

(Нитро и не только)  
бактерии

# Нитратное дыхание

- Общий путь редукции нитрата  
 $\text{NO}_3^- \rightarrow \text{NO}_2^- \rightarrow \text{NO} \rightarrow \text{N}_2\text{O} \rightarrow \text{N}_2$
- Органотрофы
- Факультативные анаэробы

# Диссимиляционная нитратредукция

- Представители: некоторые энтеробактерии, бифидобактерии, *Thiobacillus thioparus*
- Реакция:  $\text{NO}_3^- + 2e^- \rightarrow \text{NO}_2^-$

## Денитрификация

- Представители: *Pseudomonas*, *Bacillus*  
Реакция:  $2\text{NO}_3^- + 10e^- \rightarrow \text{N}_2$

## Диссимиляционная нитритредукция

- Представители: *Neisseria*, *Flavobacterium*, *Alcaligenes odorans*
- Реакция:  $2\text{NO}_2^- + 6e^- \rightarrow \text{N}_2$

## Neisseria

род бактерий из семейства Neisseriaceae типа протеобактерий. Грамотрицательные диплококки, под микроскопом напоминают кофейные зёрна.

Возбудитель гонореи

# Неполная денитрификация

- Представители: *Halobacterium* sp., *Aquaspirillum itersonii*
- Реакция:  $2\text{NO}_3^- + 8e^- \rightarrow \text{N}_2\text{O}$

## Редукция закиси азота

- Представители: *Vibrio succigenes*, *Campylobacter fetus*
- Реакция:  $\text{N}_2\text{O} + 2e^- \rightarrow \text{N}_2$

## Аэробное нитродыхание

Многоуглеродные субстраты:

Полное окисление (до  $\text{CO}_2$  и  $\text{H}_2\text{O}$ )

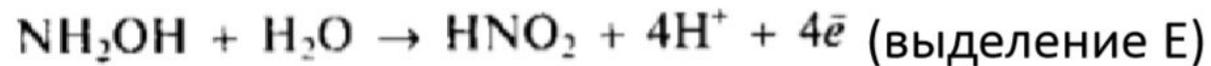
# нитрификация

- Аэробные автотрофные организмы (источник –  $\text{CO}_2$ ), тратят много АТФ на цикл Кальвина, накапливают биомассу медленно.
- (на 1 НАДН – 5  $\text{NO}_2$ ), КПД около 2-5%

**I стадия нитрификации:** Nitrosomonas, Nitrosobacter, Nitrospira, Nitrosovibrio

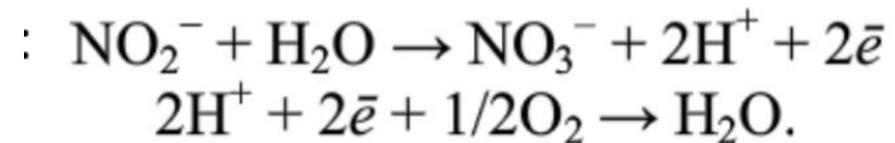
• (гр-, неродственные)

Реакции:  $\text{NH}_3 + 1/2\text{O}_2 \rightarrow \text{NH}_2\text{OH}$  (монооксигеназный механизм, затрата E)



**II стадия нитрификации:** Nitrococcus, Nitrobacter, Nitrospira (гр- , неродственные)

• Реакции: (нитритоксидоредуктаза с атомом Mo)



**Гетеротрофные нитрификаторы:** Proteus, Alcaligenes, Arthrobacter и др.

# Nitrosomonas

# Азотфиксация и аммонификация

## Азотфиксация

Представители: *Rhizobium* (ризобиальные корешки), *Azotobacter*, *Anabaena* и многие другие

$$\text{N}_2 + 8\bar{e} + 8\text{H}^+ + 16\text{АТФ-Mg}^{2+} \rightarrow 2\text{NH}_3 + \text{H}_2\uparrow + 16\text{АДФ-Mg}^{2+}.$$

Общая реакция:  $\text{N} \equiv \text{N} \rightarrow \text{HN}=\text{NH} \rightarrow \text{H}_2\text{N}-\text{NH}_2 \rightarrow \text{NH}_3$

Аммиак – первый свободный продукт (чтобы не вызвать самоотравления)

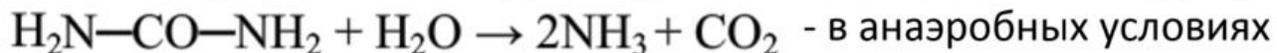
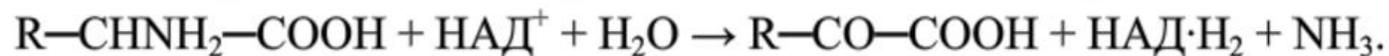
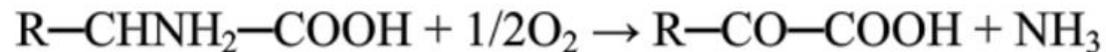
Анаэробы, т.к. нитрогеназа содержит  $\text{Ni}^{2+}$

\*Для защиты бактериоида от кислорода растения научились вырабатывать дальний гомолог гемоглобина, леггемоглобин

## Аммонификация (разложение органического азота до аммиака)

Представители: *Bacillus* (гр<sup>+</sup>), *Pseudomonas*, *Micrococcus*

Реакции:



**Микрококки** (лат. *Micrococcus*) — род маленьких грамположительных сферических бактерий семейства *Micrococcaceae*, которые располагаются поодиночке или в неправильных скоплениях. На плотных питательных средах образуют круглые, гладкие колонии белого, жёлтого или красного цвета. Яркий цвет обусловлен выделением окрашенного продукта в окружающую среду или пигментацией самой клетки. Облигатные аэробы, сапрофиты или факультативные паразиты, патогенных видов нет.

*M. luteus* стал типовым видом для

# Цикл азота

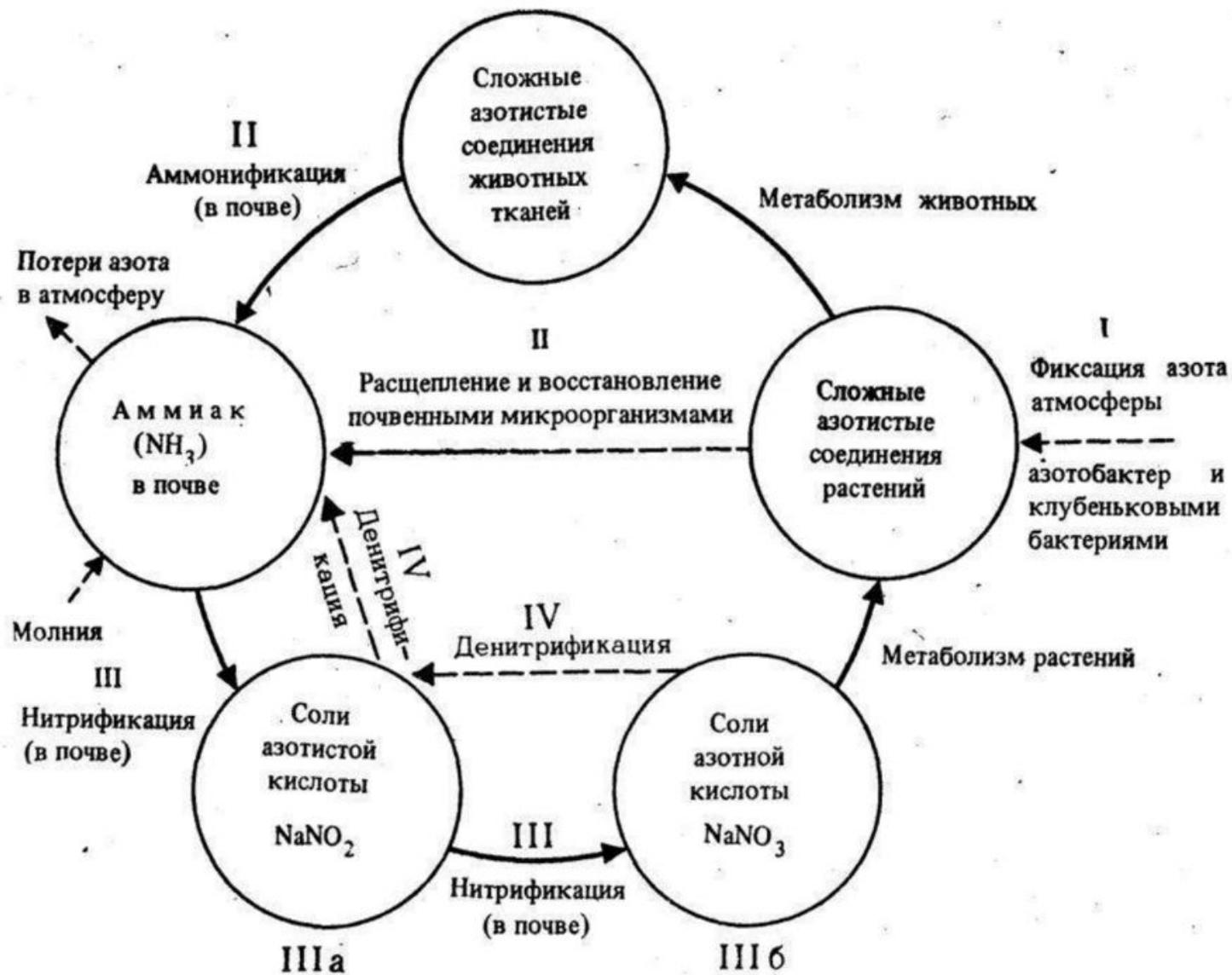


Схема 2. Круговорот азота в природе