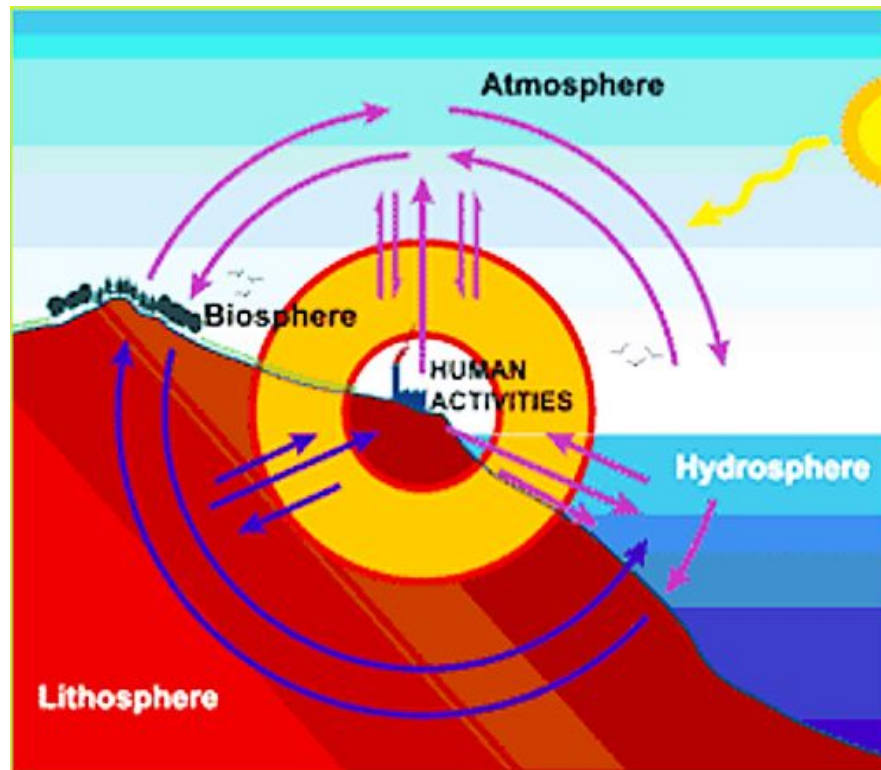


Миграция элементов и биогеохимические циклы



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: $PK = W/10R_i$

Энергетические коэффициенты ионов (по Ферсману):

$$ЭК_{\text{катионов}} = (W^2/20R_i) \cdot [0,75(10R_i + 0,2)] \quad ЭК_{\text{анионов}} = W^2/20R_i$$

(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 (Перельман, 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: $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{X}$ (действие окислительного барьера)









Почвенные барьеры



Маломощный
слой почвы

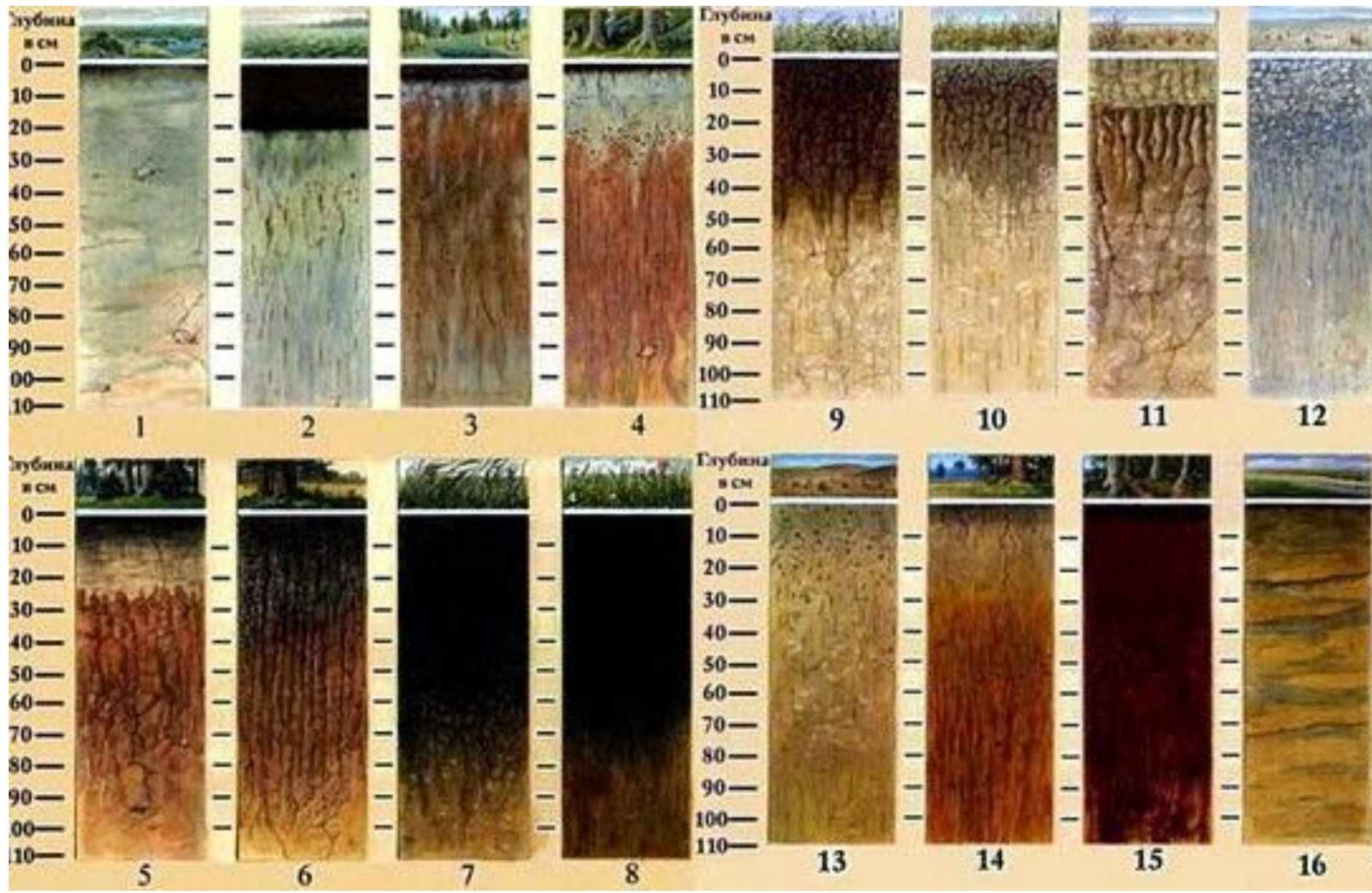
Почвенные горизонты

1. Гумус
2. Горизонт вымывания
3. Горизонт вымывания
4. Почвообразующая порода

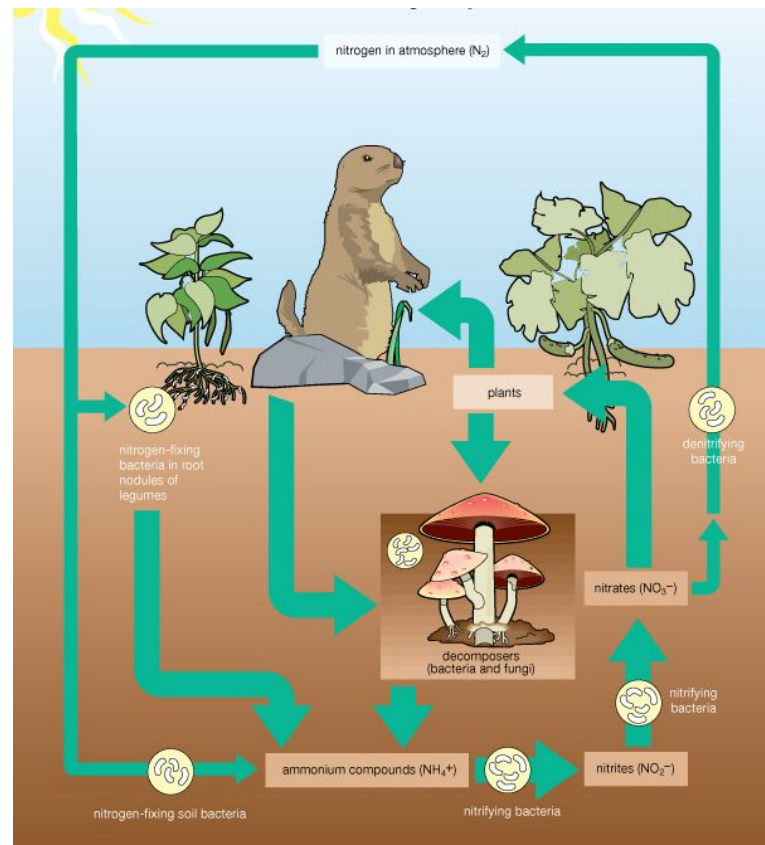


Сформировавшаяся подзолистая почва

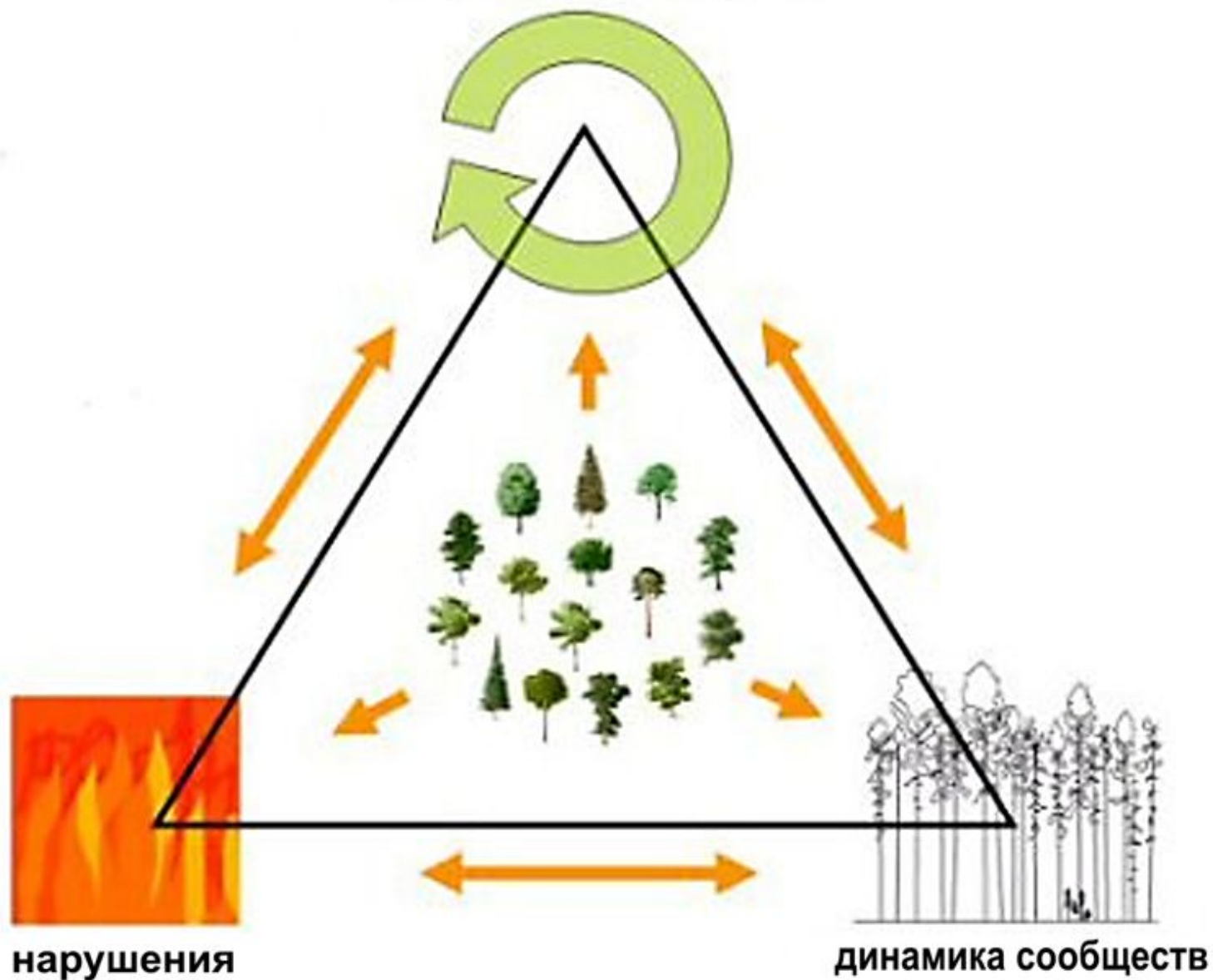




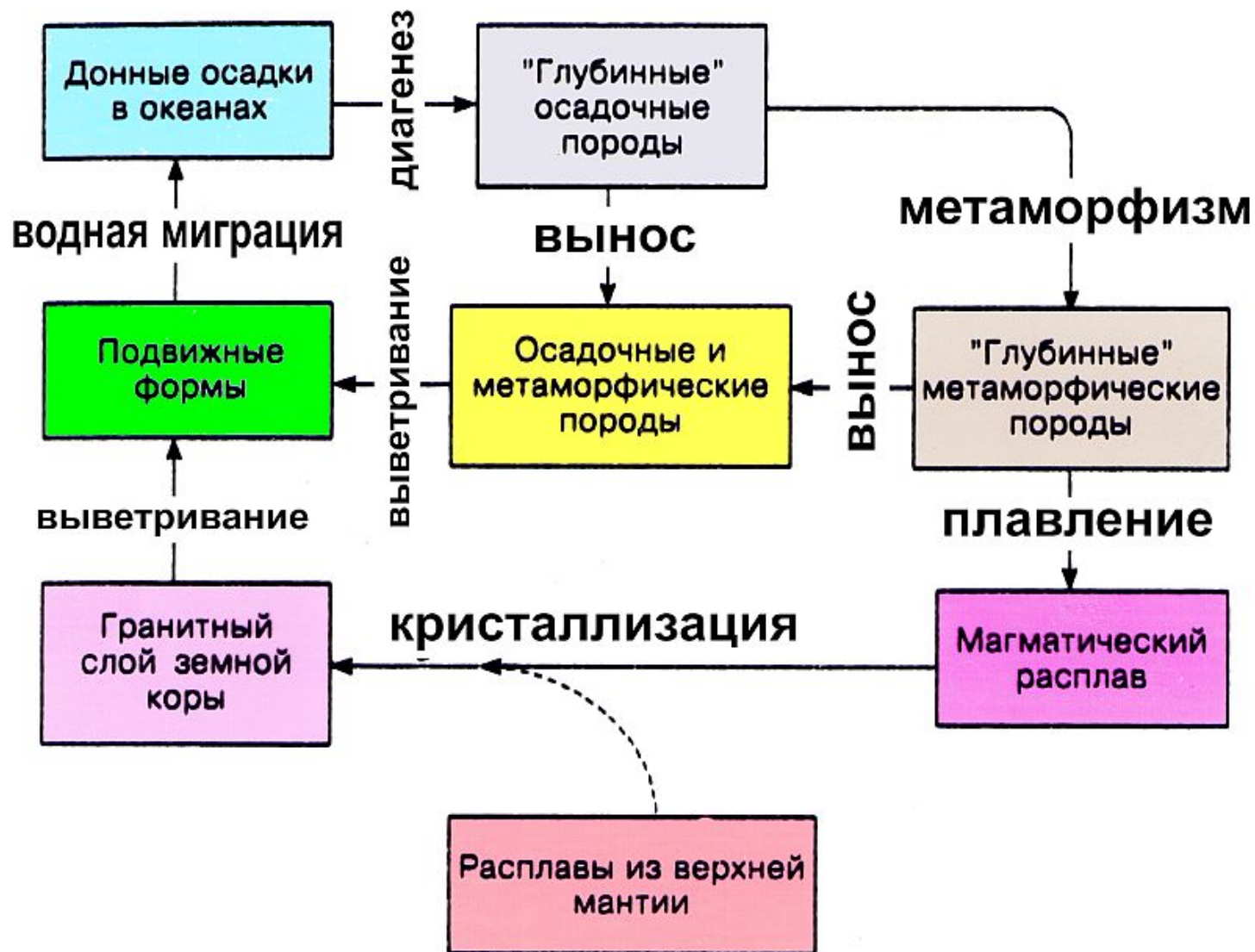
Биосферные циклы элементов



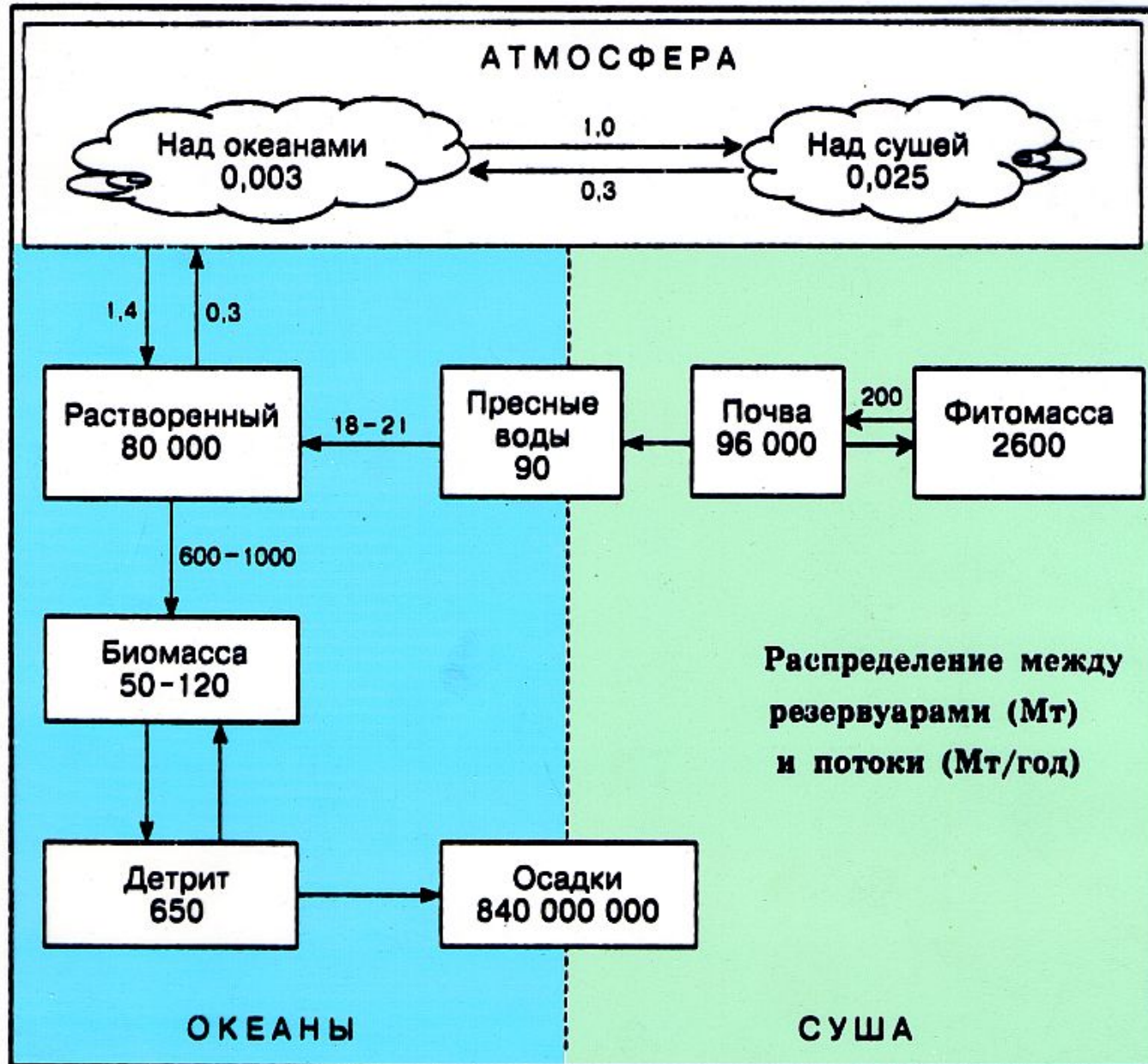
Биогеохимические циклы



Глобальные геохимические циклы элементов



Осадочный цикл фосфора



Цикл воды



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

Среда

Океаны

Ледники

Сезонный снежный покров

Почвенная корка

Грунтовые воды поверхностные

Грунтовые воды углубленные

Озера

Реки

Атмосфера

Среднее время обновления

3 200 лет

от 5 до 10 лет

от 2 до 6 месяцев

от 1 до 2 месяцев

от 100 до 200 лет

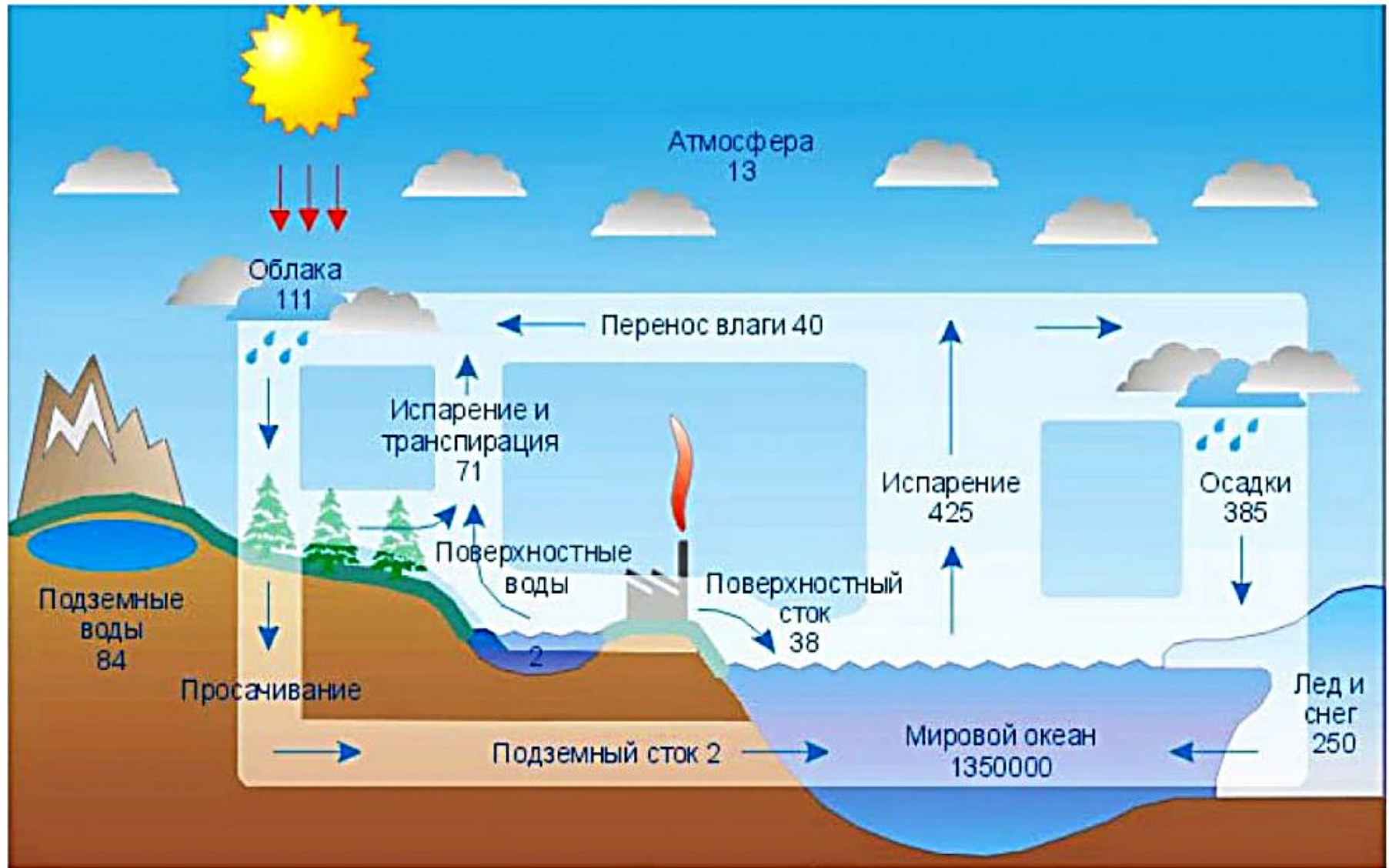
10 000 лет

от 15 до 17 лет

от 17 до 19 дней

10 дней

Гидрологический цикл



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

Глобальный гидрологический цикл

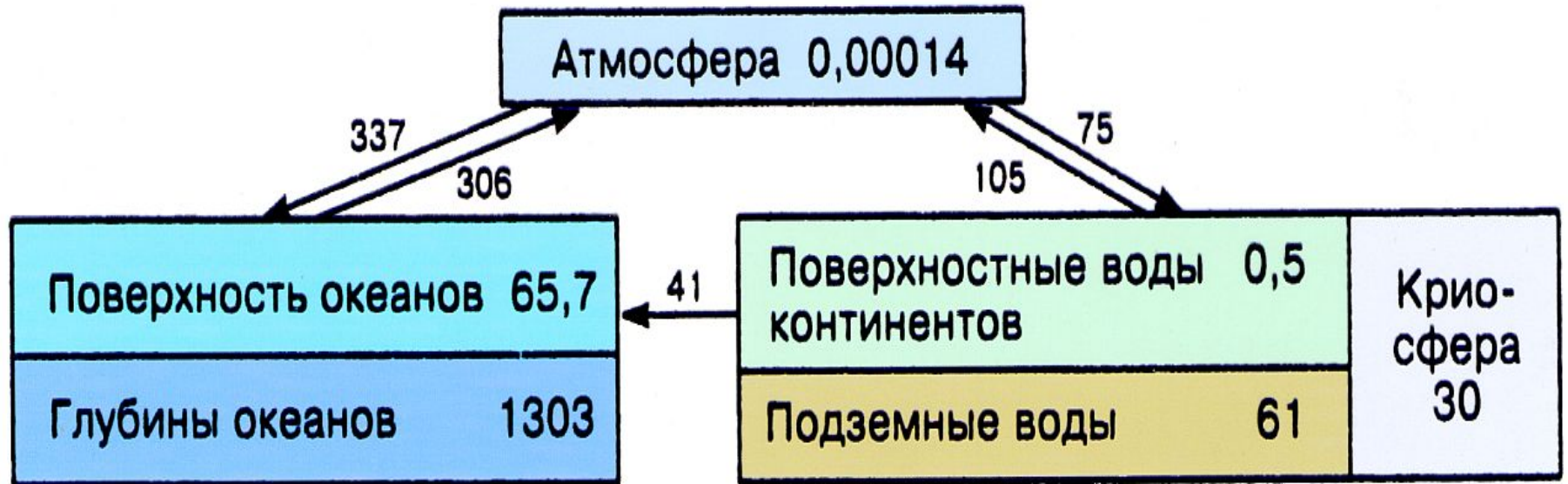


Схема глобального гидрологического цикла. Содержание воды в резервуарах приведено в млн. км³, а потоки – в тыс. км³/год

Глобальные потоки кислорода

Источники и стоки потоки, Гт/год

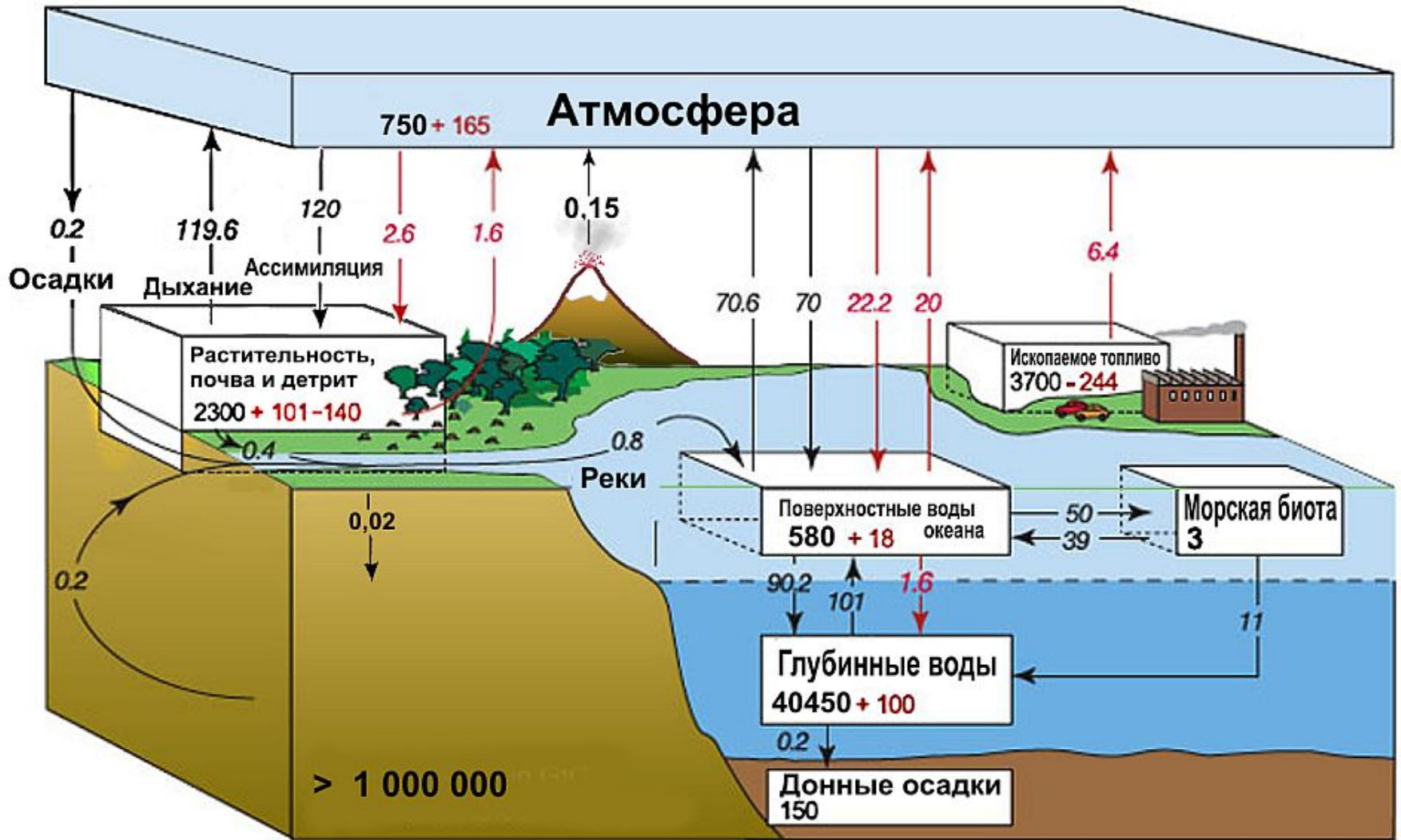
Приход

Фотосинтез на континентах	150
Фотосинтез в океанах	120
Фотолиз водяного пара в атмосфере	0,0002
Всего	270

Расход

Аэробное дыхание	210
Биологическая нитрификация	38
Микробиологическое окисление CH_4 и H_2S	7,25
Фотохимическое окисление органических компонентов атмосферы	5,22
Реакции озона с поверхностью	0,77
Химическое выветривание сульфидов	0,26
Химическое выветривание керогена	0,24
Окисление молекулярного азота при грозах	0,10
Окисление восстановленных компонентов вулканических газов	0,04
Всего	261

Цикл углерода



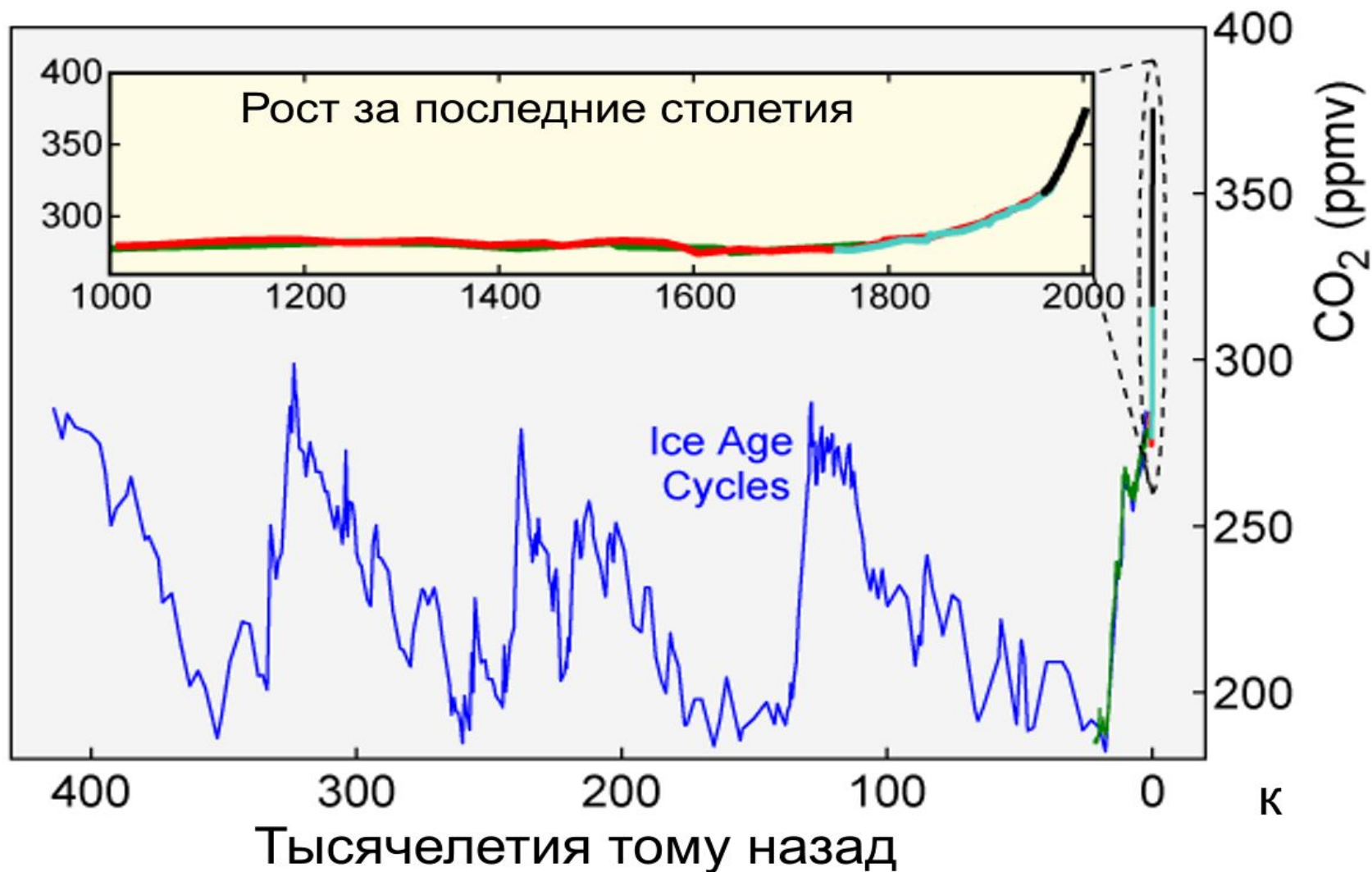
Размеры резервуаров: гигатонны углерода

Потоки: гигатонны в год

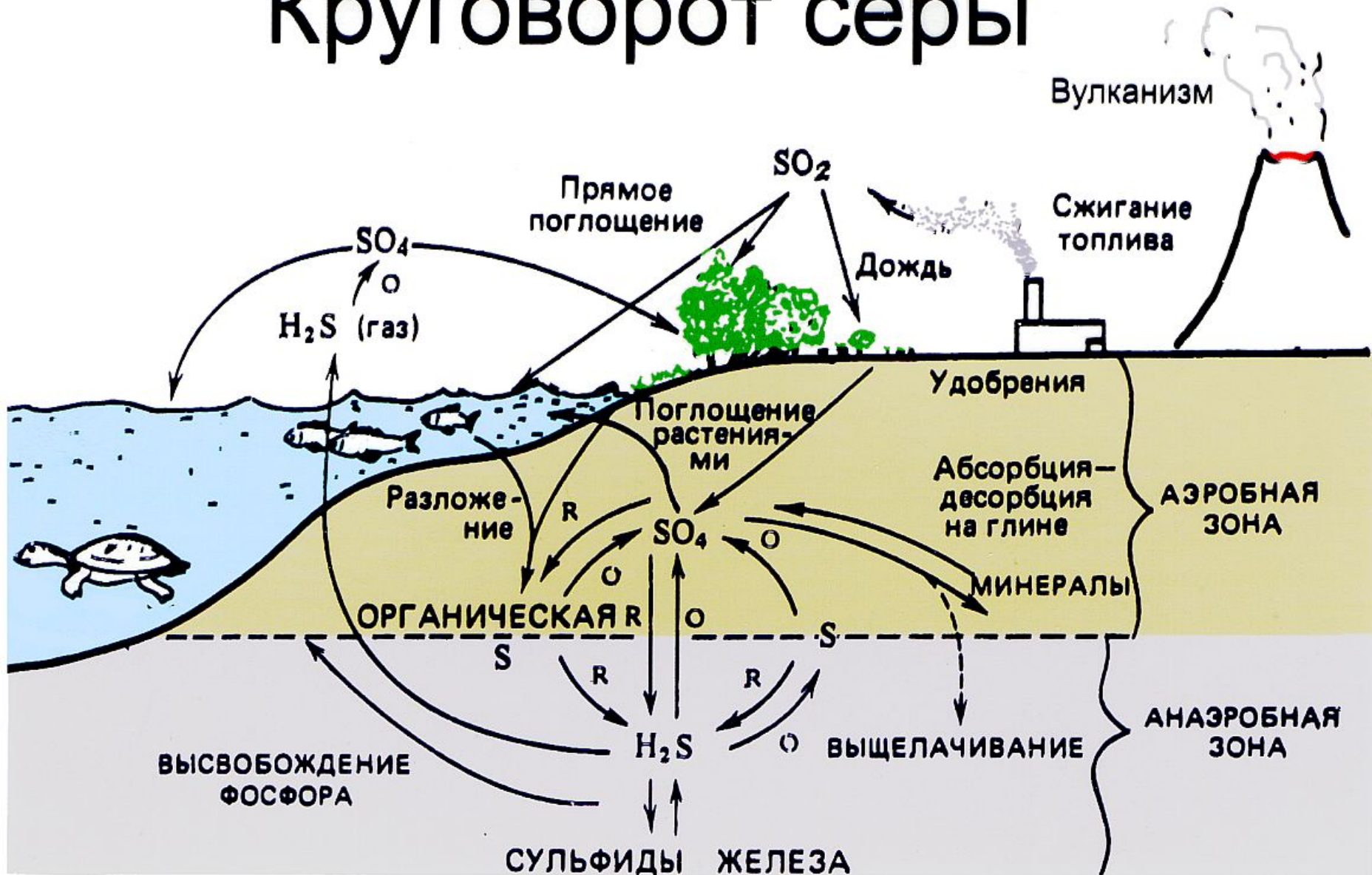
Предполагаемые антропогенные влияния

Концентрация CO₂ в воздухе

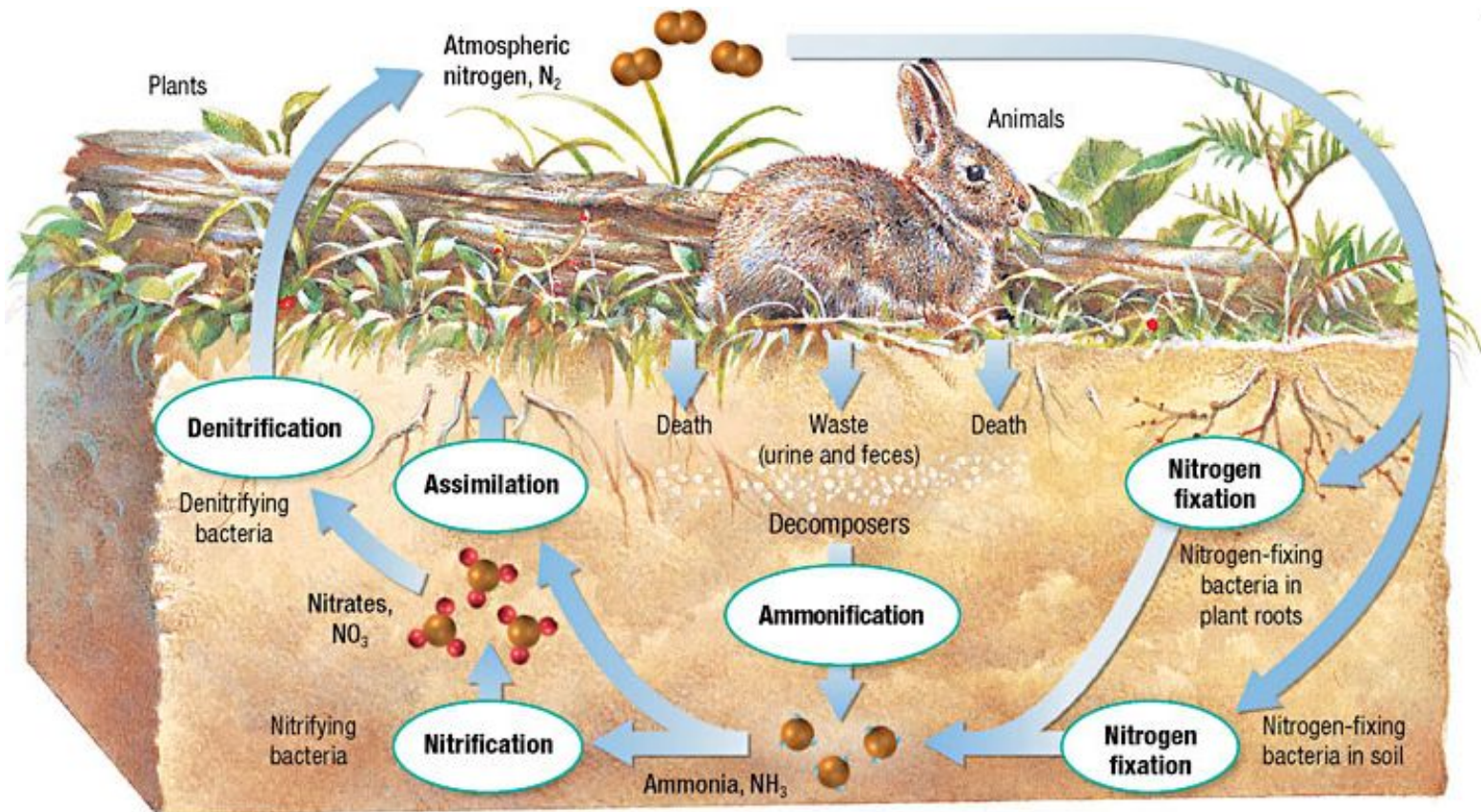
Вариации содержания углекислоты в воздухе



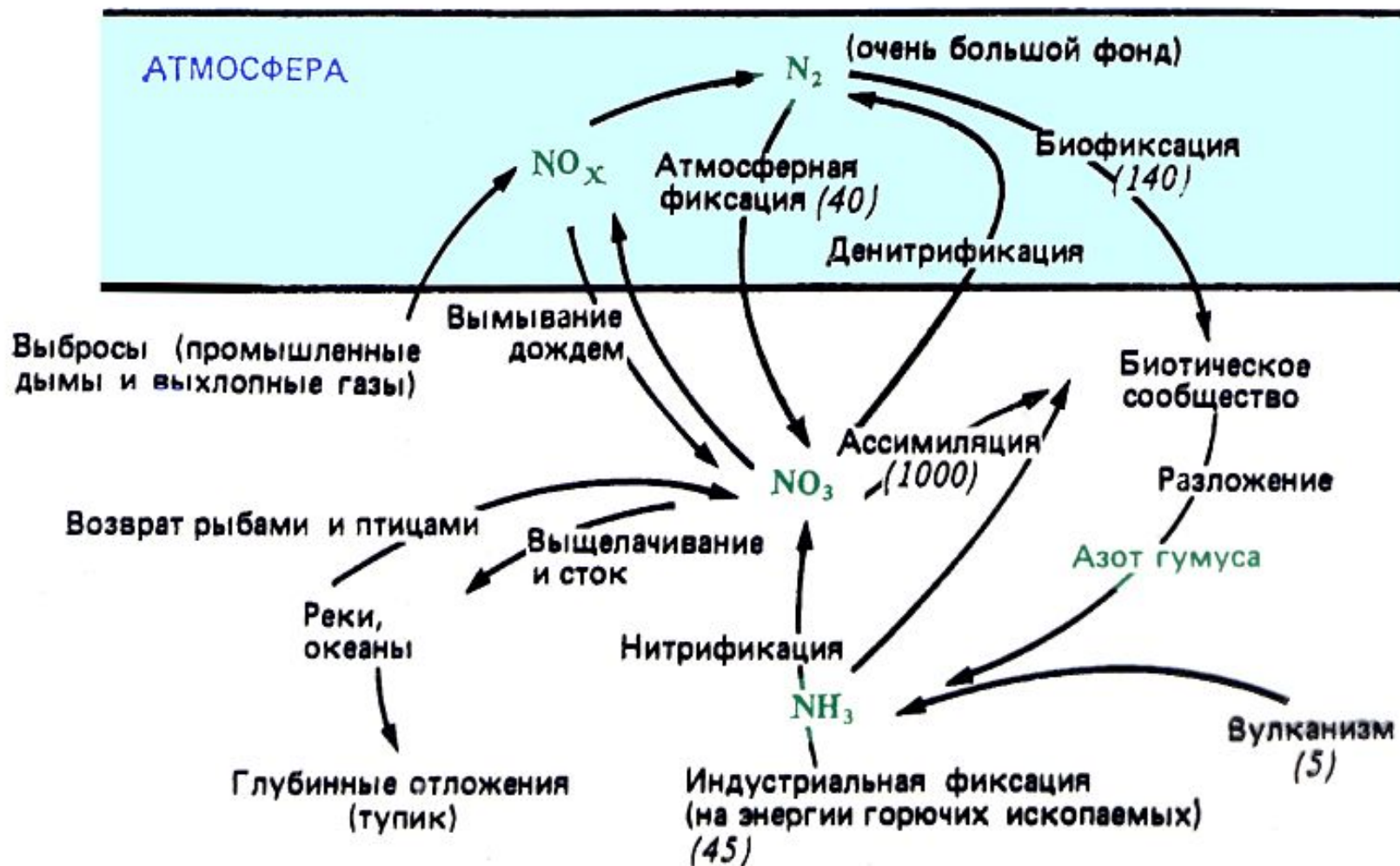
Круговорот серы



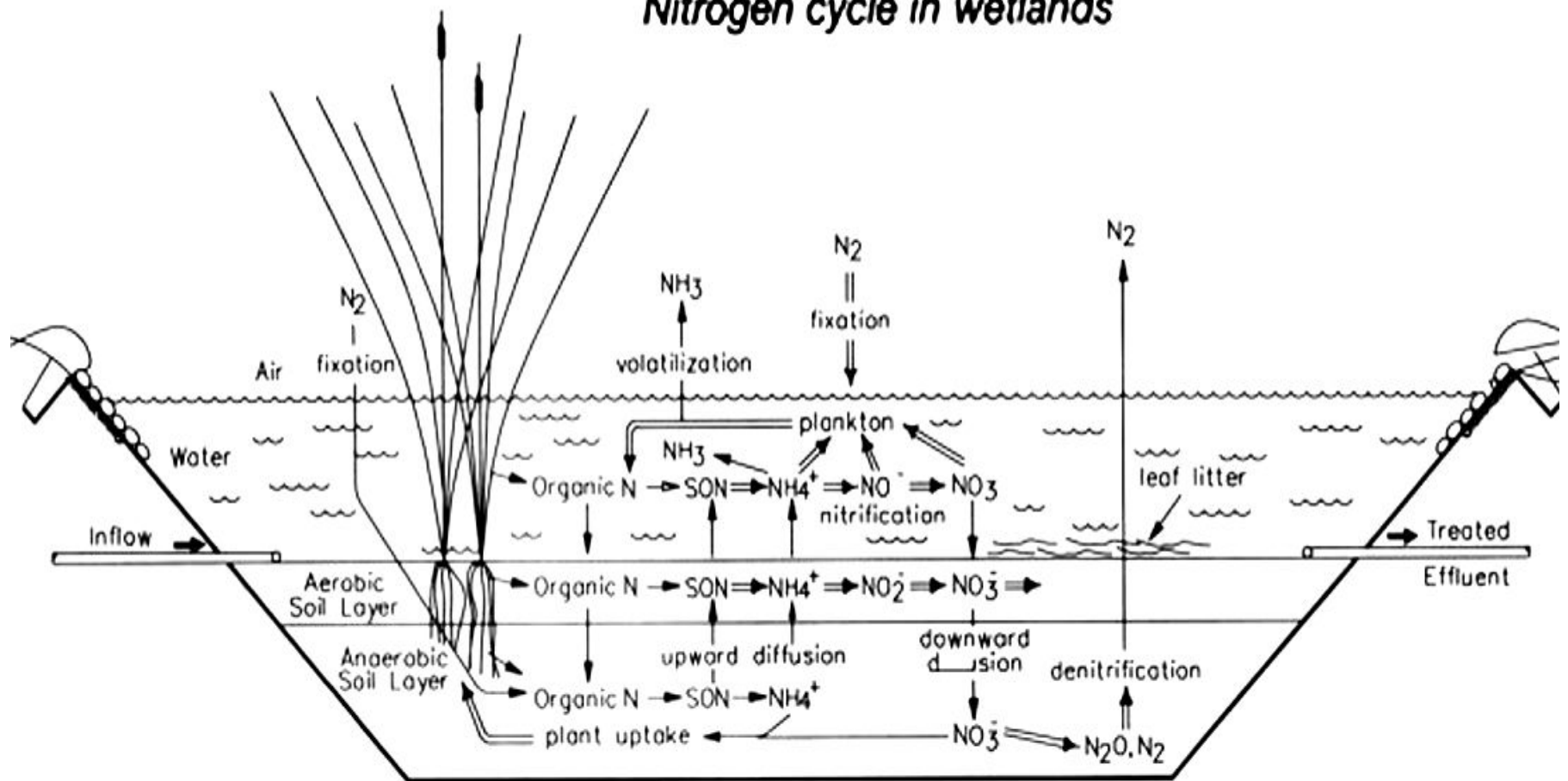
Цикл азота



Потоки азота с точки зрения биолога



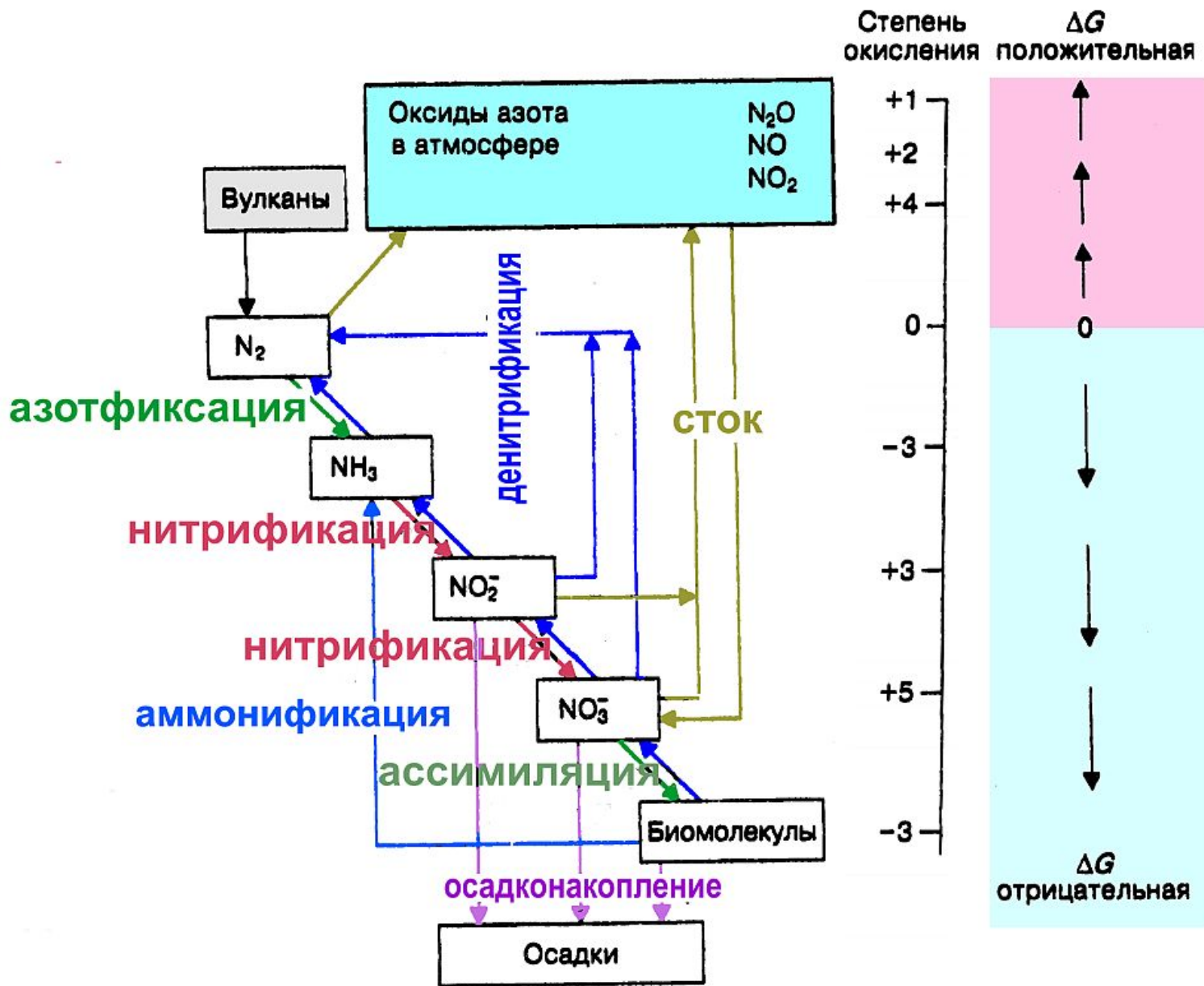
Nitrogen cycle in wetlands



SON = Soluble Organic Nitrogen

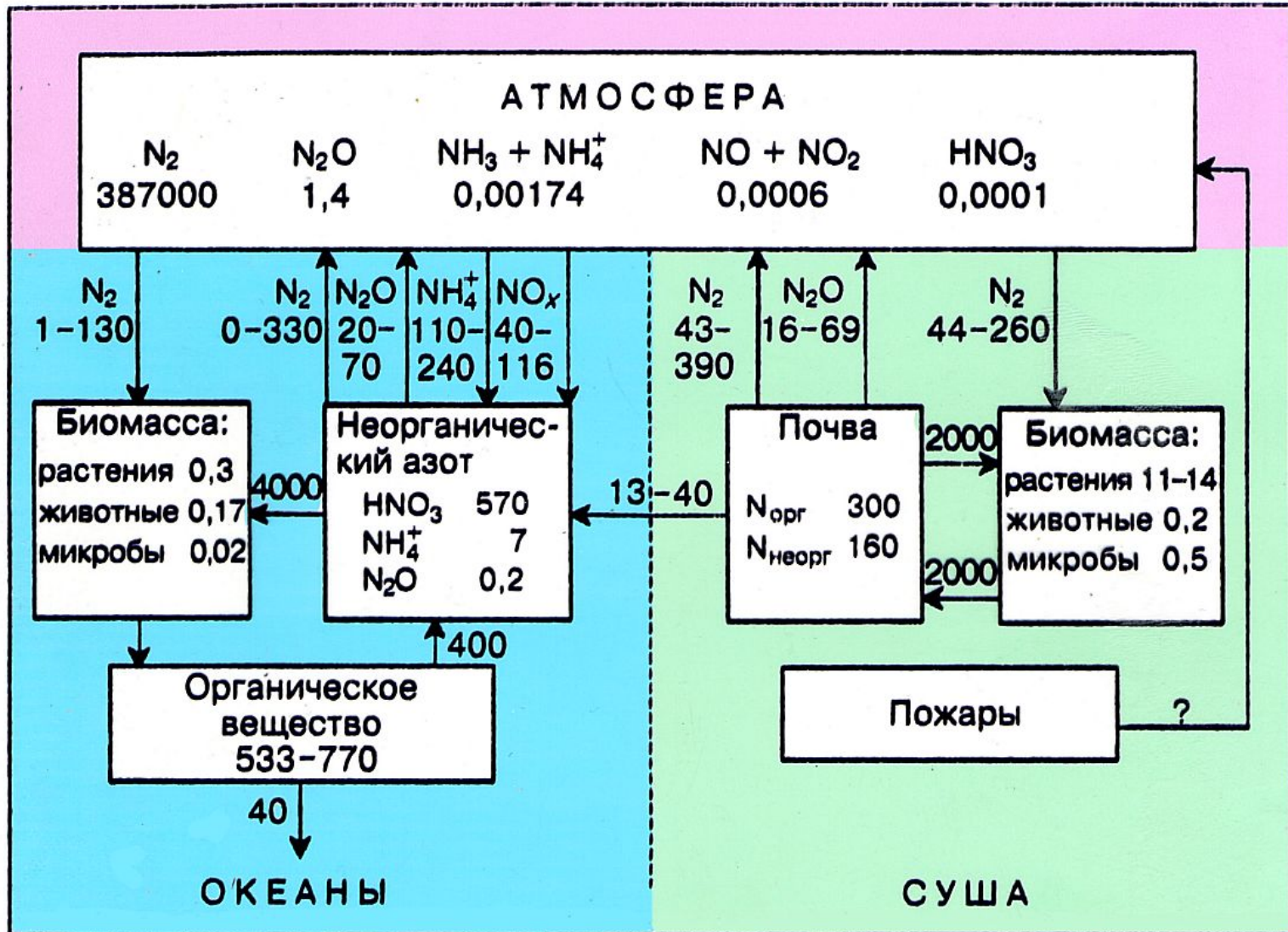
→ = physical / chemical processes

⇒ = bacterial / plant processes



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 x 10³⁰ клеток

Содержание элементов, 10¹⁵ г

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

биотоп	число клеток x 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 микробном мате

