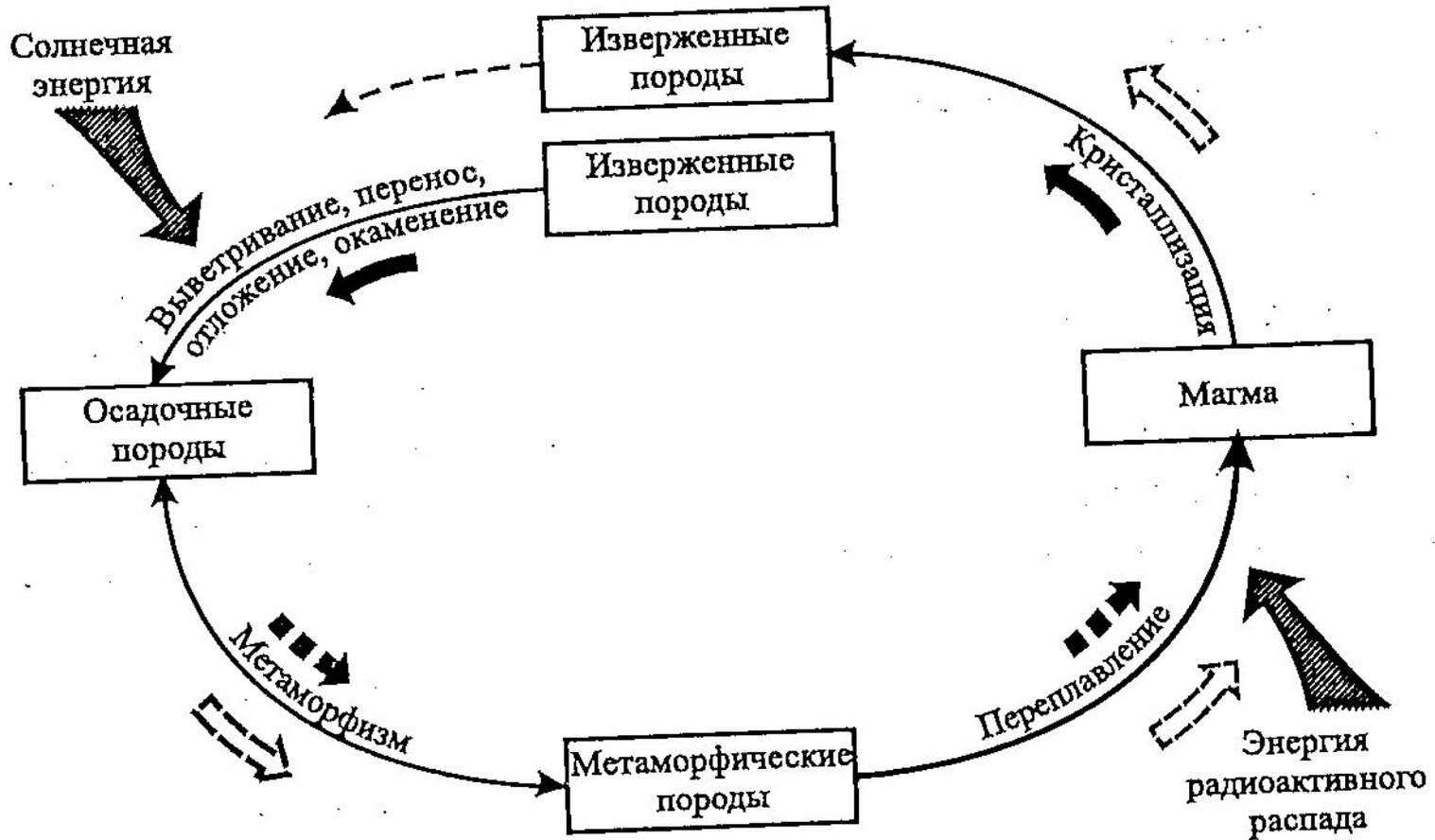


Круговорот веществ

- Многократное, циклическое, неравномерное во времени перераспределение вещества между компонентами биосферы.
- Большой (геологический, биосферный) и малый (биологический).
- Различаются по масштабам, причинам, компонентам и продолжительности.
- **Круговорота энергии не бывает**

- Ежегодно фотосинтезирующие организмы:
 - усваивают около 350 млрд. т. CO_2
 - выделяют в атмосферу около 250 млрд. т. O_2
 - расщепляют 140 млрд. т. H_2O
 - образуют более 230 млрд. т. сухого органического вещества
- CO_2 атмосферы обновляется за несколько сотен лет, O_2 - за несколько тысяч лет.
- Ежегодно фотосинтезом в круговорот включается 6 млрд. т. N_2 , 210 млрд. т P и другие элементы.

Геологический круговорот



Биологический круговорот

Обмен химическими элементами между живыми организмами и атмосферой, гидросферой и литосферой

Обязательные компоненты

- Запас химических веществ и энергии
- Продуценты
- Консументы
- Редуценты

Биологический круговорот

- Протекание двух противоположных, но взаимосвязанных процесса – создания органических веществ и их разрушения.
- **Восходящая часть** характеризует взаимодействие растений с абиотической средой (создание продукции)
- **Нисходящая часть** характеризует все звенья экосистемы, обеспечивающие разложение синтезированной продукции до неорганических веществ

Биологический круговорот

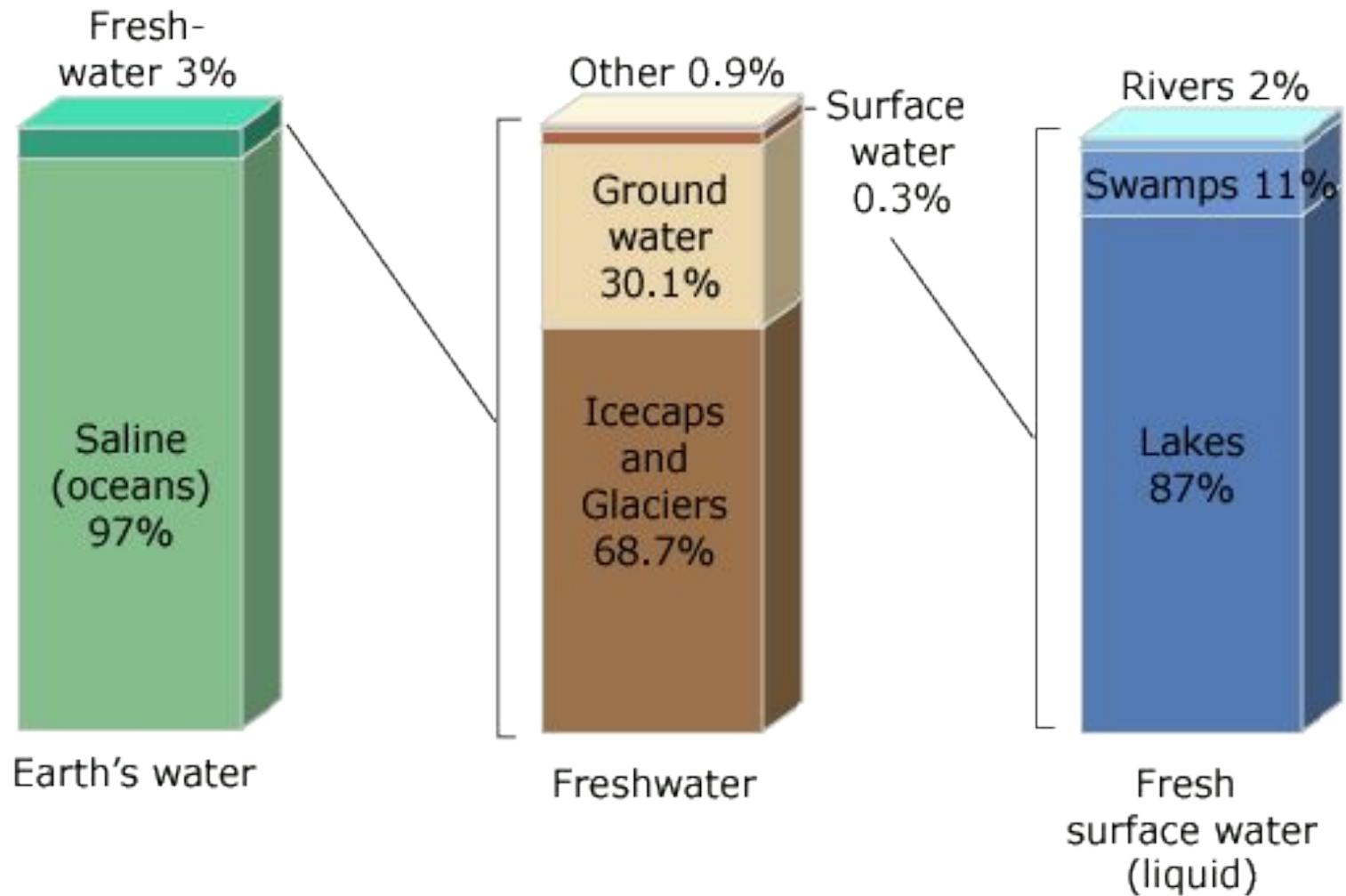
- Степень обращения веществ в биогенном круговороте - примерно 98-99%.
- Неиспользованные в биологическом круговороте продукты биосферы образуют осадочные породы, залежи полезных ископаемых (торф, уголь, нефть и др.).
- Круговороты биогенных элементов осуществляются по большому и малому циклу.

Различия

- Биологический круговорот – в пределах биогеоценоза, геологический – на больших территориях, материках
- Причина и движущая сила биологического круговорота – разный характер питания продуцентов и редуцентов, геологического – круговорот воды между океаном и сушей
- В биологическом участвуют только биогенные элементы, в геологическом – все
- Продолжительность циклов в биологическом кратковременна (год, десятки и сотни лет), в геологическом – десятки и сотни тысяч лет

- **Круговорот воды**
- **Круговорот углерода**
- **Круговорот кислорода**
- **Круговорот азота**
- **Круговорот фосфора**
- **Круговорот серы**
- **Техногенный круговорот**

Distribution of Earth's Water

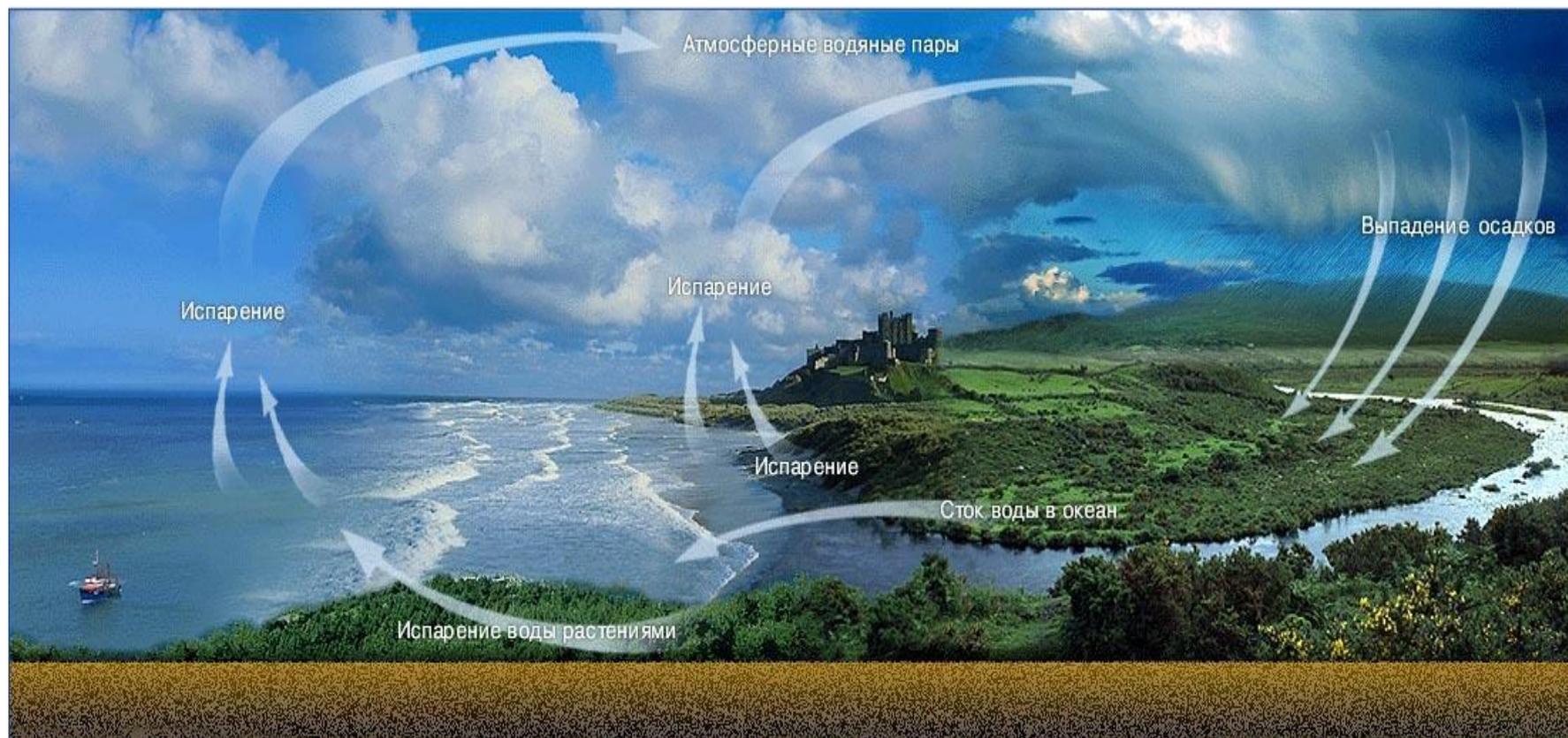


Круговорот воды

- Самый значительный по переносимым массам и по затратам энергии круговорот на Земле.
- За год вовлекается всего 0,04% массы гидросферы, но это соответствует 16,5 млн. м³ воды за секунду и более 40 млрд. МВт солнечной энергии.

Круговорот воды

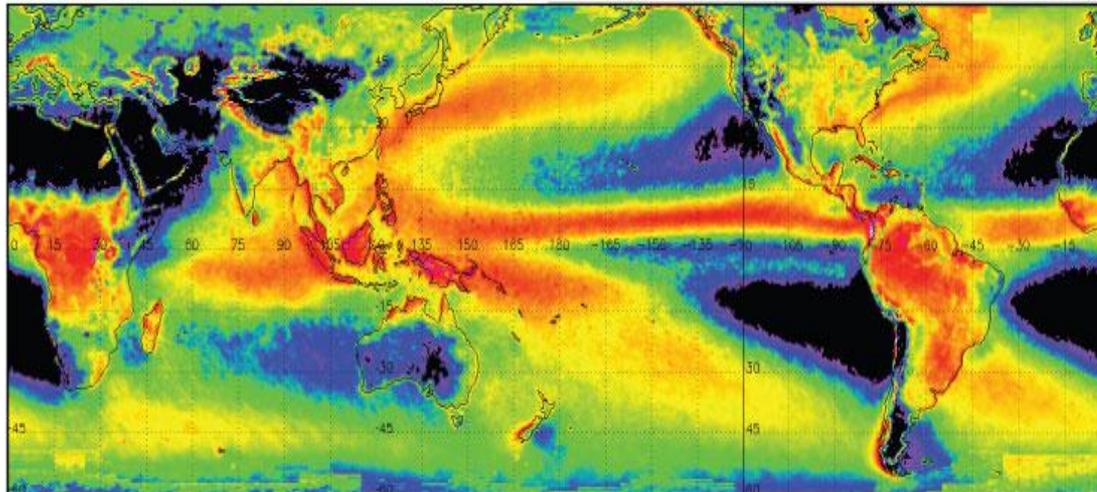
- Выпадение осадков, испарение, конденсацию и сток.



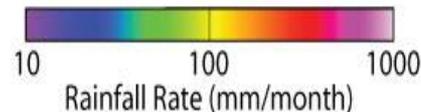
Круговорот воды

- 74% воды выпадает в виде осадков на поверхность океана, преимущественно в тропических зонах.
- 26% на поверхность суши.
- Распределение осадков неравномерно.

Global Rainfall Rate



Negri (2004)



Круговорот воды

Включает **три основные "петли"**:

- **поверхностного стока**: вода становится частью поверхностных вод;
- **испарения - транспирации**: вода впитывается почвой, удерживается в качестве капиллярной воды, затем возвращается в атмосферу, испаряясь с поверхности земли, или поглощается растениями и выделяется в виде паров при транспирации;
- **грунтовых вод**: вода попадает под землю и движется сквозь нее, питает колодцы и родники и вновь попадает в систему поверхностных вод.

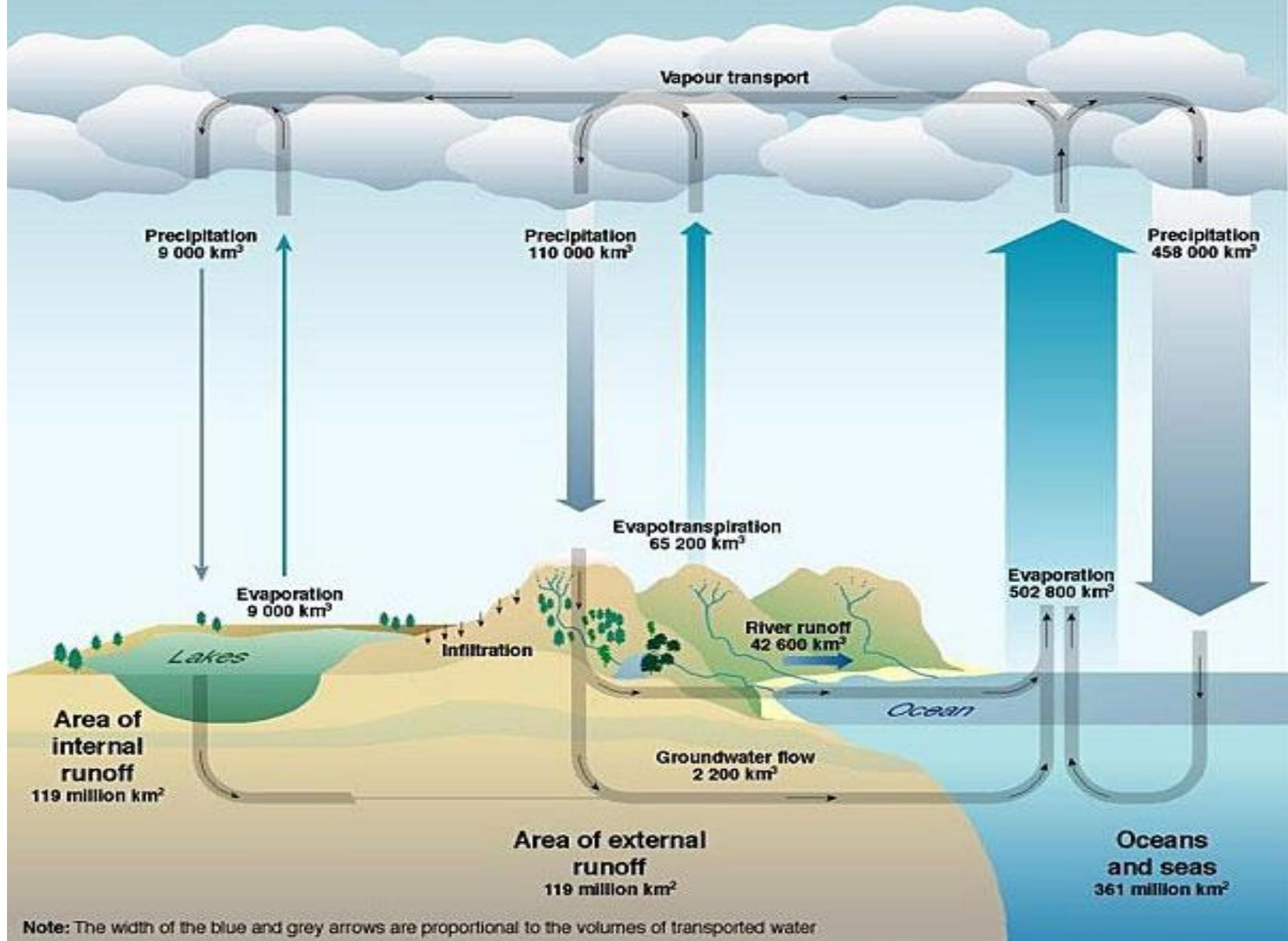
Круговорот воды

Скорость просачивания вглубь почвенного горизонта зависит от:

- Типа почвы: песчаные почвы сорбируют воду быстрее, чем глинистые.
- Растительности, способной задерживать влагу.
- Влаги, содержащейся в почве: почвы, насыщенные влагой сорбируют меньше воды.
- Интенсивности выпадения осадков.

The World's Water Cycle

Global Precipitation, Evaporation, Evapotranspiration and Runoff



Круговорот углерода

Самый интенсивный биогеохимический цикл





Круговорот углерода

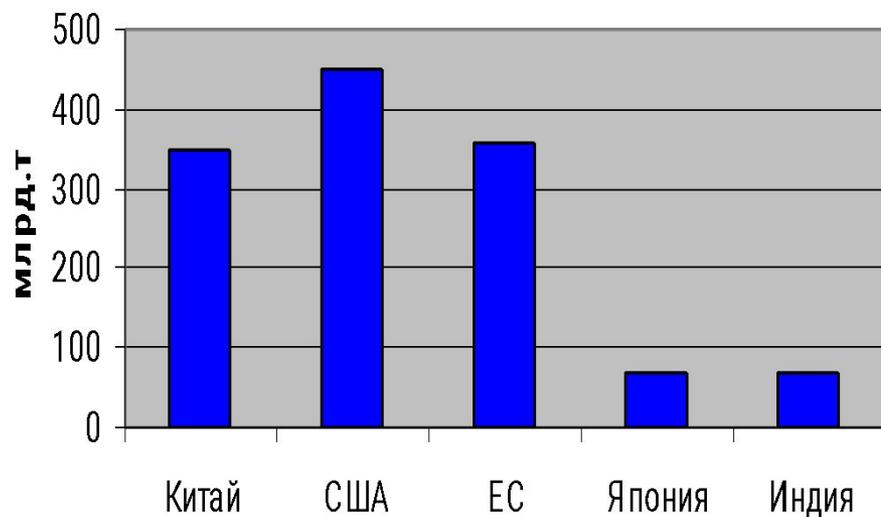
- Ежегодная нетто-продукция биосферы по углероду составляет приблизительно 75 Гт.
- Такое же количество углерода освобождается в процессе дыхания и деструкции.
- **Равенство фотосинтеза и деструкции в биосфере поддерживается с исключительно высокой точностью.**

Круговорот углерода

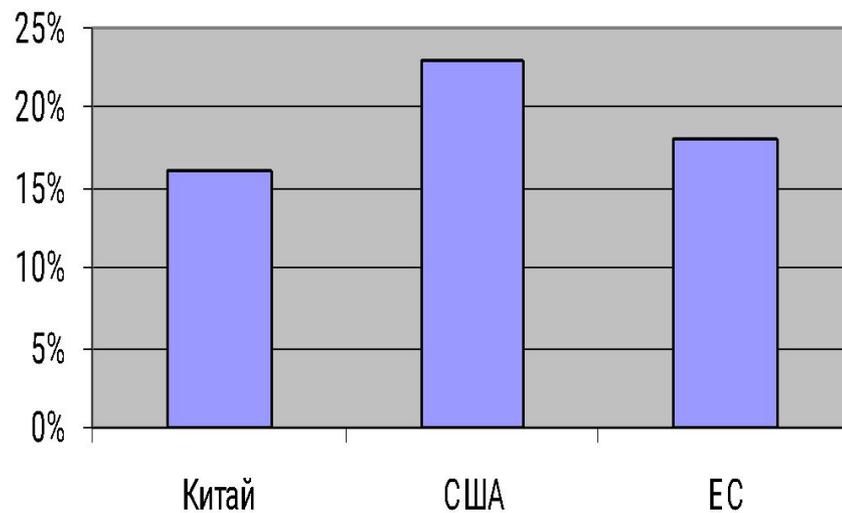
- Более 3 Гт углерода в той или иной форме ежегодно изымается человеком из биосферы и переводится в CO_2 атмосферы.
- Не менее 7 Гт – сжигание топлива.
- Ввод в атмосферу дополнительных 10 Гт углерода.

США и европейские страны ответственны за большую часть эмиссии CO₂ за истекшее столетие.

Выбросы CO₂ в 1900-2030 гг.



Доля выбросов ПГ к 2030 г.



Прогноз общего сокращения выбросов парниковых газов в Беларуси до 2020 г. в эквиваленте CO₂, тыс.

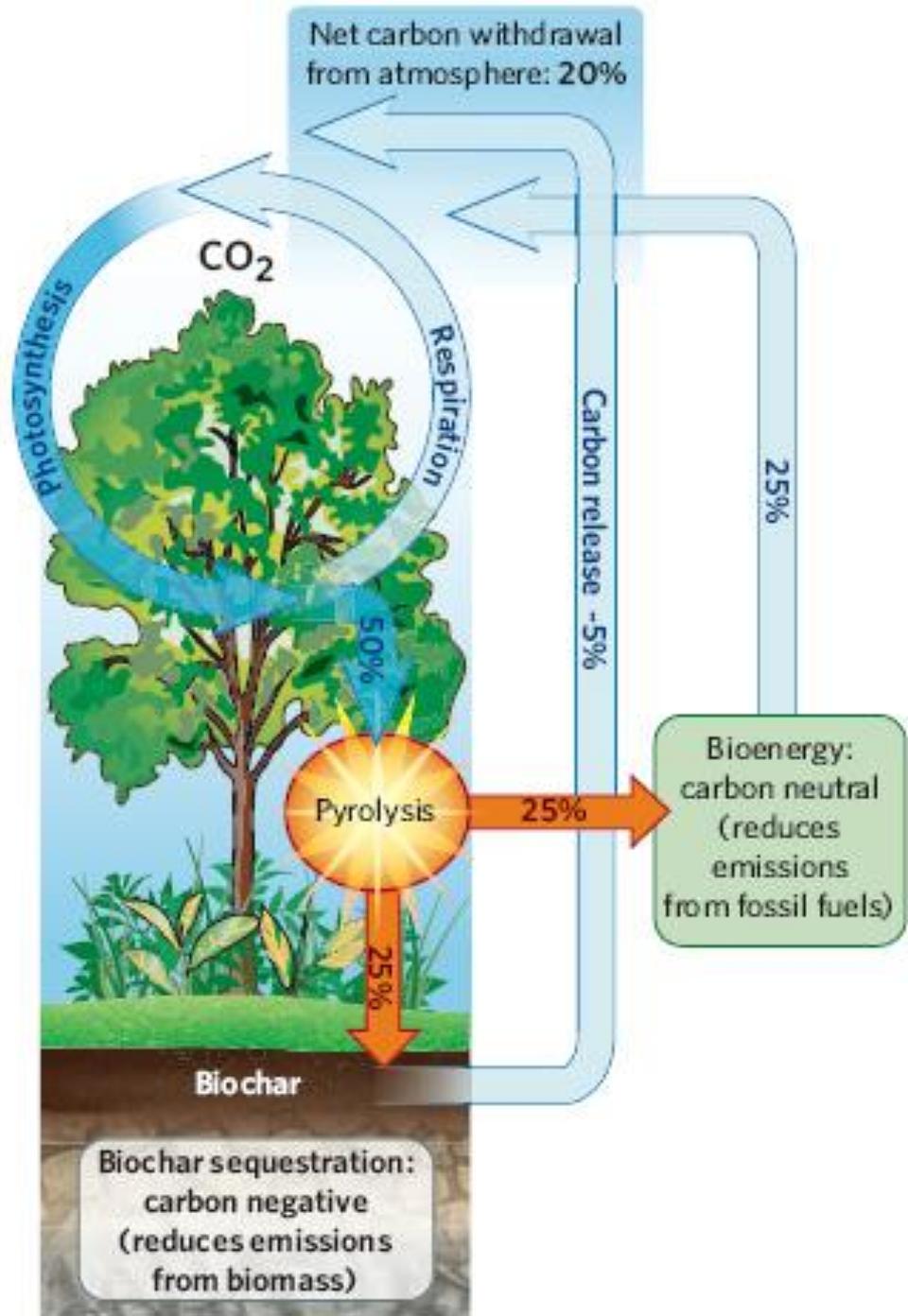
ТОНН

2010 г.	2015г.	2020 г.
14 355	26 256	36 046

Вклад Беларуси в суммарный выброс ПГ составляет около 0,2 %

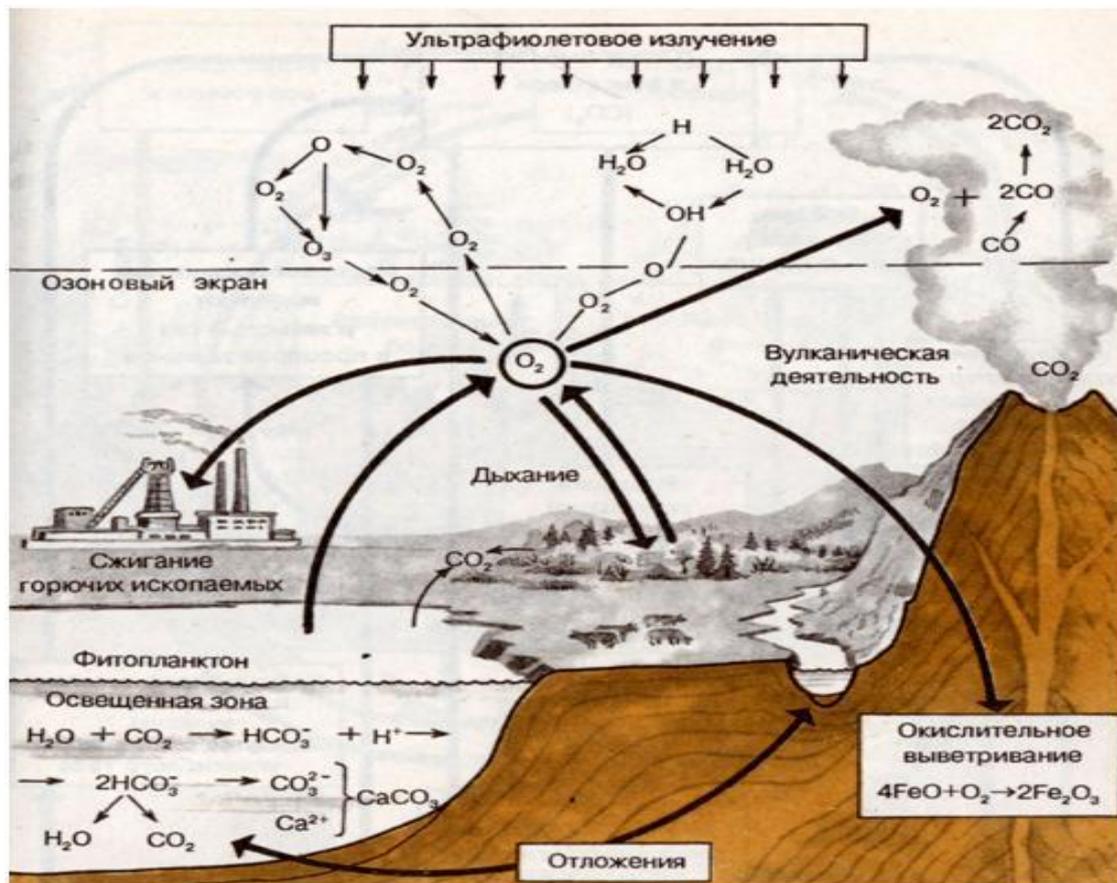
Плюсы и минусы Киотского протокола

- Перераспределение парниковых газов за счет продажи квот не остановит изменения климата, поскольку климатической системе безразлично, где выброшены парниковые газы в Германии, США, России или Беларуси.
- Ранее поступившие в климатическую систему парниковые газы, имеющие большое «время жизни», будут продолжать «работать» на потепление климата.
- Считается, что около 50 % CO_2 «вымывается» за 30-летний период, другие 30 % «вымываются» в течение нескольких столетий, а оставшиеся 20 % сохраняются в атмосфере в течение более длительного времени.
- Опыт международного сотрудничества по защите климата в результате снижения одного из множества факторов климатических изменений – антропогенного.



Круговорот кислорода

- Главная составляющая живой и неживой материи.
- Круговорот осложнён способностью кислорода вступать в различные химические реакции.
- В результате возникает множество локальных циклов, происходящих между атмосферой, гидросферой и литосферой.



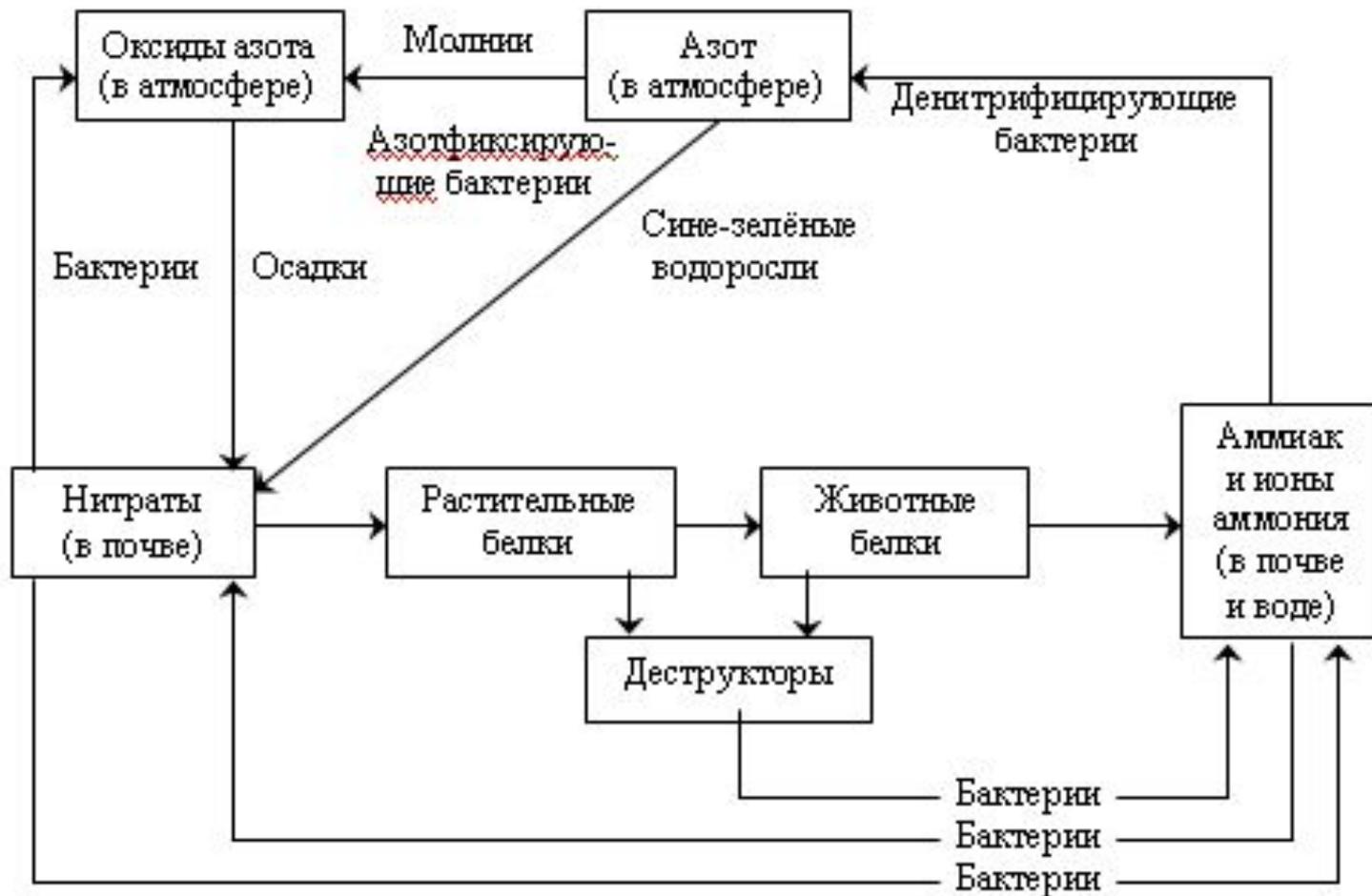
Круговорот кислорода

- Полный биотический круговорот кислорода составляет 200 Гт в год.
- Абиотический круговорот, обусловленный фотолизом воды, реакциями окисления – около 30 Гт в год.
- Потребление человеком за счет сжигания топлива – около 31-32 Гт в год.
- Средняя концентрация озона в атмосфере составляет около 10^{-6} об.%, максимальная концентрация озона до $4 \cdot 10^{-6}$ об.% достигается на высоте 20-25 км.
- Проблемы – озоновые дыры и тропосферный озон

Круговорот азота

- Азот входит в структуру всех белков и является наиболее лимитирующим из биогенных элементов.
- Процесс азотфиксации требует больших затрат энергии.
- Общее отношение связанного азота к N_2 в природе
1: 100 000
- Промышленная фиксация азота идет в присутствии катализаторов при температуре ~ 500 °C и давлении 300 атм
- Круговорот азота в биосфере сопряжен с круговоротом углерода, т.к. соотношение между этими элементами в составе глобальной биомассы постоянно C:N = 55:1

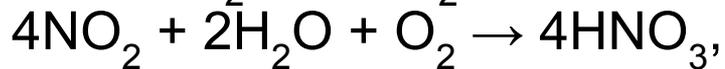
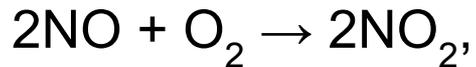
Круговорот азота



Круговорот азота

Антропогенное влияние:

- Сжигание топлива



выпадение кислотных дождей;

- В результате воздействия некоторых бактерий на удобрения и отходы животноводства образуется закись азота – один из компонентов, создающих парниковый эффект;
- Производство минеральных удобрений;
- При сборе урожая из почвы выносятся нитрат-ионы и ионы аммония;
- Стоки с полей, ферм и из канализаций увеличивают количество нитрат-ионов и ионов аммония в водных экосистемах, что ускоряет рост водорослей и других растений; при разложении последних расходуется кислород, что в конечном счёте приводит к гибели рыб.

Круговорот фосфора

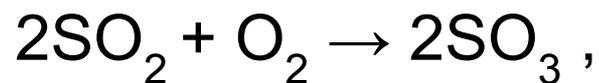
- Фосфор – один из основных компонентов живого вещества, входит в состав нуклеиновых кислот (ДНК и РНК), клеточных мембран, аденозинтрифосфата (АТФ) и аденозиндифосфата (АДФ) и др.
- Запасы фосфора, доступные живым организмам, сосредоточены в литосфере.
- Основные источники неорганического фосфора – изверженные или осадочные породы.
- В земной коре содержание фосфора не превышает 1%, что лимитирует продуктивность экосистем.

Круговорот фосфора

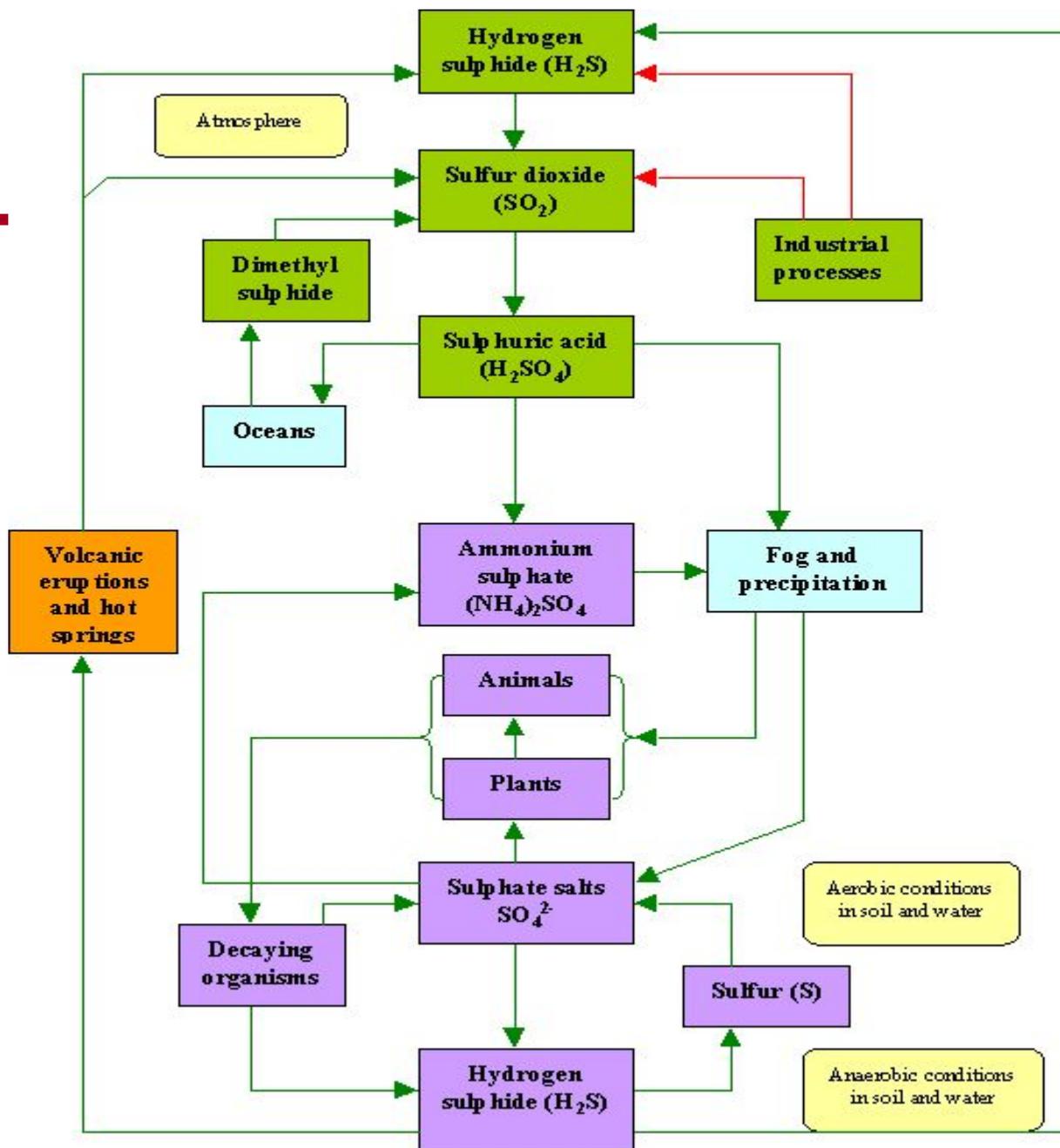
- Из пород земной коры неорганический фосфор вовлекается в циркуляцию континентальными водами, поглощается растениями из почвы, которые при его участии синтезируют различные органические соединения и включается в трофические цепи.
- В отличие от циклов углерода, кислорода, азота цикл фосфора в биосфере существенно разомкнут, так как значительная часть континентального стока фосфатов остается в океанических осадках.
- Разомкнутость существенно усилена антропогенным вмешательством.

Круговорот серы

- Из природных источников сера попадает в атмосферу в виде сероводорода, диоксида серы и частиц сульфатов.
- Около трети соединений серы и 99% диоксида серы – антропогенного происхождения.
- В атмосфере протекают реакции, приводящие к кислотным осадкам:



Круговорот серы



ТЕХНОСФЕРА

Цивилизация - это бесконечное накопление ненужных вещей.

Марк Твен

Через пятьсот лет на Земле останутся только стоячие места.

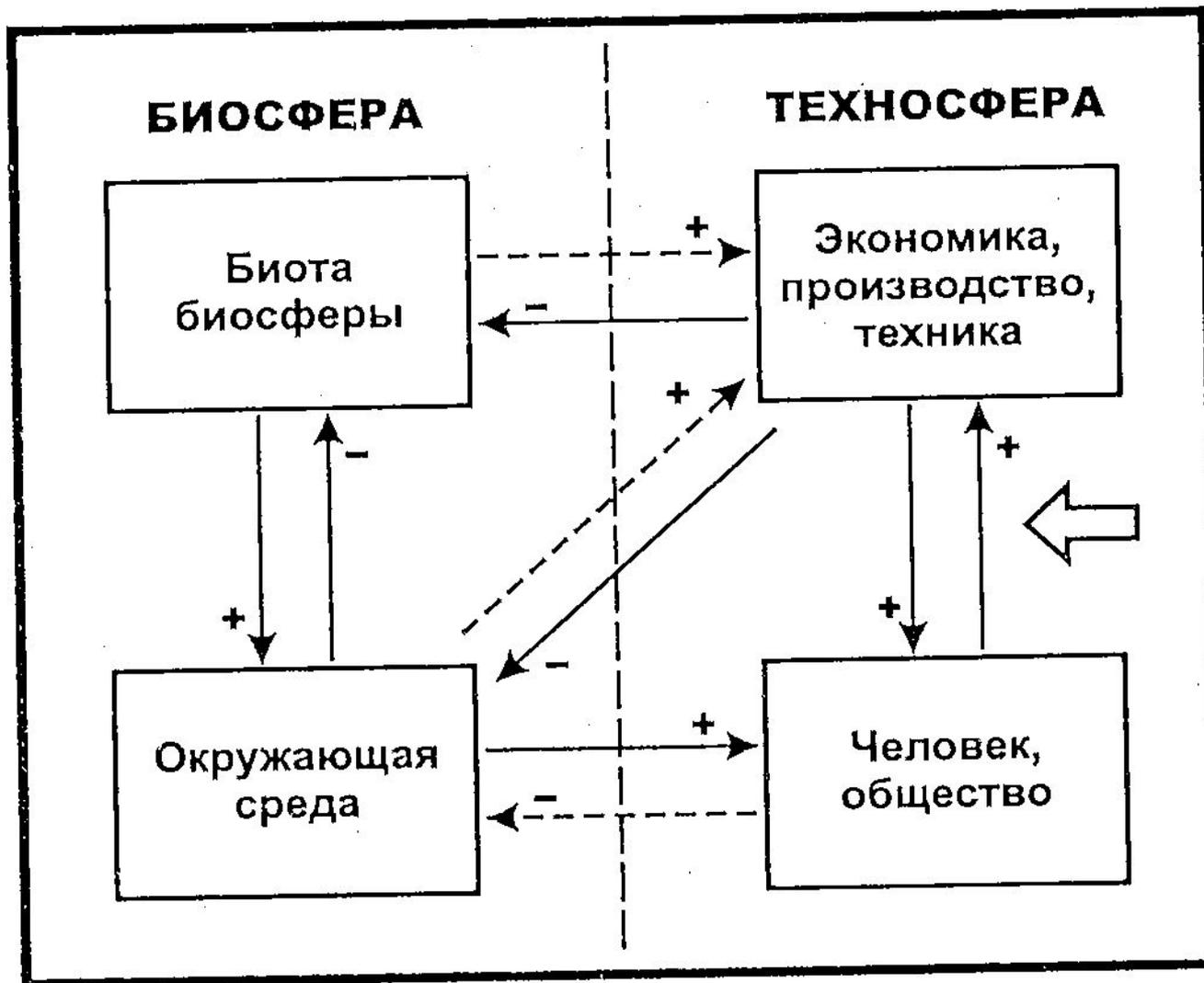
Вернер фон Браун

ТЕХНОСФЕРА

- Планетарное пространство, находящееся под воздействием производственной деятельности людей и занятое продуктами этой деятельности.
- Значительная часть современной техносферы – это надприродное образование, генетически не связанное с законами биосферы.
- Техническое вещество – средства производства и техногенное вещество – здания, сооружения, коммуникации и т.п.
- Масса техногенного вещества – $8,5 \times 10^{12}$ т, почти в 1,5 раза больше массы биоты биосферы.

Взаимодействие техносферы и биосферы

ЭКОСФЕРА



Воздействие на биосферу:

$$I = P \times A \times T$$

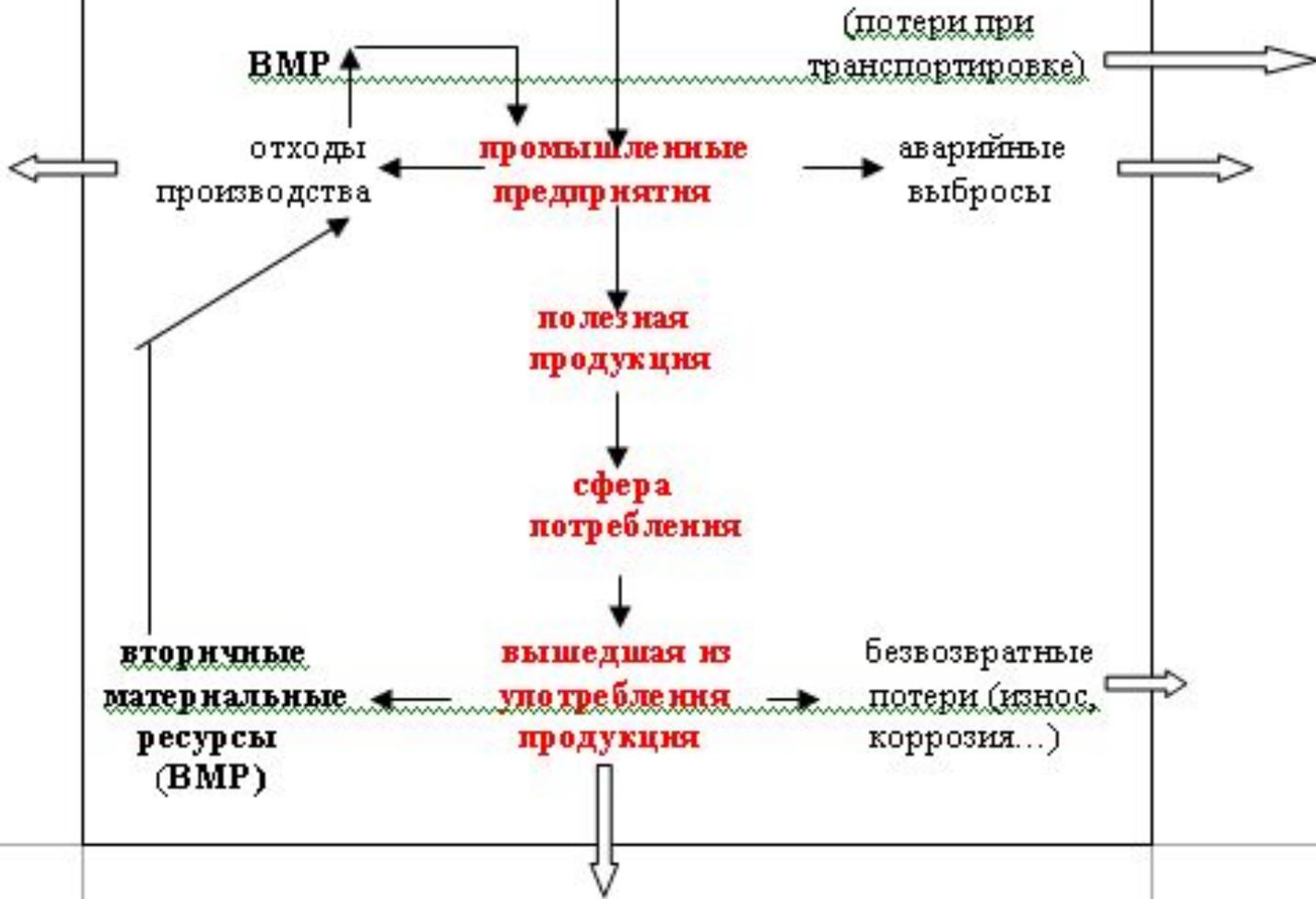
(Influence = Population x Affluence x
Technology)

(Воздействие = Численность x
Благосостояние x Технология)

- **Совокупность процессов добычи, транспортировки, переработки определенных видов природных ресурсов в полезную продукцию - ресурсный цикл (антропогенный круговорот веществ).**
- **Антропогенный круговорот веществ существенно разомкнут и в количественном, и в качественном отношении.**
- **Степень замкнутости круговорота менее 10%**

Б И О С Ф Е Р А

природные ресурсы



Экологизация техносферы

- Совершенствование технологий очистки промышленных выбросов и сбросов;
- Совершенствование системы экологического менеджмента;
- Стратегия «Более чистое производство»;
- Зеленая химия