

ГБОУ ВПО
Первый Московский государственный медицинский университет им.
И.М.Сеченова

кафедра биологии и общей генетики
Дисциплина по выбору

«Медико-биологические основы экологии»

Презентация по модулю № 5

Круговороты веществ

доцент кафедры биологии и общей
генетики к.м.н. Филиппова А.В.

Содержание.

1. Биогеохимические круговороты.
2. Круговорот веществ в биосфере.
3. Круговорот углерода.
4. Круговорот кислорода.
5. Круговорот азота.
6. Антропогенное влияние на круговорот азота
7. Круговорот фосфора.
8. Круговорот серы.
9. Круговорот воды.
10. Влияние человека на круговороты веществ.

Химические элементы циркулируют в биосфере посредством биогеохимических круговоротов



Важнейшим условием устойчивого состояния биосферы является **стабильность** круговоротов веществ.

Механизмы и принципы их функционирования изучает наука **биогеохимия**, основанная В.И. Вернадским.

В круговоротах всех веществ различают две составляющие:

- 1) Резервный фонд – основная масса медленно движущихся веществ, преимущественно абиогенной природы.
- 2) Подвижный (обменный) фонд – меньший по объему, но более активный, с быстрым движением веществ между организмами и их окружением.

В зависимости от нахождения резервных фондов круговороты всех веществ разделяют на:

- 1) Круговорот воды
- 2) Круговорот газообразных веществ с резервным фондом в атмосфере или гидросфере – круговороты С, N₂, O₂
- 3) Осадочные циклы с резервным фондом в земной коре – круговороты Р, Са, Fe и др.

Наиболее устойчивыми, стабильными круговоротами являются круговороты газообразных веществ с легкодоступными резервными фондами в атмосфере. Благодаря ним эти круговороты способны быстро компенсировать внешние воздействия, в частности антропогенные. Примером является круговорот углерода, который успешно нейтрализуют огромные количества углекислого газа, вводимые в него человеком.

Осадочные циклы нарушаются гораздо легче, поскольку основная масса их вещества находится в малоподвижном, малодоступном резервном фонде – земной коре. Выход этих веществ из резервного фонда идет гораздо труднее и медленнее, чем вход в него, и поэтому в осадочных циклах способность к ликвидации внешних воздействий гораздо меньше.

Круговороты веществ в биосфере

Большой круговорот длящийся миллионы лет:

горные породы разрушаются (выветриваются), продукты выветривания сносятся поверхностными водами в Мировой океан и лишь частично возвращаются на сушу с осадками.

Геотектонические изменения, процессы опускания материков и поднятия морского дна, перемещения морей и океанов в течение длительного времени приводят веществ на сушу и процесс начинается вновь.

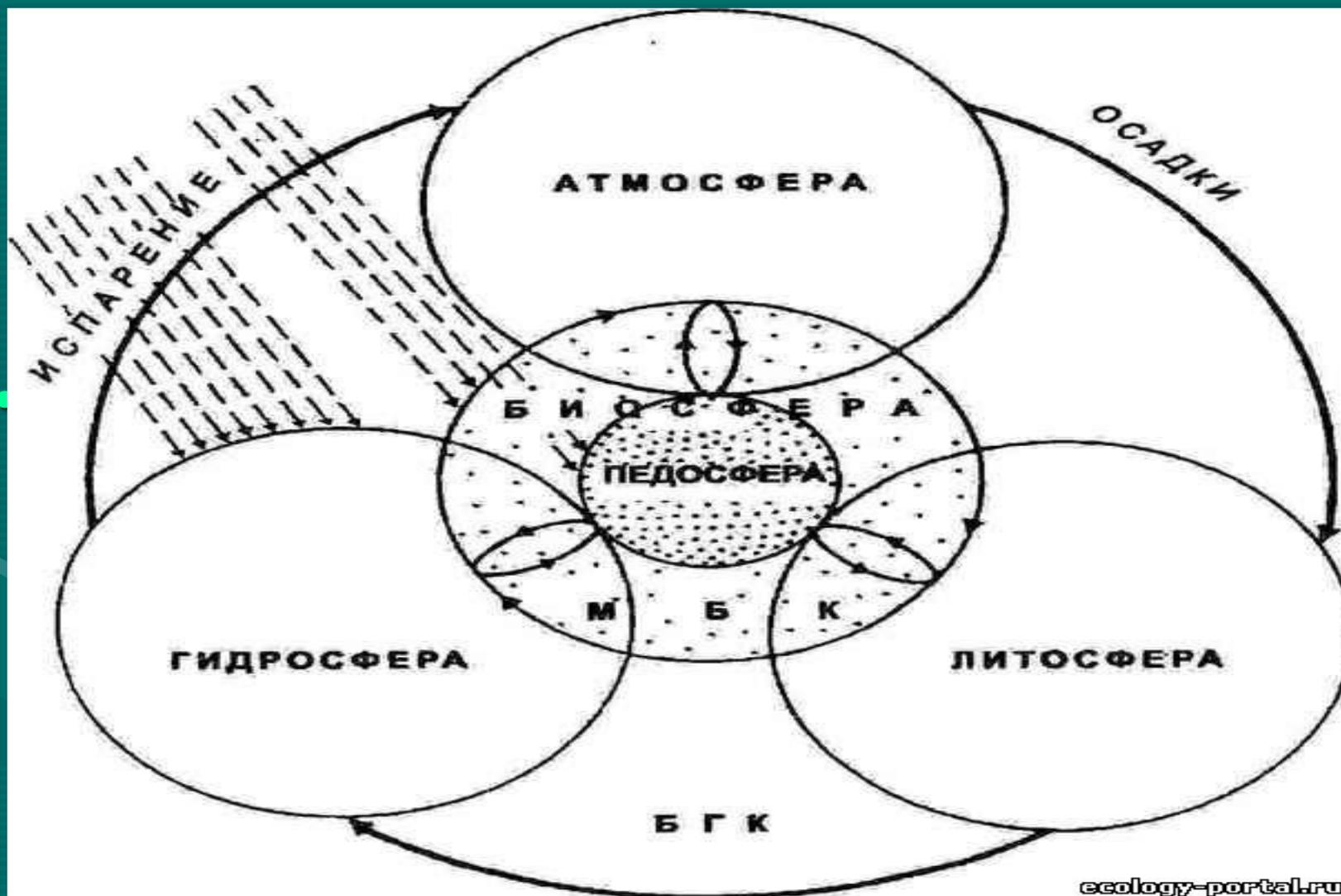
Малый круговорот (часть большого)

питательные вещества, вода и углерод аккумулируются в веществе растений, расходуются на построение тела и на жизненные процессы растений и поедающих их животных (консументов). Продукты разложения органики – минеральные вещества, произведенные деструкторами (черви, членистоногое, бактерии, грибы, вновь вовлекаются в круговороты.

Распределение масс химических элементов в биосфере (по В.В. Добровольскому, 1998.)

Резервуар в биосфере	Масса элементов $1 \cdot 10^9$ тонн				
	C	S	N	Cl	P
<u>Атмосфера</u>	668	0,0014	3 870 000		
<u>Мировая суша</u> <u>биомасса растений</u>	900	8,5	25	5,0	5,0
<u>Почва</u>					
лесные подстилки	100				
торф	250				
гумус почв	1200				
в сумме	1550	15,5	110	0,3	4,7
<u>Океан</u>					
биомасса фотосинтетиков	1,7	0,06	0,20	0,03	0,04
- консументов	2,3	0,09	0,32		
растворённое и взвешенное органическое в-во.	2100		300		
растворённые неорганич. ионы (общее)		1 200 000		26 500000	15
- гидрокарбонаты	38539				
- NO ₃			658		
газообразный N ₂			20 000		
<u>Земная кора</u>					
Осадочная оболочка			600 000	6 500 000	1 311 000
С органический	15 млн.				
С карбонатный	81 млн.				
S сульфидная		4 100 000			
S сульфатная		5 200 000			
Гранитный слой континентального блока			165 000	1 700 000	6 330 000
С органический	4 млн.				
С карбонатный	18 млн.				
S сульфидная		5 300 000			
S сульфатная		3 300 000			

Взаимосвязь малого биологического круговорота веществ с большим геологическим круговоротом



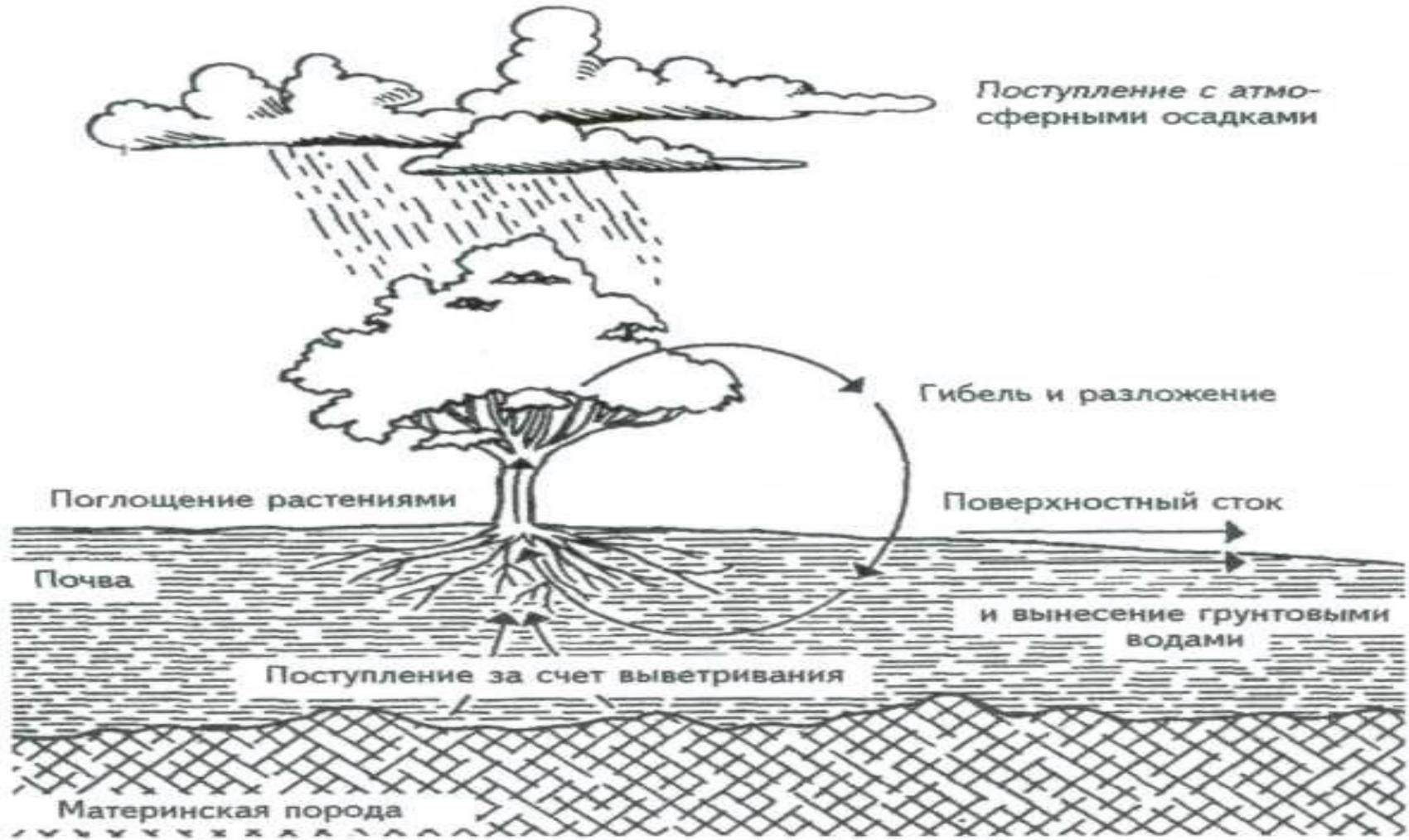


Рис. 1.1. Биологические круговороты катионов в наземной экосистеме (Риклефс Р., 1981)

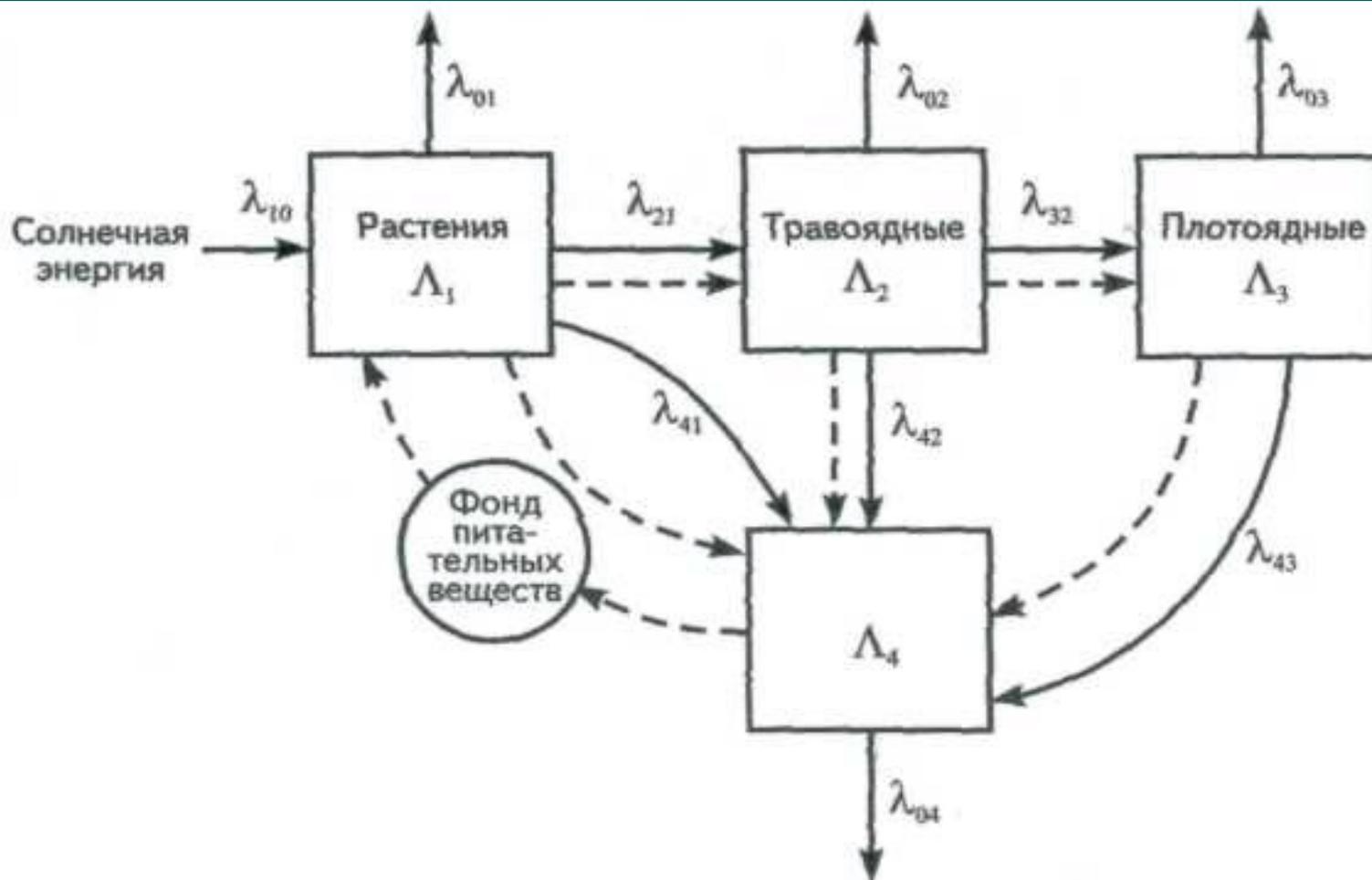
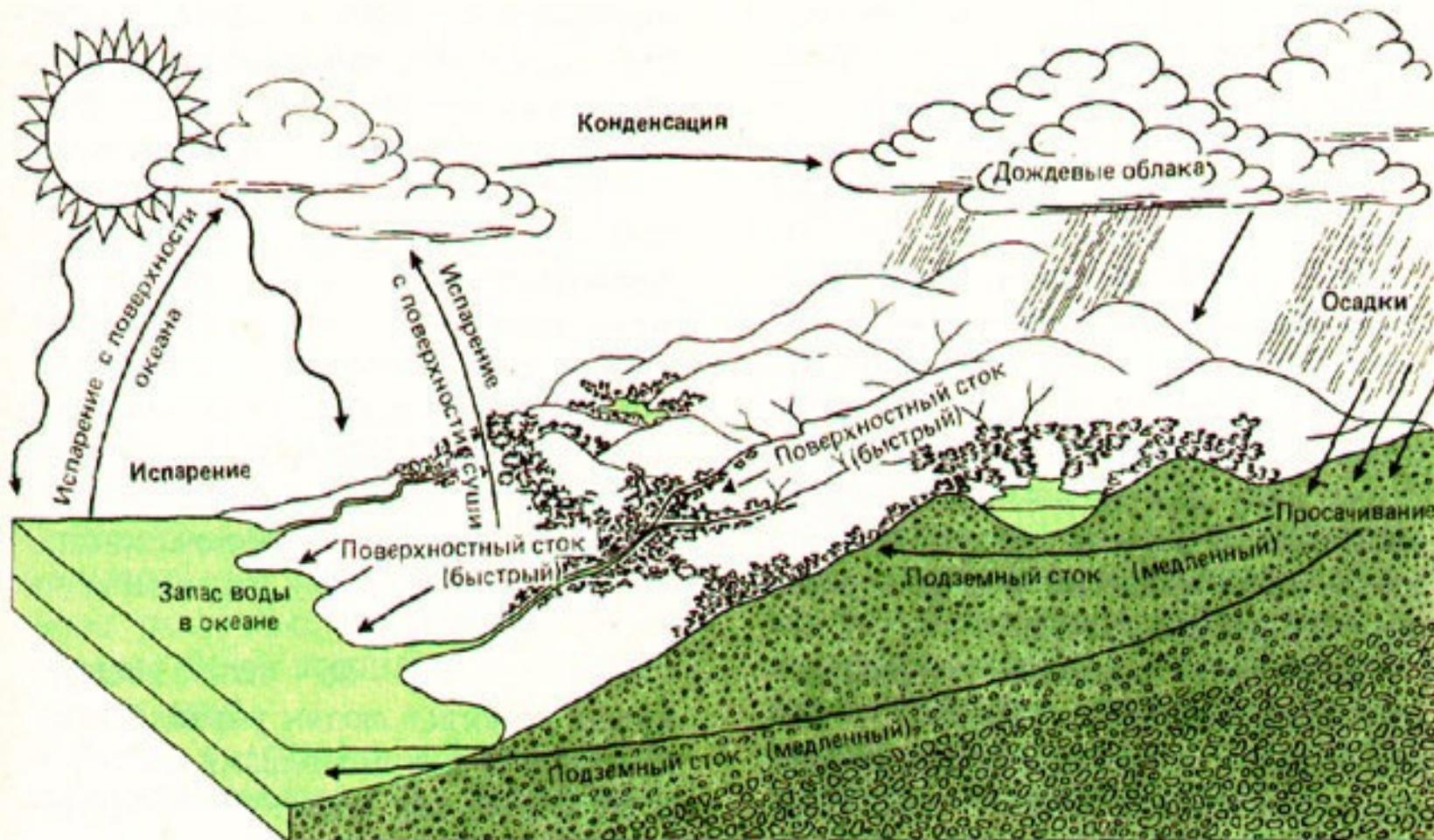


Рис. 2.5. Блоковая модель экосистемы (Пианка Э., 1981):

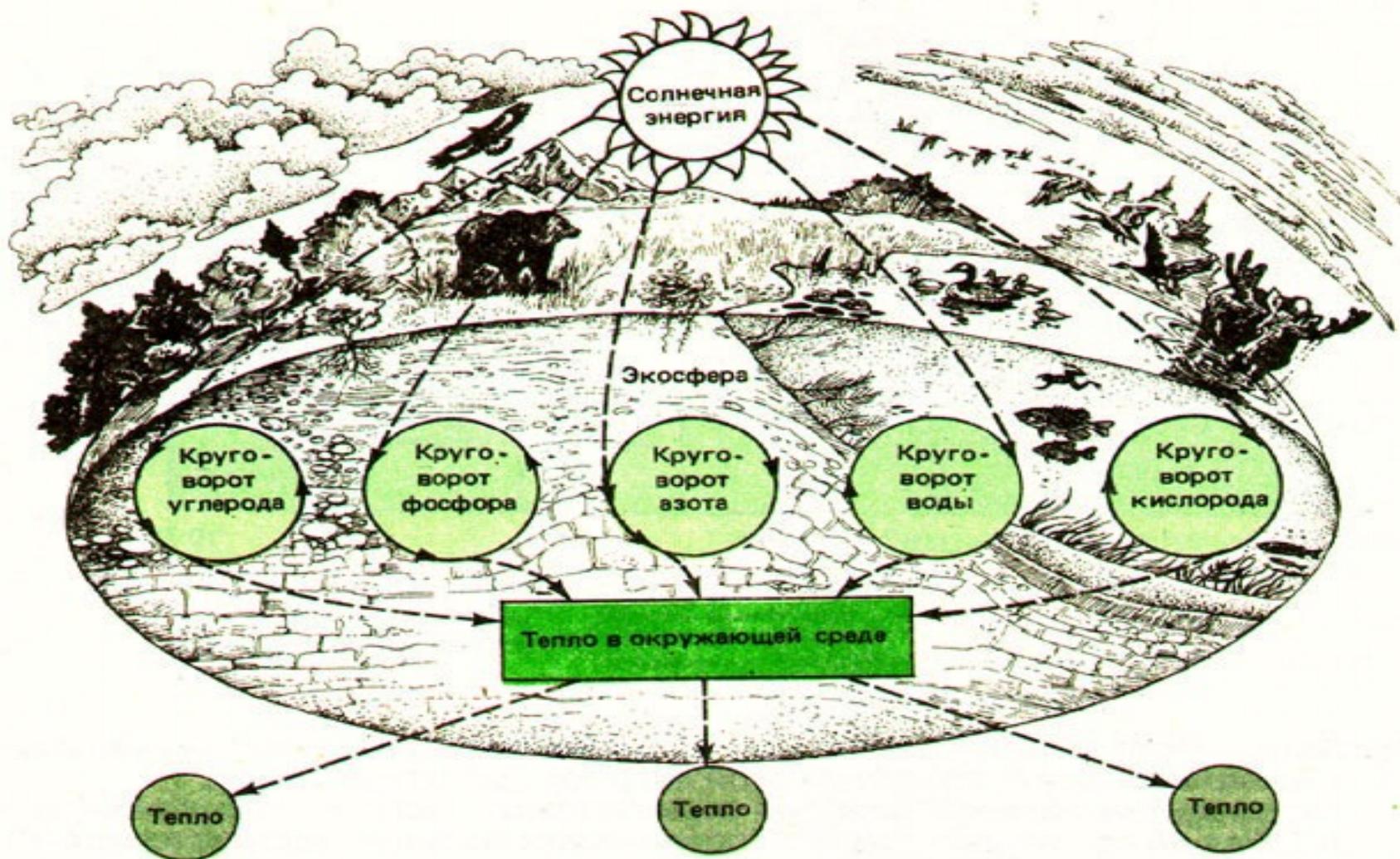
— — — — — поток энергии; - - - - - поток вещества

Классификация круговоротов веществ зависит от места нахождения резервных фондов.

1. **резервный фонд** – основная масса медленно движущихся веществ, преимущественно абиогенной природы;
2. **Подвижный (обменный) фонд** – значительно меньший по объему, но гораздо активный, с быстрым движением веществ между организмами и их окружением.



Упрощенная диаграмма круговорота воды.



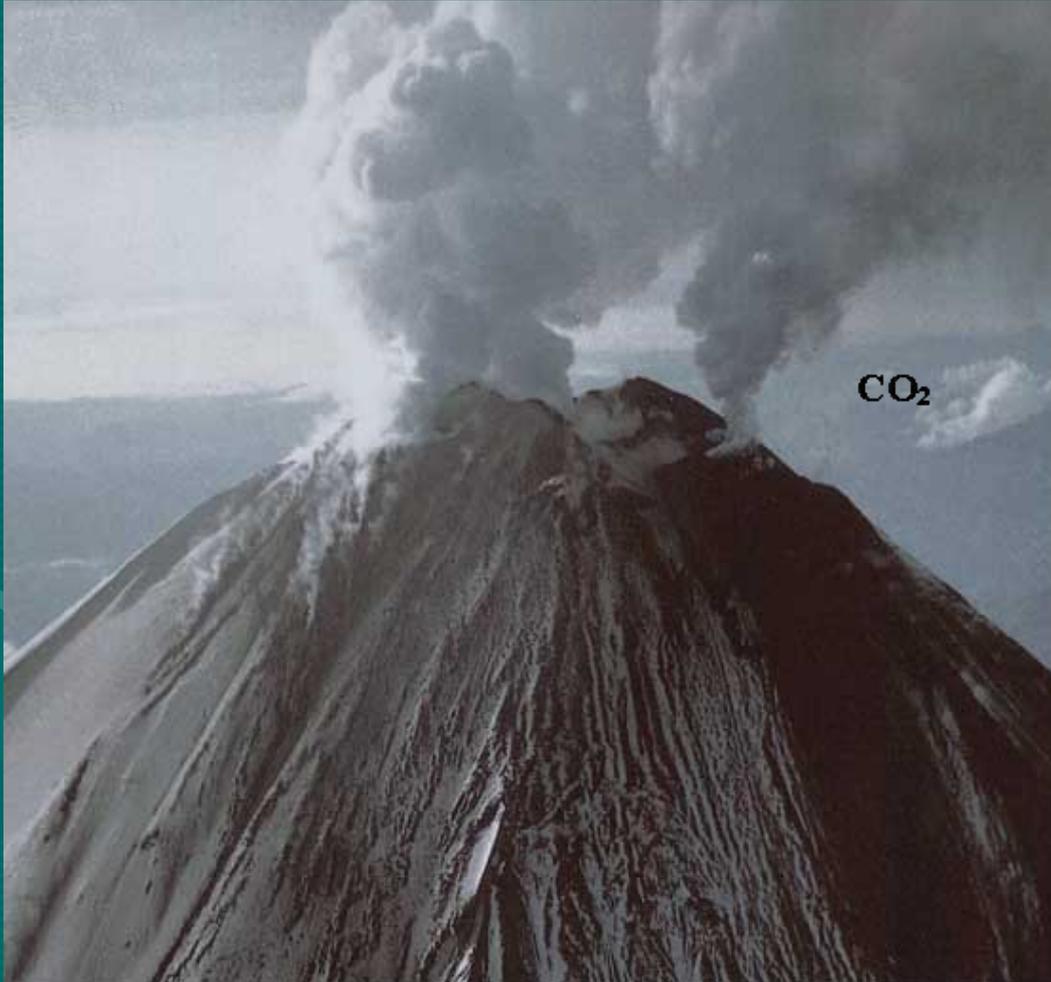
Упрощенная схема круговорота некоторых веществ.

Круговороты газообразных веществ

(резервный фонд в атмосфере или гидросфере)

- Круговорот углерода
- Круговорот кислорода
- Круговорот азота

Круговорот углерода



Первоначальным источником углерода в виде CO_2 в атмосфере Земли являются вулканические газы.

. Круговорот углерода. Значение для биосферы.

Углерод является важнейшим элементом биосферы - он составляет основу всех органических веществ.

Углерод находится в биосфере в трех основных формах:

- в виде гидрокарбонатов и карбонатов;
- в виде живого и мертвого органического вещества;
- в газообразном - в виде углекислого газа CO_2 , CO , CH_4 и других.

Миграция углерода в биосфере (по В.В.Добровольскому, 1988)

Процессы массообмена	Масса С $1 \cdot 10^9$ т/год
Мировая суша	
Биологический круговорот биосинтез - деструкция	85
Вынос с речным стоком в океан	0,95
Океан	
Круговорот фотосинтетиков океана	50
Растворение CO_2 океаном	30
Выделение CO_2 из океана	30
Осаждение в осадки $\text{C}_{\text{орг}}$	0,08
Осаждение в осадки $\text{C}_{\text{карб}}$	0,16
Поступление из индустриальных источников	5
Поступление от сжигания дров и лесных пожаров	4,8

Глобальный (геологический) круговорот углерода с осадочной фазой

– поступление углерода в виде CO_2 из литосферы в атмосферу с вулканическими газами и его последующее депонирование в океане и литосфере в форме нерастворимых карбонатов кальция CaCO_3 и магния MgCO_3 и силикатов SiCO_3 .

I Глобальный круговорот с осадочной фазой - поступление углерода в виде CO_2 из литосферы в атмосферу с вулканическими газами и его последующее депонирование в океане и литосфере в форме нерастворимых карбонатов кальция и магния - CaCO_3 и MgCO_3 .

Поступивший в атмосферу CO_2 взаимодействует с природными водами с образованием легко диссоциирующей угольной кислоты:



Угольная кислота реагирует с известняками CaCO_3 и MgCO_3 , находящимися в почве или выстилающими дно континентальных водоемов и превращает их в растворимые гидрокарбонаты $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ и $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$, выносимые речными водами в океан. Гидрокарбонаты образуются также при разрушении горных пород в процессах почвообразования.

В океане гидрокарбонаты кальция и магния используются морскими организмами для построения их скелетов и раковин. Скелеты отмерших организмов спускаются на дно океана и образуют там залежи осадочных пород - биогенные карбонаты. Особенно интенсивно этот процесс шел в меловом периоде мезозойской эры. Глубинные морские отложения карбонатов покрывают половину морского дна слоем в 0,5 км.

Таким образом, как органический, так и карбонатный углерод биосферы имеют биогенное происхождение.

Залежи карбонатов в океане являются наибольшим депо углерода в биосфере. Малый биологический круговорот углерода происходит в рамках глобального.

2) Малый биологический круговорот углерода

состоит в связывании CO_2 организмами-фотосинтетиками в органические вещества и его последующем высвобождении из них в процессах «дыхания» и разложения мертвой органики (детрита).



Влияние человека на круговорот углерода

Содержание углерода в океане и его концентрация в атмосфере находятся в динамическом равновесии: при повышении концентрации CO_2 в атмосфере, океан способен "вдыхать" в себя его избытки.

Океан является главным резервуаром, вбирающим в себя все возрастающие объемы CO_2 , образующиеся в результате хозяйственной деятельности людей. Значительное возрастание этих объемов началось в середине XIX века, когда человек стал интенсивно использовать ископаемое топливо - уголь, нефть, газ. При их сжигании в воздух выделяются CO_2 и недоокисленные продукты горения - окись углерода CO , углеводороды, сажа и другие, всего $2,0 \cdot 10^9$ т С в год.

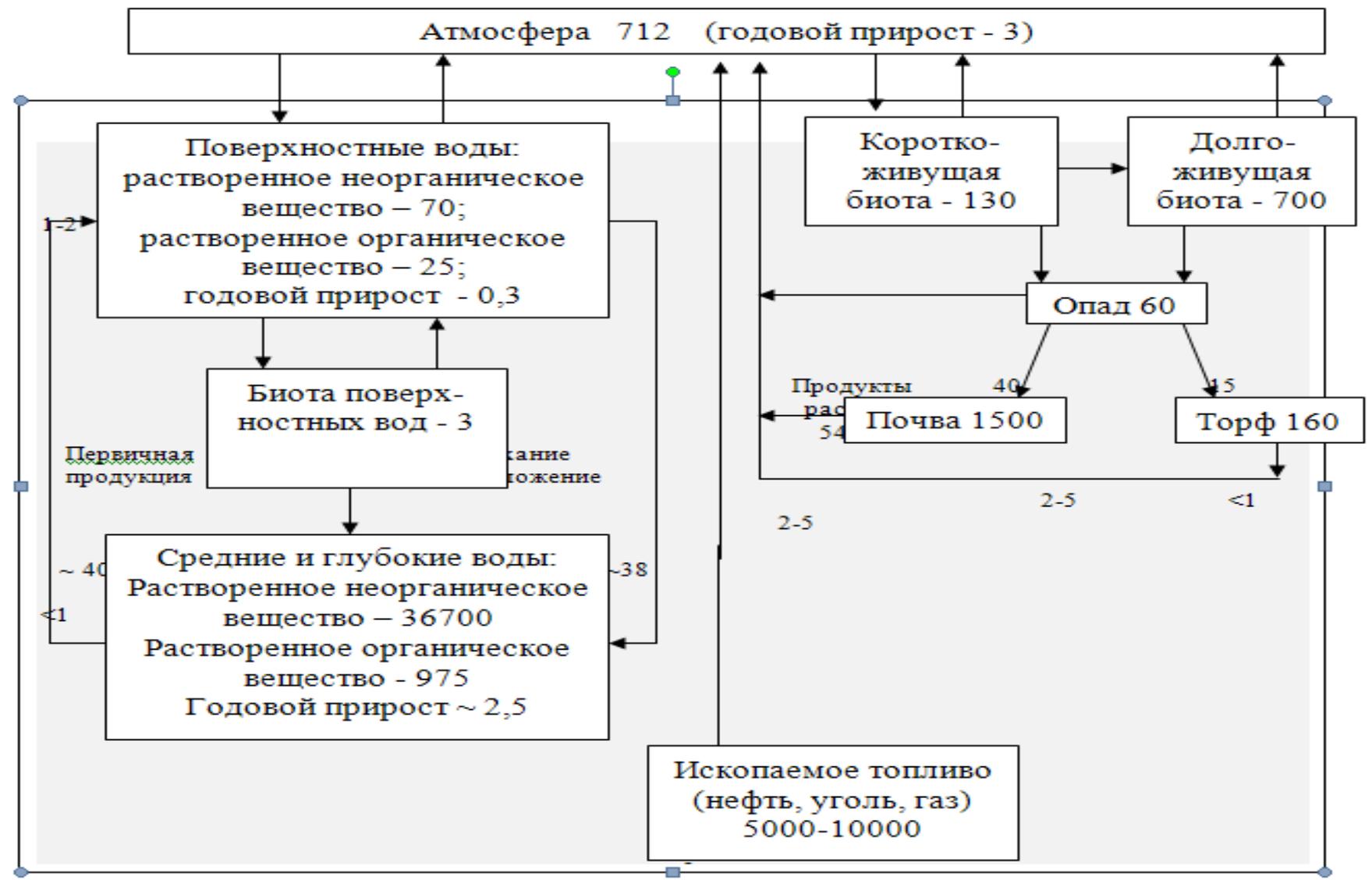
Источниками антропогенных поступлений CO_2 в атмосферу являются также массовое сведение лесов, сопровождаемое их сжиганием и ускоренное разложение в почве её органического вещества - гумуса, происходящее из-за частых вспашек земли в сельском хозяйстве. Обрабатываемые земли содержат в 20 раз меньше фиксированного углерода, чем зрелые леса. Таким образом, сельскохозяйственная деятельность человека способствует увеличению поступления CO_2 в атмосферу.

В настоящее время суммарная антропогенная прибавка углерода в атмосферу оценивается в $5-6,6 \cdot 10^9$ т/год. Однако как видно из таб.5.1.3. , за счет высокой буферной емкости Мирового океана и фотосинтеза растений эти поступления пока не могут серьезно влиять на его глобальный цикл.

Тем не менее в последние годы содержание CO_2 в атмосфере постепенно нарастает. Мнения ученых по поводу причин этого нарастания неоднозначны, называют как природные, так и антропогенные факторы – сжигание ископаемого топлива.

Кроме CO_2 , в атмосфере присутствуют также небольшие количества других соединений углерода: угарный газ CO , образующийся в результате процессов горения; углеводороды - метан и другие, выделяющиеся из нефтяных и газовых месторождений, при неполном сгорании и разложении органических веществ. Большие количества метана образуются при расщеплении органики в условиях недостатка кислорода в болотах и на животноводческих комплексах при разложении навоза. Как и CO_2 , метан и CO являются парниковыми газами. В атмосфере оба они окисляются до CO_2 .

Круговорот углерода



Круговорот углерода

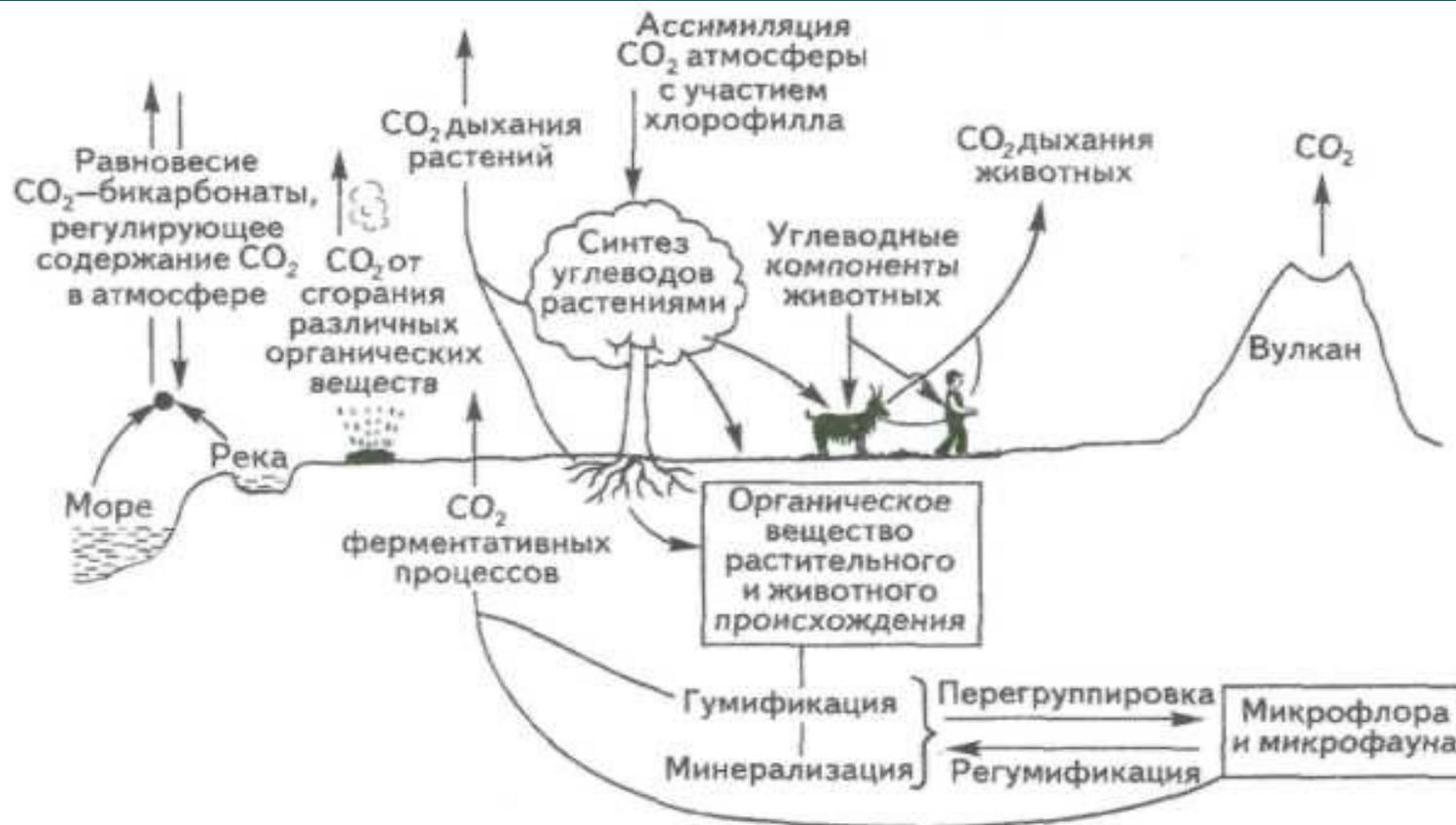


Рис. 11.1. Круговорот углерода (Gaucher, 1968, цит. по Лозе Ж., Матье К., 1998)

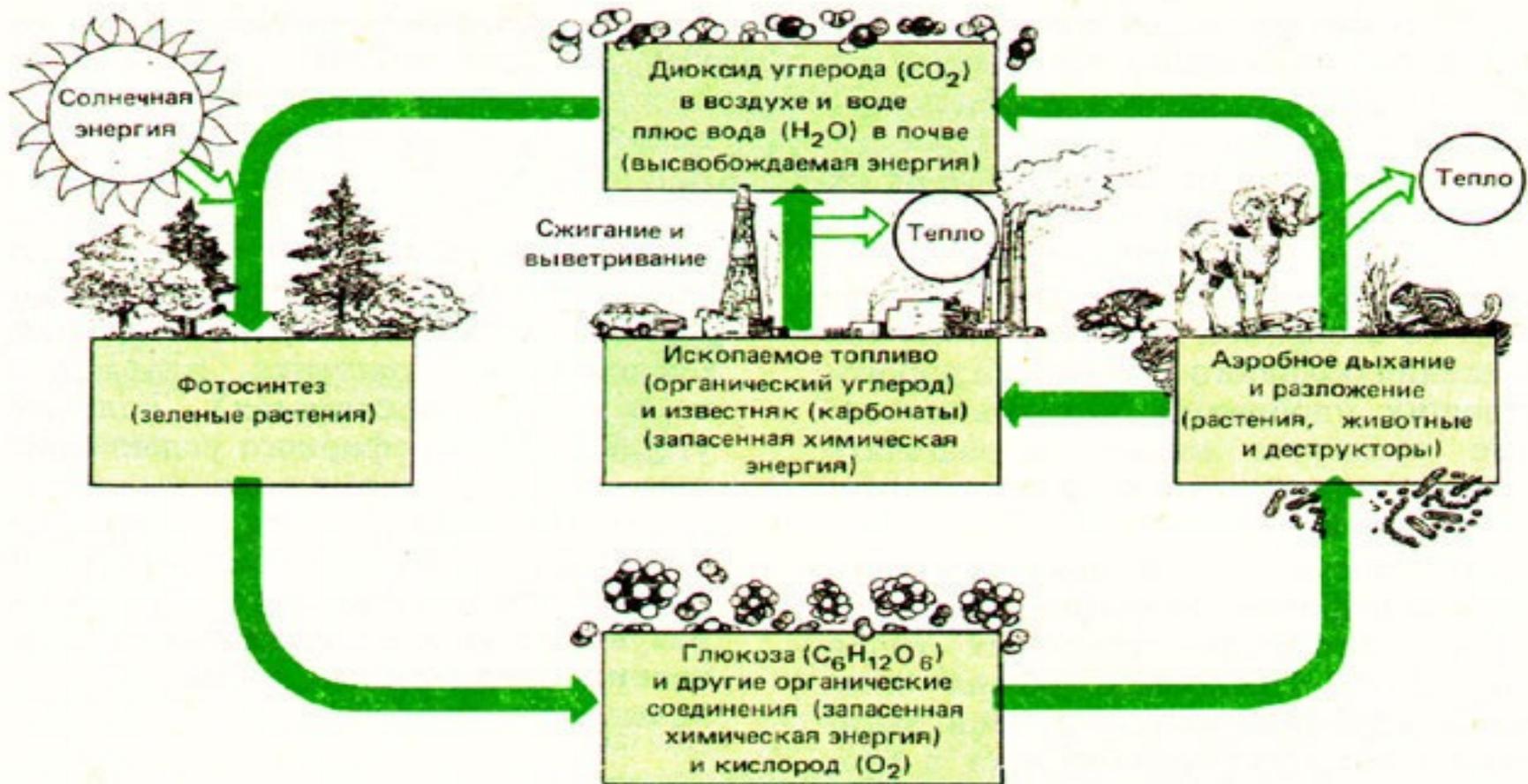
Круговорот углерода



Самый интенсивный биогеохимический цикл – круговорот углерода. В природе углерод существует в двух основных формах

- в карбонатах (известняках)
- и углекислом газе.

Содержание последнего в 50 раз больше, чем в атмосфере. Углерод участвует в образовании углеводов, жиров, белков и нуклеиновых кислот.



Упрощенная диаграмма части углеродного цикла.

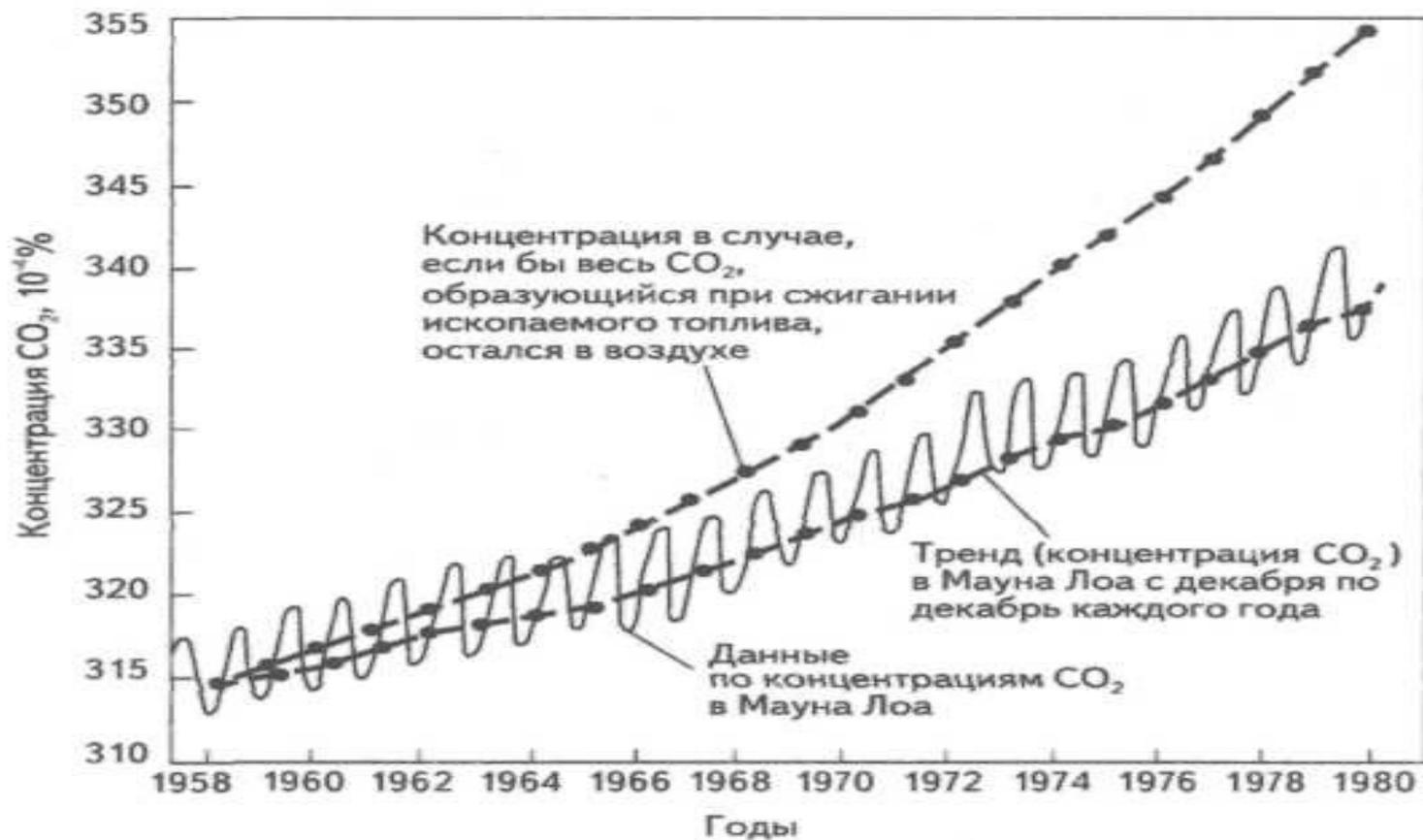
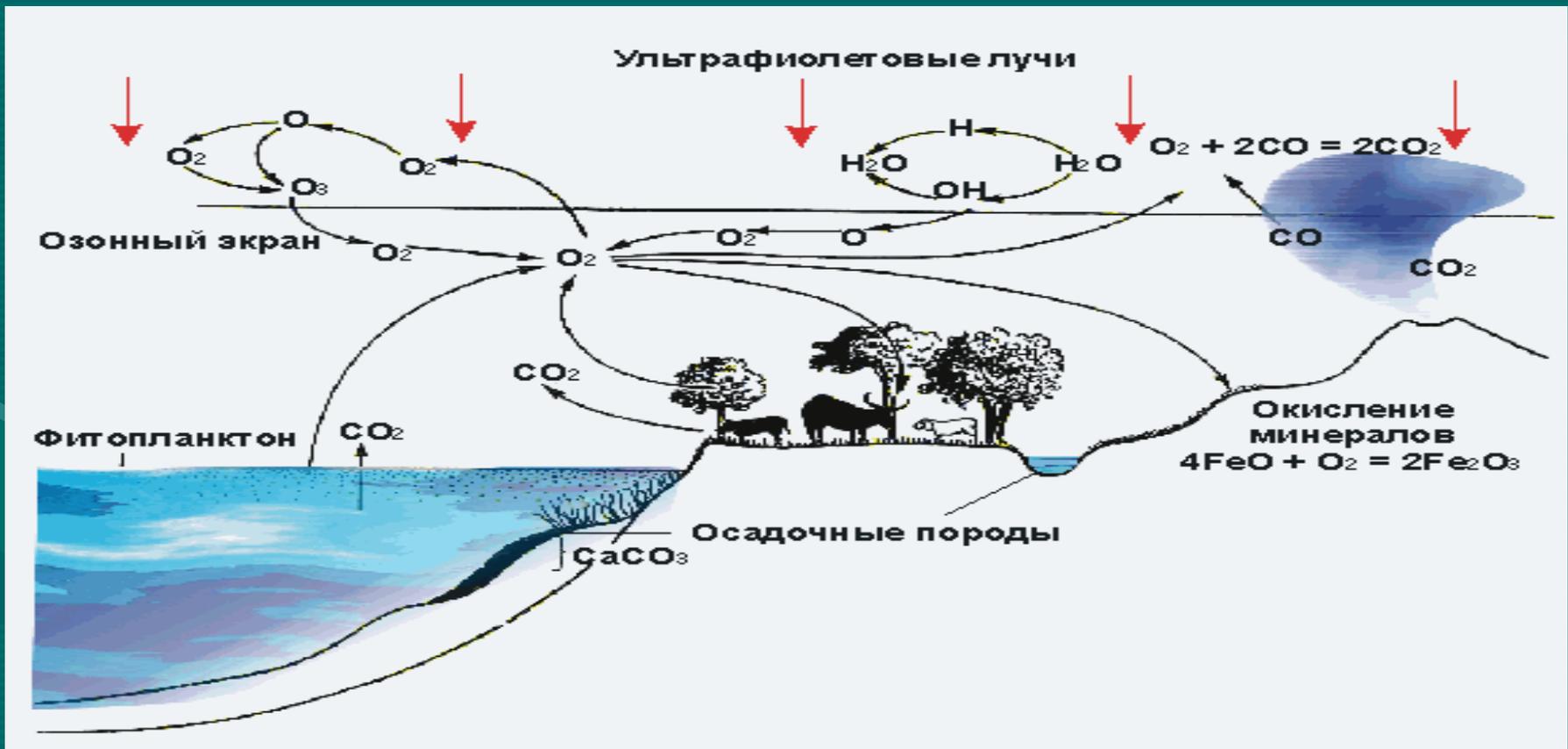


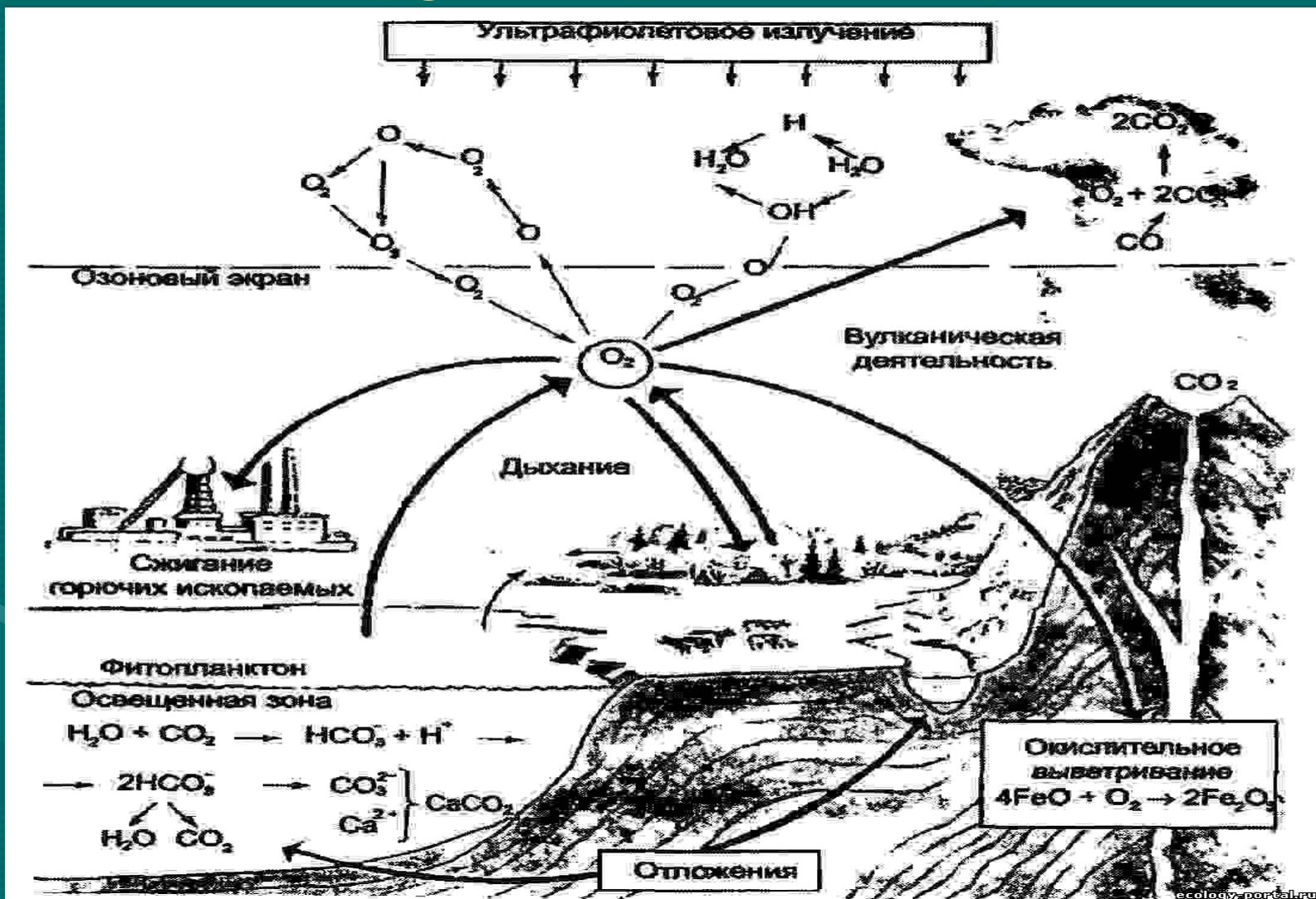
Рис. 11.2. Реальные концентрации CO_2 в атмосфере и ожидаемые концентрации в случае, если бы весь CO_2 , образующийся при сжигании ископаемого топлива, остался в воздухе (Crane and Liss, 1985, цит. по Андруз Дж. и др., 1999)

Круговорот кислорода

В процессе фотосинтеза образуются органические вещества и побочный продукт – кислород (O_2), который улетучивается в атмосферу.



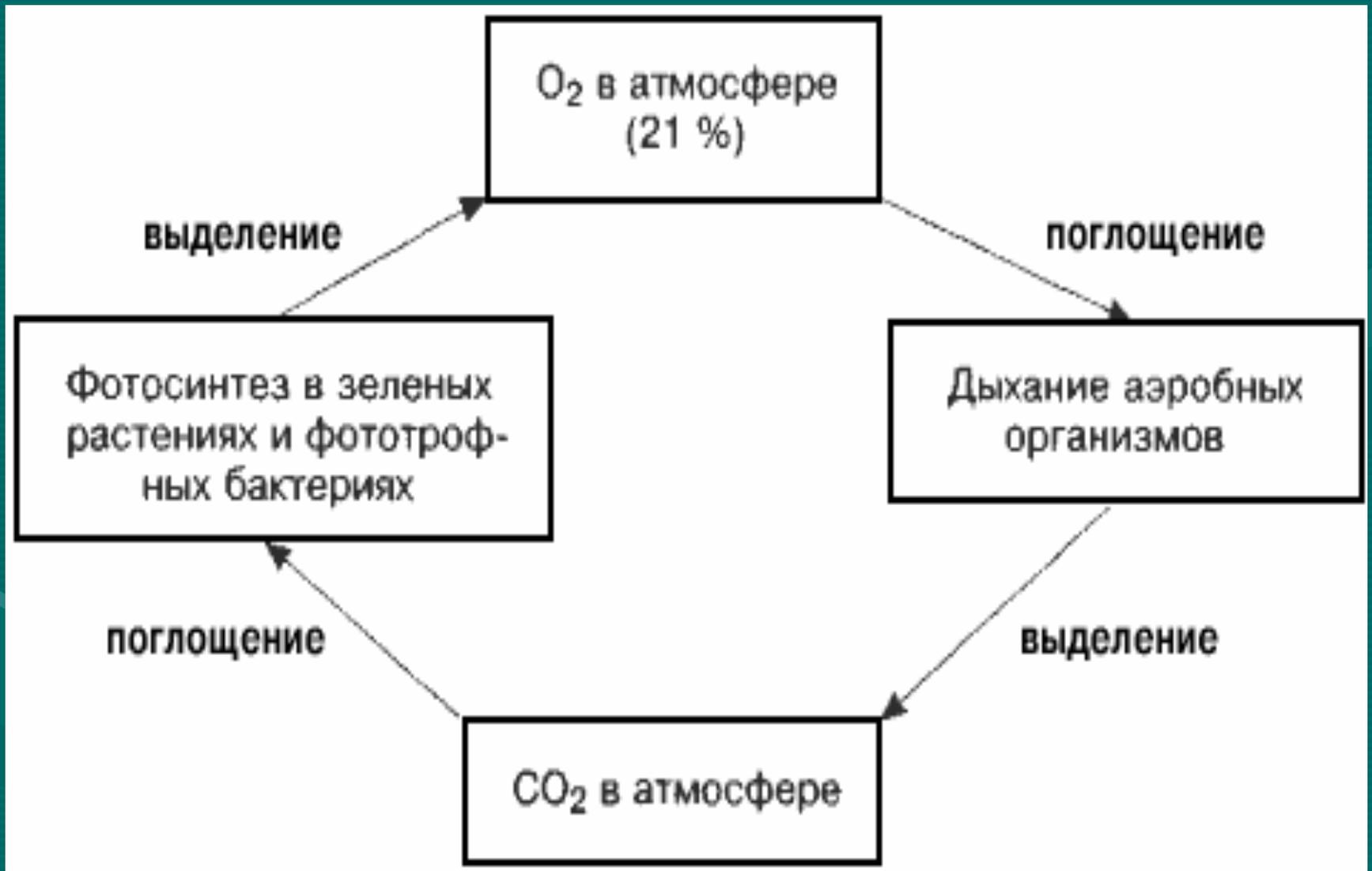
Круговорот кислорода



Круговорот кислорода

- фотосинтез;
- фотохимическое разложение водяного пара в верхних слоях атмосферы под влиянием ультрафиолетовых лучей солнца;
- участие в образовании и разрушении озона;
- убыль кислорода в атмосфере в результате дыхания, гниения и горения;
- фиксация литосферой в виде карбонатов, сульфатов, оксидов железа и др.;
- участие в круговоротах в несвязанном виде (воды, углекислого газа и др.).

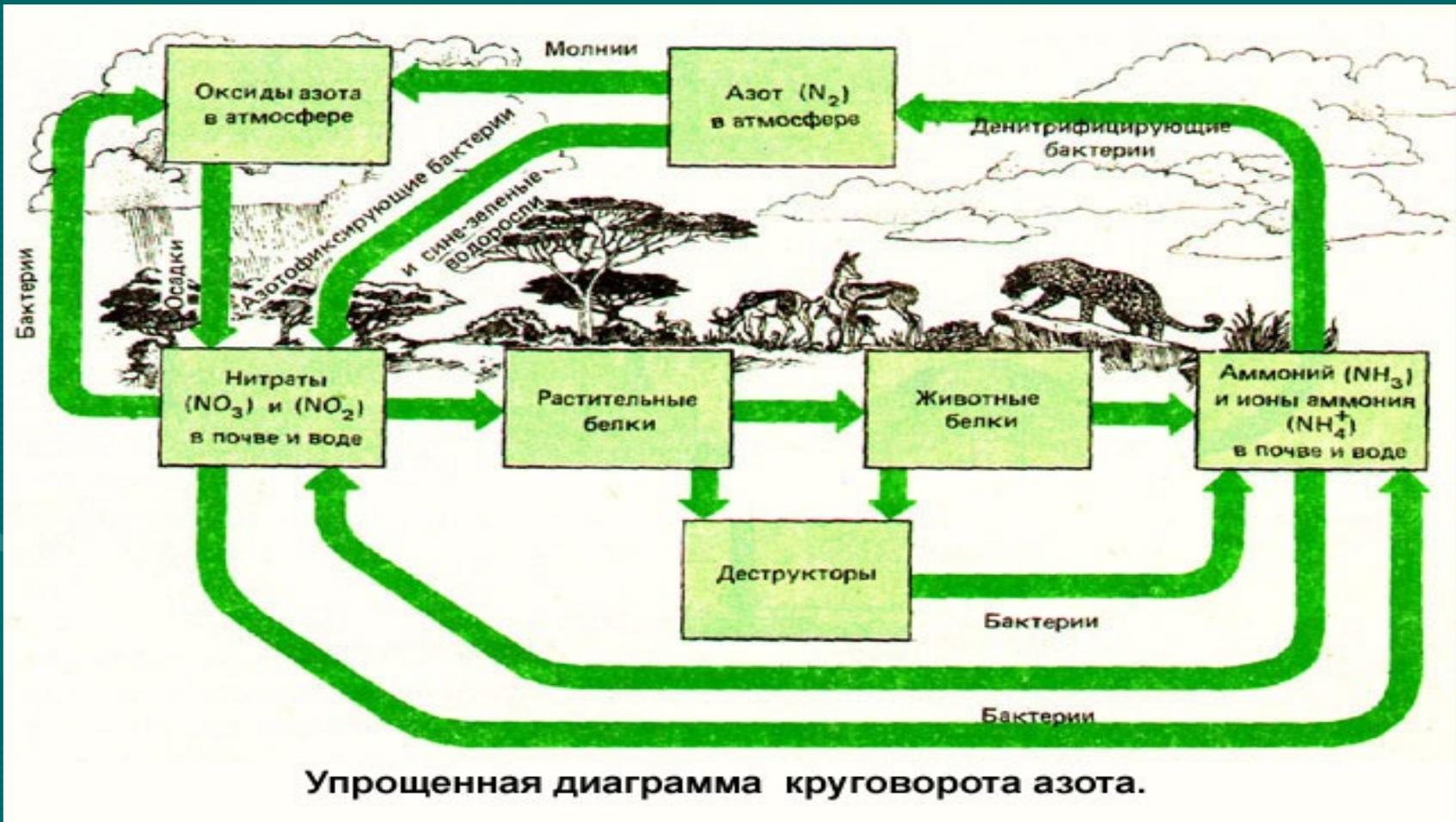
Круговорот кислорода



Наибольшие объемы свободного кислорода приходятся на экосистемы северных и средних широт – они являются «легкими планеты» - производителями кислорода и аккумуляторами углерода, в чем состоит их неопределимое значение для биосферы.



Круговорот азота



Круговорот азота.

Круговорот азота, безусловно, является одним из самых сложных, но и самым идеально организованным круговоротом. Значительную роль в нём играют живые организмы. Несмотря на большое их количество и разнообразие, круговорот азота протекает наиболее быстро и полно (Ф.Рамад, 1981).

I Глобальный геологический круговорот азота.

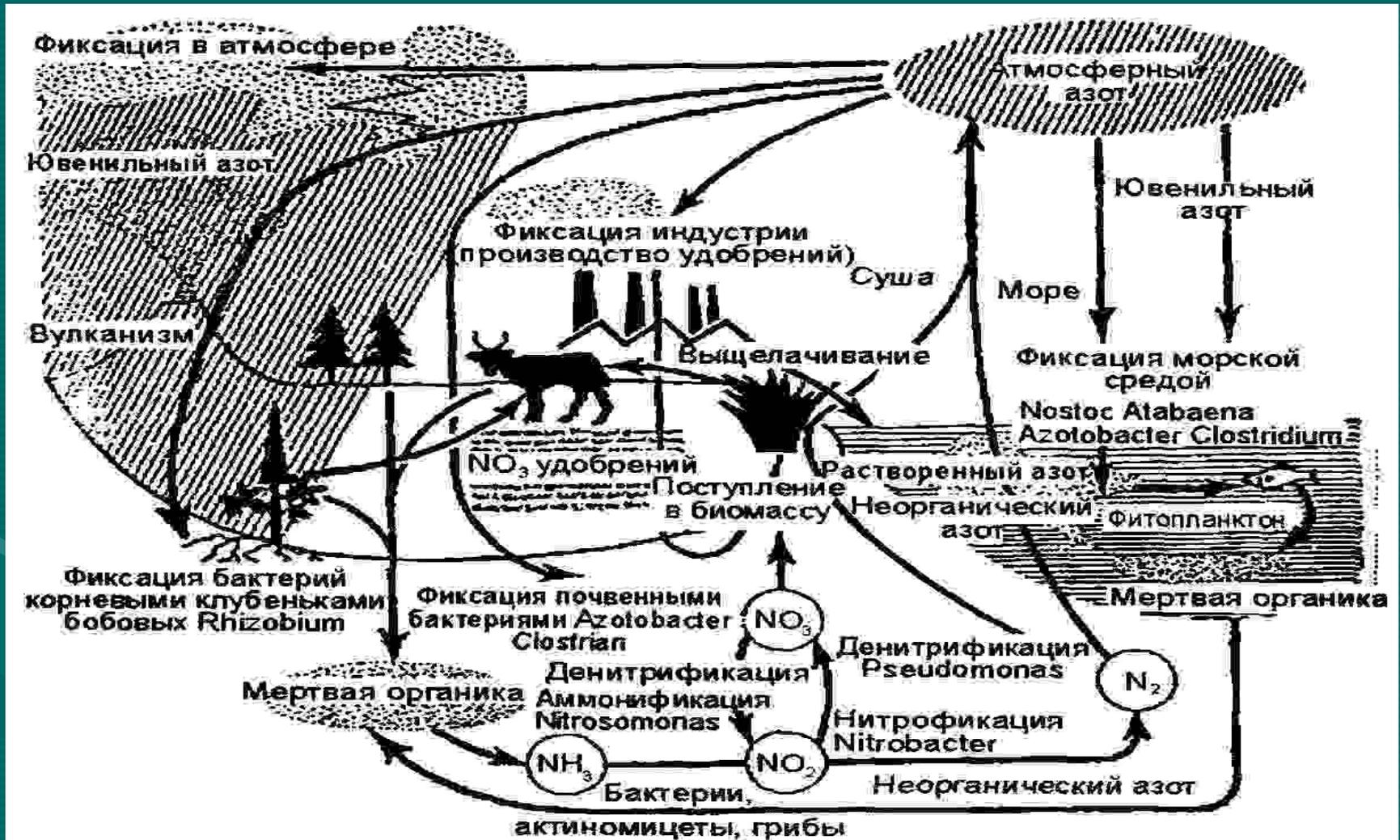
Главным источником азота биосферы являются недра Земли, откуда он поступает в составе вулканических газов.

В отличие от углерода, основным резервуаром азота в биосфере является не океан, а атмосфера, где его газообразная форма N_2 составляет 79 % всех газов

Миграция масс азота в биосфере (по В.В Добровольскому, 1998)

Процессы массообмена	Масса, 10^6 т/год
Мировая суша	
Круговорот у растений фотосинтез - деструкция	3 400
Бактериальный круговорот	
- азотфиксация	40 - 200
- денитрификация	от 40-50 до 350-400
Круговорот с участием животных	90 - 190
Поступление в атмосферу при лесных пожарах	10 - 200
Вымывание из атмосферы	50
Вынос с речным стоком	24 - 61
Поступление из недр Земли	1- 9
Океан	
Круговорот фитопланктона	6000
Бактериальный круговорот	
- азотфиксация	1 - 20
- денитрификация	0 - 330
Вымывание из атмосферы	82
Удаление в осадки	1- 9
Поступление в составе промышленных и бытовых отходов	10 - 20
Индустриальная фиксация из воздуха	60

Круговорот азота.



Влияние человека на круговорот азота

1) сжигание топлива приводит к образованию оксида азота, а затем реакциям:



что способствует выпадению кислотных дождей;

2) В присутствии бактерий из отходов животноводства образуется закись азота парниковый газ;

3) Добыча полезных ископаемых, содержащих нитрат-ионы и ионы аммония, для производства минеральных удобрений;

4) При сборе урожая из почвы выносятся нитрат-ионы и ионы аммония;

5) Стоки с полей, ферм и из канализаций увеличивают количество нитрат-ионов и ионов аммония в водных экосистемах, что ускоряет рост водорослей и других растений – эвтрофикация водоемов ; при разложении растений расходуется кислород, что в конечном счёте приводит к гибели рыб.

Круговорот фосфора.

Фосфор играет в организмах значительную роль - он входит в состав АТФ, нуклеиновых кислот и других важных веществ. Однако содержание фосфора в биосфере очень мало, и поэтому во многих экосистемах фосфор является лимитирующим фактором - его недостаток сдерживает их продуктивность.

Круговорот фосфора очень прост, но в краткосрочном периоде времени является незамкнутым, происходит с большими потерями: большие объёмы осаднения фосфора в океане намного превышают его поступления на сушу. Это связано с отсутствием в биосфере постоянно действующих биохимических потоков, возвращающих фосфор из океана на сушу.

Главным отличием круговорота фосфора от круговоротов углерода, азота и серы, является полное отсутствие в нём газообразных форм

Миграции масс фосфора в биосфере (по данным В.В.Добровольского, 1998).

Процессы массообмена	Масса 10 ⁶ т/год
Мировая суша	
Биологический круговорот	345
Речной сток	23
Океан	
Биологический круговорот	1210
Осаждение в осадочные породы	2-10
Использование в составе фосфорных удобрений	14
Антропогенные поступления из всех источников	12

Основным резервуаром фосфора в биосфере являются горные породы - апатиты и фосфориты. Процесс разрушения этих пород - выветривание, является единственным источником поступления фосфора в глобальный и биологический круговороты.

Большую роль в разрушении горных пород играет человек, добывающий их для производства фосфорных удобрений

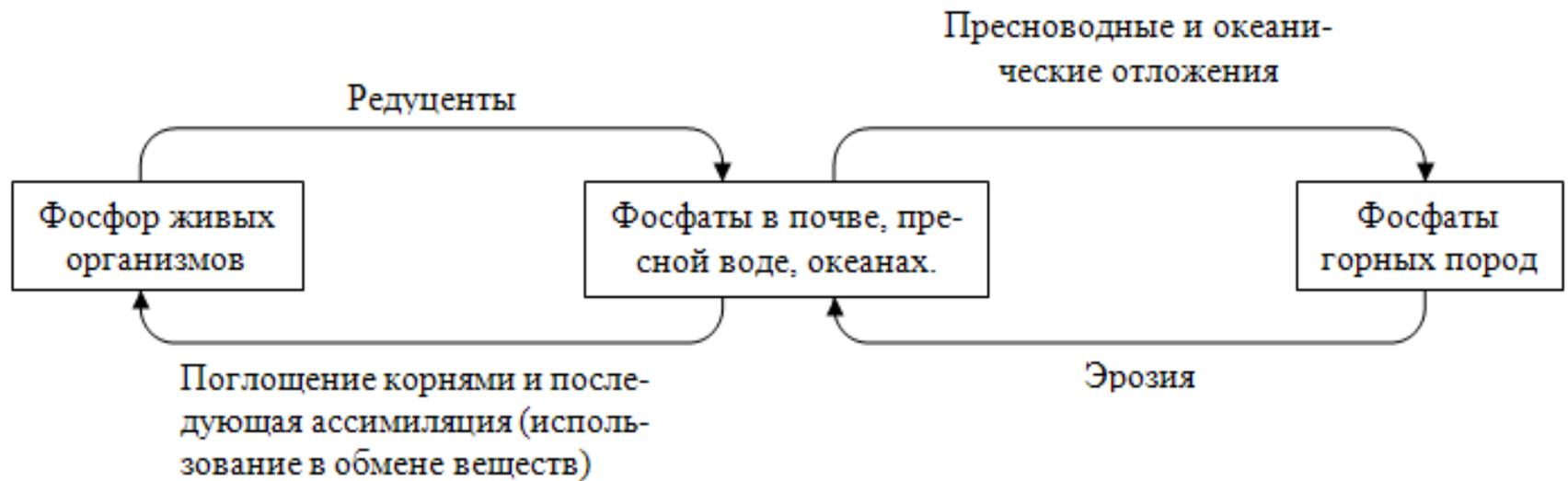
Круговорот фосфора



Влияние человека на круговорот фосфора

1. добыча больших количеств фосфатных руд для минеральных удобрений и моющих средств приводит к уменьшению количества фосфора в биотическом круговороте;
2. стоки с поле, ферм и коммунальные отходы приводят к увеличению фосфат-ионов в водоёмах, к резкому росту водных растений и нарушению равновесия в водных экосистемах.

Круговорот фосфора в природе



Влияние человека на круговороты веществ

Даже в случае самой хорошей «забуференности» биогеохимических круговоротов веществ она имеет свои пределы. В настоящее время они начинают нарушаться человеком.

Человек потребляет в десятки тысяч раз больше веществ, чем нужно для удовлетворения биологических (первичных) потребностей – получения достаточного количества пищевых веществ и воды.

Также человек синтезирует и вводит в круговорот новые, искусственно созданные им вещества, для расщепления которых в природе нет разлагающих механизмов.

По этой причине круговороты становятся несовершенными, незамкнутыми и создаются избытки этих веществ – загрязнения.

В глобальном масштабе усилия по охране биосферы должны быть направлены на сохранение цикличности, нормального хода биогеохимических круговоротов.

Для этого необходимо знать их механизмы.

Благодарим

за

ВНИМАНИЕ!



