

# КРУГОВОРОТ АЗОТА

Большие запасы азота на нашей планете представлены его восстановленными и окисленными газообразными формами ( $N_2$ ,  $NH_3$ ,  $N_2O$ ,  $NO$ ,  $NO_2$ ), которые входят в состав атмосферы и содержатся в почвенном воздухе. Молекулярный азот составляет главную часть атмосферы: 78,09% по объему или 75,6% по массе.

# В почве азота в три раза больше, чем в биомассе

- азот в почве часто бывает в первом минимуме, так как он находится в недоступной для растений форме. Основная масса почвенного азота заключена в перегнойных соединениях, которые минерализуются очень медленно. Это вызывает необходимость применения азотных удобрений, производство которых ежегодно возрастает

# Азотфиксация – главное звено в цикле азота

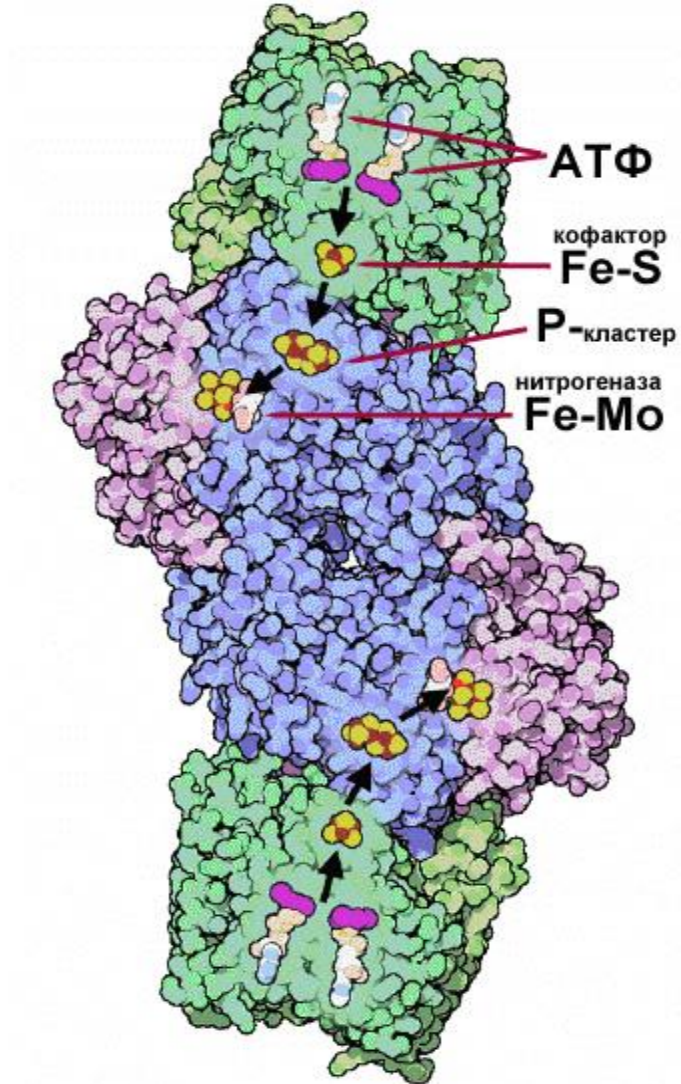
- Она лимитирует все остальные звенья превращения азота. Фиксация азота микроорганизмами – планетарный процесс, который сопряжен с фотосинтезом растений и равен ему по масштабам и значению. Общая продукция микробной фиксации азота составляет от 270 до 330 млн. т/год

Способность к биологическому связыванию молекулярного азота присуща только прокариотным микроорганизмам

- Азотфиксирующие микроорганизмы (дiazотрофы) связывают молекулярный азот с помощью фермента нитрогеназы, представляющий собой комбинацию из двух белков. Молекула одного из них содержит два атома молибдена и около 30 атомов железа, молекула другого – только железо

# Молекула нитрогеназы

- а



Для осуществления **азотфиксации** необходимо много энергии, поэтому процесс активен, когда микроорганизмы находятся в тесном контакте с растением, которое служит источником энергетического материала

- Клубеньковые бактерии образуют симбиоз с бобовыми растениями
- Энергия, необходимая для восстановления азота, поставляется в процессе распада АТФ, генерируемой митохондриями клетки-хозяина на окружающей бактериоид мембране.
- Нитрагин, ризоторфин

Процесс минерализации азотсодержащих органических соединений с выделением аммиака **аммонификация**

- Аммонификация белков – наиболее динамичное звено в цикле азота. Конечным продуктом являются аминокислоты, и их накопление в почве служит одним из показателей ее биологической активности
- Внутриклеточные превращения аминокислот возможны по четырем направлениям: синтез белка, переаминирование, декарбоксилирование и дезаминирование

**Аммиак**, образующийся при микробном разложении, претерпевает далее различные превращения

- 1) частично адсорбируется в почве на глинисто-гумусовых комплексах или нейтрализует почвенные кислоты;
- 2) потребляется как источник азота в процессе метаболизма почвенных микроорганизмов (иммобилизуется);
- 3) выделяется в атмосферу;
- 4) **окисляется в нитриты и нитраты**



# Хемосинтез осуществляют нитрификаторы

- $2\text{NH}_3 + 3\text{O}_2 = 2\text{HNO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + 158 \text{ ккал}$
- $2\text{HNO}_2 + \text{O}_2 = 2\text{HNO}_3 - 43 \text{ ккал.}$
- растения используют не более 50% вносимого азота нитратов, а остальная часть закрепляется в составе органического и минерального вещества почвы, иммобилизуется в клетках микроорганизмов, подвергается восстановлению в процессе анаэробного нитратного дыхания – денитрификации и вымывается

# Образующиеся при нитрификации

## **нитраты**

- 1) используются высшими растениями в процессах ассимиляции;
- 2) вымываются в водоемы и вызывают их эвтрофикацию;
- 3) закрепляются (иммобилизуются) микроорганизмами в процессе ассимиляторной нитратредукции;
- 4) восстанавливаются до молекулярного азота в результате денитрификации.

# ДЕНИТРИФИКАЦИЯ - процесс восстановления нитратов до нитритов и далее до молекулярного азота

- Способностью к денитрификации обладают многие почвенные микроорганизмы, в ее результате в атмосферу ежегодно поступает 270–330 млн. т  $N_2$ .
- Денитрификацию не следует рассматривать как процесс, всегда приводящий к отрицательным последствиям. Это один из природных процессов, который имеет большое экологическое значение в связи с тем, что он восстанавливает баланс азота в атмосфере и предохраняет водоемы от чрезмерного накопления в них нитратов, вымываемых из почв