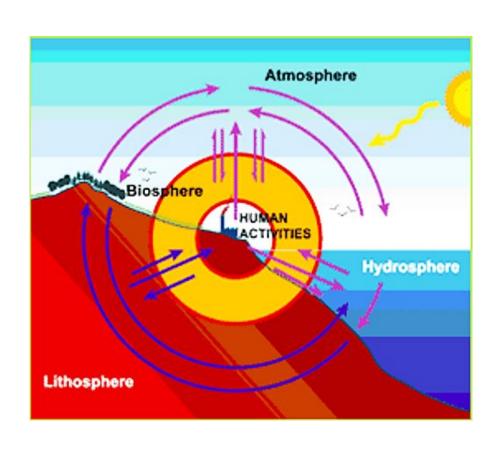
Миграция элементов и биогеохимические циклы



Типы миграции элементов

Механическая: перенос частиц потоками воды или газа

Физико-химическая: перенос в молекулярной форме вне живых организмов (растворы, коллоиды, газы)

Биогенная: перенос в составе или с помощью организмов (в живом веществе)

Техногенная: перенос в ходе деятельности технической цивилизации

Внутренние факторы миграции

Особенности элементов, их соединений и ионов

Ионный потенциал Картледжа: ПК=W/10R_i

Энергетические коэффициенты ионов (по Ферсману): $3K_{\text{катионов}} = (W^2/20R_i) \cdot [075(10R_i + 0.2)] 3K_{\text{анионов}} = W^2/20R_i$

(чем больше ЭК, тем менее подвижны в растворе)

Форма присутствия элементов в природе

(агрегатное состояние, химическое соединение, образование коллоидов, комплексообразование...)

Внешние факторы миграции

Температурный режим

Давление

Кислотно-щёлочные условия среды

Окислительно-восстановительные условия среды

Миграционные ряды элементов – водных мигрантов в коре

(Полынов, 1933)

Энергично выносимые (Cl, Br, J, S)

Легко выносимые (Ca, Na, K, Mg)

Подвижные (Si – в силикатах, P, Mn)

Инертные (F, Al, Ti)

Практически неподвижные (Si – кварц)

Биогенная миграция

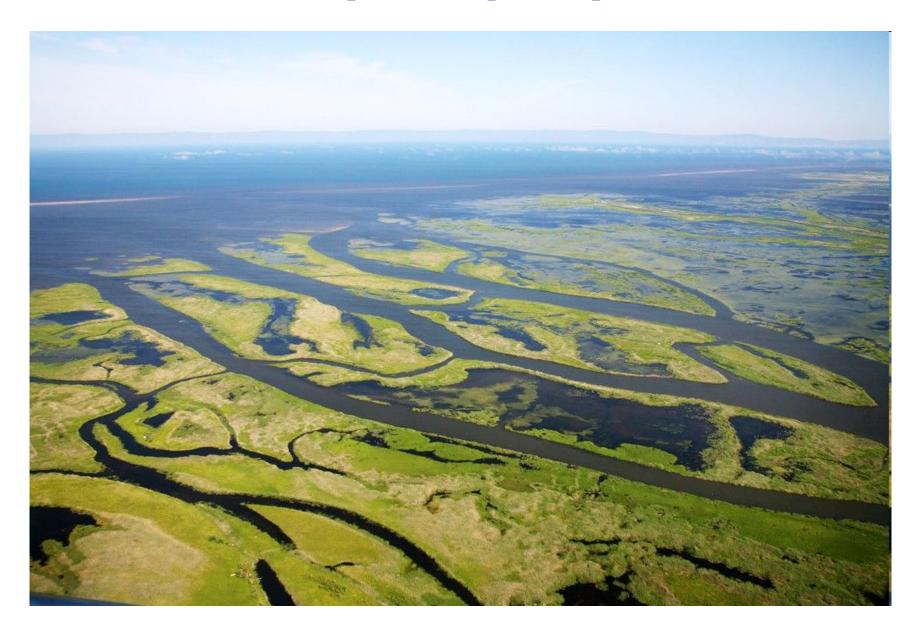
- Организмы защищают от выноса
- При пониженной биогенности более далёкие миграции
- Живое вещество влияет на геохимическую среду
- Организмы кислородные существа
- Жизнь образуется из газов, после смерти превращается в газы
- Подвижные элементы активнее захватываются живым веществом

Биогеохимические барьеры

Участки биосферы, где на коротких расстояниях происходит резкое уменьшение интенсивности миграции химических элементов и, как результат, их накопление (Перельиман, 1961)



Макробарьеры



Мезобарьеры



Микробарьеры





Характер барьеров

- Механические
- Физико-химические (кислородные, сульфидные, глеевые, щелочные, кислые, испарительные, сорбционные)
- Биогеохимические
- Техногенные

Градиент
$$G=(m_1-m_2)/L$$
 Контрастность $S=m_1/m_2$

Болотная руда: Fe₂O₃+X (действие окислительного барьера)



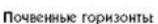






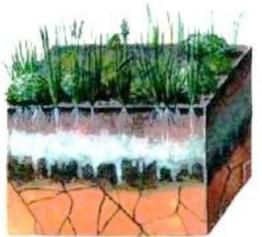
Почвенные барьеры

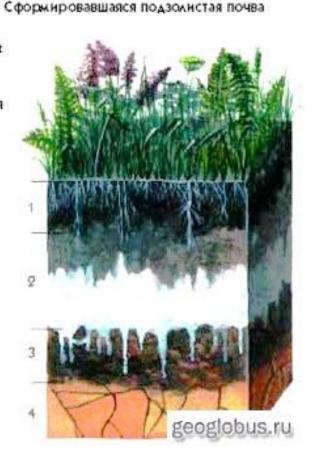




- 1. Гумус
- 2. Горизонт вымывания
- 3. Горизонт вмывания
- Почвообразующая порода

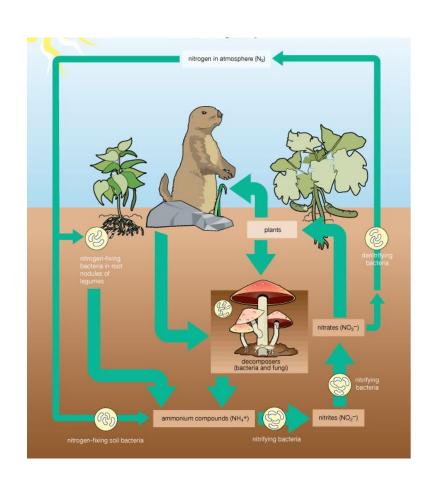
Маломощный слой почвы



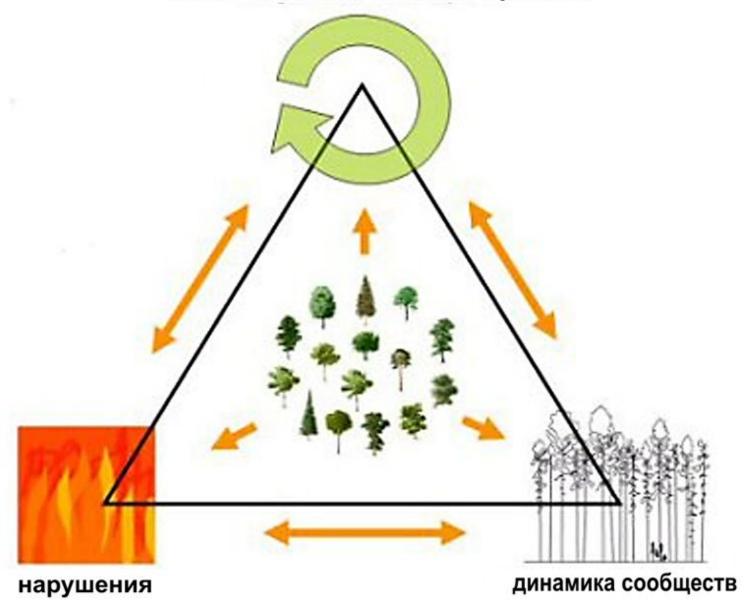




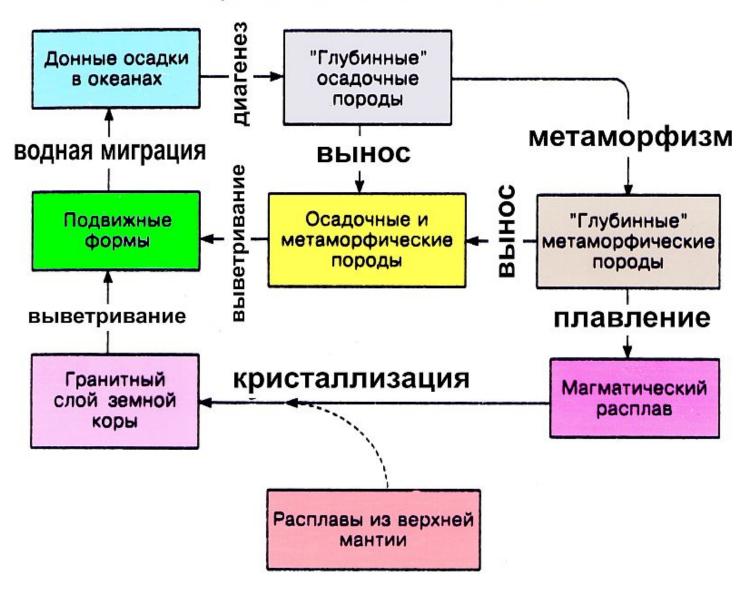
Биосферные циклы элементов



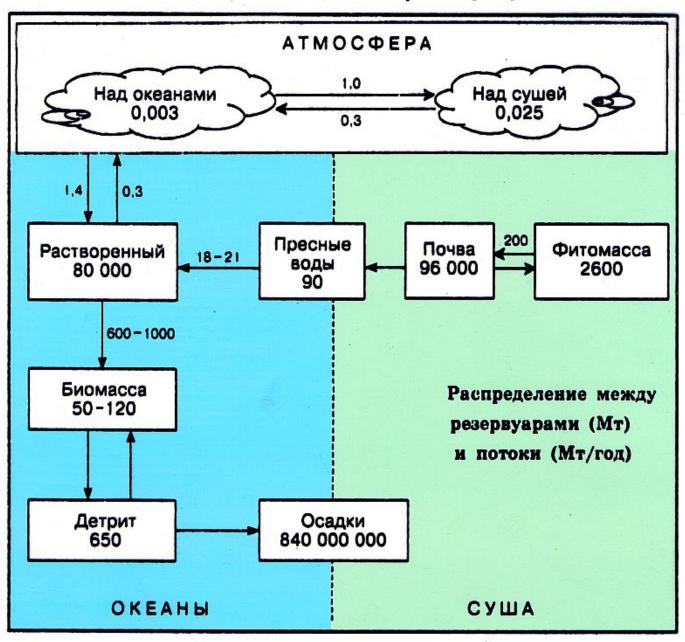
Биогеохимические циклы



Глобальные геохимические циклы элементов



Осадочный цикл фосфора



Цикл воды



Основоположником учения о круговороте воды считают француза П. Перро (1611—1680)...

Среда Среднее время обновления

Океаны 3 200 лет

Ледники от 5 до 10 лет

Сезонный снежный покров от 2 до 6 месяцев

Почвенная корка от 1 до 2 месяцев

Грунтовые воды поверхностные от 100 до 200 лет

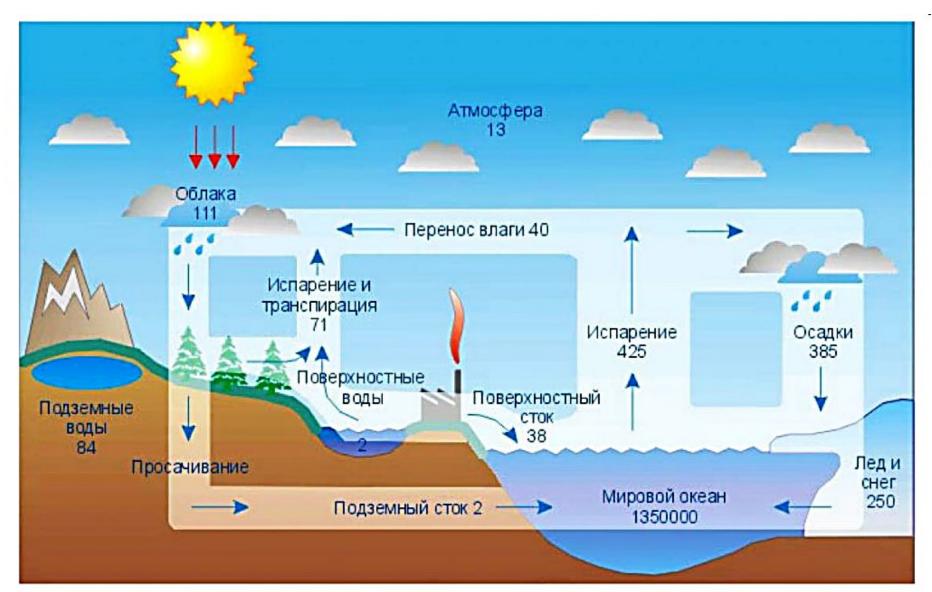
Грунтовые воды углубленные 10 000 лет

Озера от 15 до 17 лет

Реки от 17 до 19 дней

Атмосфера 10 дней

Гидрологический цикл



Планетарный обмен влагой (тыс.км³) (ВМО, 2002)

Глобальный гидрологический цикл

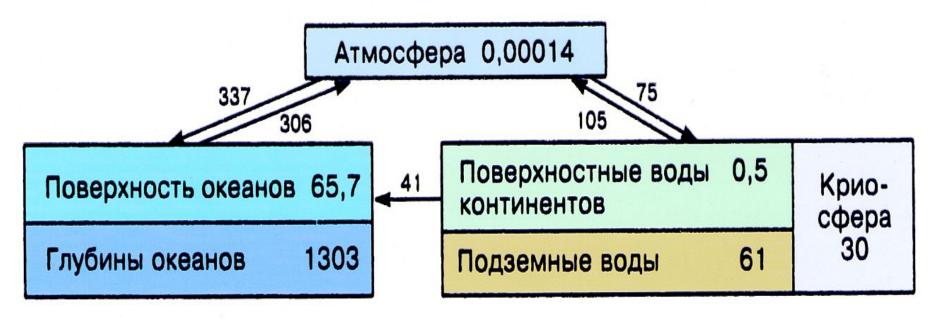


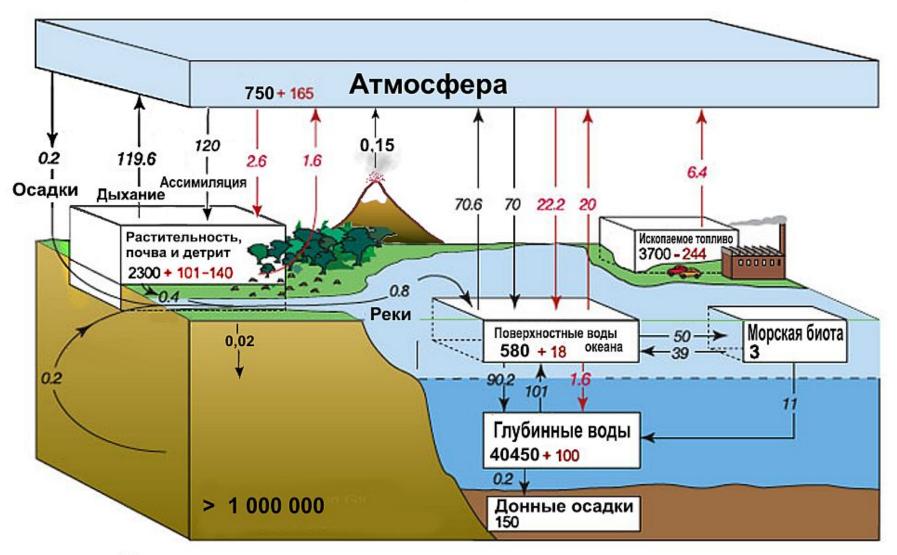
Схема глобального гидрологического цикла. Содержание воды в резервуарах приведено в млн. км³, а потоки — в тыс. км³/год

Глобальные потоки кислорода Источники и стоки потоки, Гт/год

Πp	из	600
222	wn	

P	
Фотосинтез на континентах Фотосинтез в океанах Фотолиз водяного пара в атмосфере	150 120 0,0002
Bcero	270
$Pacxo\partial$	
Аэробное дыхание Биологическая нитрификация Микробиологическое окисление CH ₄ и H ₂ S Фотохимическое окисление органических компонентов атмосферы Реакции озона с поверхностью Химическое выветривание сульфидов Химическое выветривание керогена Окисление молекулярного азота при грозах Окисление восстановленных компонентов вулканических газов	210 38 7,25 5,22 0,77 0,26 0,24 0,10 0,04
Всего	261

Цикл углерода



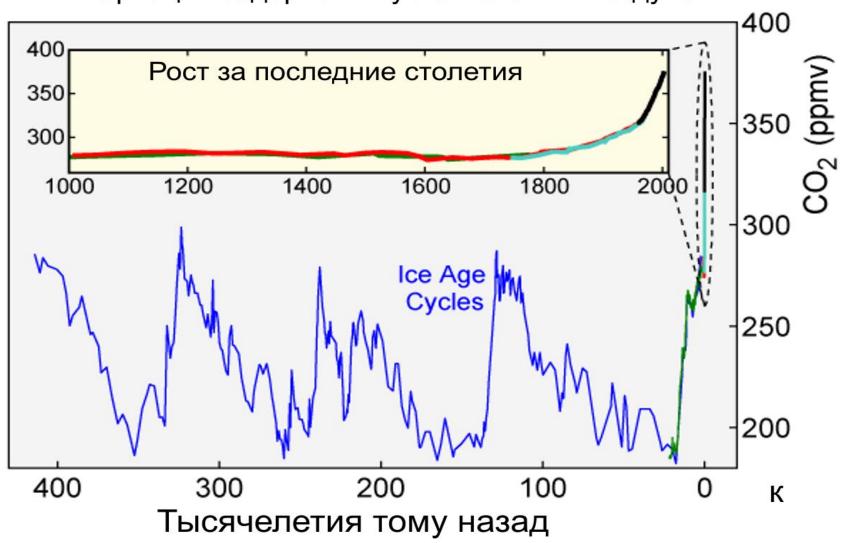
Размеры резервуаров: гигатонны углерода

Потоки: гигатонны в год

Предполагаемые антропогенные влияния

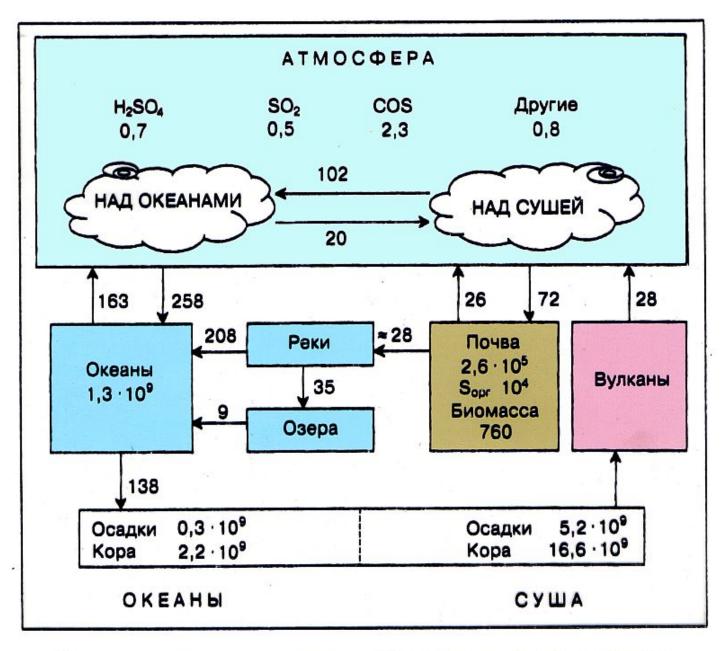
Концентрация СО₂ в воздухе

Вариации содержания углекислоты в воздухе



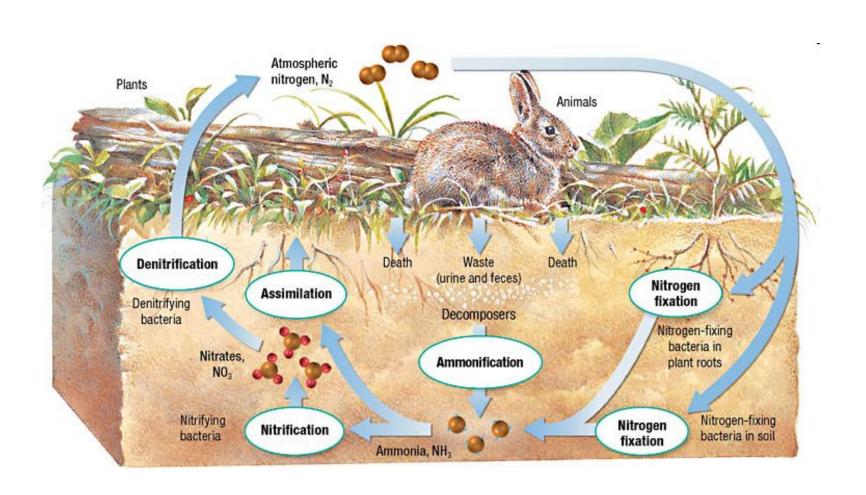
Круговорот серы



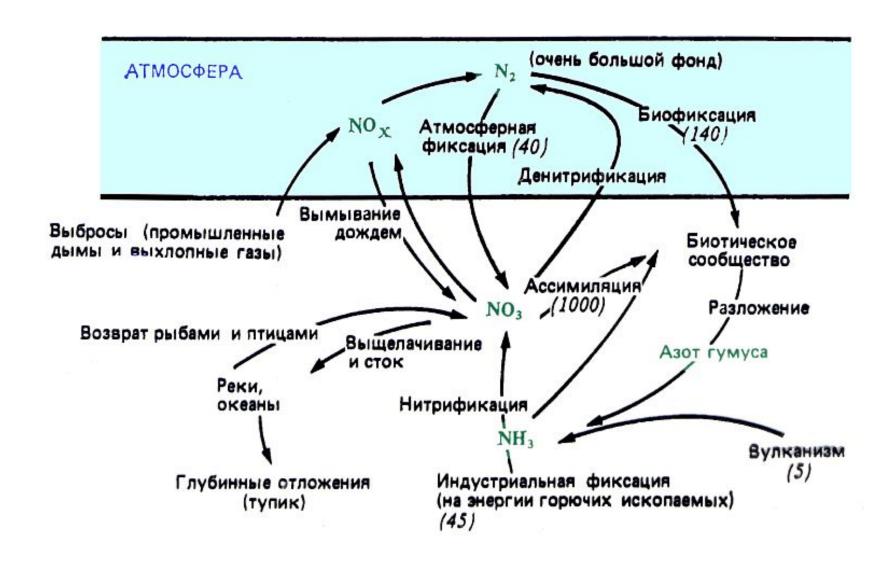


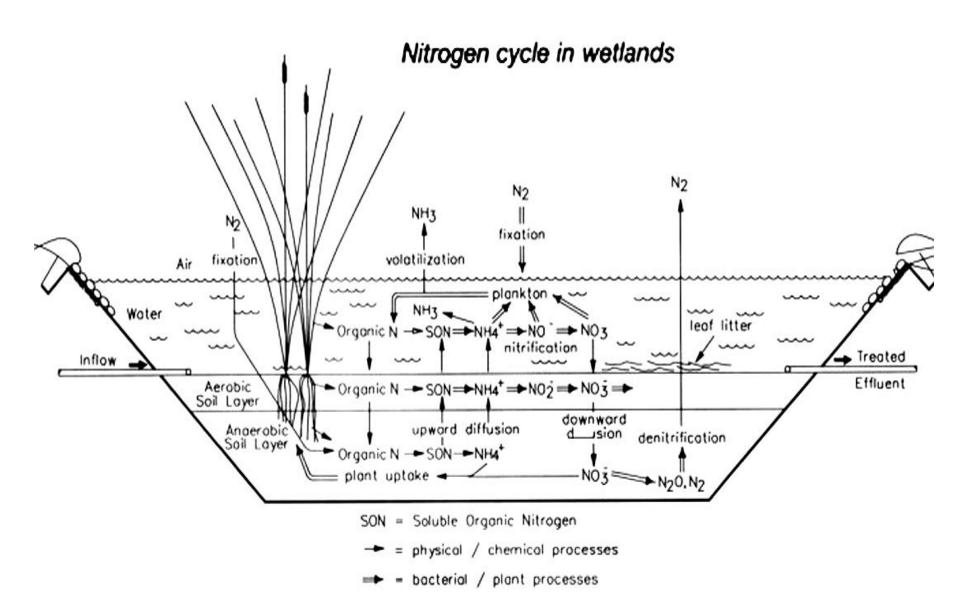
Распределение по резервуарам (Мт) и миграционные потоки (Мт/год) серы в географической оболочке Земли

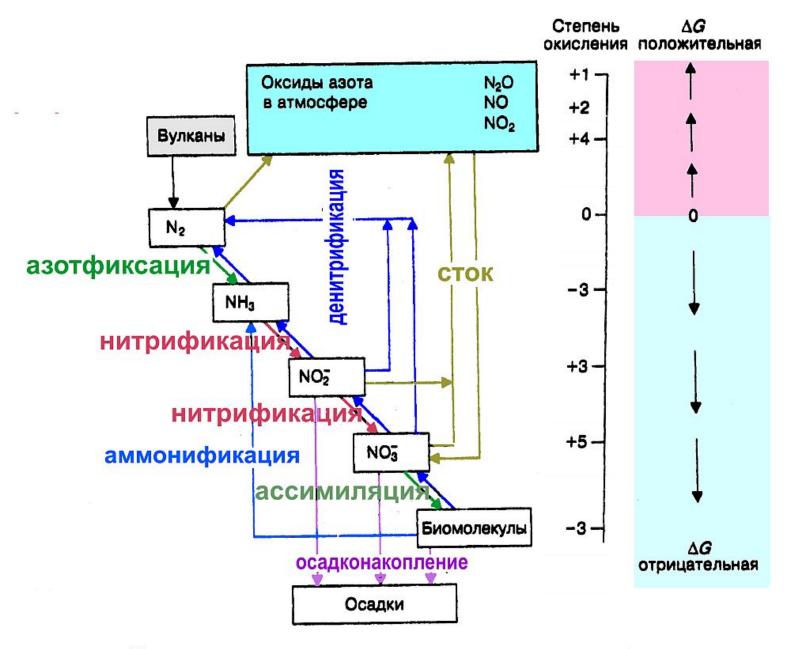
Цикл азота



Потоки азота с точки зрения биолога

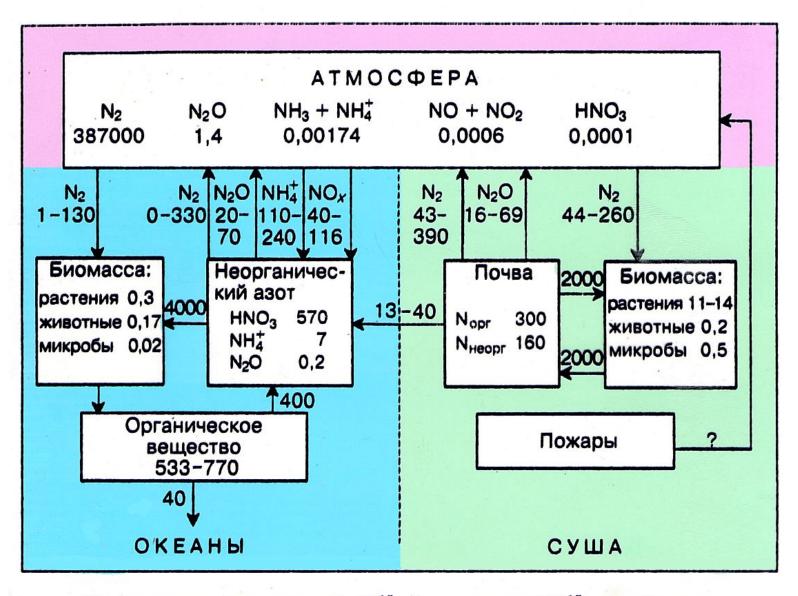






Химические соединения, участвующие в цикле азота, отличающиеся по степени окисления и относительной устойчивости (по П. О'Нейл, 1993, с изменениями)

Глобальный круговорот азота



Основные резервуары (в 10^{15} т) и потоки (10^{15} т/год) азота

Общее количество бактерий: $4-6 \times 10^{30}$ клеток Содержание элементов, $10^{15}\, {}_\Gamma$

	бактерии	растения	бактерии/растения
С	350 - 550	560	0.6 - 1
N	85 - 130	10	8.5 - 13
P	9 - 14	1	9 - 14

биотоп	число клеток х 10 ³⁰	время деления, г	% от общего
почва	0.26	2.5	5
поверхность земли	1.4	1500	27
открытый океан	0.12	0.02 - 0.8	2
дно океана	3.5	1500	67

Биогеохимические циклы в микробиальном мате

