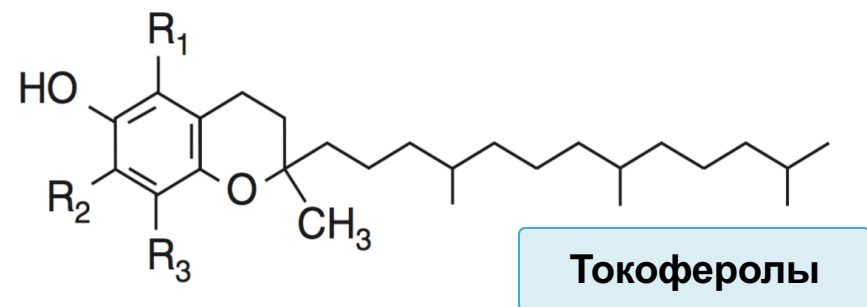
- Присоединение биотина способно сам по себе способно регулировать активность некоторых ферментов (**регуляция путём биотинилирования**).

Жирорастворимые витамины

Витамин Е (токоферолы): строение и биологическая роль

**Основная функция токоферолов
- антиоксидантная:**

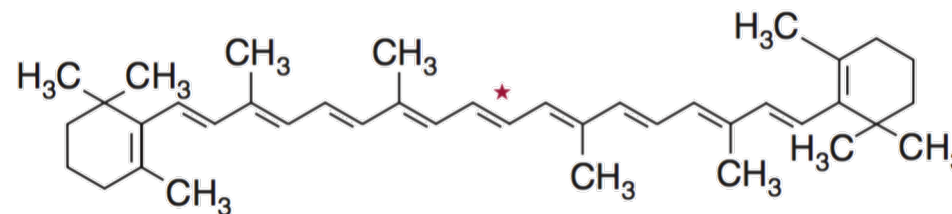
- блокирование развития цепных реакций перекисного окисления полиненасыщенных жирных кислот в липидах биологических мембран;
- повышение активности витамина А.



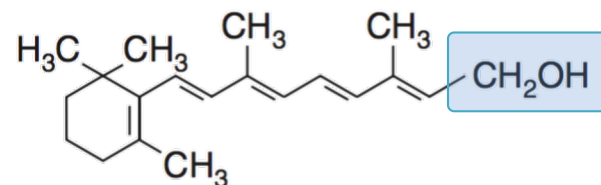
Жирорастворимые витамины

Витамин А: строение

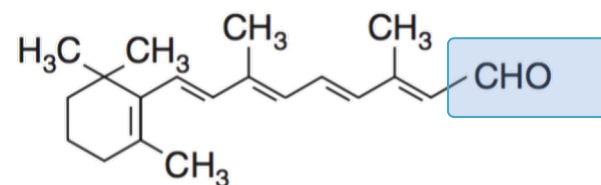
***β*-каротин**



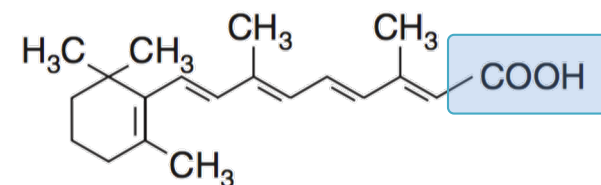
***транс*-ретинол**



***транс*-ретинаяль**



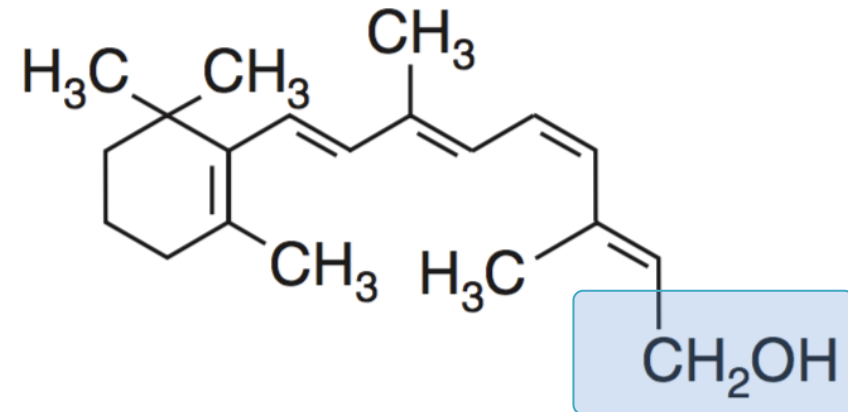
***транс*-ретинаявая кислота**



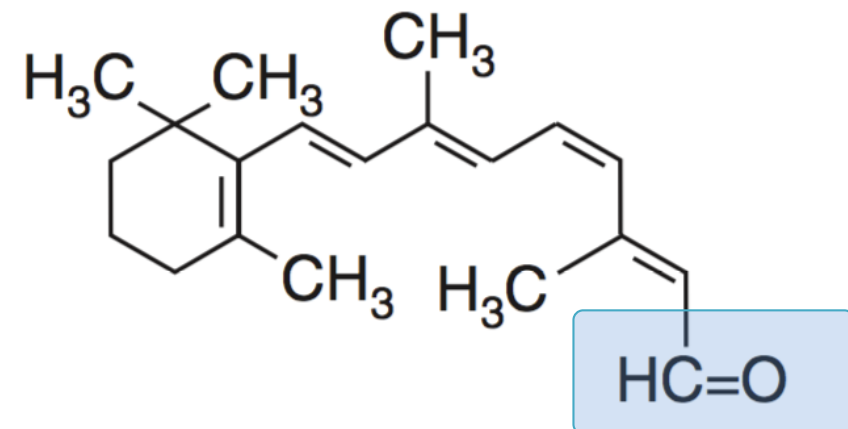
Жирорастворимые витамины

Витамин А: строение

11-цис-ретинол



11-цис-ретиналь



Жирорастворимые витамины

Витамин А: функция

Фотохимическая основа акта зрения

В форме 11-*цис*-ретиная является коферментом зрительных пигментов:

- **родопсина** (в палочках);
- **йодопсина** (в колбочках).

Участие в дифференцировке и пролиферации клеток, эмбриональном развитии, росте и репродукции

стимуляция транскрипции определённых генов

Жирорастворимые витамины

Витамин А: СИМПТОМЫ ГИПОВИТАМИНОЗА

Нарушения со стороны органов зрения

- **гемералопия («куриная слепота»)** - нарушение сумеречного зрения
- **ксерофтальмия** - развитие сухости роговой оболочки глаза с последующей **кератомалацией** (изъязвлению и размягчению роговицы).

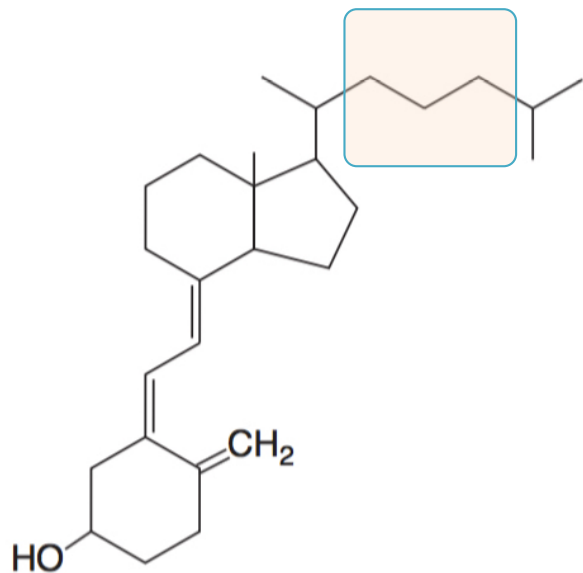
Нарушения роста и развития

- остановка роста костей;
- избыточное ороговение кожи;
- поражение эпителия ЖКТ, мочеполовой системы и дыхательного аппарата;
- повреждению тканей ЦНС.

Жирорастворимые витамины

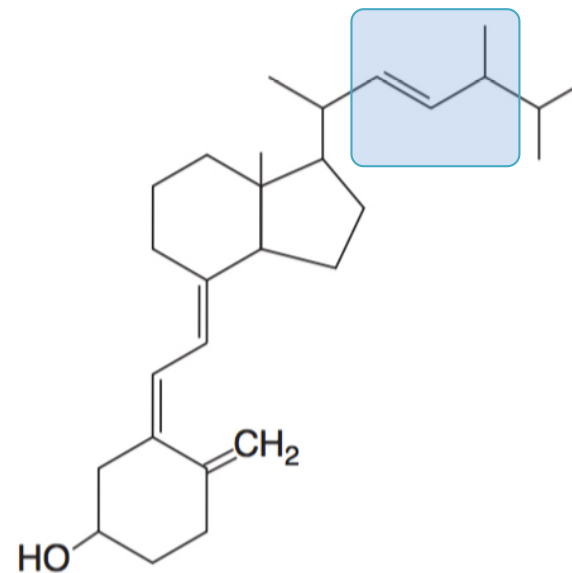
Витамин D (кальциферолы): строение

Холекальциферол
(витамин D₃)



Источник: животная пища

Эргокальциферол
(витамин D₂)

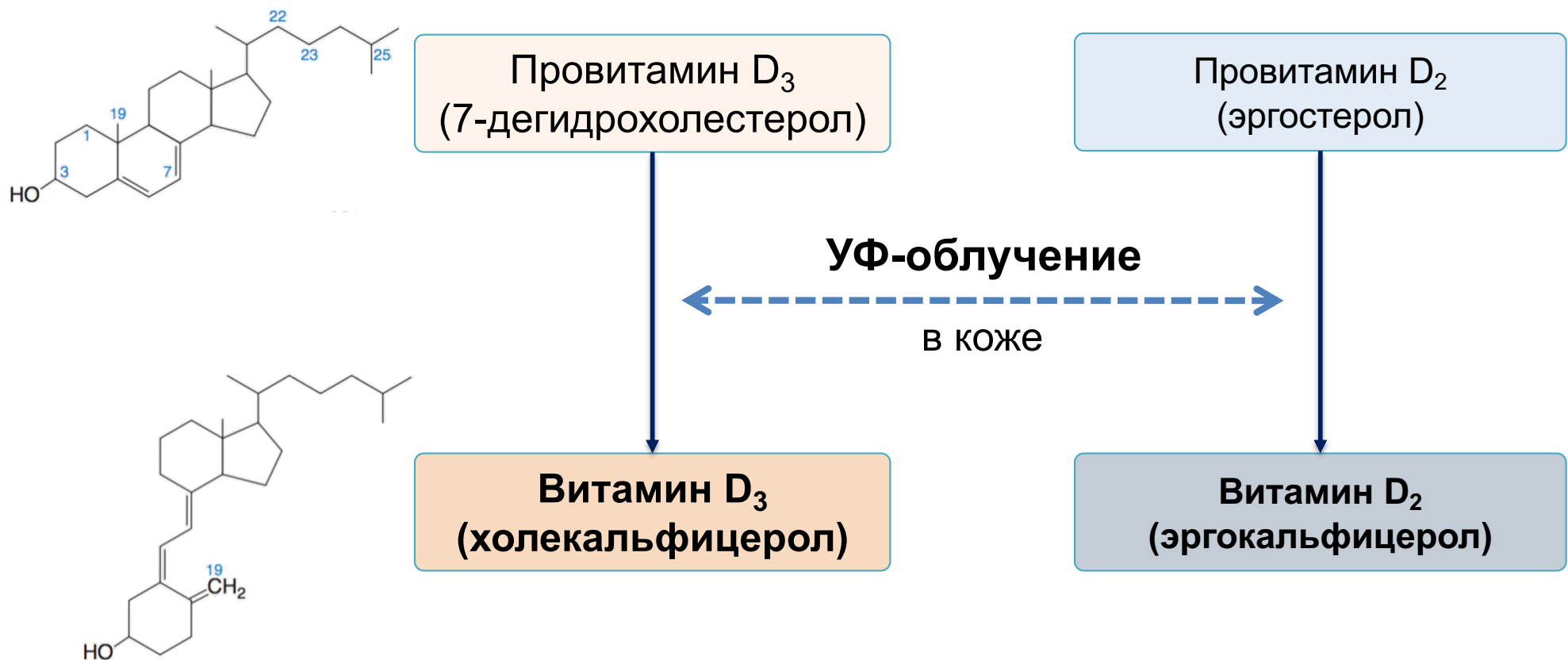


Источник: растительная пища

Жирорастворимые витамины

Витамин D (кальциферолы): этапы биосинтеза

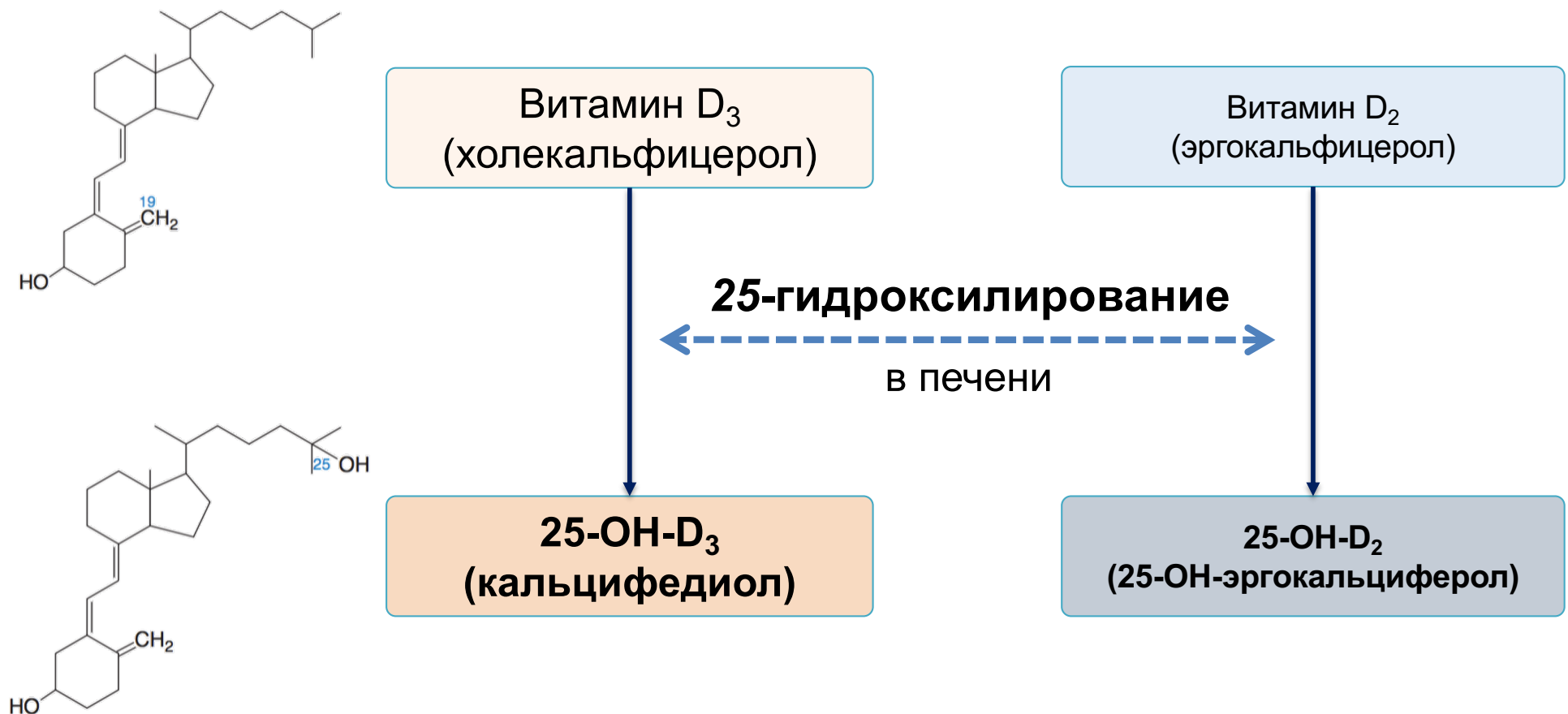
Этап 1: гидроксилирование в коже под действием УФ-излучения



Жирорастворимые витамины

Витамин D (кальциферолы): этапы биосинтеза

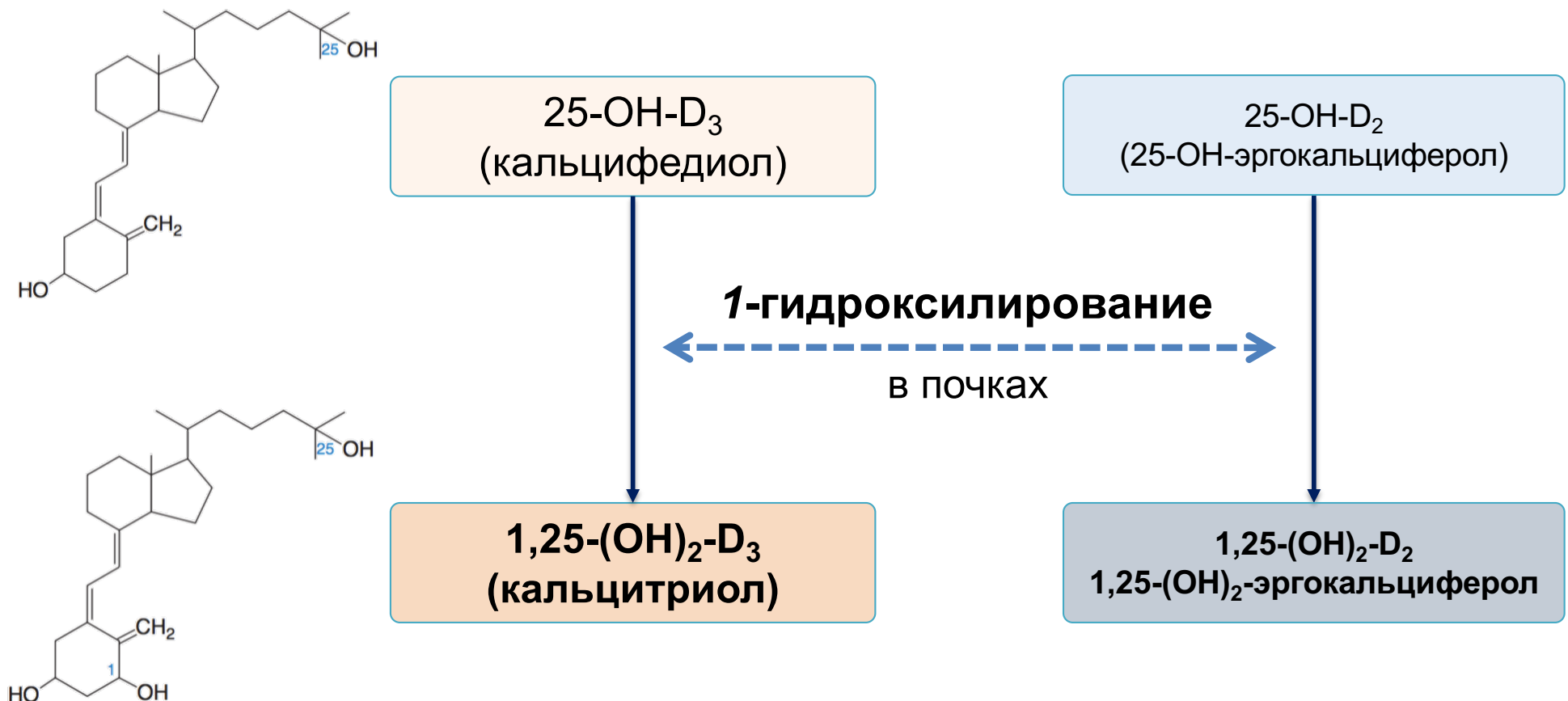
Этап 2: ферментативное гидроксилирование в печени



Жирорастворимые витамины

Витамин D (кальциферолы): этапы биосинтеза

Этап 3: ферментативное гидроксилирование в почках

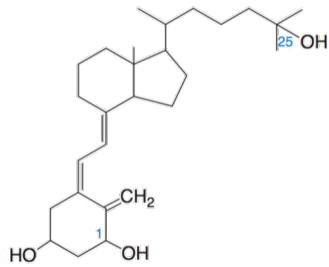


Жирорастворимые витамины

Витамин D (кальцитриол): биологическая роль

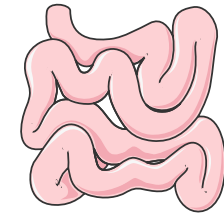
Основная функция:

поддержание кальциево-фосфорного гомеостаза.

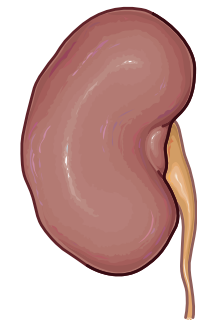


1,25-(OH)₂-D₃
(кальцитриол)

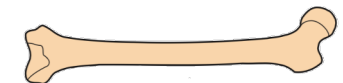
**увеличение всасывания
кальция в кишечнике**



**снижение выведения
кальция путём увеличение
его реабсорбции в почках**



**регуляция мобилизации
кальция из костной ткани**



Жирорастворимые витамины

Витамин D (кальцитриол):

СИМПТОМЫ ГИПОВИТАМИНОЗА

у детей - **рахит**

- нарушением кальцификации растущих костей;
- деформацию скелета;
- задержка прорезывания зубов;

у взрослых -
остеопороз

- нарушение структуры уже сформировавшейся костной ткани вследствие деминерализации;
- высокий риск переломов.