

Бактерии в геохимических круговоротах

Круговорот азота

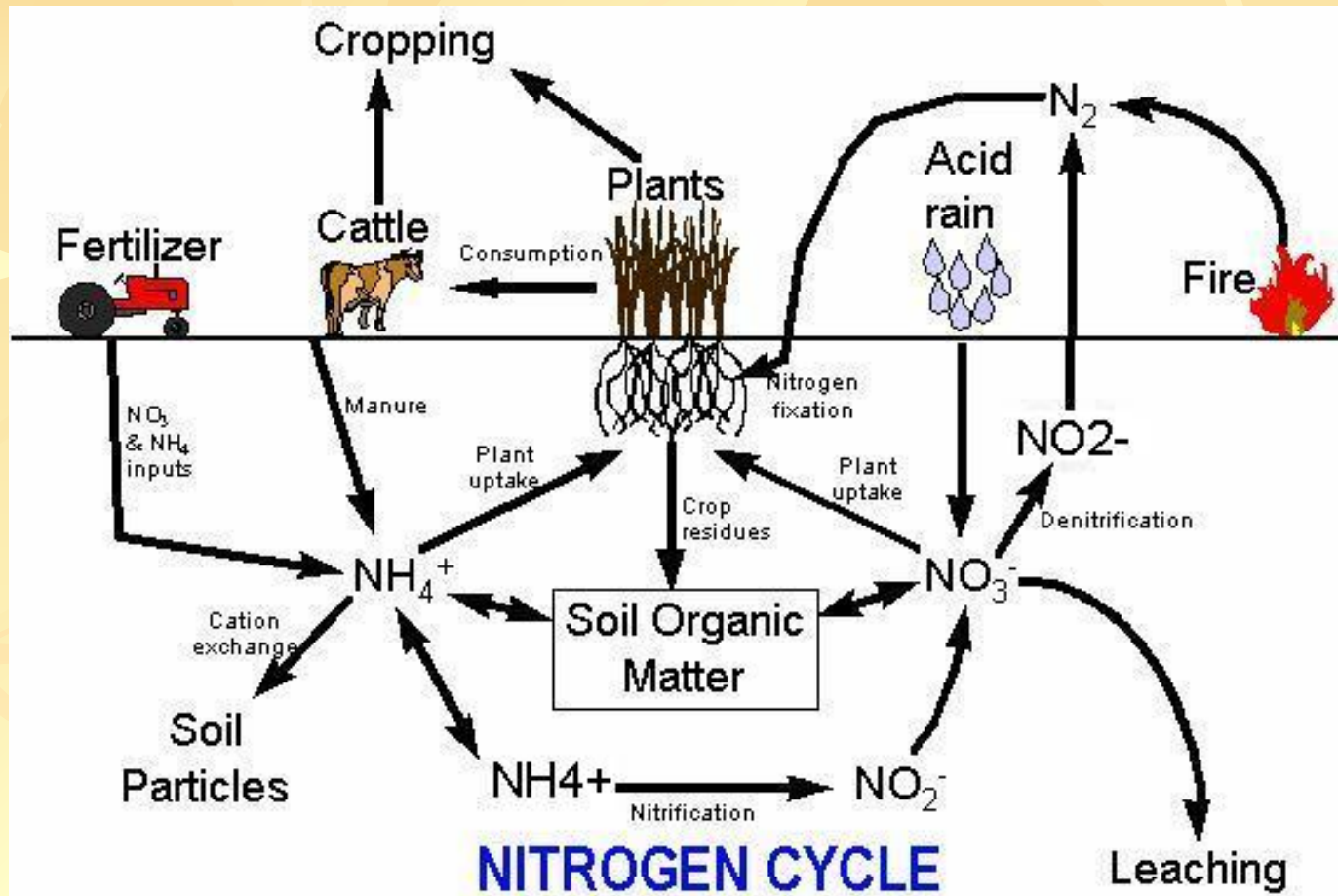
М.Б. Вайнштейн

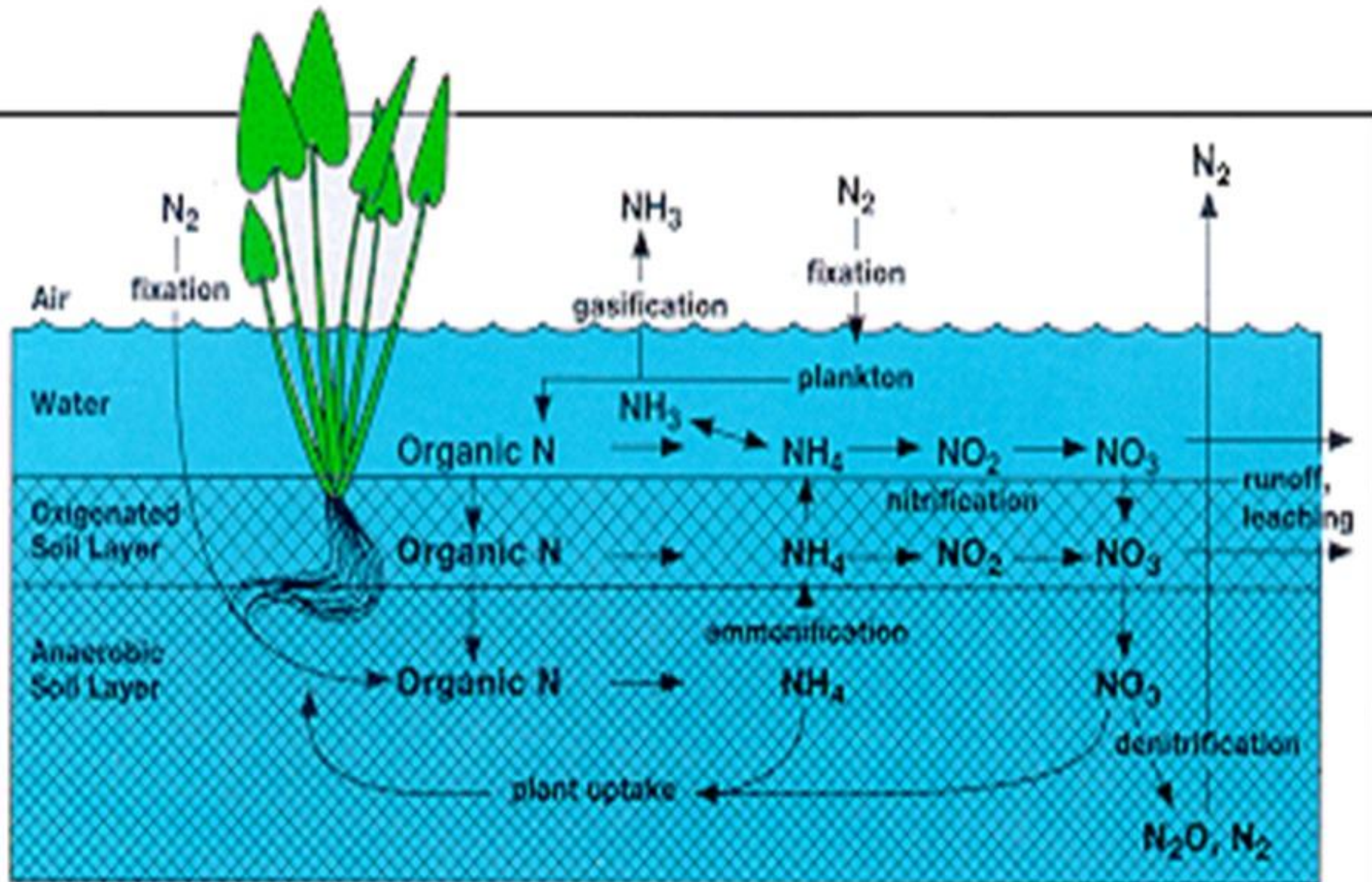
21 октября 2019

Атмосферный азот

- 1772 год:
мефитический воздух – Генри Кавендиш
(для сравнения – Мефи...),
флогистированный воздух – Джозеф Пристли,
испорченный воздух – Даниэль Резерфорд

Что означает «а-зот»?

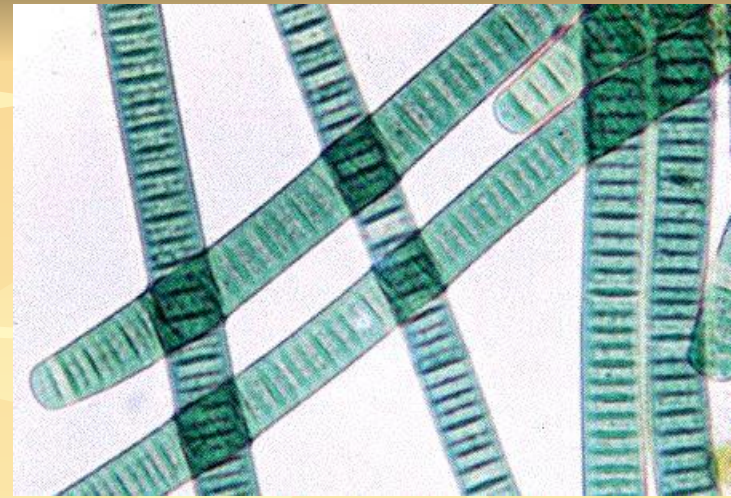




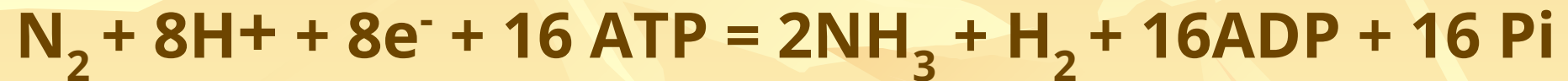
Этапы круговорота азота

- Азотфиксация: из атмосферного азота – в органический (аминокислоты, белки)
- Аммонификация : из аминокрупп – в аммоний (минерализация)
- Нитрификация: окисление аммония до нитритов и нитратов
- Денитрификация: из нитратов - в нитриты, из нитритов – в азот

Азотфиксация



- Энергетика процесса:



- Цианобактерии, клубеньковые бактерии / актиномицеты, некоторые другие бактерии.

Ферменты, ответственные за действие азота, очень чувствительны к кислороду (нитрогеназа). По этой причине многие бактерии ведут азотфиксацию только в микроаэрофильных условиях. *Azotobacter* начинает «сильнее дышать».

Скорости азотфиксации

Организмы	Кг N/га-год
Rhizobium (клубеньковые)	200-300
Цианобактерии / лишайники	30-40
Ризосферные бактерии	2-25
Свободноживущие бактерии	1-2

Методы измерения: весовые, по включению радиоактивного маркера ^{15}N , по ацетилен-редукции.

Включение неорганического азота в органический

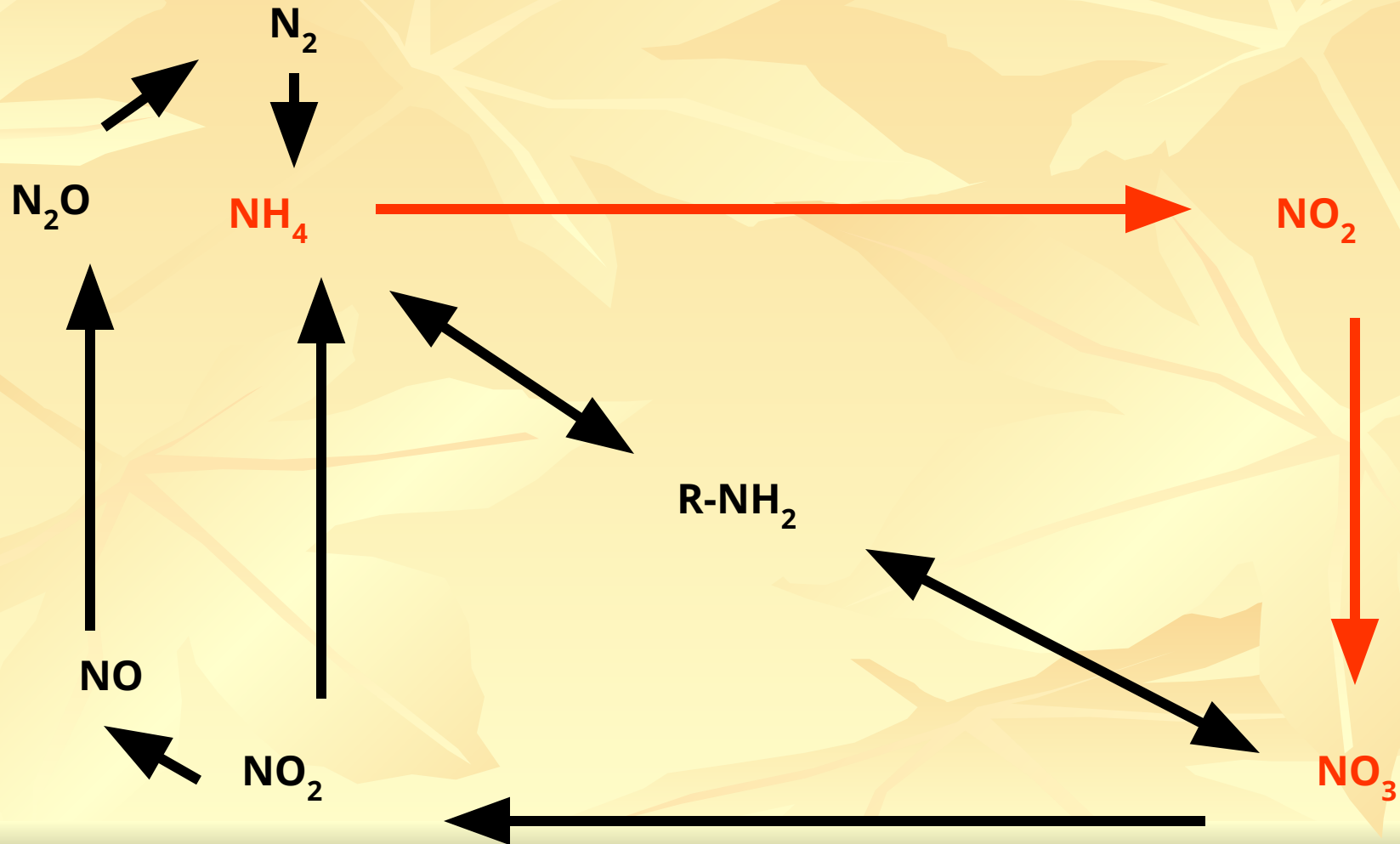
- Азот в биомассе (клеток) $\sim 2,5\%$.
- Как рассчитывать состав питательных сред - ?
- Чилийская селитра в Атакаме – Жан Батист Буссенго в 1822 году по поручению английского горного общества уехал в Южную Америку, где за неимением соответствующий должности на протяжении нескольких лет в составе армии генерала Симона Боливара получил чин офицера и дослужился до полковника.

Закон о гуАно (Guano Act или Guano Islands Act)
— федеральный закон США (1856),
позволявший завладевать островами с
залежами гуАно вне юрисдикции других
государств и не имеющими законных
владельцев.

Закон также наделял президента США правом
использования военной силы для защиты
интересов граждан США по отношению к
содержащим залежи гуано островам.

Процесс Габера–Боша. Проблема связанного
азота в промышленных масштабах была
решена, за что в 1918 году Габер он был
удостоен Нобелевской премии по химии.

Нитрификация (красные стрелки)



Нитрификация

Два этапа окисления аммонийной группы – по отдельности или вместе:

- 1-й этап – до нитритов (например, у *Nitrosomonas*)



- 2-й этап – до нитратов (например, у *Nitrobacter*)

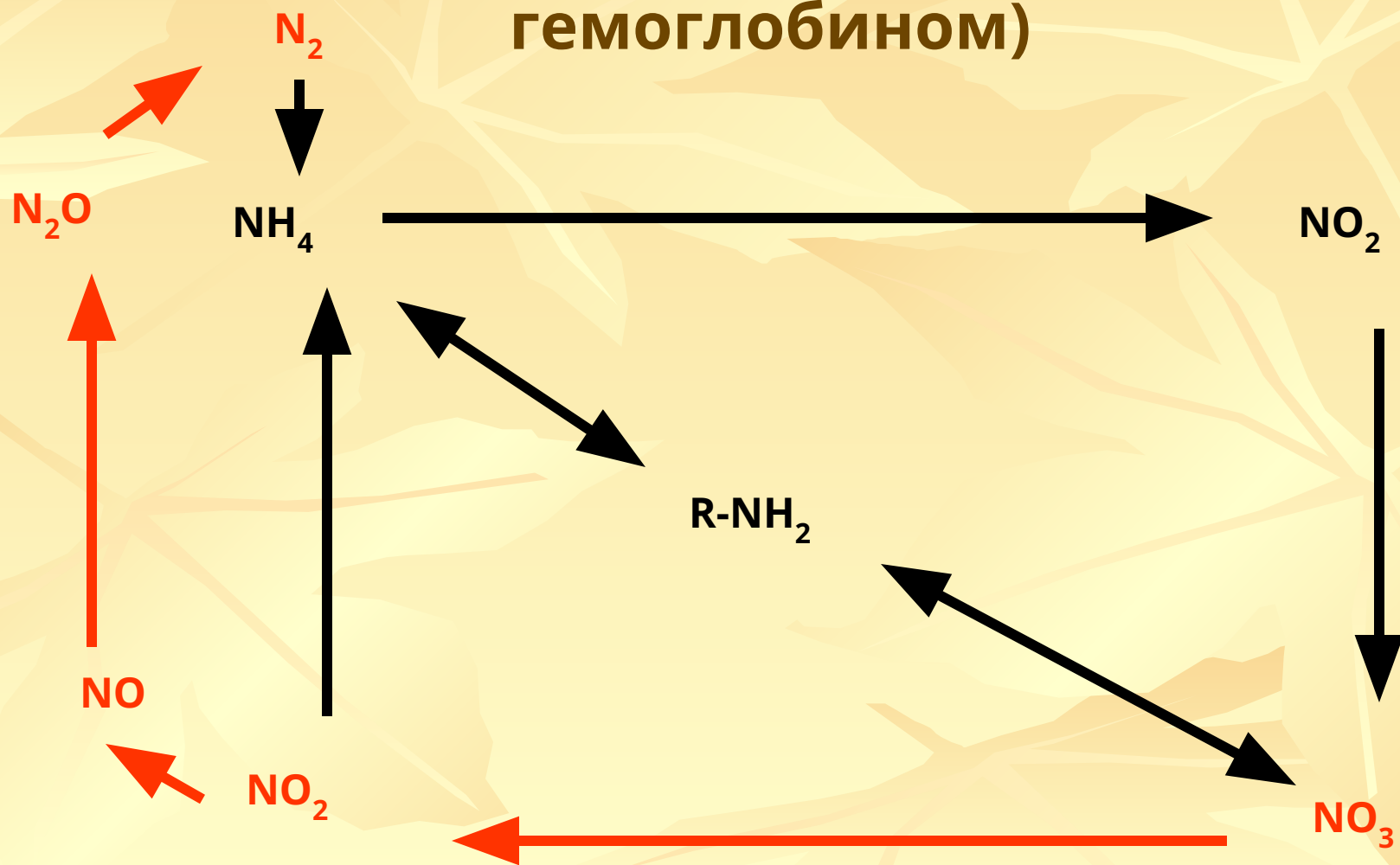


Автотрофная (бактерии) и гетротрофная (бактерии и грибы) нитрификация

- **«Мы шли вдоль бесконечных стен, где в нишах сложены были скелеты вперемежку с бочонками и большими бочками. Наконец мы достигли самых дальних тайников подземелья. Я вновь остановился и на этот раз позволил себе схватить Фортунато за руку повыше локтя. -- Селитра! -- сказал я. -- Посмотрите, ее становится все больше. Она, как мох, свисает со сводов.» (Э. По)**
- **Автотрофные бактерии росли на кирпичной кладке, используя в качестве источников азота и CO₂ газы от разлагающегося органического вещества.**

Денитрификация

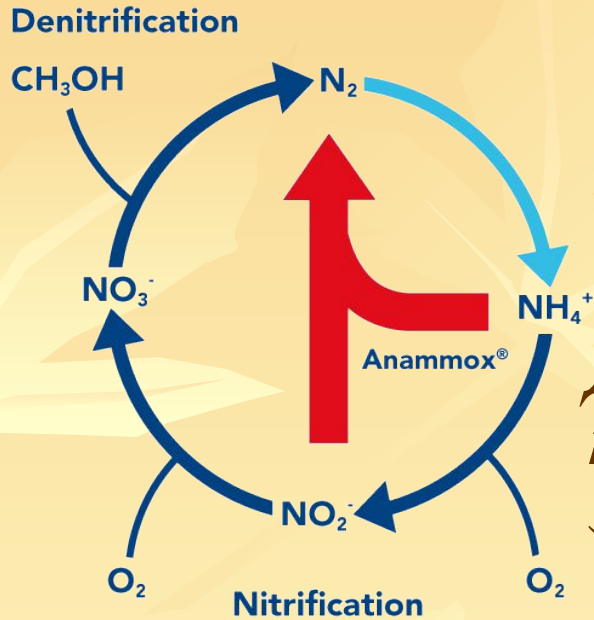
(напоминание истории про сырокопченую колбасу – реакция добавляемого нитрита с гемоглобином)



Денитрификация

- $4\text{NO}_3^- + \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 \rightarrow 2\text{N}_2 + 6\text{H}_2\text{O}$
- Подавляется присутствием другого окислителя – кислорода, O_2

Nitrogen Cycle



Анаммокс

anaerobic ammonium



Д. А. Сикейрос «Меня называли лихим полковником. (Воспоминания)». Эпизод с клубникой в Париже.

Diego Paredes Diego Paredes, **Peter Kusch** et al.

“Influence of plants and organic matter on the nitrogen removal in laboratory -scale model subsurface flow constructed wetlands inoculated with anaerobic ammonium oxidizing bacteria” Engineering in Life Sciences. 2007. V. 7 (6): 565 – 576.

Umweltforschungszentrum GmbH, Leipzig, Germany

