

Лекция 9

Тема 6. Биогеохимические циклы.

Часть 2. Кислород, озон, азот, фосфор

ЭКОЛОГИЯ

Дмитрий Геннадьевич Замолодчиков

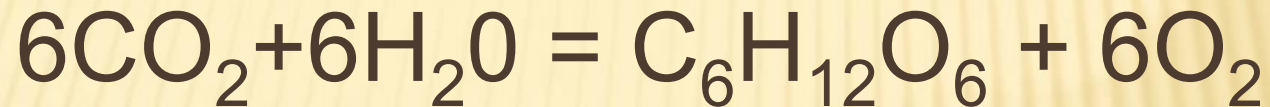
dzamolod@mail.ru

Кислород (O)

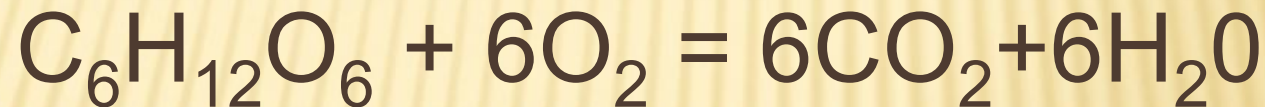
- ✘ Преобладает по массе в живых существах (за счет того, что входит в состав воды)
- ✘ Входит в состав органических веществ, занимает второе место после углерода в сухой биомассе.
- ✘ Важен для энергообмена: за счет окисления органического вещества кислородом большинство живых организмов получает энергию.
- ✘ Из свободного кислорода образуется озон.

Дыхание – фотосинтез наоборот

× Фотосинтез



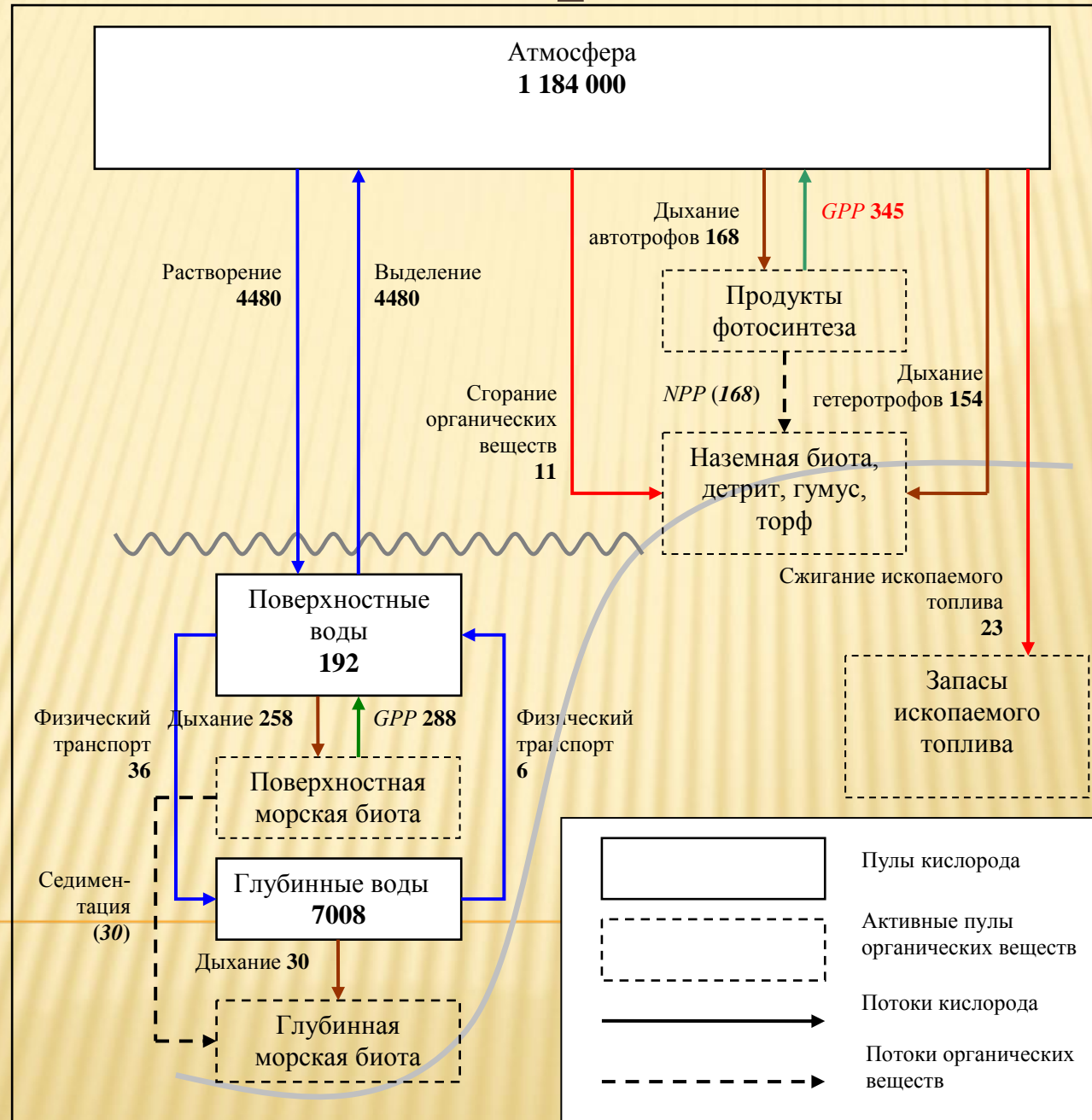
× Дыхание



× Сгорание метана



Биосферный цикл O_2 (современный), Гт O_2



Глобальная специфика кислородного цикла

Время обновления кислорода в атмосфере около 2000 лет.

$$1184000 / (168 + 154 + 258) = 2041$$

Гт O₂ Гт O₂/год Лет

Вопрос: если фотосинтез остановится, за какое время биосферное дыхание полностью истратит атмосферный кислород?

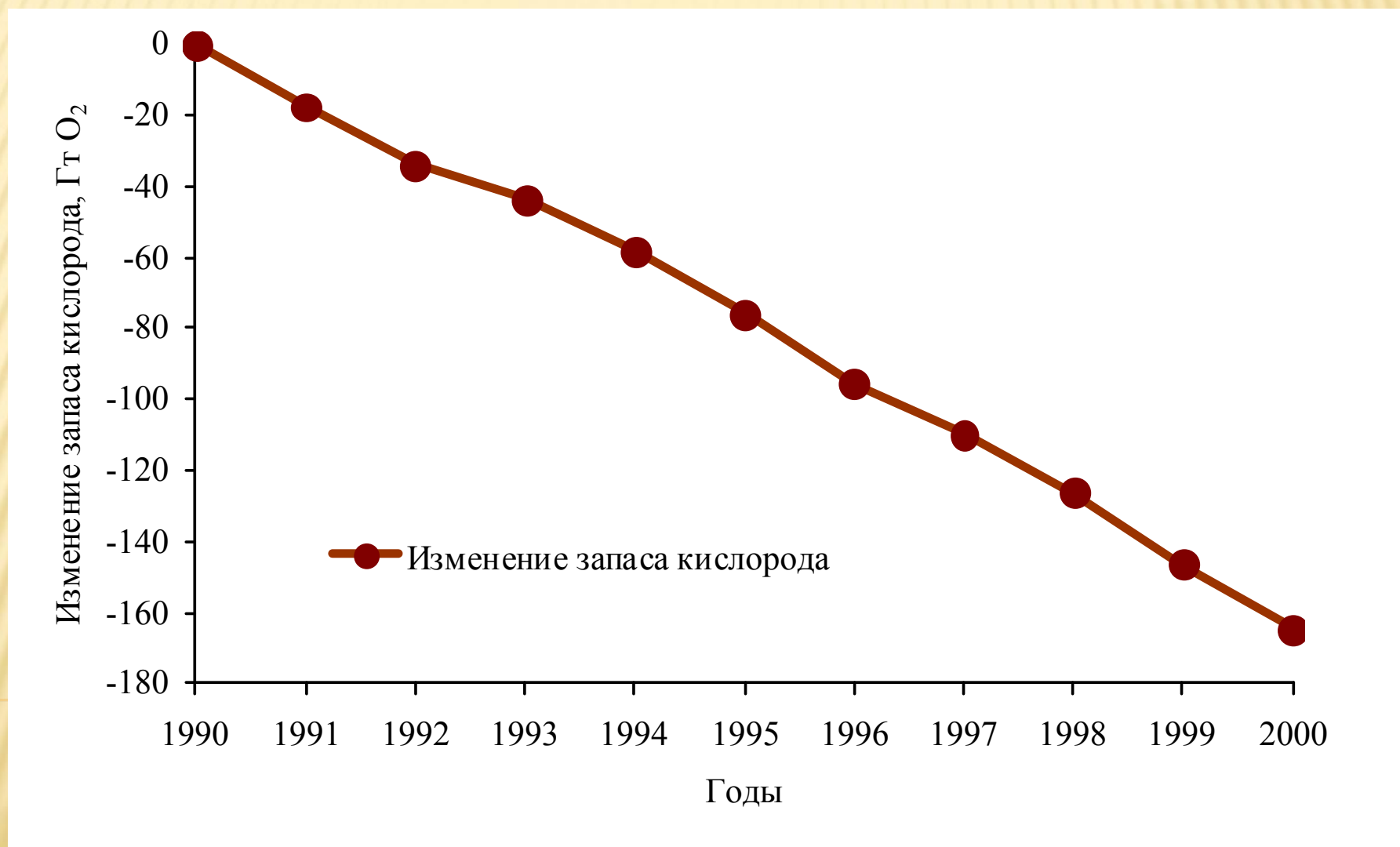
Ответ: никогда.

При полном окислении биомассы и детрита (включая торф и гумус), будет использовано всего 0.3% (!) запаса атмосферного кислорода.

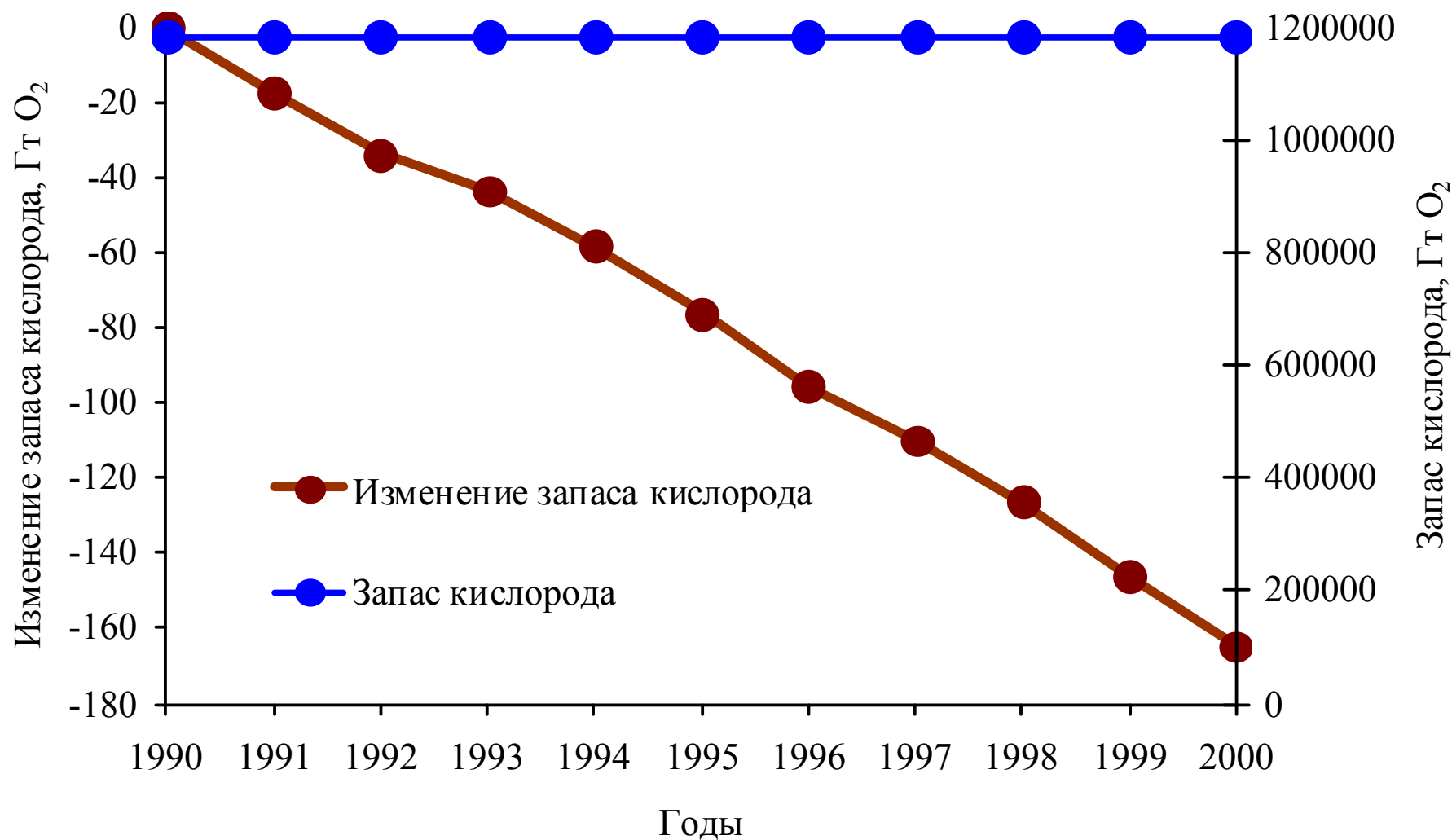
$$(1500 \times 2.5) / 1184000 = 0.003$$

Гт С О/С Гт О

Изменение запаса кислорода атмосферы ха счет сжигания ископаемого топлива



Динамика запаса кислорода атмосферы: проблемы с дефицитом кислорода нет!

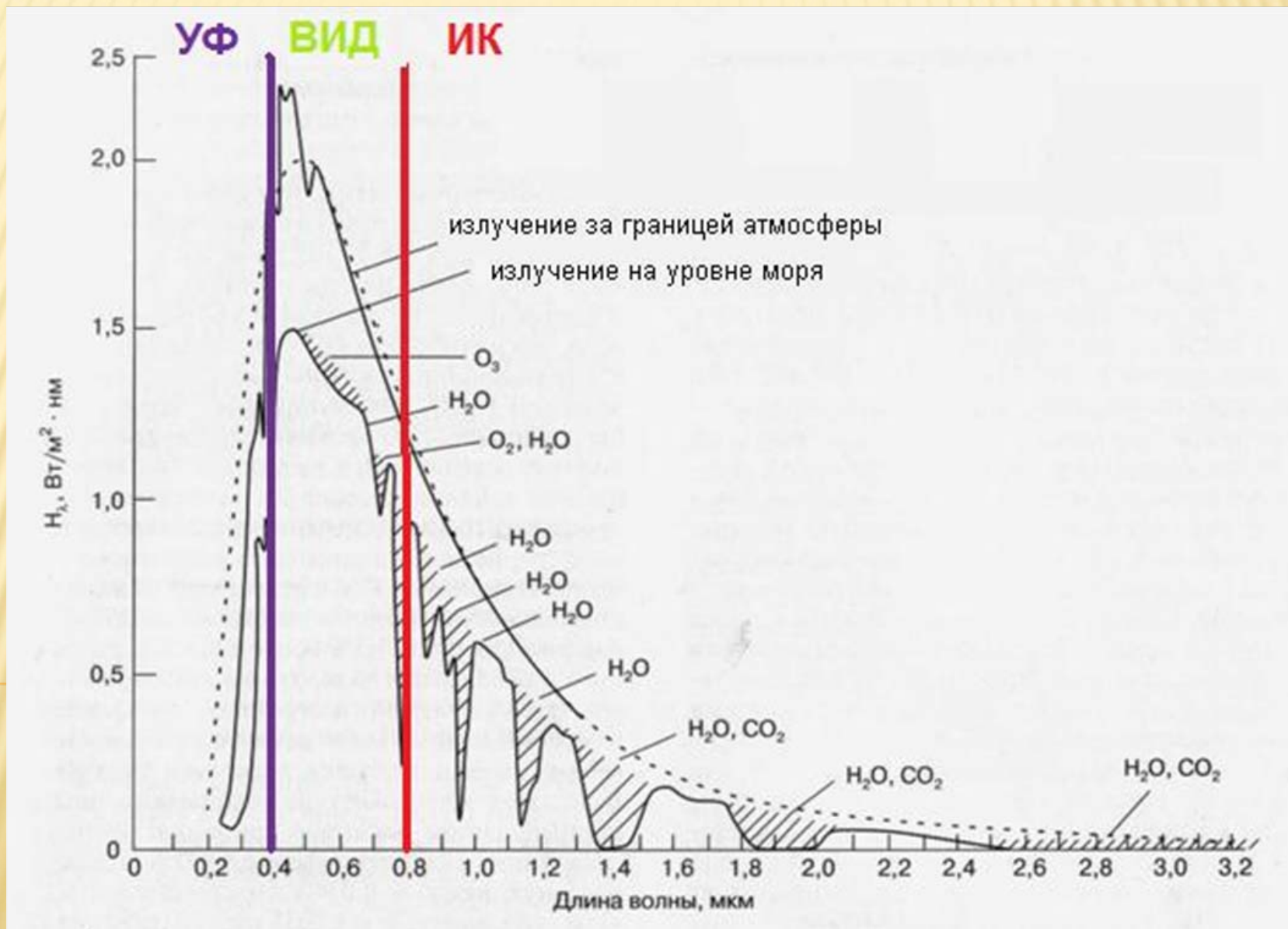


Озоновая ветвь кислородного цикла

Механизм Чепмена – образование озона из кислорода под воздействием УФ излучения



Озон (O_3) поглощает ультрафиолетовое излучение Солнца



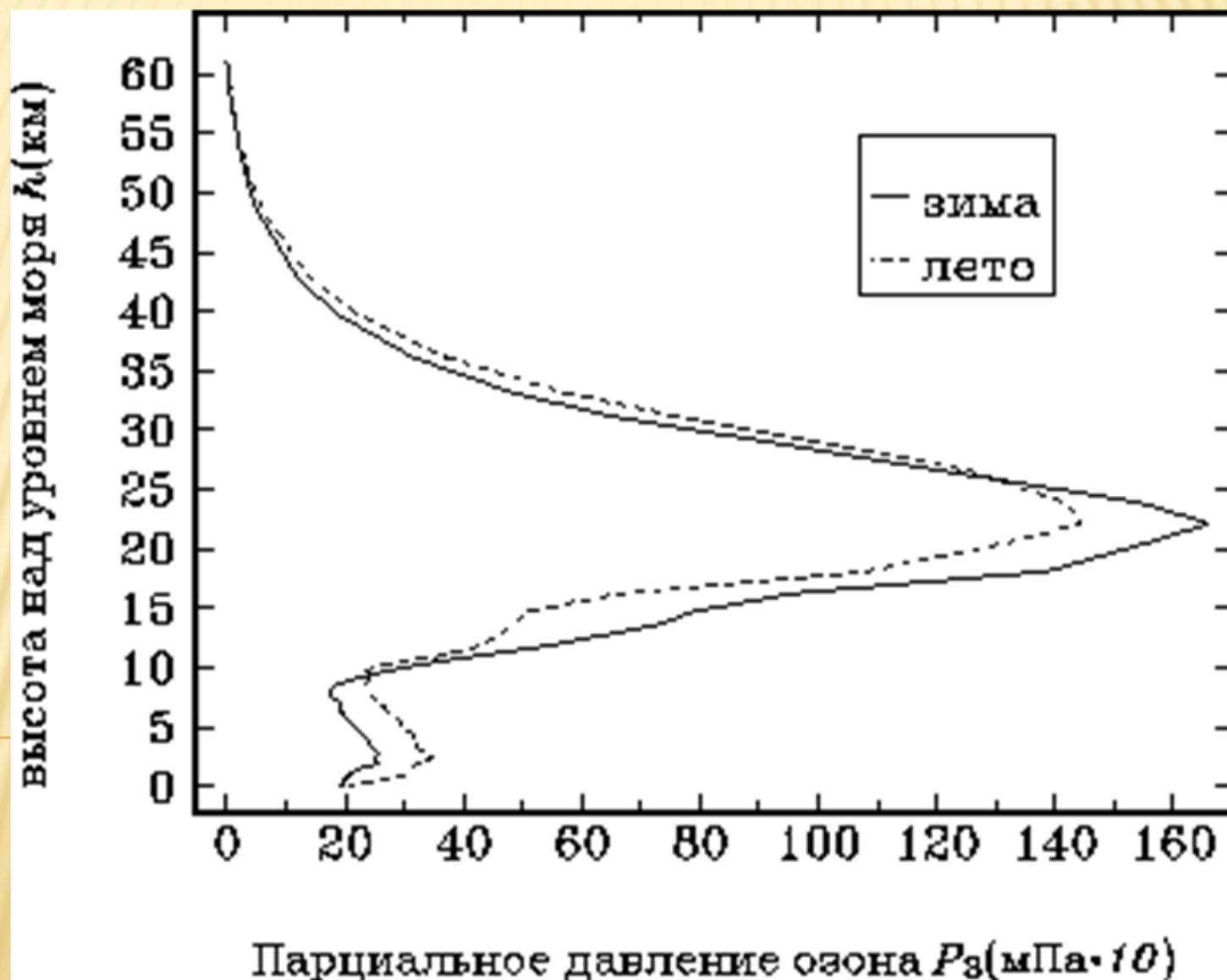
УФ излучение – мощный токсический и мутагенный фактор



Обеззараживание водопроводной воды УФ излучением

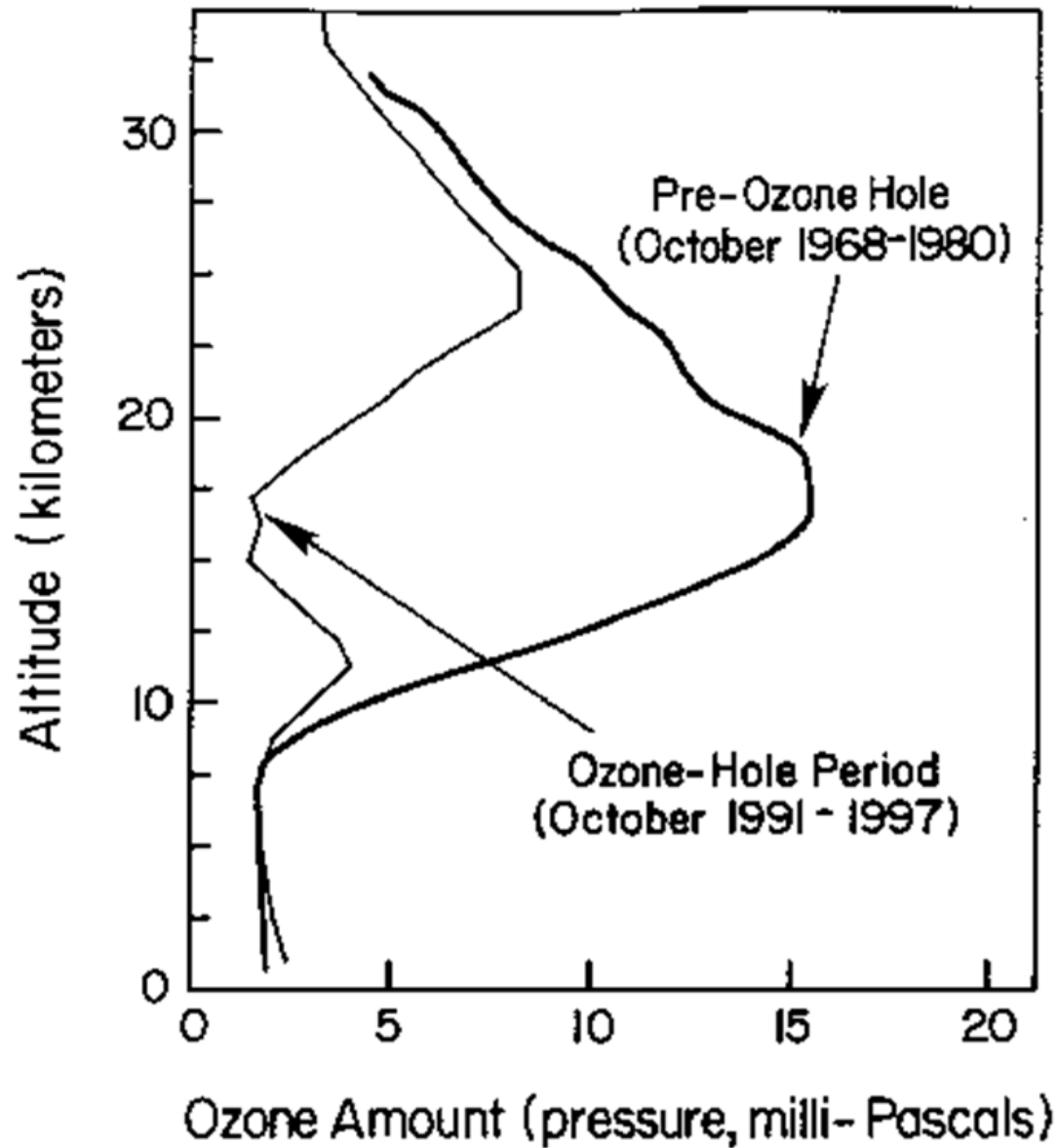


Озоновый слой – повышенное содержание озона в стратосфере (от 10 до 35 км)

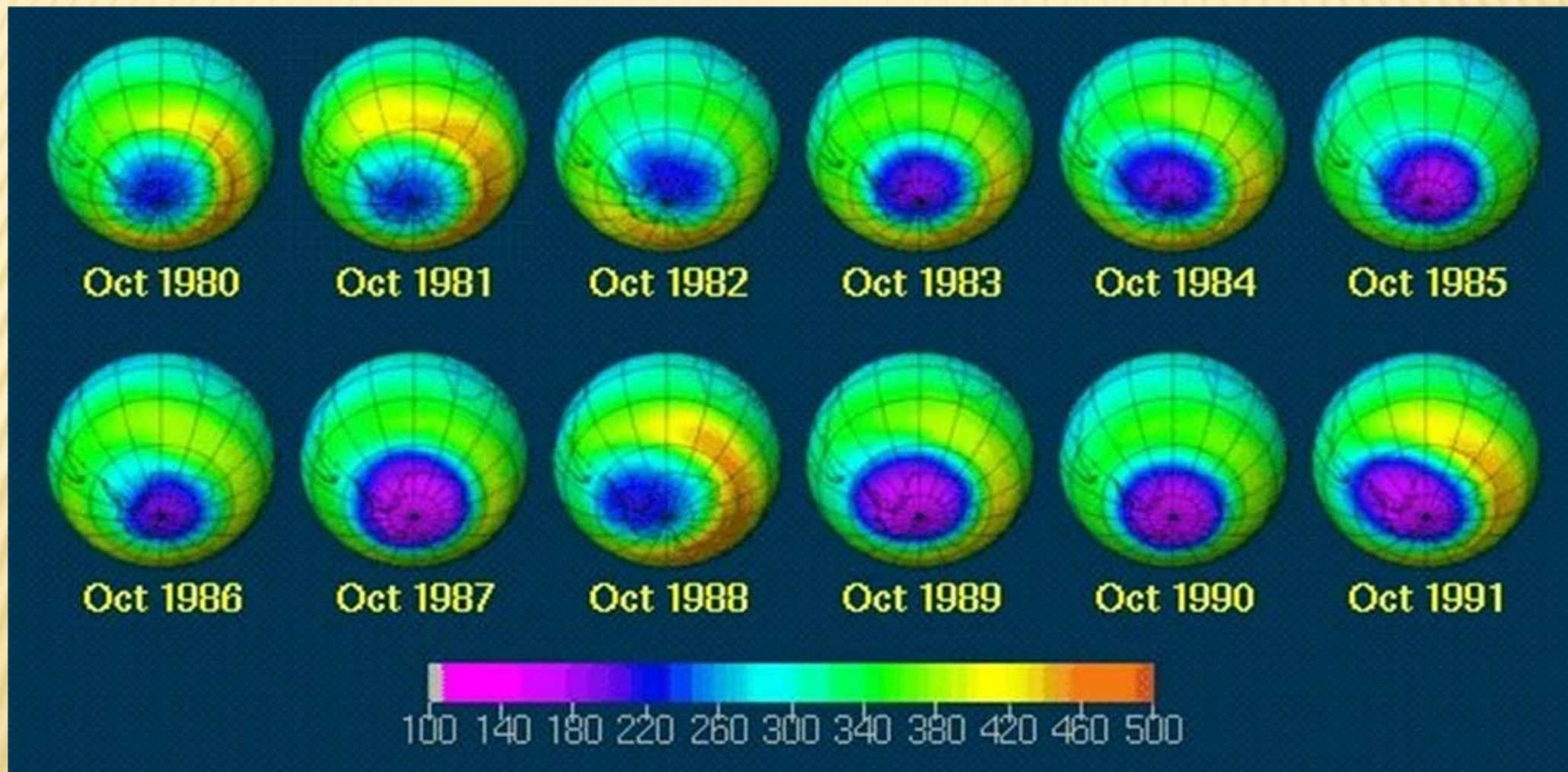


Пример развития озоновой дыры (Антарктика)

Springtime Depletion of the Ozone Layer over Syowa, Antarctica

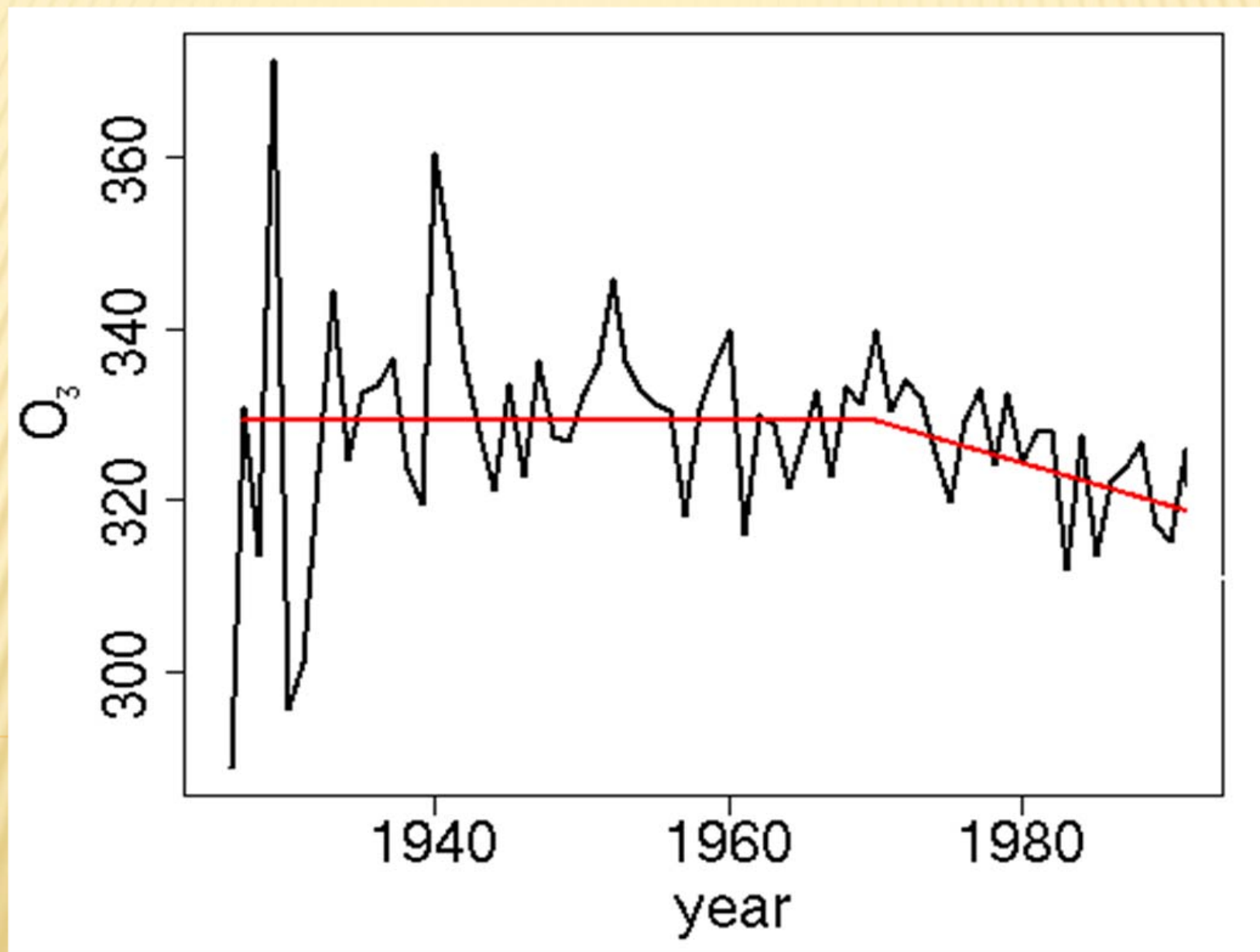


Пространственная динамика озоновой дыры в Антарктике



1 единица Добсона = 1 микрометр слоя чистого O_3 = 1.25 ppb O_3

Динамика озона по данным станции Ароса (Швейцария)



Причина «озоновых дыр» - антропогенные эмиссии озонразрушающих газов

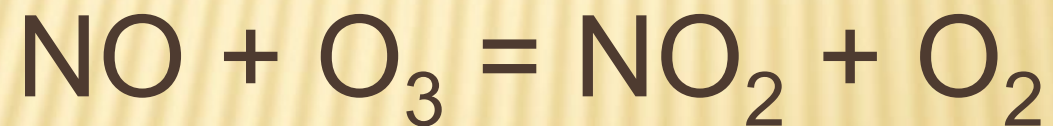
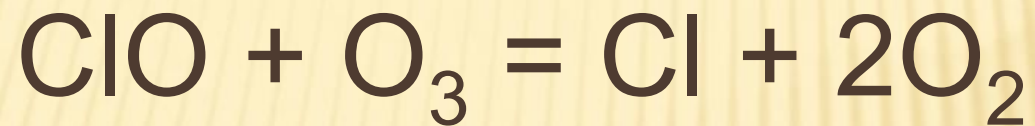
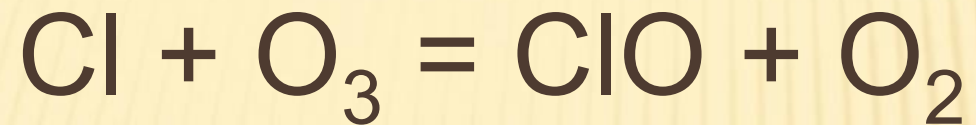
✘ Фреоны (ХФУ)

✘ Оксиды азота



(сп 10051) СССР-77107 Ту-144 1978 год (с) В. А. Владимиров

Фреоны и окислы азота разрушают озоновый слой



Международные соглашения об охране озонового слоя

- ✘ Венская конвенция об охране озонового слоя (1985 г.). Ратифицирована всеми членами ООН.
 - ✘ Монреальский протокол по веществам, разрушающим озоновый слой (1987 г.)
-

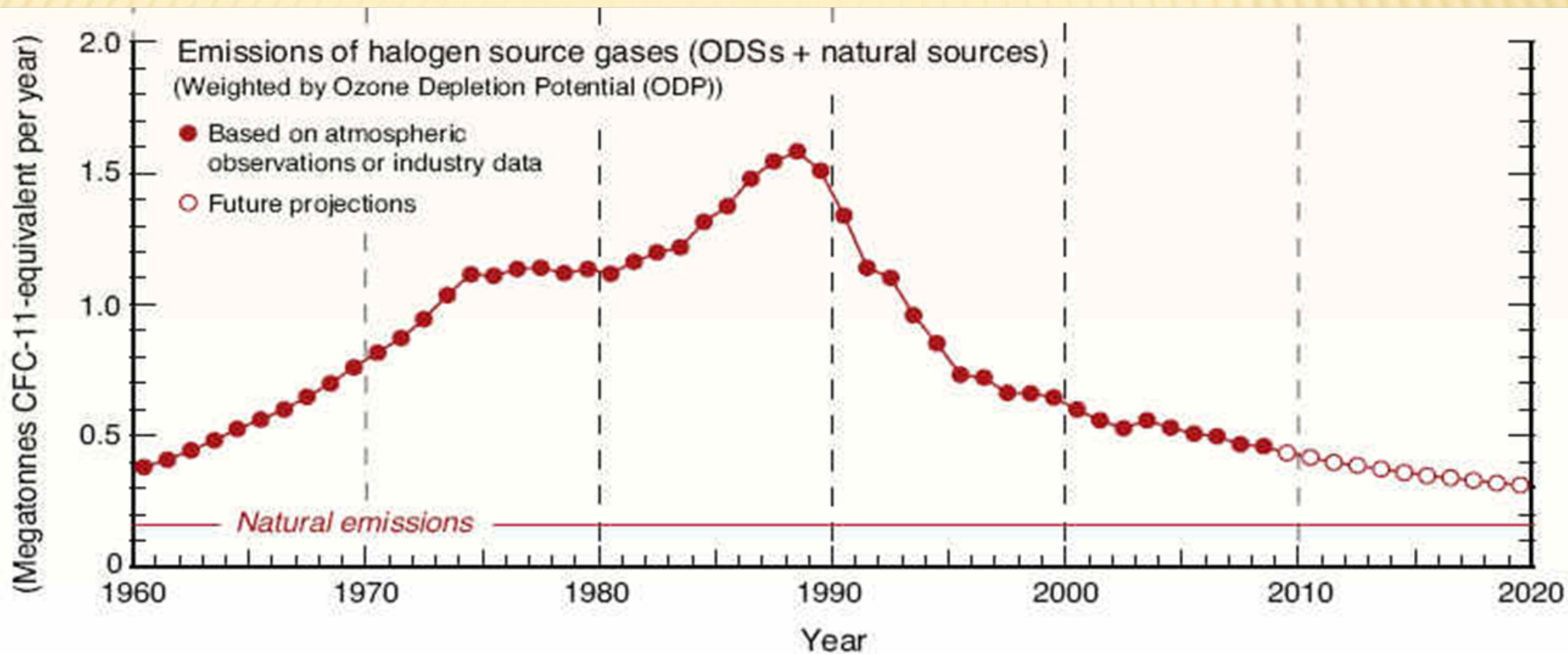
Приложение А к Монреальскому протоколу

Группа	Химическое вещество	Озоноразрушающая способность*
Группа I	CFCl_3 (ХФУ-11)	1,0
	CF_2Cl_2 (ХФУ-12)	1,0
	$\text{C}_2\text{F}_3\text{Cl}_3$ (ХФУ-113)	0,8
	$\text{C}_2\text{F}_4\text{Cl}_2$ (ХФУ-114)	1,0
	$\text{C}_2\text{F}_5\text{Cl}$ (ХФУ-115)	0,6
Группа II	CF_2BrCl (галон-1211)	3,0
	CF_3Br (галон-1301)	10,0

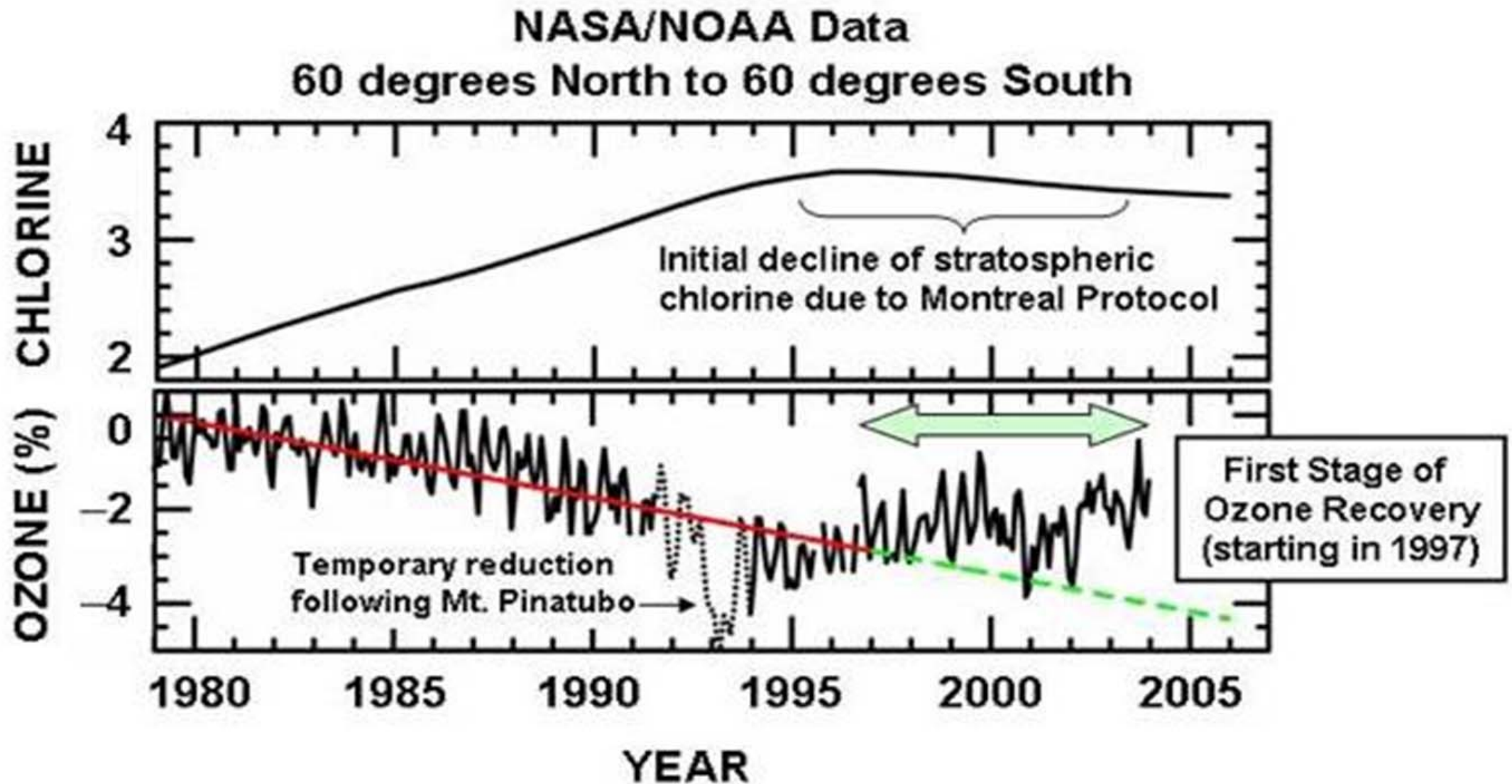
Положения Монреальского протокола

- ✘ Потребление регулируемых веществ не должно превышать:
 - ✘ с 1987 г. – 100% уровня 1986 г.
 - ✘ с 1993 г. – 80% уровня 1986 г.
 - ✘ с 1998 г. – 50% уровня 1986 г.
-

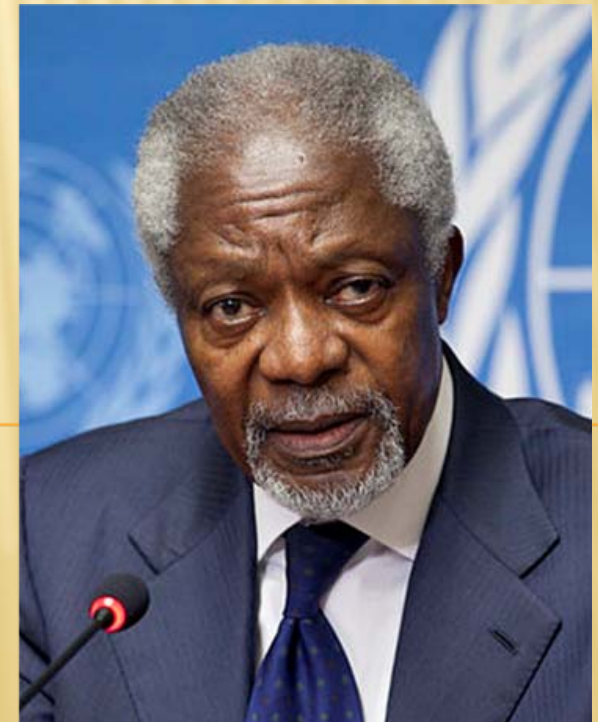
Мировые эмиссии озонразрушающих газов



Динамика озона в атмосфере Земли по спутниковым данным



- ✘ Согласно имеющимся прогнозам, озоновый слой Земли полностью восстановится примерно к 2050 г.
- ✘ Мнение Кофи Анана (бывший Генеральный секретарь ООН): «возможно, единственным очень успешным международным соглашением можно считать Монреальский протокол».



Азот (N)

- ✗ Входит в состав белков – наиболее активной части биологических молекул
 - ✗ Входит в состав нуклеиновых кислот.
 - ✗ По массе занимает 4-е место в составе живых существ (после O, C, H).
-

Схема азотного цикла биосферы

Атмосфера

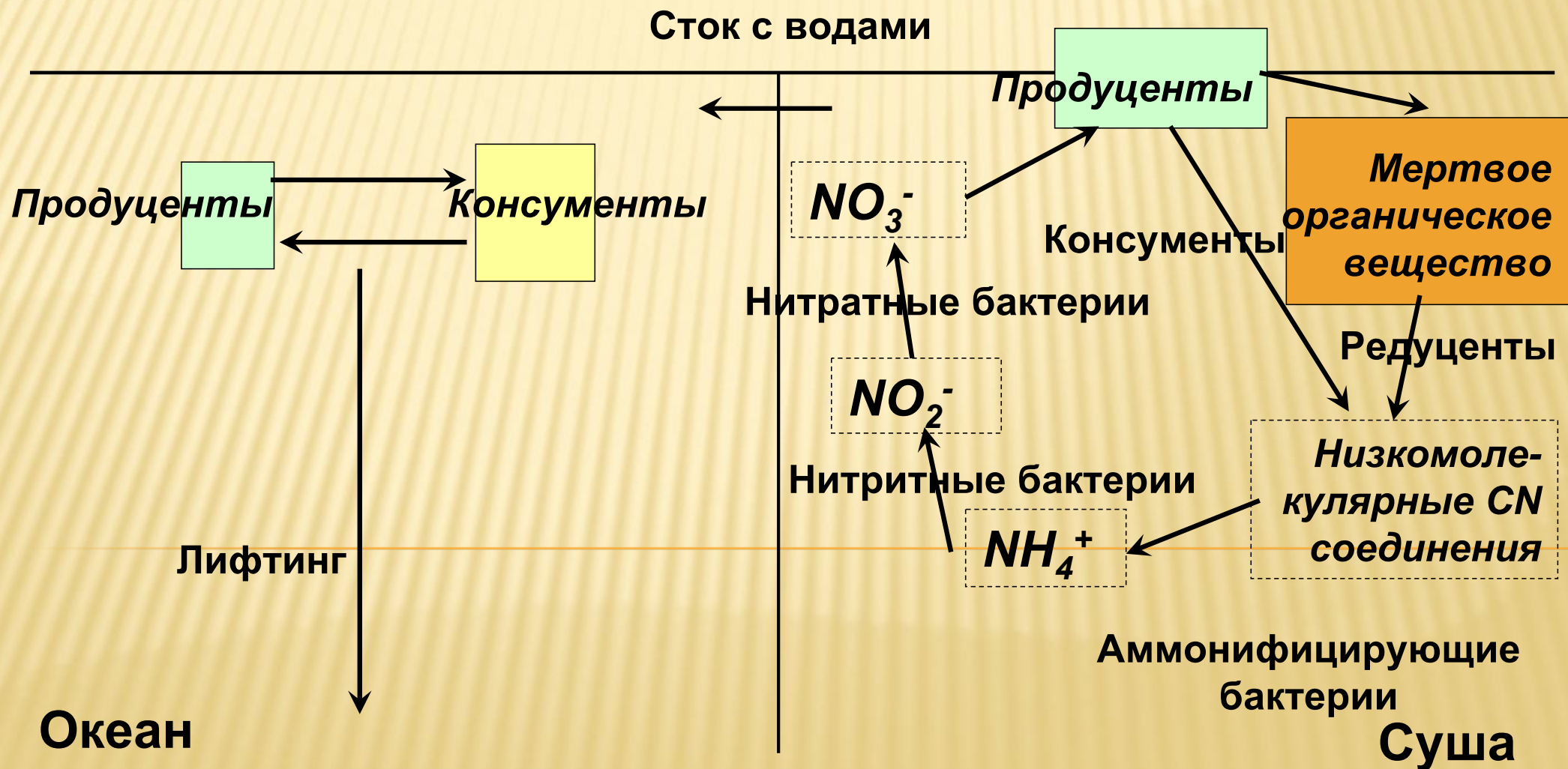
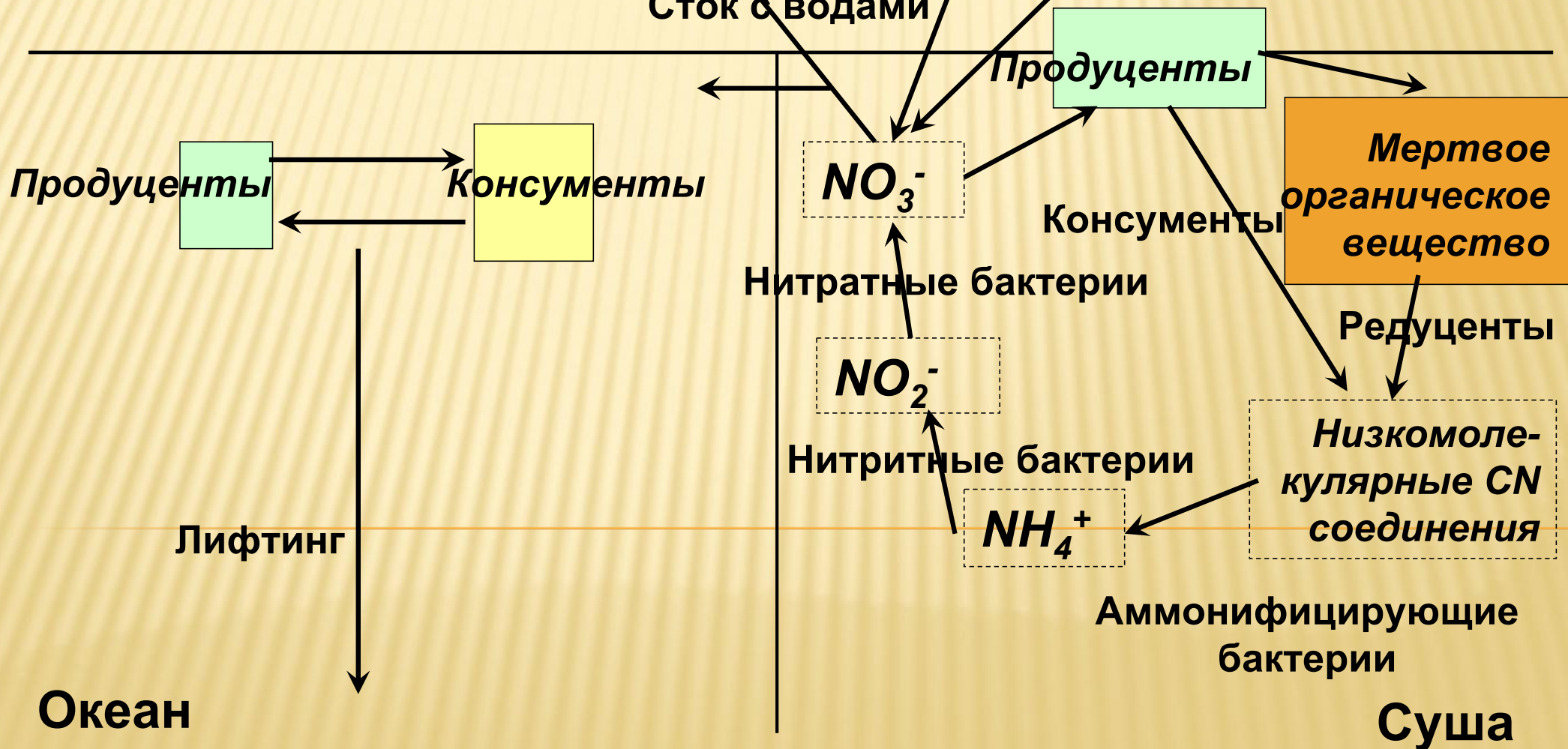


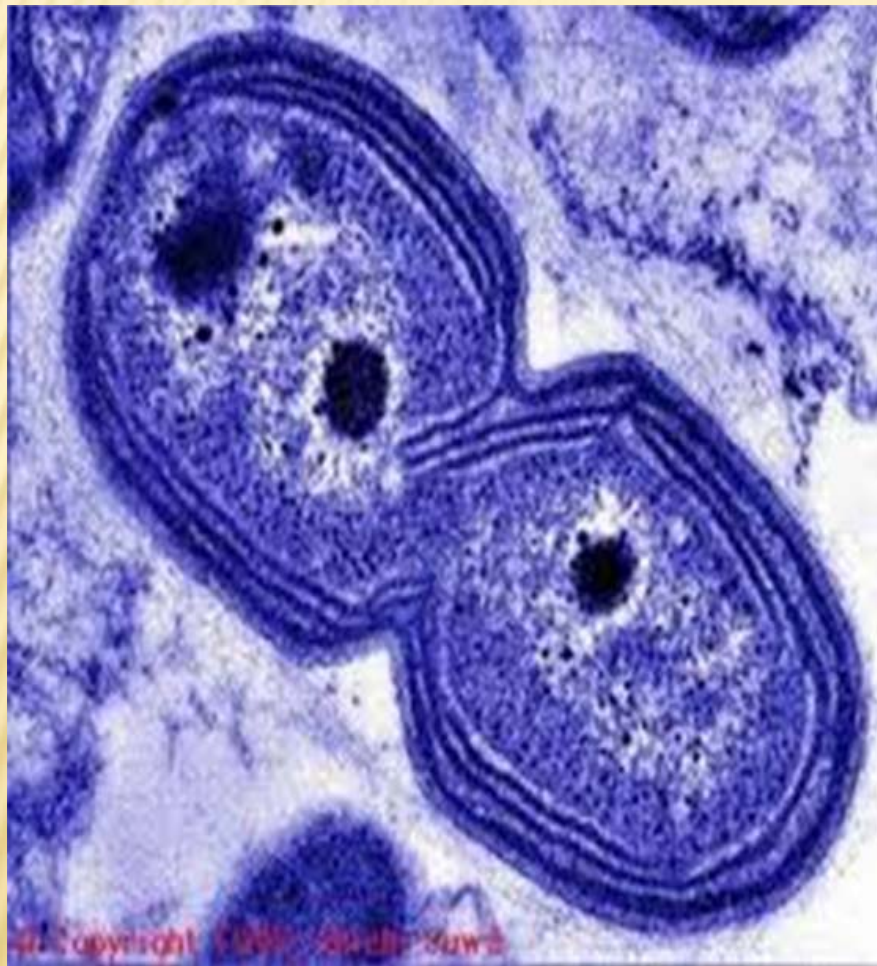
Схема азотного цикла биосферы

Атмосфера

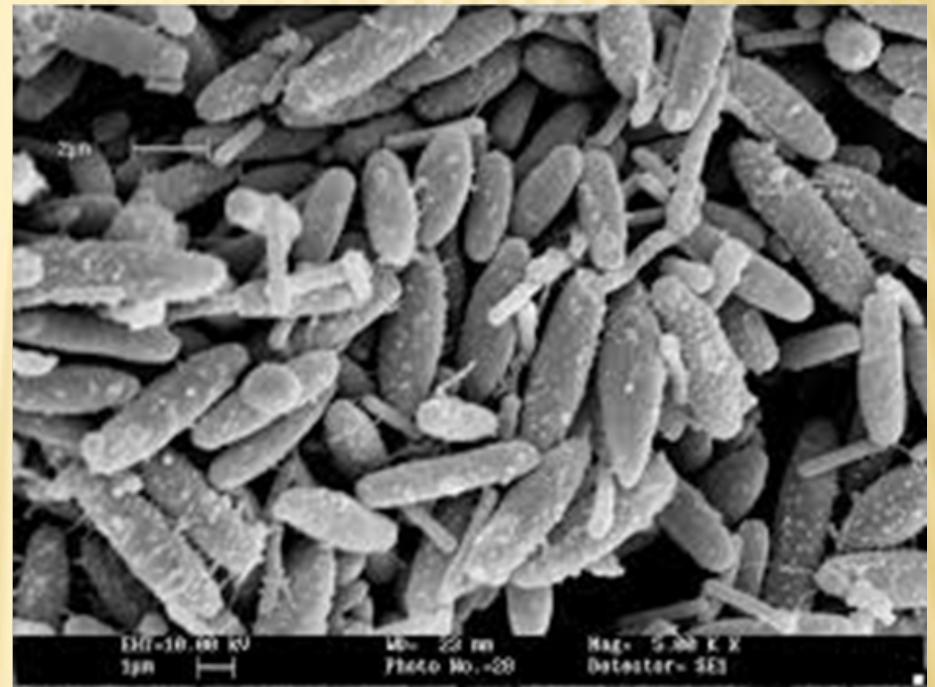
N_2
Денитрификация
Абиогенная фиксация
Биогенная фиксация
Сток с водами



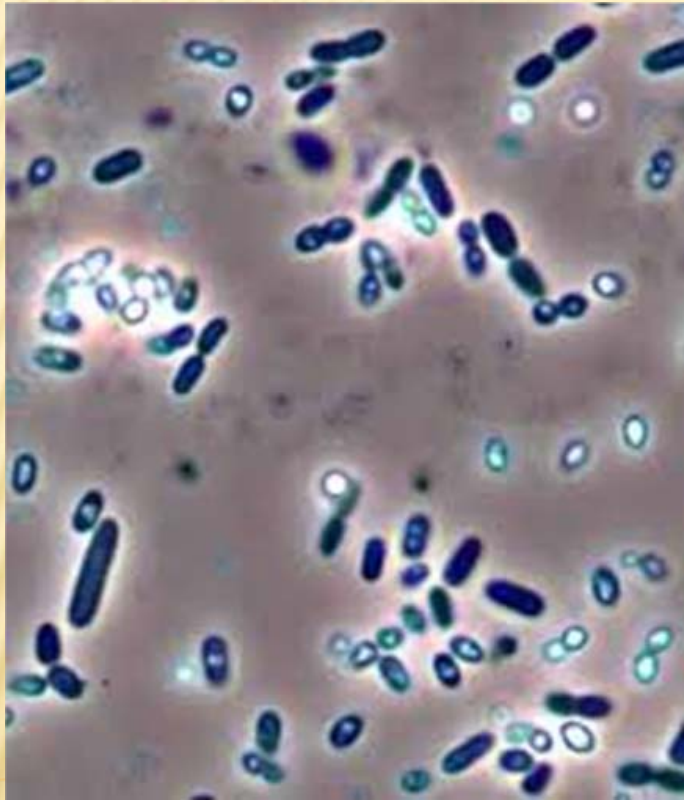
Нитритная бактерия Nitrosomonas



Денитрифицирующая бактерия Bacillus



Свободноживущие
азотфиксирующие
бактерии *Azotobacter*



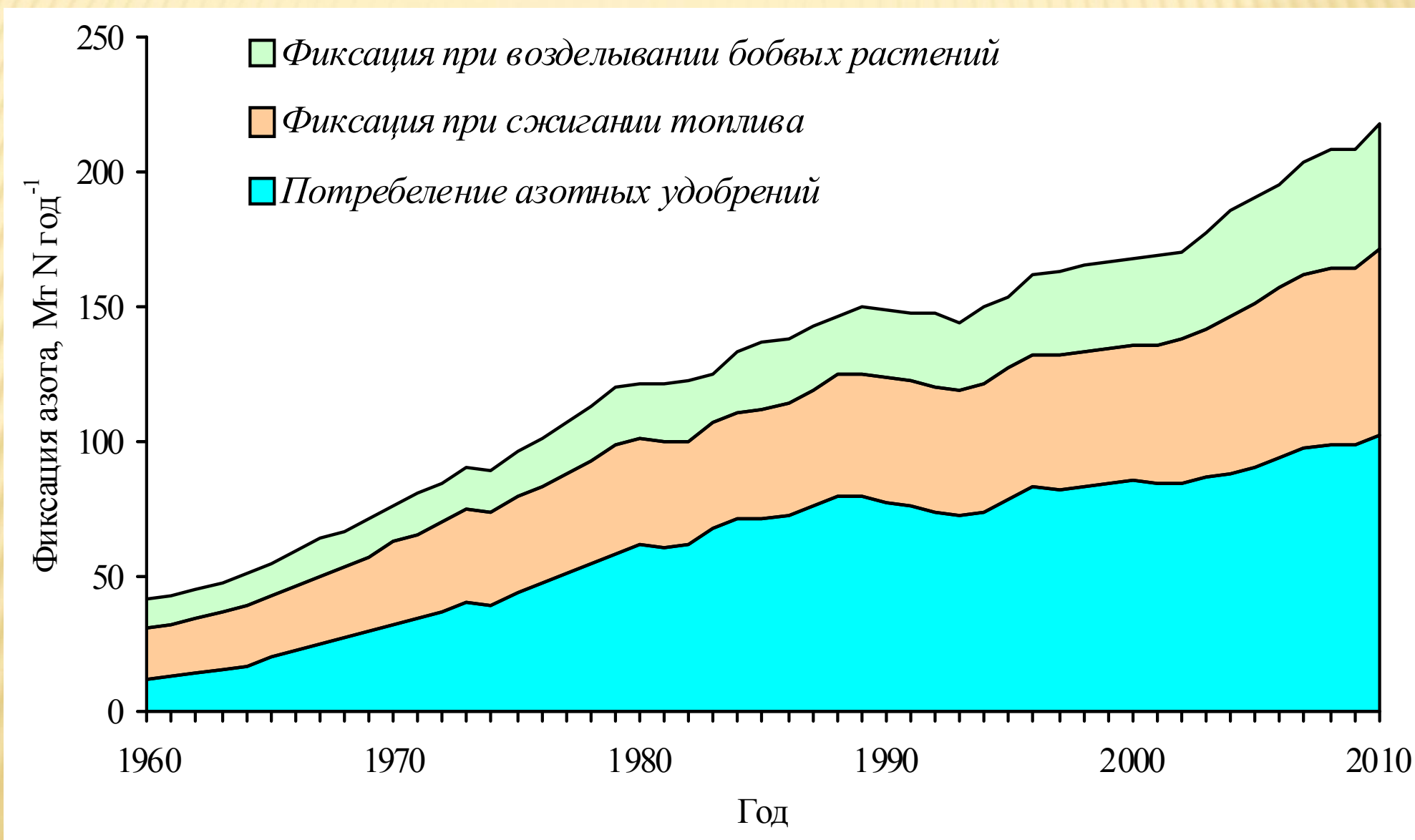
Клубеньки на корнях
фасоли



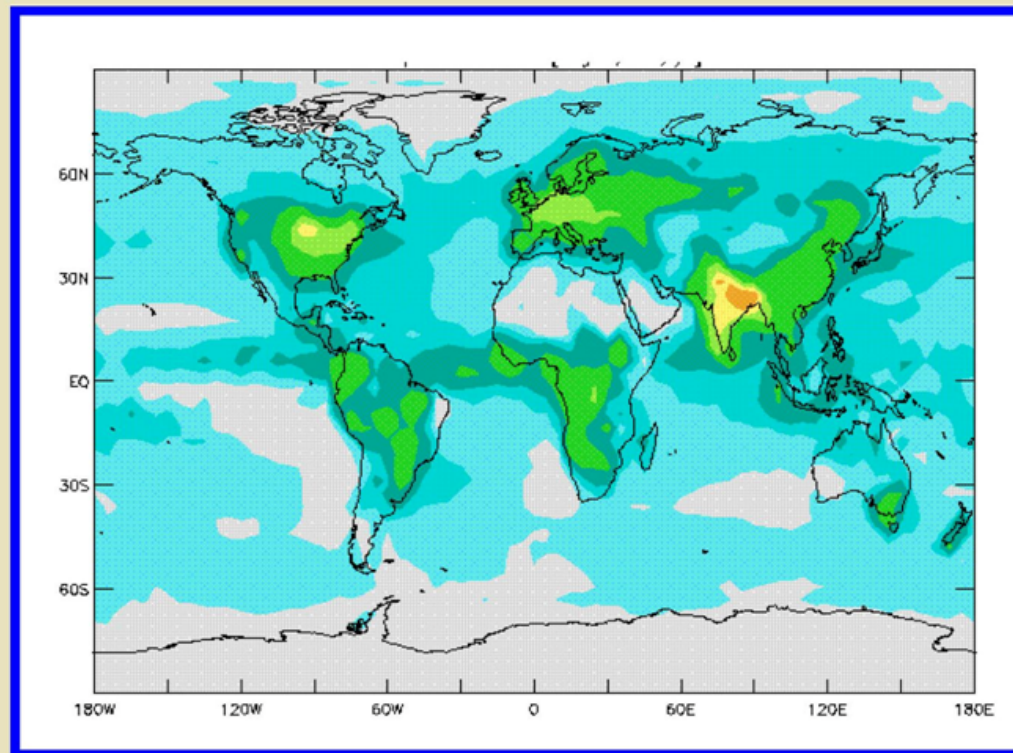
Антропогенные воздействия на цикл азота: 1) производство азотных удобрений; 2) выбросы оксидов азота при сжигании топлива; 3) возделывание бобовых.



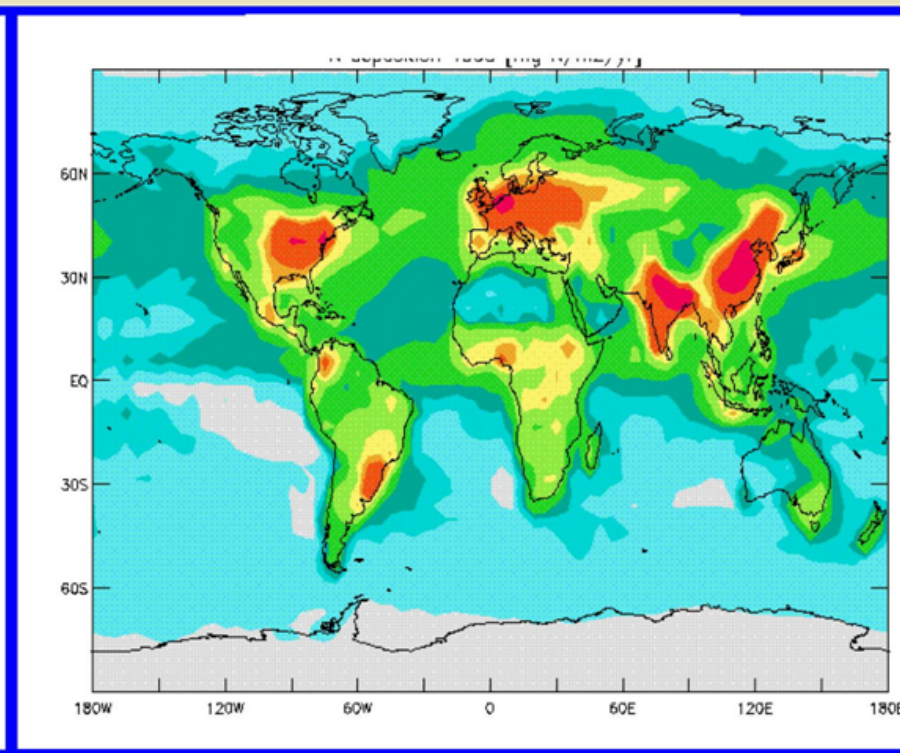
Динамика антропогенной фиксации азота



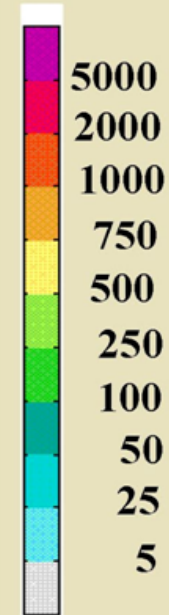
Усиление выпадения азота с осадками



1860



1993



Количественная оценка современного биосферного цикла азота, Мт N в год

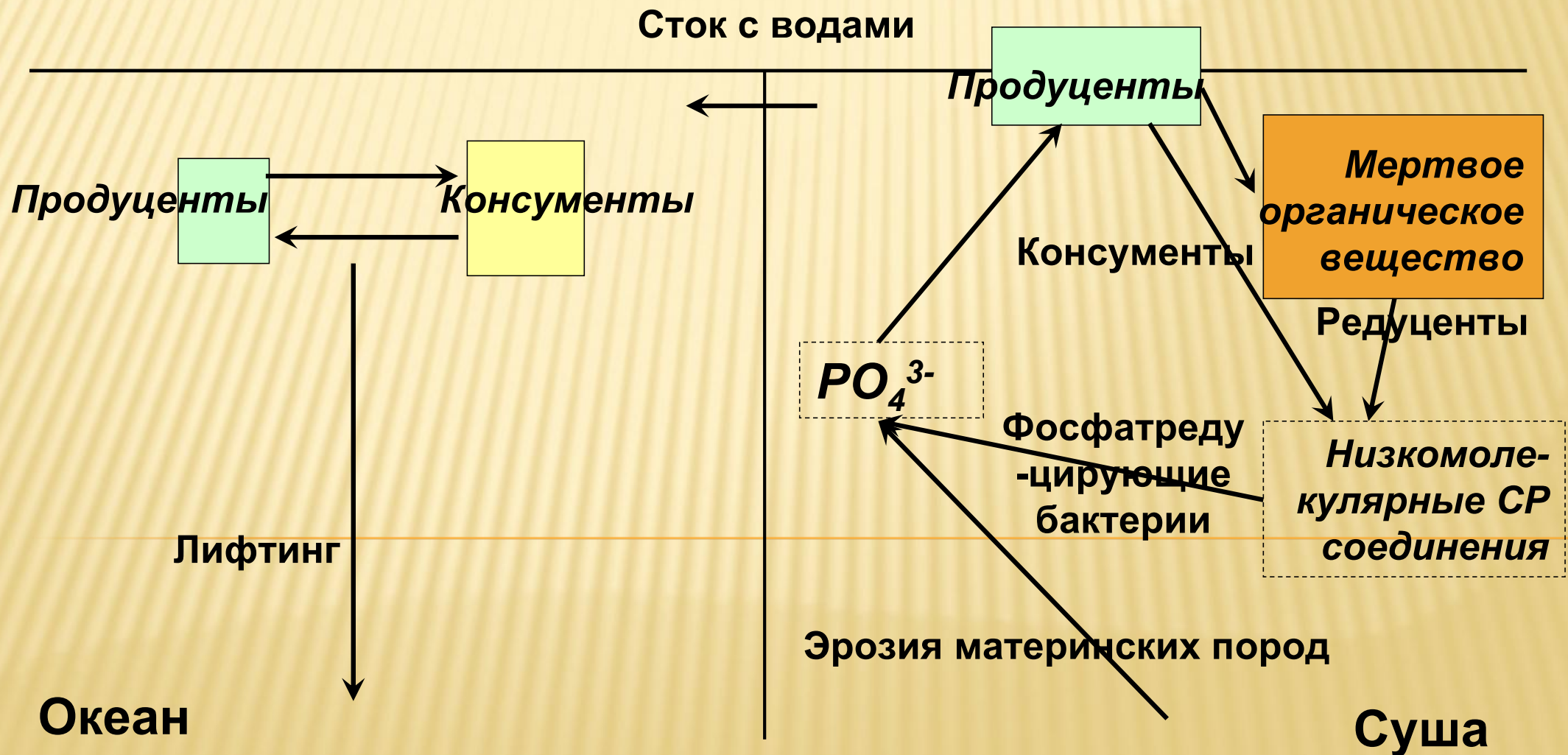


Фосфор (P)

- ✘ Важный компонент нуклеиновых кислот
 - ✘ Участвует в энергообмене на биохимическом уровне (АТФ-АДФ)
 - ✘ У млекопитающих – входит в состав костной ткани
-

Схема цикла фосфора в биосфере

Атмосфера

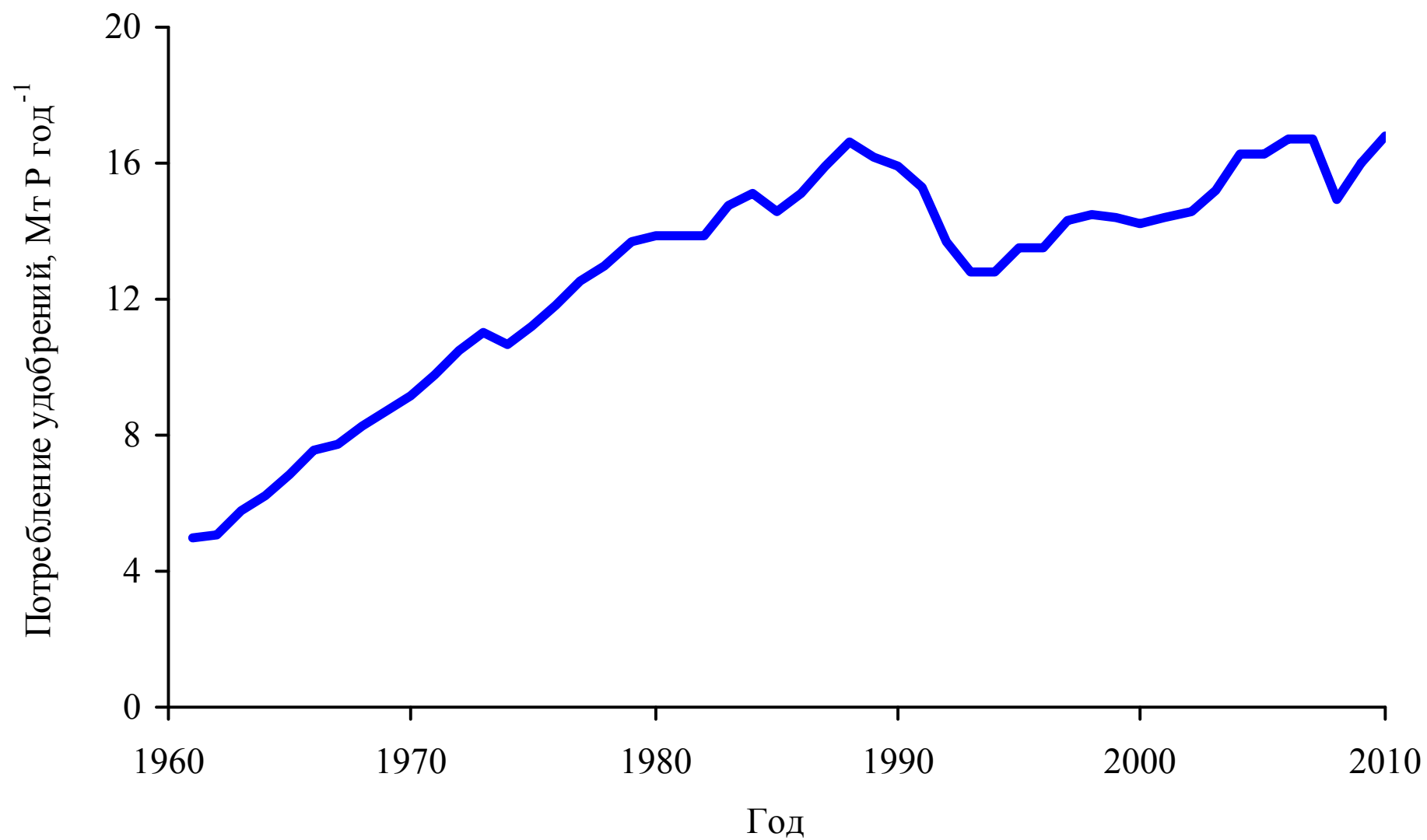


Воздействие на цикл фосфора: удобрения и отходы



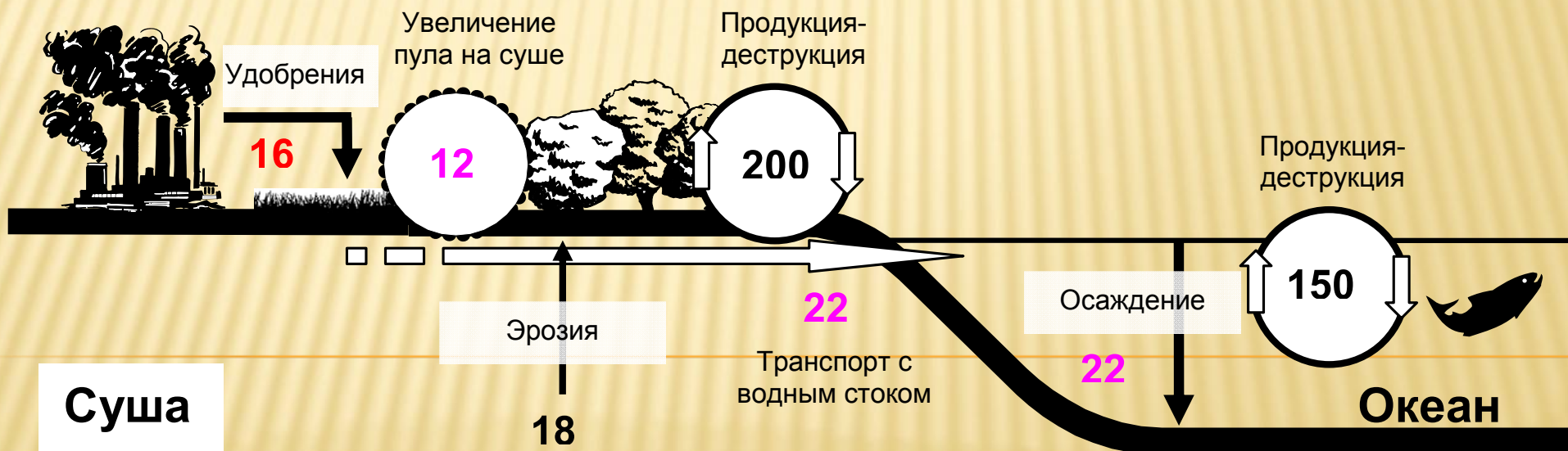
<http://geo.web.ru/druza/L-Rasvumchorr.htm>

Потребление фосфорных удобрений



Количественная оценка современного биосферного цикла фосфора, Мт Р в год

Атмосфера



Глобальная проблема: эвтрофикация пресных и прибрежных морских вод, сопровождаемая «цветением» водорослей

Волгоградское водохранилище



Красный прилив (Австралия)



<http://kamyshin.ru>

<http://olgworld.com/prilivyii/>

Гипоксия (понижение содержания кислорода) и накопление водорослевых токсинов – проблемы, сопряженные с эвтрофикацией

Гибель рыбы при гипоксии
(Род Айленд, США)



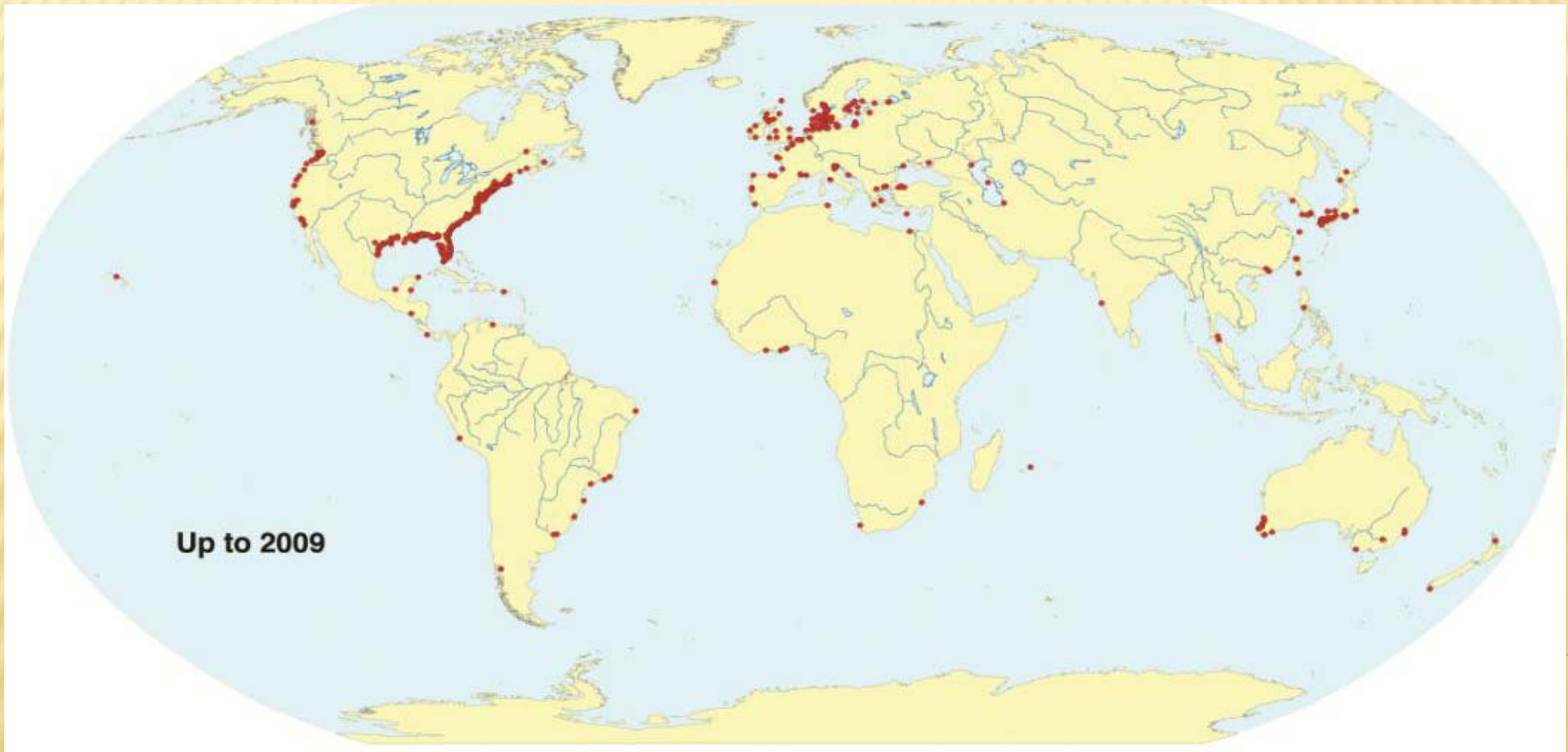
Гибель рыбы в красном приливе
(Персидский залив)



<http://www.trend.az/iran/politics/1794858.html>

<http://sailorsforthesea.org/resources/ocean-watch/ocean-dead-zones>

Развитие зон прибрежной гипоксии



Зарастание и потери пресных водоемов



Шри-Ланка



Окрестности Омска

Сравнительный анализ последствий нарушений биогеохимических циклов

Элемент	Последствие	Состояние	Глобальные меры
С (CO ₂)	Глобальное потепление Подкисление океана	Кризис Кризис	РКИК ООН
О (O ₂)	Отсутствует	Незначительное изменение	Отсутствуют
О (O ₃)	Депрессия озона стратосферы	Изменение (восстановление)	Венская конвенция
N (NO ₃ ⁻) P (PO ₄ ³⁻)	Эвтрофикация	Кризис	Отсутствуют