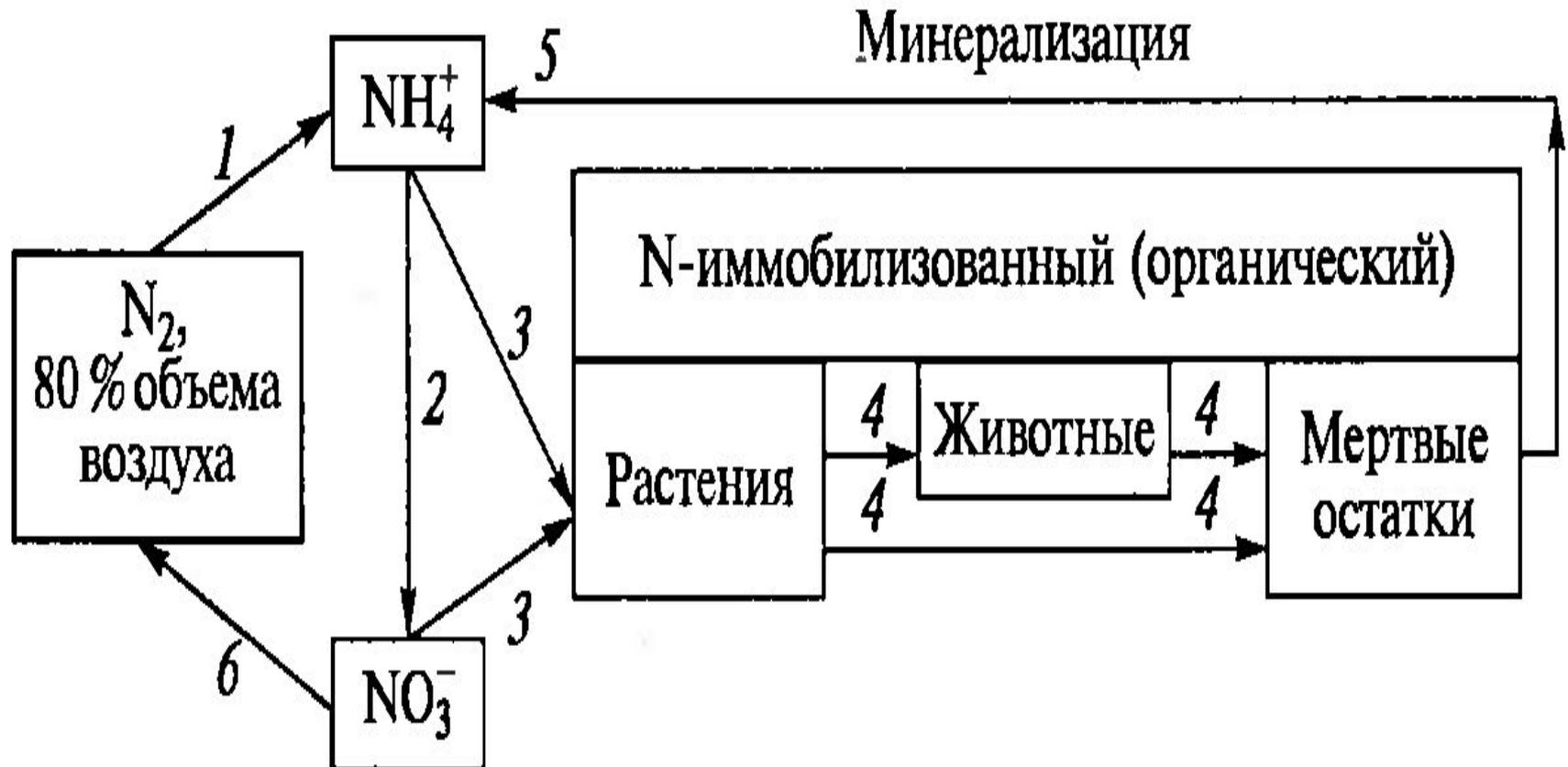

Обмен азота (окончание)

Лекция 4

Цикл азота в биосфере



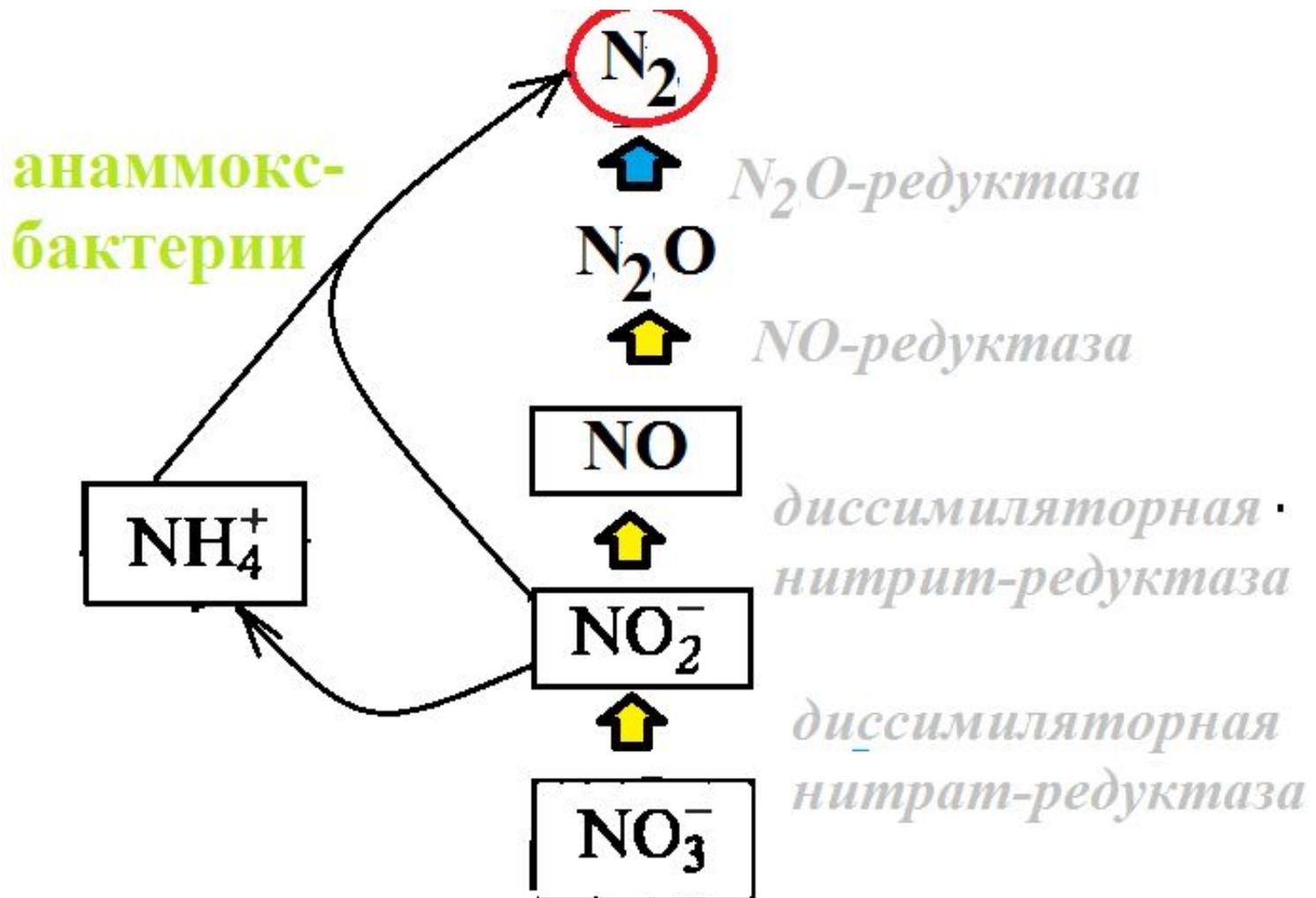
1) диазотрофы 2) нитрификация (бактерии) 3) поглощение и ассимиляция NH_4^+ и NO_3^- 4) поедание организмов другими и отмирание организмов 5) аммонификаторы, минерализация азота 6) денитрификаторы

Цикл азота в биосфере

(Нельсон, Кокс т.2, стр.6, 506-509)

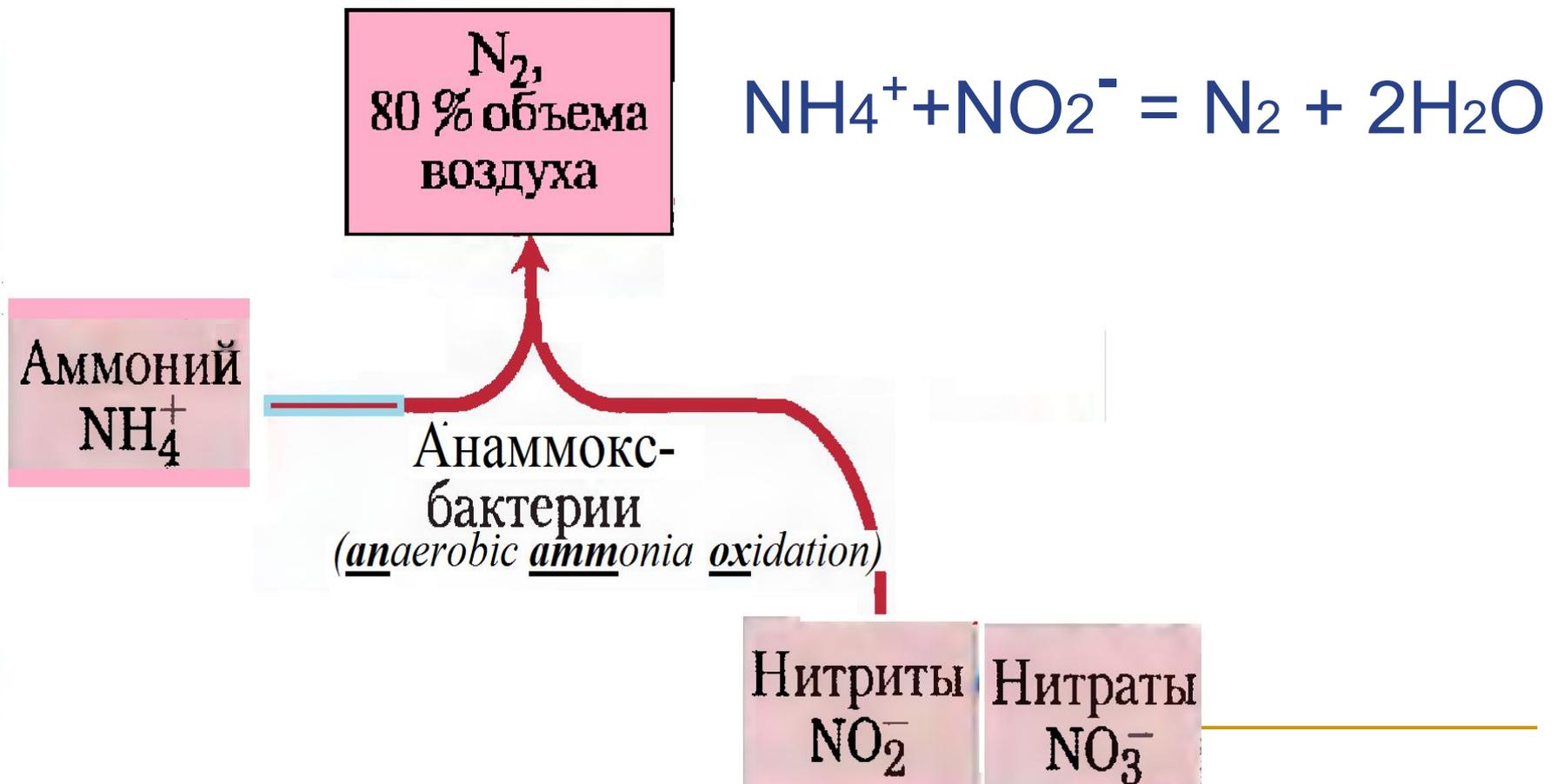


Денитрификация (из нитрата в N_2)



Денитрификация. Анаммокс

Недавнее открытие (1999г) – возможность окисления аммиака бактериями в анаэробных условиях



Основные пути синтеза белковых аминокислот

- 1) прямое восстановительное аминирование
 - 1а) – образование амидов
- 2) переаминирование



Переработка NH_4^+ растением

Внутри растения – аминирование, амидирование



Растение строит кетокислоты из продуктов фотосинтеза

COOH

|
C=O

|
CH₃

ПВК

COOH

|
C=O

|
CH₂

COOH

ЩУК

COOH

|
C=O

|
CH₂

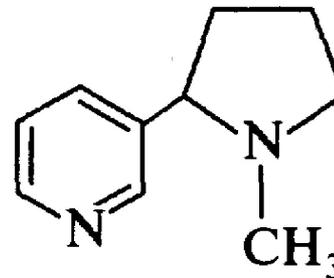
|
CH₂

|
COOH

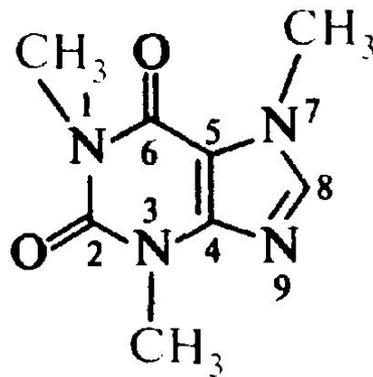
**α-кетоглутаровая
кислота**

У растений отходов N не бывает

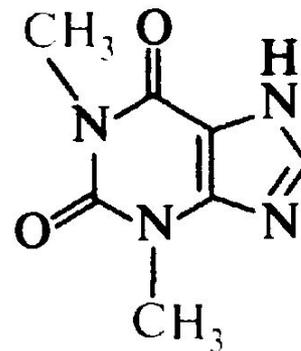
- Запасной формой N часто являются вторичные метаболиты, например, алкалоиды (кофеин, теобромин, морфин, кодеин, никотин, стрихнин и др.)



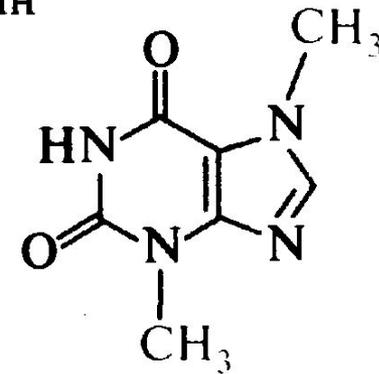
НИКОТИН



кофеин

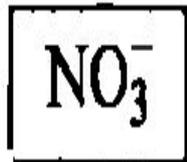


теофиллин



теобромин

N может поступать в растение не только в форме NH_4^+ , но и в форме нитратов NO_3^-



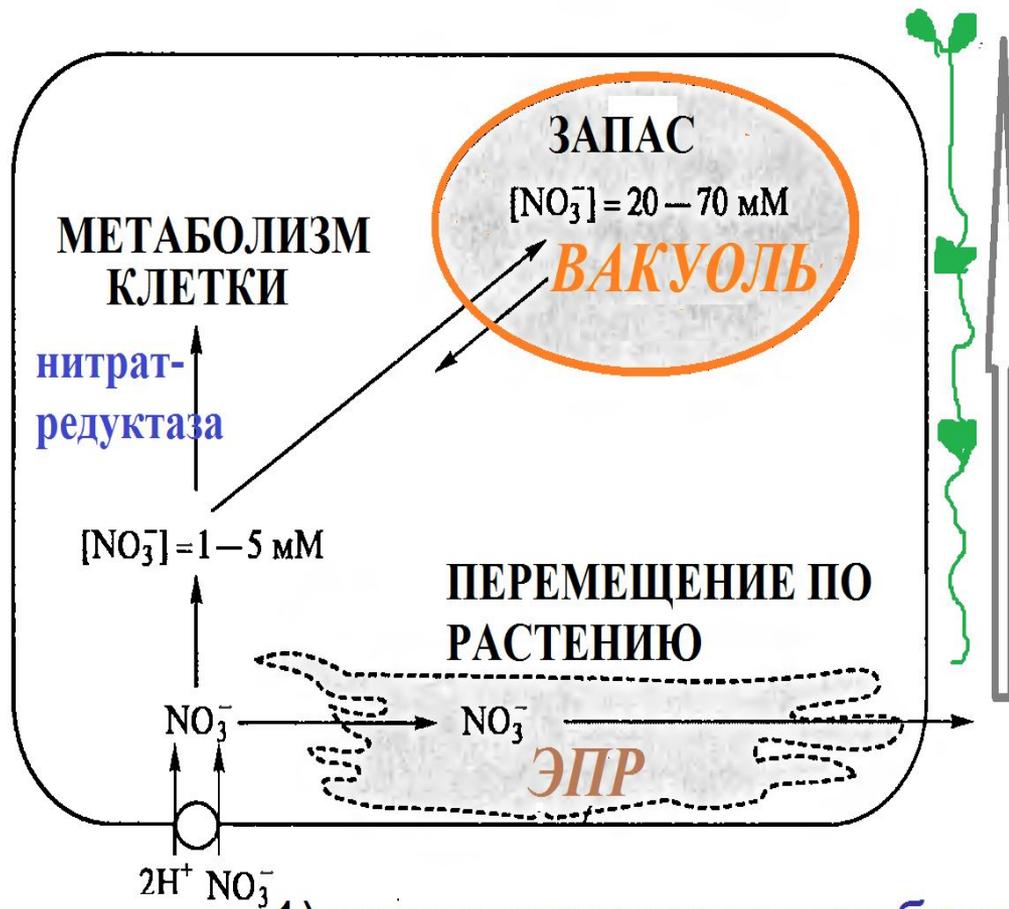
Источники нитратов:

- удобрения (селитры)
- деятельность бактерий

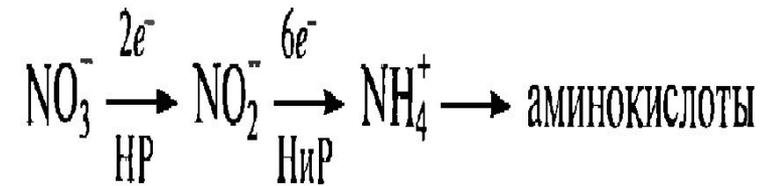
Нитрификация:

- 1) автотрофная (бактерии сем. *Nitrobacteriaceae*, археи), при окислении аммиака получающие энергию в виде АТФ, которую используют для фиксации CO_2 .
- 2) гетеротрофная (бактерии, грибы) – энергии не получают, процесс нужен для защиты от NH_4^+ , свободных радикалов и др.

Поглощение и переработка нитрата растением



- 2) распределение нитратов в клетке, их запасание в вакуоли
- 3) использование нитрата в метаболизме растения

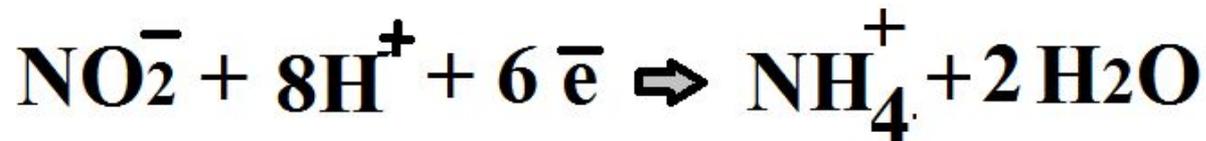
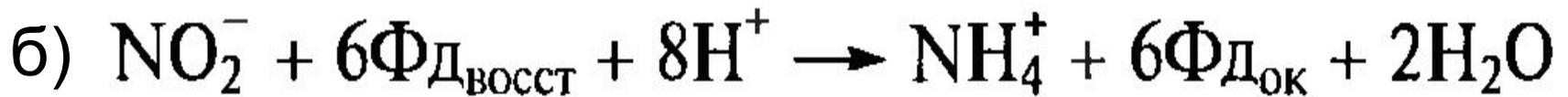
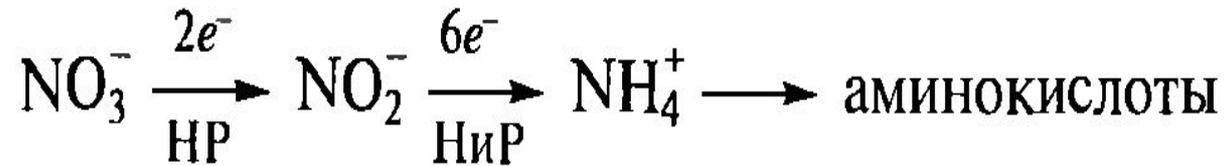


1) транспорт через мембрану:

- если меньше 0,5 мМ - система высокого сродства
- если больше 0,5 мМ - низкого сродства

Переработка НИТРАТА растением

3) Восстановление нитрата до аммиака



Нитратредуктаза (НР) КФ 1.6.6.1 – сложный белок,
металлофлавопротеин гомолимер (на рис.) или тетрамер



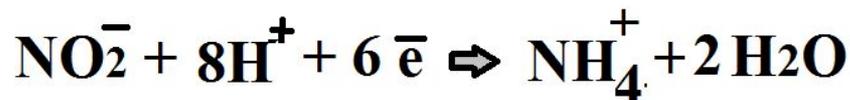
У животных - нет
У высших растений –
в цитозоле.

1 субъединица фермента
(схеме внизу.) ~1000 а-к-т + ФАД
+ гем (цитохром b5) +
молибдоптерин

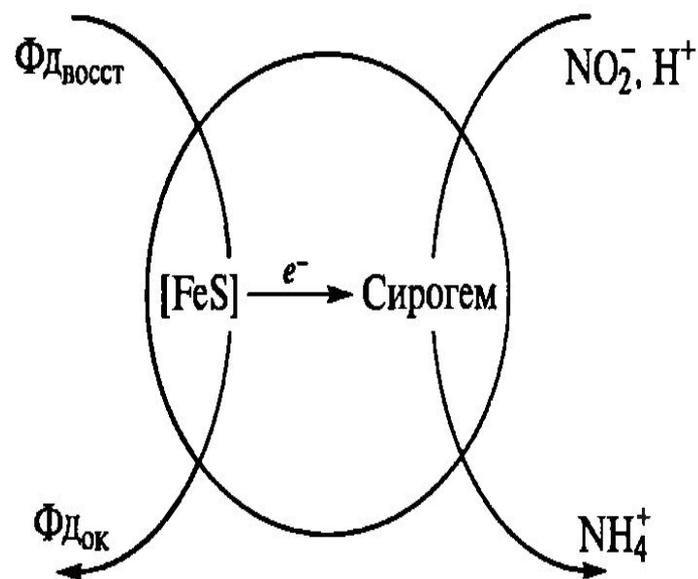
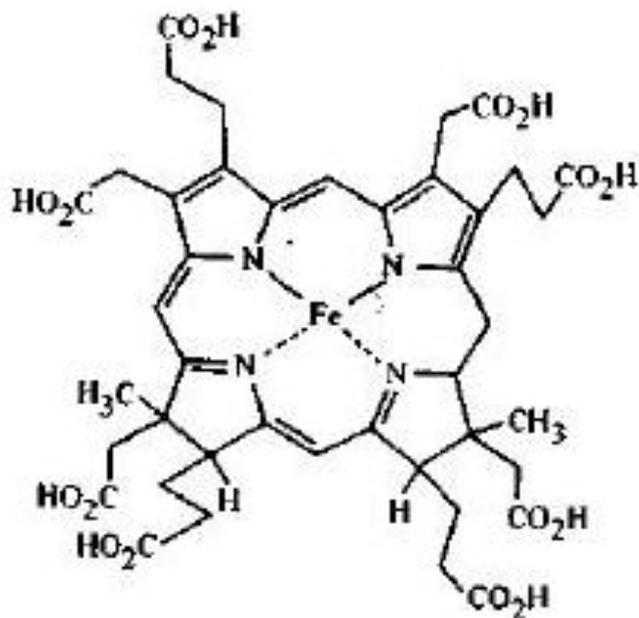
НАДН и NO_3^- связываются
в разных центрах



Нитритредуктаза (НнР) КФ 1.7.7.1



- Сложный мономерный белок. Мономер из 2х доменов. Кофакторы – 2 FeS-центра



ФД – белок ферредоксин в окисленном или восстановленном состоянии

Активный фотосинтез нужен растению для восстановления аммиака потому что:

- 1) Для получения аминокислот нужны продукты углеводного обмена (альфа-кетоглутарат, щавелево-уксусная кислота, пировиноградная кислота). Фотосинтез способствует их накоплению.
 - 2) Для нитритредуктазы (восстановления нитрита до нитрата) нужен поток электронов. Он создается в хлоропластах благодаря работе электрон-переносящей цепи фотосинтеза.
(в корнях без хлоропластов – за счет НАДФН из путей обмена углеводов)
-

Уровень накопления нитратов в овощах

Содержание
нитратов

Виды овощных культур

Низкое

10-150

мг/кг

Горох, томаты, сладкий стручковый перец, чеснок, картофель, репчатый лук, поздняя морковь

Среднее

150-700

мг/кг

Огурцы, поздняя белокочанная капуста, зеленый лук в открытом грунте, тыква, кабачки, патиссоны, лук-порей, щавель, ранняя морковь, корнеплоды петрушки, лук-батун, цветная капуста (осенью)

Высокое

700-1500

мг/кг

Ранняя цветная и белокочанная капуста, столовая свекла, капуста брокколи, корневой сельдерей, брюква, кольраби, ревень, репа, хрен, редис и редька в открытом грунте, зеленый лук в защищенном грунте.

Макси-

мальное

1500-4000

мг/кг

Салат, пекинская капуста, мангольд (листовая свекла), шпинат, укроп, редис в защищенном грунте, листья столовой свеклы и петрушки, листовой сельдерей.

Аммиак, нитраты и нитриты: значение для метаболизма человека

1) аммиак – срочно обезвредить!

- амиды, орнитиновый цикл

2) нитраты и нитриты – тоже нужна детоксикация

- **Взрослые: Острое отравление 1 – 4 г,**
- **смерть 8 -14г**

Рекомендации ВОЗ - в сутки не более 3,7 мг нитратов на 1 кг массы тела, нитритов – 0,2 мг на кг (именно по аниону), т.е. для условного едока массой в 70 кг безопасны 259 мг нитрат-ионов, 350 мг NaNO_3 .

Нормы в Германии не более 50-100 мг в сутки,
в большинстве стран СНГ – 300-320 мг
в США – 400-500 мг.

Проблема нитратов в пище



Управление
Роспотребнадзора по
Нижегородской области, 2018:
превышение по нитратам из
2000 взятых проб – в 12 .
Снято с реализации
несколько партий
плодоовощной продукции
объемом свыше 3 тонн.

Следует приобретать плодоовощную продукцию только в специально оборудованных и отведенных для этих целей органами местного самоуправления местах уличной торговли (при этом на вывеске должно быть указано наименование предприятия, его юридический адрес, ФИО индивидуального предпринимателя, продавец должен находиться в чистой санитарной одежде и иметь при себе бейджик с указанием ФИО и личную медицинскую книжку), а также на организованных рынках, ярмарках и в стационарной торговой сети.

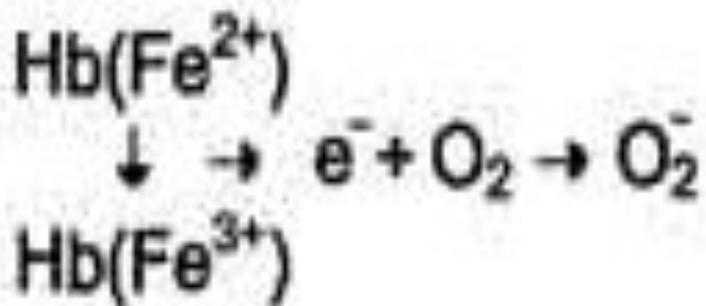
Типы токсического воздействия на организм человека

**Взрослые: Острое отравление 1–4 г,
смерть 8 -14 г**

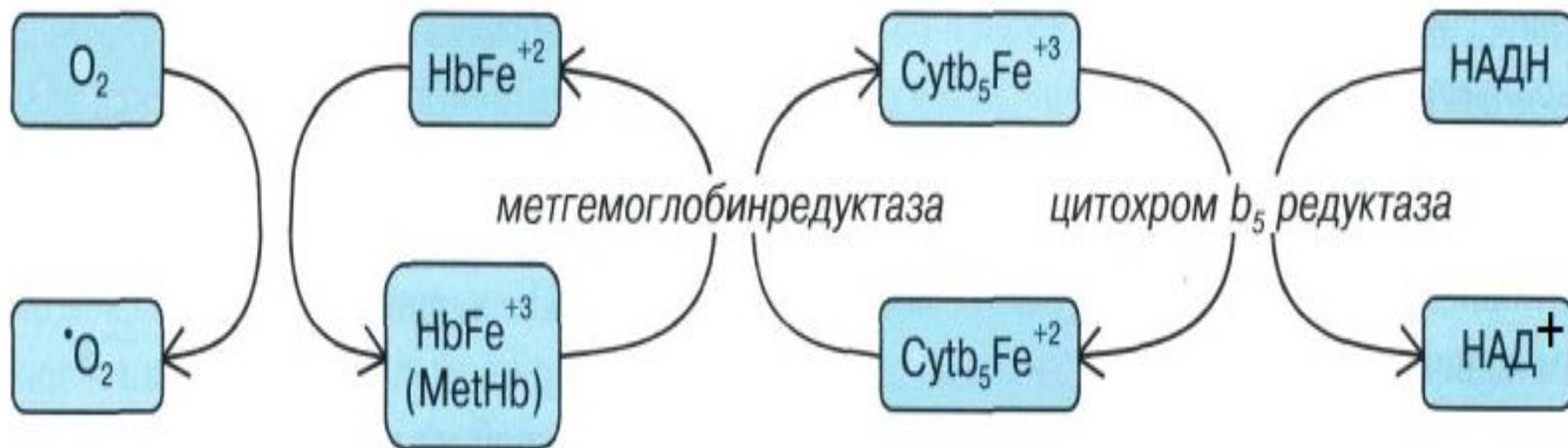
ТОКСИЧНОСТЬ

- **Первичная** - самого нитрат-иона;
 - **Вторичная** - нитрит-иона,
 - **Третичная** – действие нитрозаминов, образовавшихся из нитритов.
-

Нитриты усиливают образование метгемоглобина



Норма в крови – 2% метгемоглобина, 15% - вялость, сонливость, более 50% - смерть.

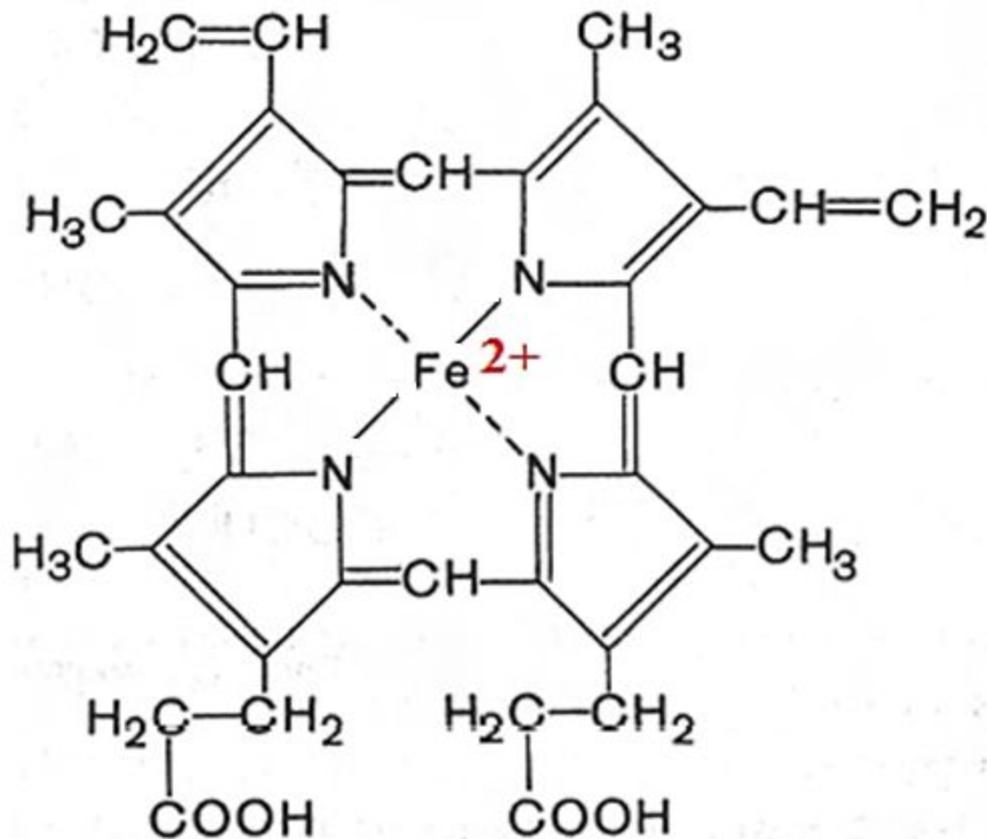


Образование и удаление метгемоглобина.

Метгемоглобинредуктаза функционирует с 3х-
месячного возраста

Строение гема – небелковой части миоглобина и гемоглобина.

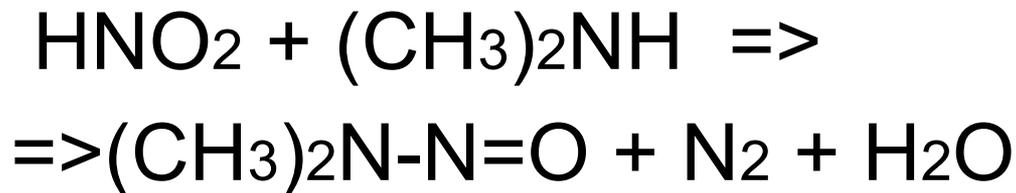
В молекуле миоглобине 1 гем,
в молекуле гемоглобина – 4 гема,
по одному на субъединицу.



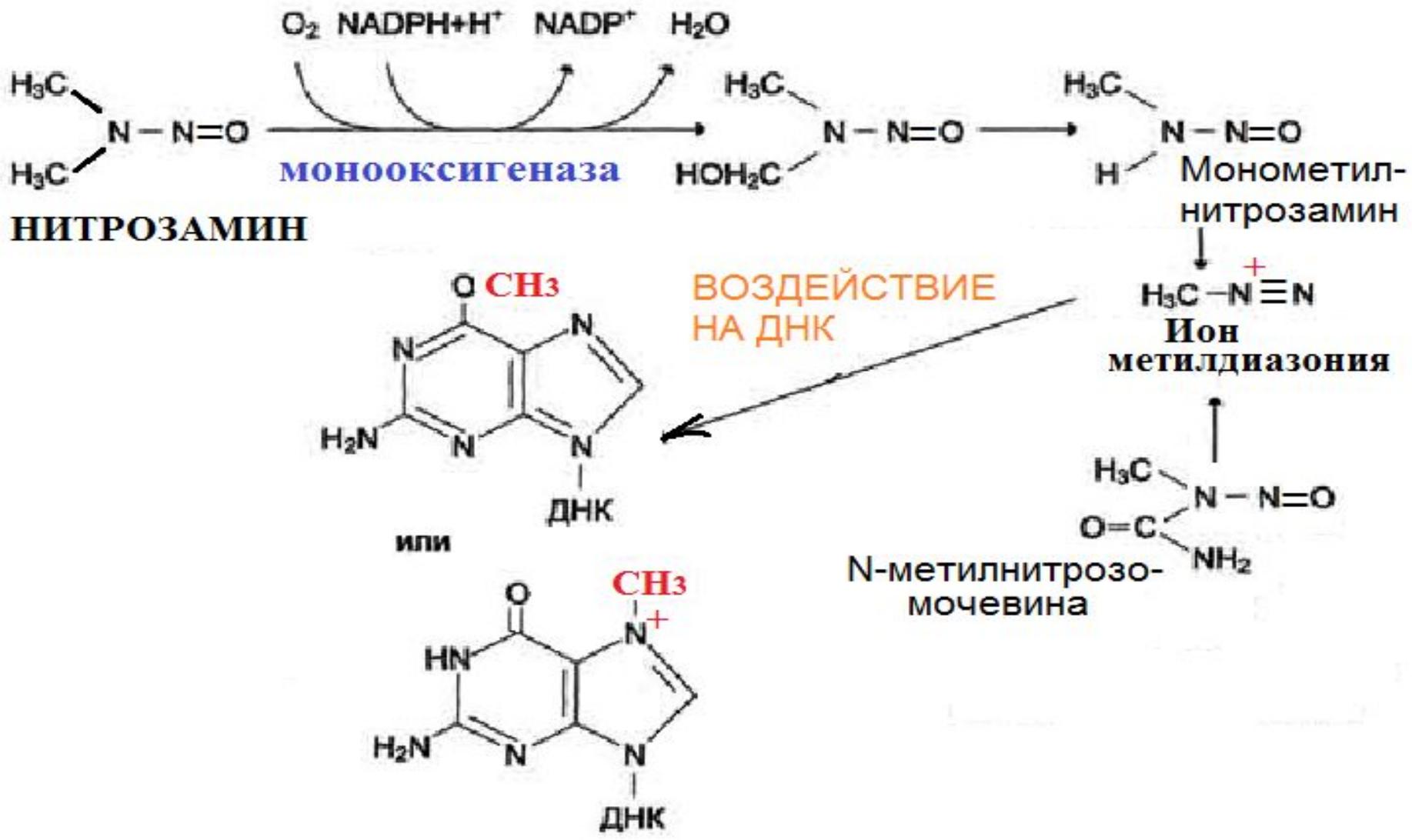
Нитрозамины и их образование

- Нитрозамины – это соединения с группировкой =N-N=O

Например, нитрит-ион в водной среде даст азотистую кислоту и, далее, в реакции с аминами - нитрозамин.



Нитрозамины – алкилирующие агенты, нарушающие функционирование ДНК



Минерализация органических соединений до аммиака

белки

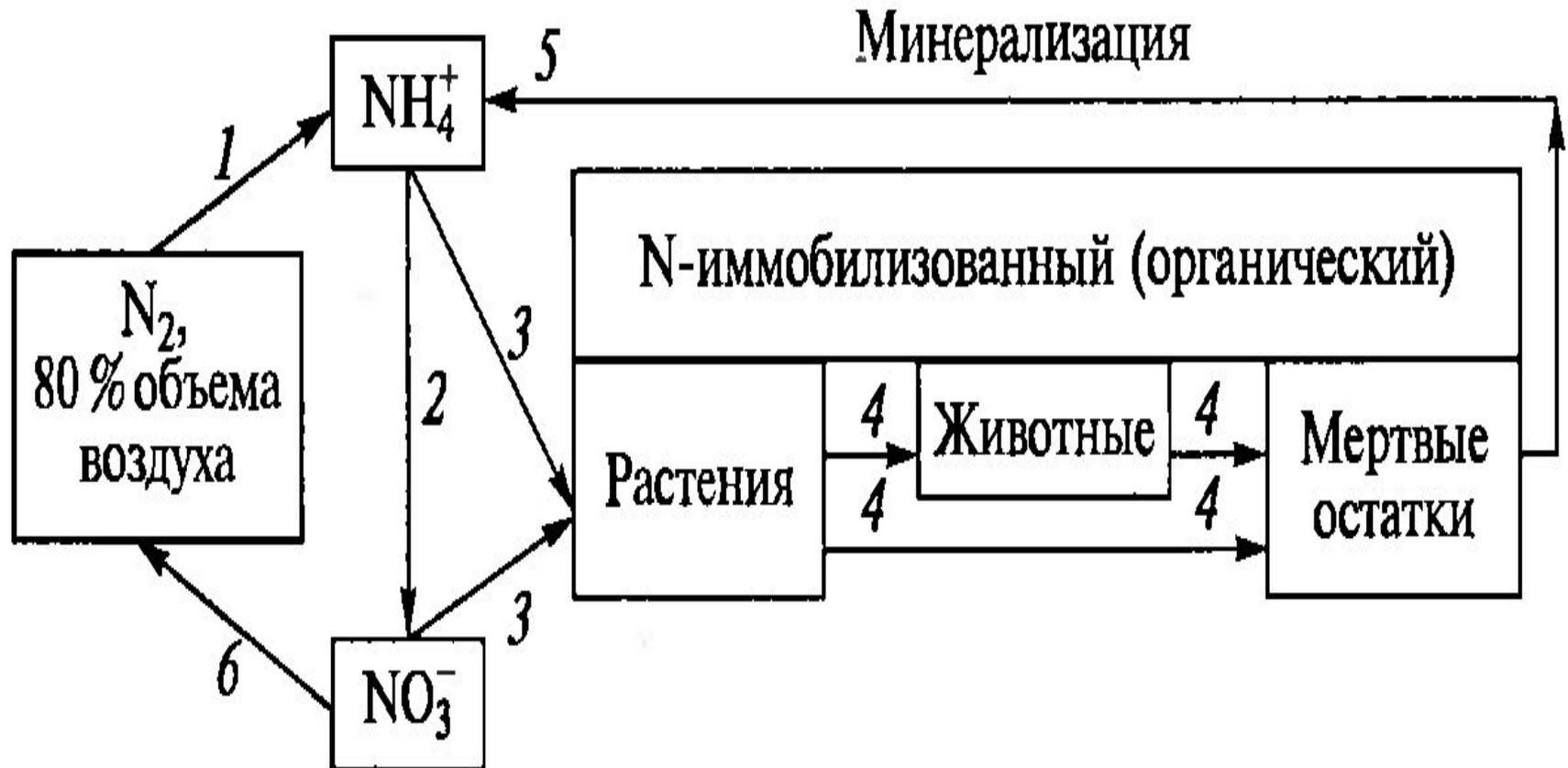


аминокислоты



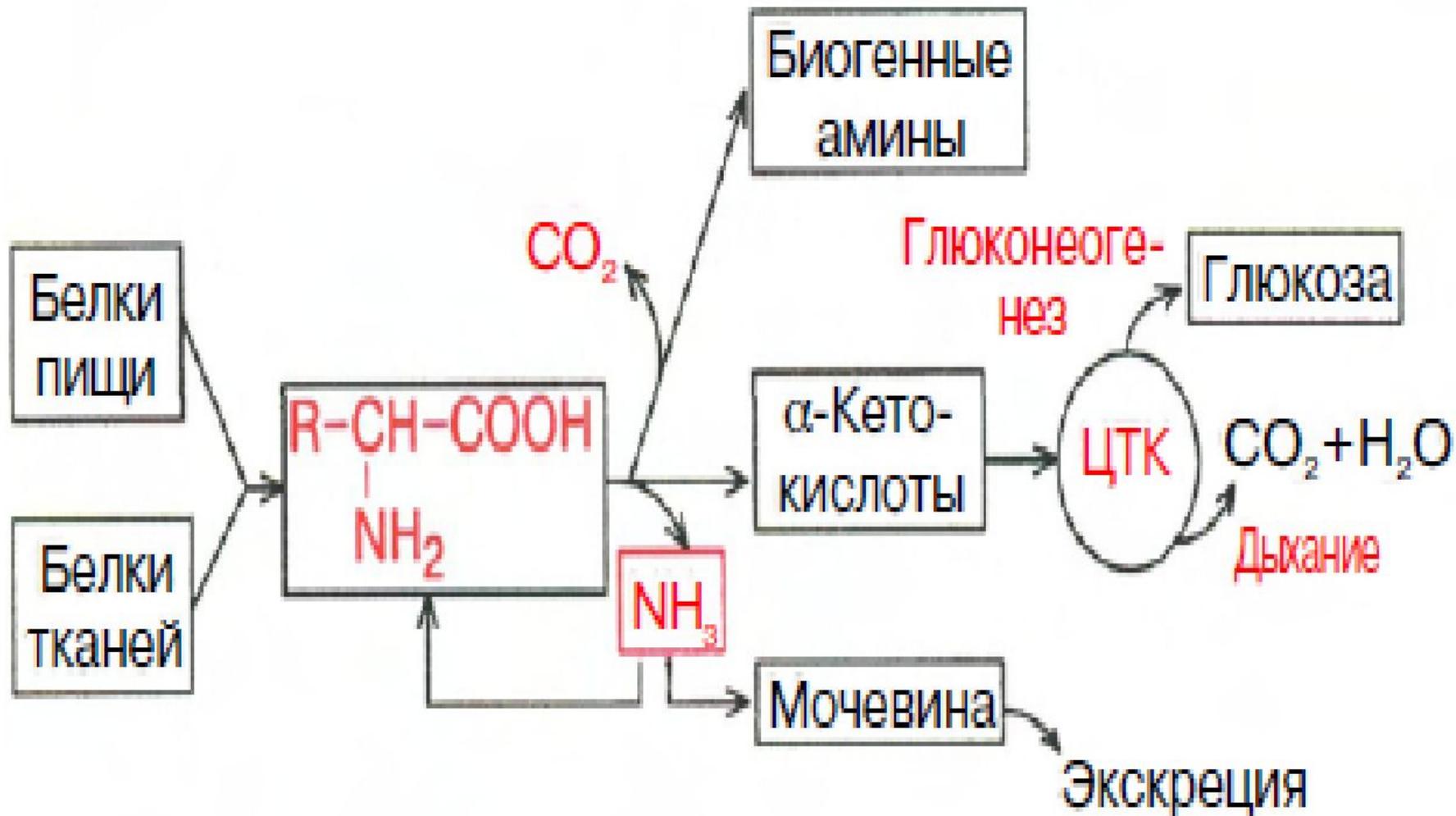
NH_4^+

Цикл азота в биосфере



1) диазотрофы 2) нитрификация (бактерии) 3) поглощение и ассимиляция NH_4^+ и NO_3^- 4) поедание организмов другими и отмирание организмов 5) аммонификаторы, минерализация азота 6) денитрификаторы

Катаболизм аминокислот в организме

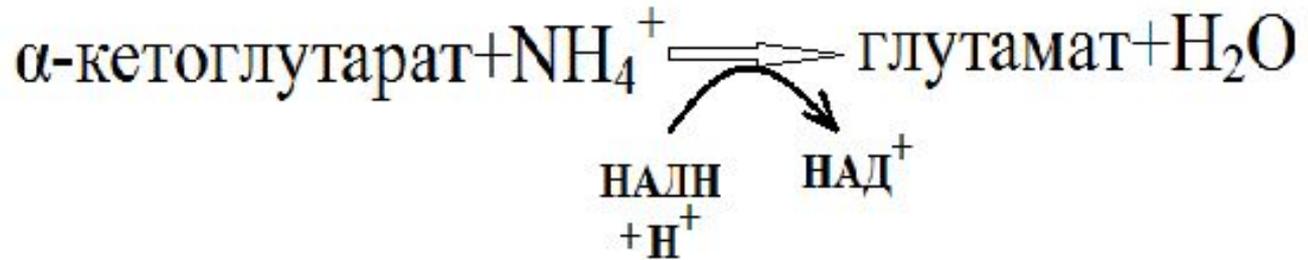


Окислительное дезаминирование

Л-глутаматдегидрогеназа



Окислительное дезаминирование является реакцией, обратной к восстановительному аминированию – одному из путей синтеза аминокислот



Возможные типы дезаминирования аминокислот у разных организмов

Типы дезаминирования (см. по Анисимову):

а) окислительное (универсально для всех)

б) с помощью полифенолоксидазы (у растений)

в) гидролитическое (бактерии, растения)

г) восстановительное (бактерии)

д) внутримолекулярное (бактерии)

Аммиак токсичен!

- Его следует быстро удалить во внешнюю среду или связать в нетоксичное соединение:
 - Глу → глн, асп → асн.
 - У растений в форме амидов запасается азот (работы Н.Д. Прянишникова).
 - У животных амиды – безопасная форма транспорта аммиака
-

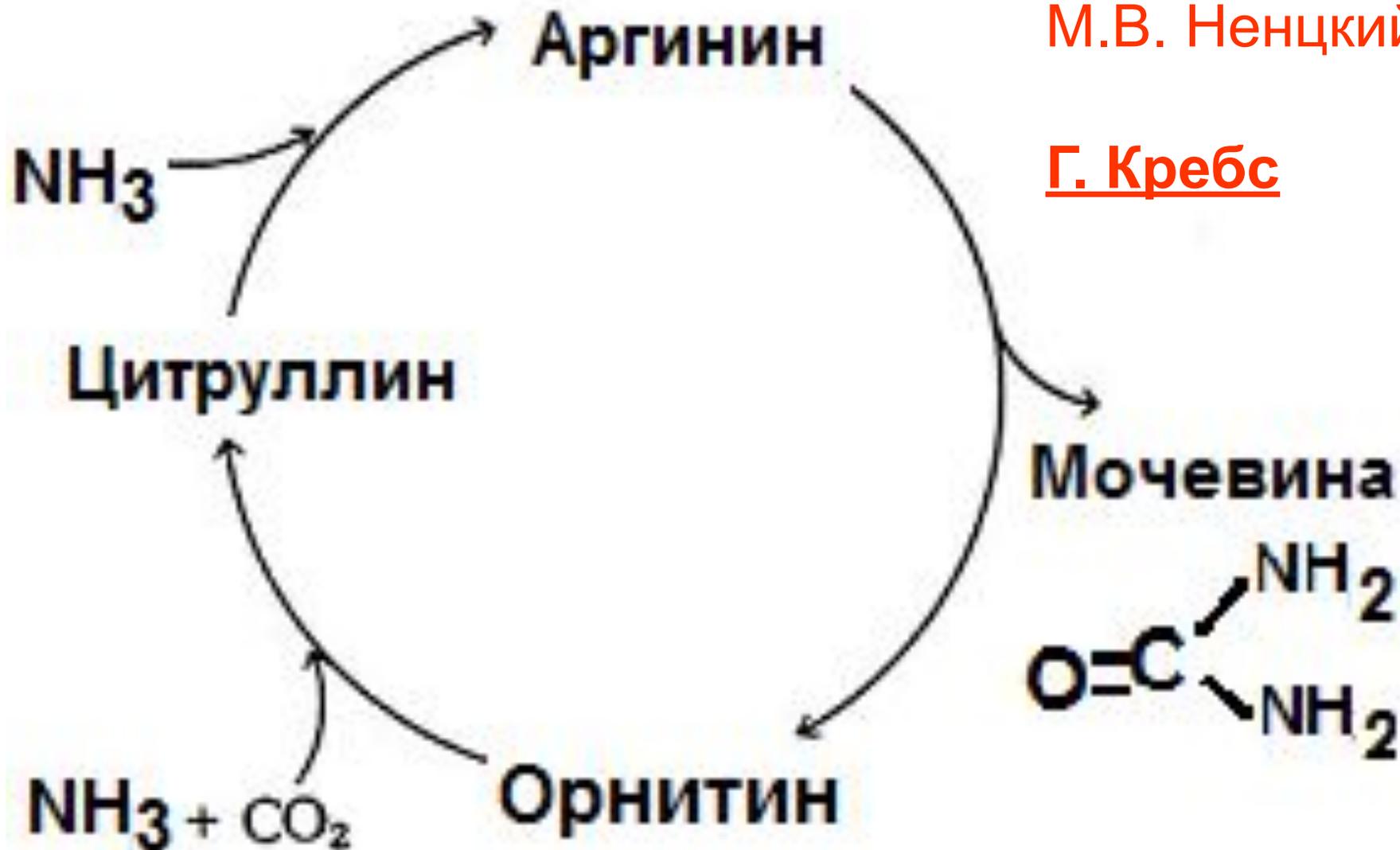
Аммиак токсичен!

- Его следует быстро удалить во внешнюю среду или связать в нетоксичное соединение:
- Глу → глн, асп → асн.
- У растений в форме амидов запасается азот (работы Н.Д. Прянишникова).
- У животных амиды – транспортная безопасная форма аммиака

Орнитиновый цикл (в клетках печени),
на 100 г белка пищи – 30 г мочевины

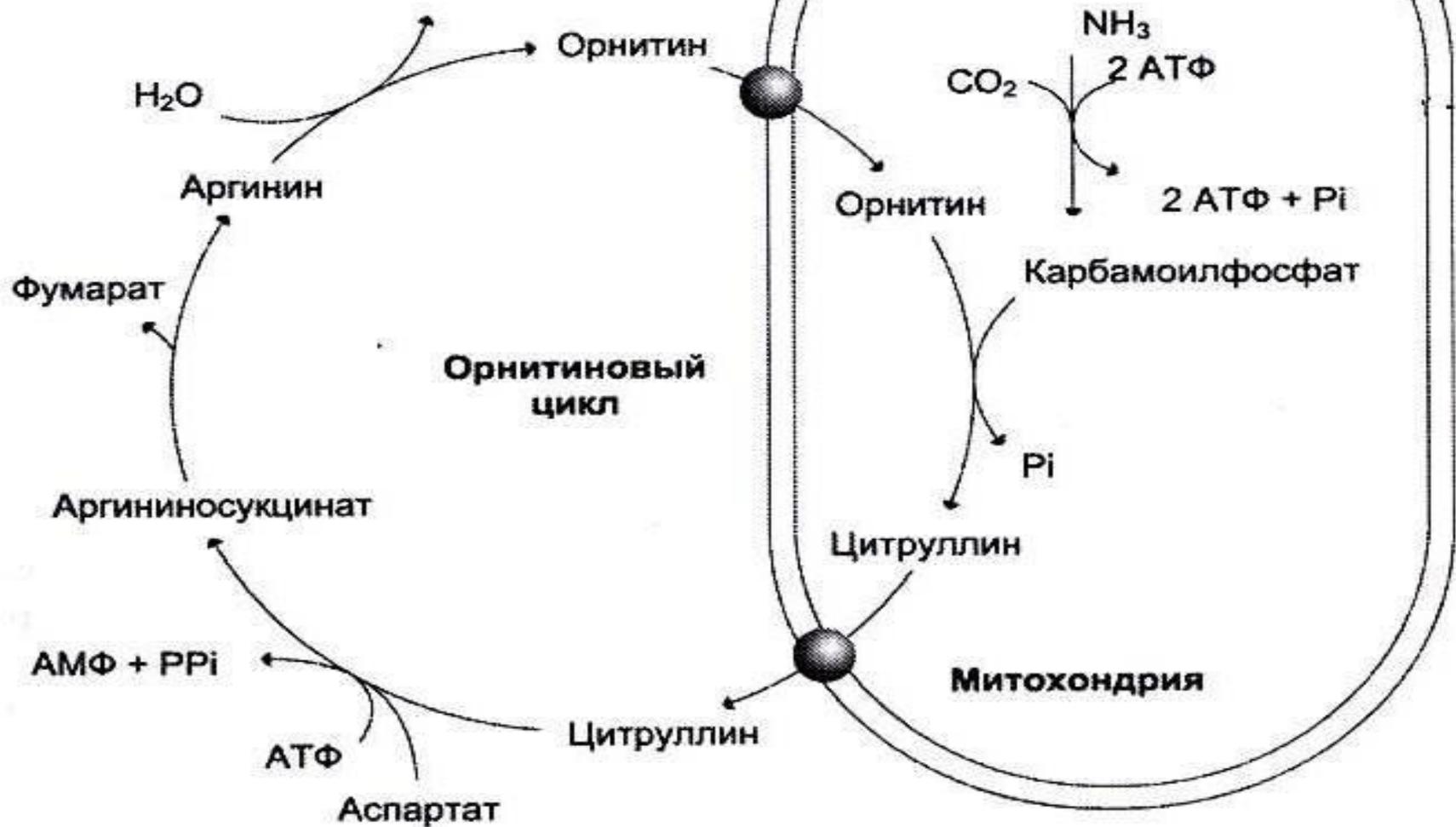
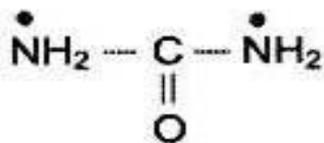
И.П. Павлов,
М.В. Ненцкий

Г. Кребс



Цитозоль

Мочевина



Орнитиновый цикл

Митохондрия

Цитруллин

Аспартат

АТФ

АМФ + РРi

Аргининосукцинат

Фумарат

Аргинин

H₂O

Орнитин

2 АТФ + Рi

Карбамоилфосфат

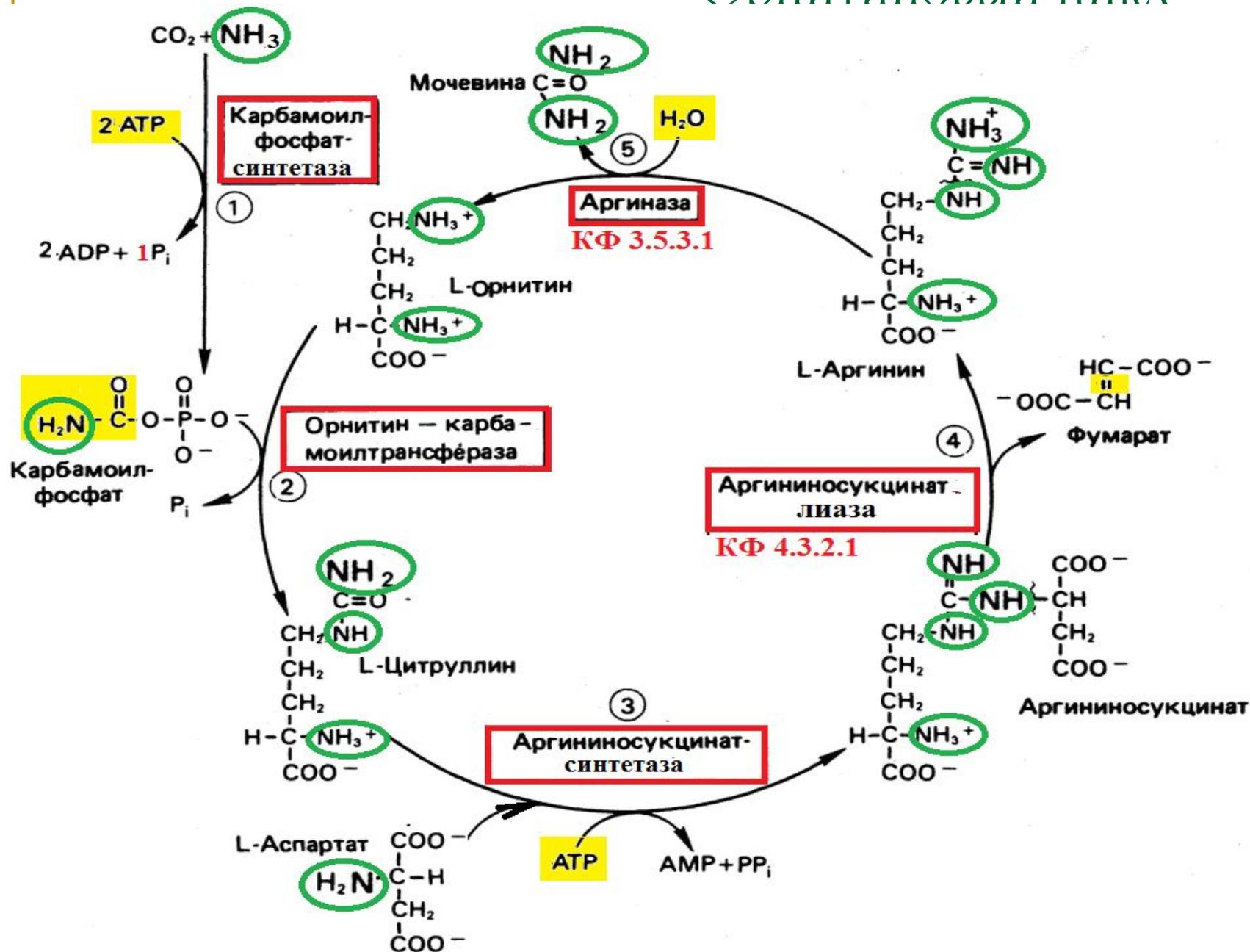
NH₃
CO₂
2 АТФ

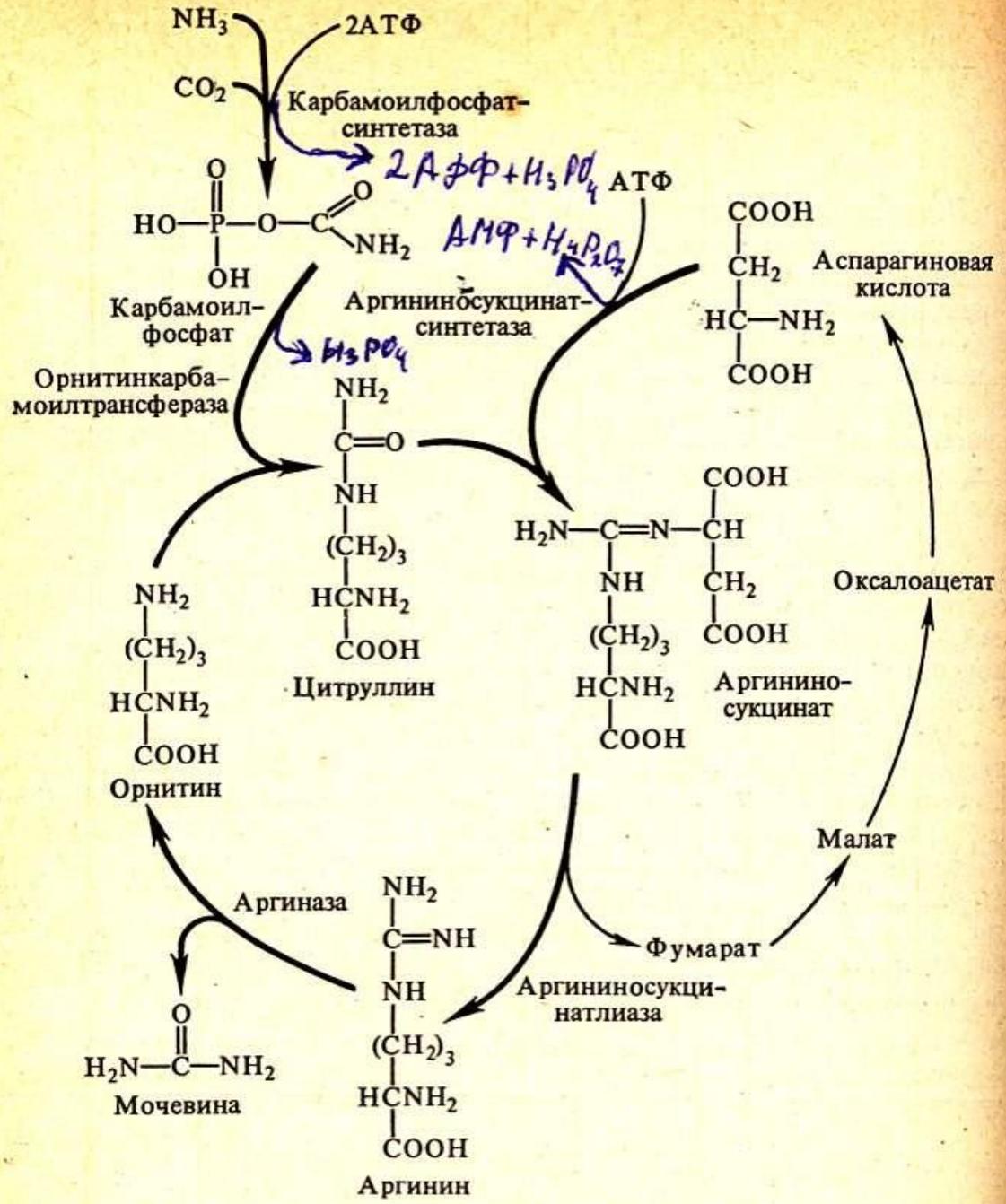
Орнитин

Цитруллин

Рi

Орнитиновый цикл





Орнитиновый цикл

Отходы N-метаболизма животных

- Мочевина – **уреотелические** (наземные позвоночные: млекопитающие, взрослые амфибии), хрящевые рыбы.



- Аммиак – **аммонотелические** (водные беспозвоночные, головастики, крокодилы, костистые рыбы – вместе с небольшим кол-вом мочевины)



- Мочевая кислота - **урикотелические** (птицы, насекомые, рептилии)

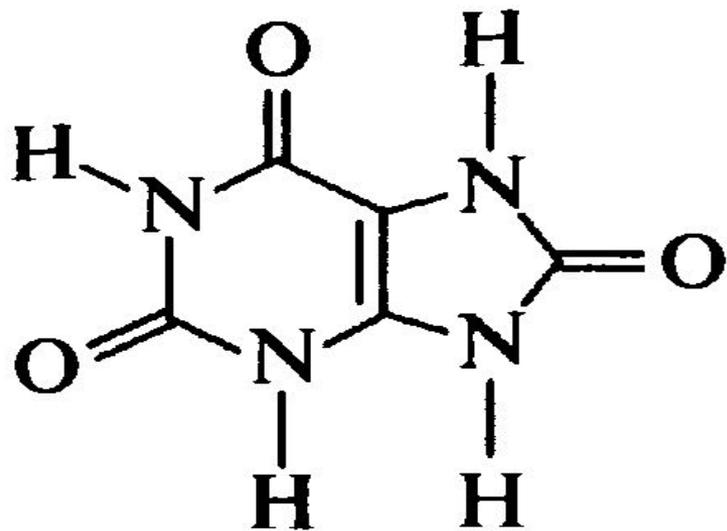


Смена среды – смена метаболизма



• аммиак

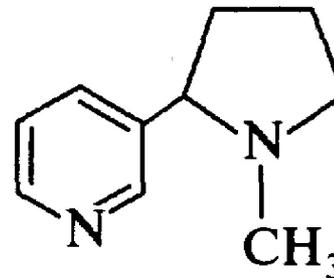
■ мочеви́на



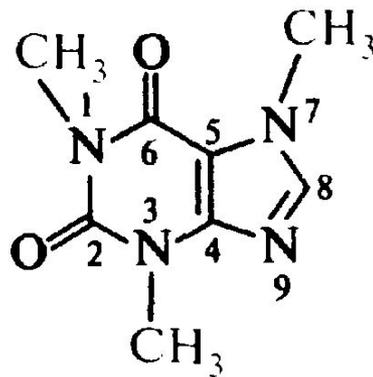
мочевая кислота

У растений отходов N не бывает

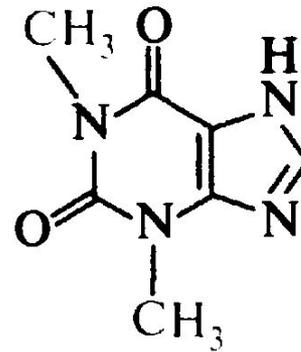
- Запасной формой N часто являются вторичные метаболиты, например, алкалоиды (морфин, кодеин, никотин, стрихнин и др.)



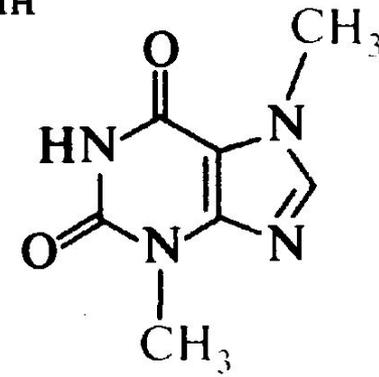
НИКОТИН



кофеин



теофиллин



теобромин