

Устойчивое развитие

Лекция 2

Состав атмосферы вблизи земной поверхности

Концентрация квазипостоянных компонентов, % об.		Концентрация “активных” примесей, % об.	
N ₂	78,11 ± 0,004	H ₂ O	0 – 7
O ₂	20,95 ± 0,001	CO ₂	0,01 – 0,1 (среднее 0,04)
Ar	0,934 ± 0,001		
Ne	$(18,18 \pm 0,04) \cdot 10^{-4}$	Общее количество O ₃	0 – 10 ⁻⁴ (среднее 3 · 10 ⁻⁵)
He	$(5,24 \pm 0,04) \cdot 10^{-4}$		
Kr	$(1,14 \pm 0,01) \cdot 10^{-4}$	SO ₂	0 – 10 ⁻⁴
Xe	$(0,087 \pm 0,01) \cdot 10^{-4}$	CH ₄	1,6 · 10 ⁻⁴
H ₂	0,5 · 10 ⁻⁴	NO ₂	2 · 10 ⁻⁶

Способы выражения концентрации примесей в воздухе

Объемная доля – a

$$a = v / V,$$

где v – объем примеси, V – объем газа, в котором она находится.

$$\% \text{ об.} = a * 100$$

$$\text{ppm} = \text{млн}^{-1} = a * 10^6$$

$$\text{ppb} = \text{млрд}^{-1} = a * 10^9$$

Задача.

Превышается ли и, если да, то во сколько раз, предельно допустимая максимально разовая концентрация для аммиака, равная- $0,2 \text{ мг/м}^3$, при обнаружении его запаха. Если порог запаха для аммиака, по данным зарубежных специалистов, составляет $46,6 \text{ ppm}$. Давление воздуха равно $101,3 \text{ кПа}$, температура 25° C .

Количество молекул в каждом кубическом сантиметре воздуха

$$N_0 \text{ (Молекул /см}^3 \text{)} = N \text{ см}^{-3}$$

При нормальных условиях

($T_0 = 273^\circ\text{К}$, $P_0 = 1 \text{ атм.} = 101,3 \text{ кПа} = 760 \text{ мм.рт. ст.}$)

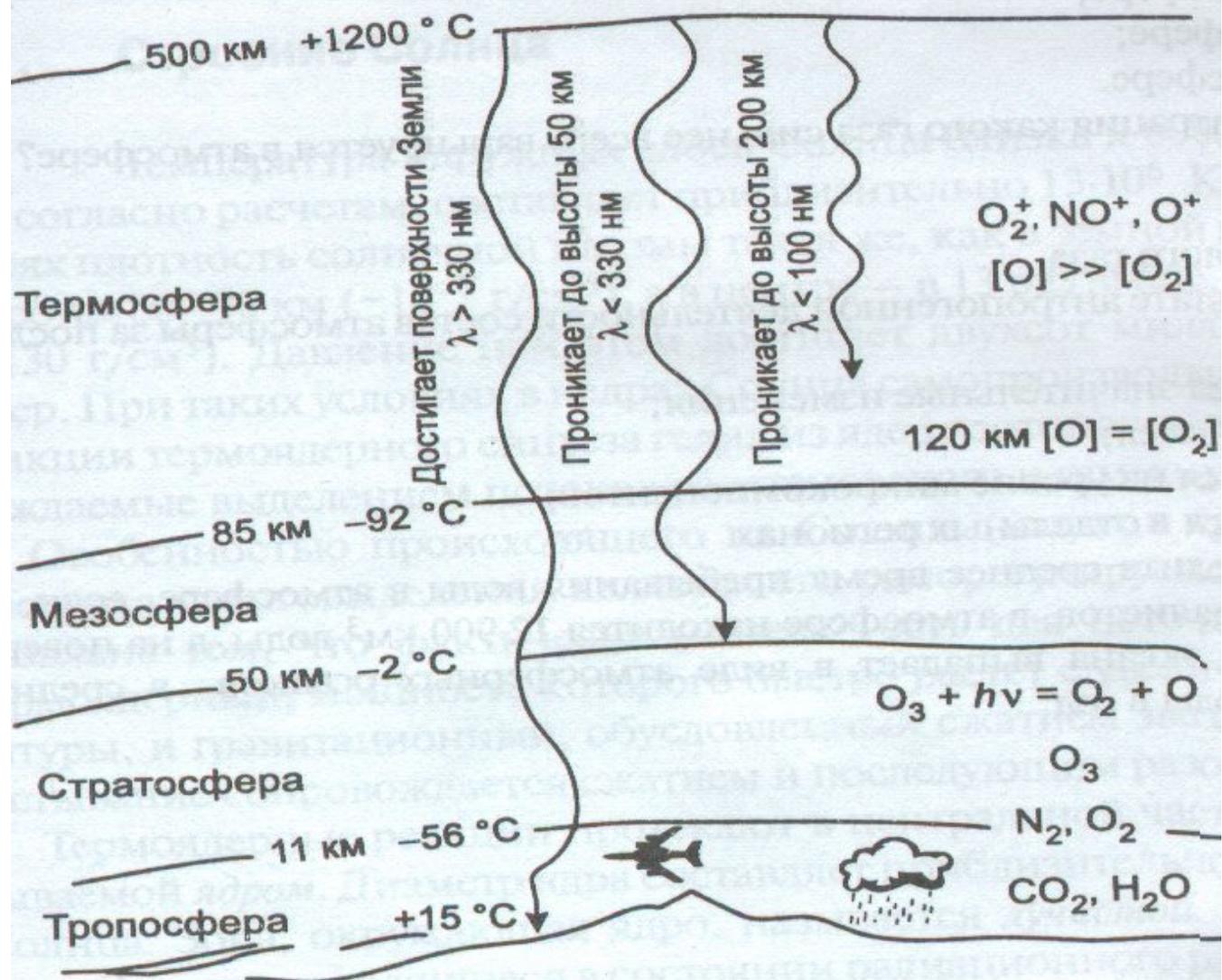
$$N_0 = 6,02 * 10^{23} / 22,4 * 10^3 = 2,69 * 10^{19} \text{ см}^{-3}$$

При других условиях

$$N_i = N_0 * T_0 * P_i / T_i * P_0$$

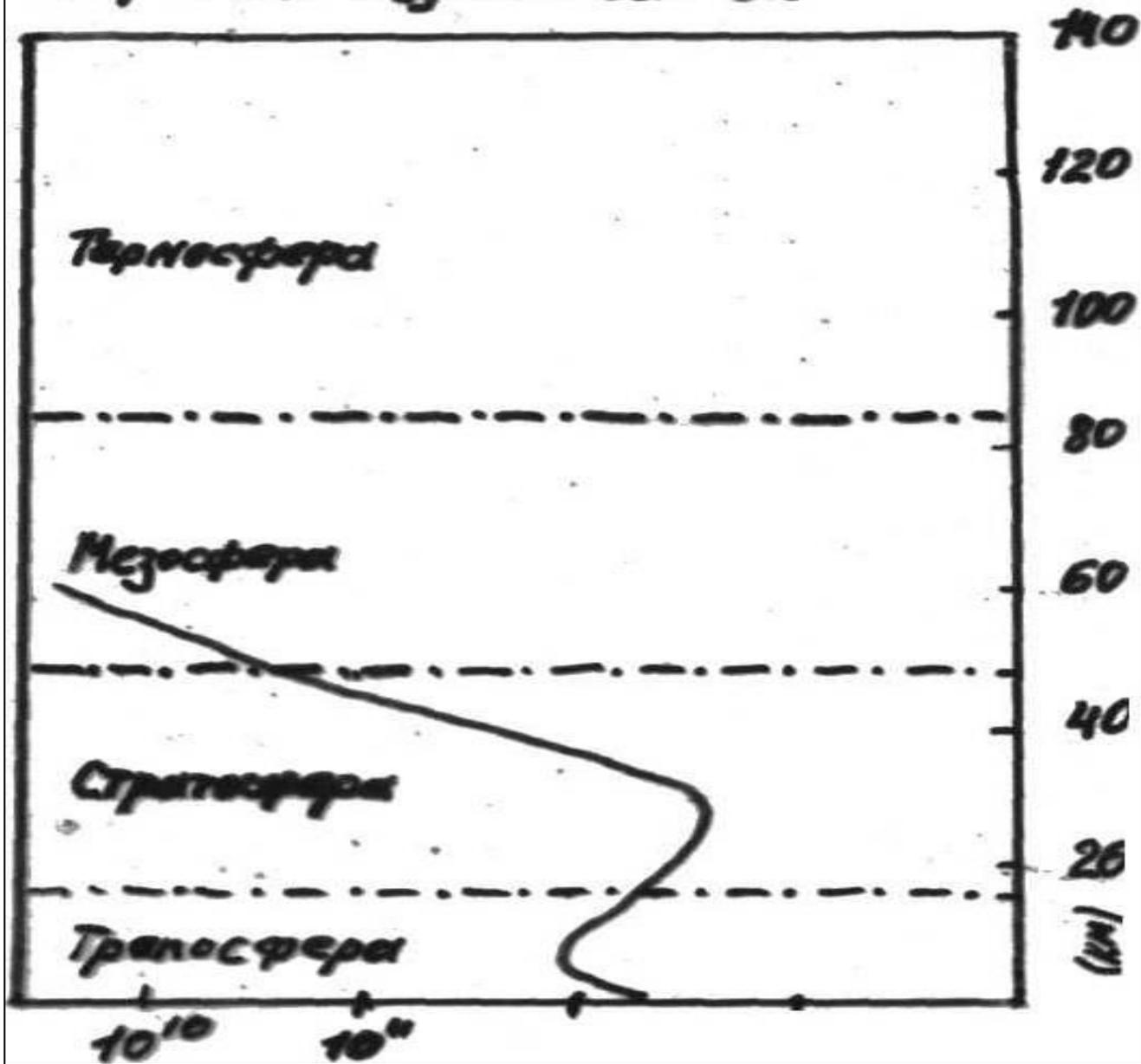
$$n_{ji} = N_i * a_j$$

Солнечное излучение



Строение атмосферы

Распределение озона с высотой



□ Озон в стратосфере образуется в результате взаимодействия атомарного и молекулярного кислорода в присутствии третьего тела



□ где M - любая молекула (обычно азота или кислорода), уносящая из реакции избыток энергии.

И разрушается фотохимически



*Эти реакции были открыты в
1930 г. Сиднеем Чепманом*

И получили название

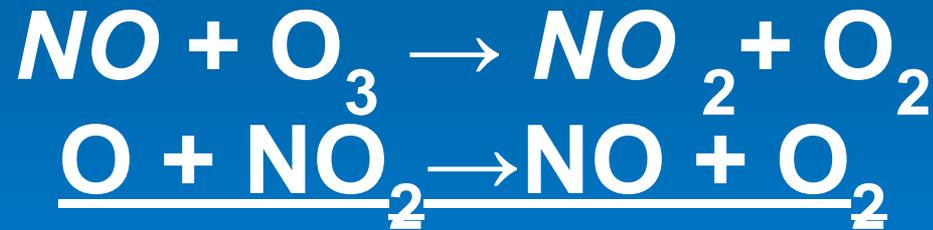
ЦИКЛ ЧЕПМАНА

Разложение озона



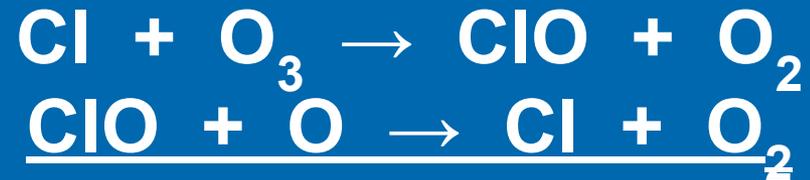
Циклические процессы разрушения озона

Азотный цикл



- Опасность представляют только образующиеся непосредственно в стратосфере оксид и диоксид азота.
- Из тропосферы они не доходят из-за малого срока жизни.
- Исключение геммоксид азота N_2O

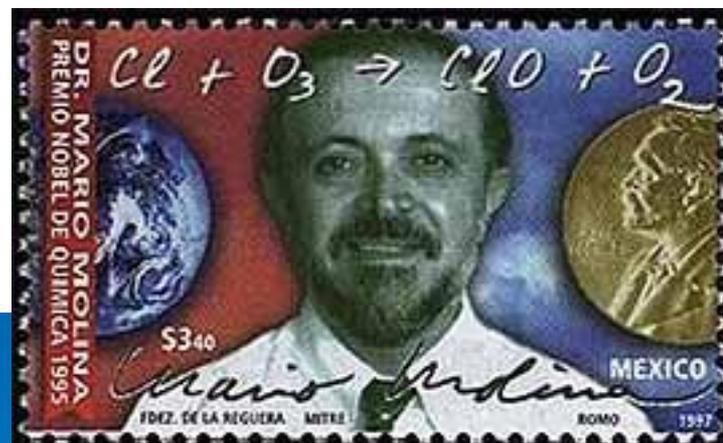
Хлорный цикл



Один атом хлора может разрушить 10^7 молекул озона.

На высоте около 25 км вследствие высокой интенсивности солнечной радиации происходит разрушение ХФУ (фреонов) с выделением атомов хлора (Cl) и молекул монооксида хлора (ClO), которые являются более сильными катализаторами процесса разрушения молекул озона, чем оксиды азота

Нобелевская премия по химии вручается с 1901 года

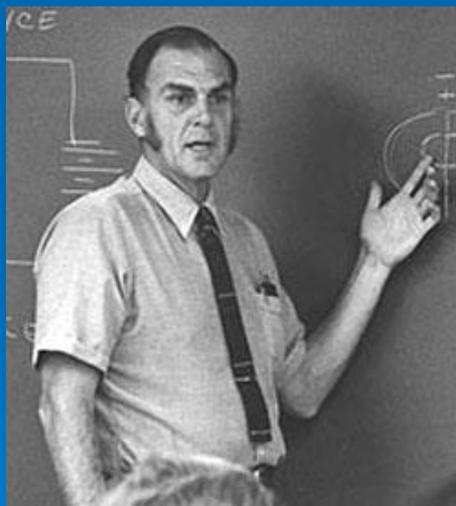


Нобелевская премия по химии, 1995

- «за работу по химии атмосферы, особенно в связи с образованием и разрушением озона».



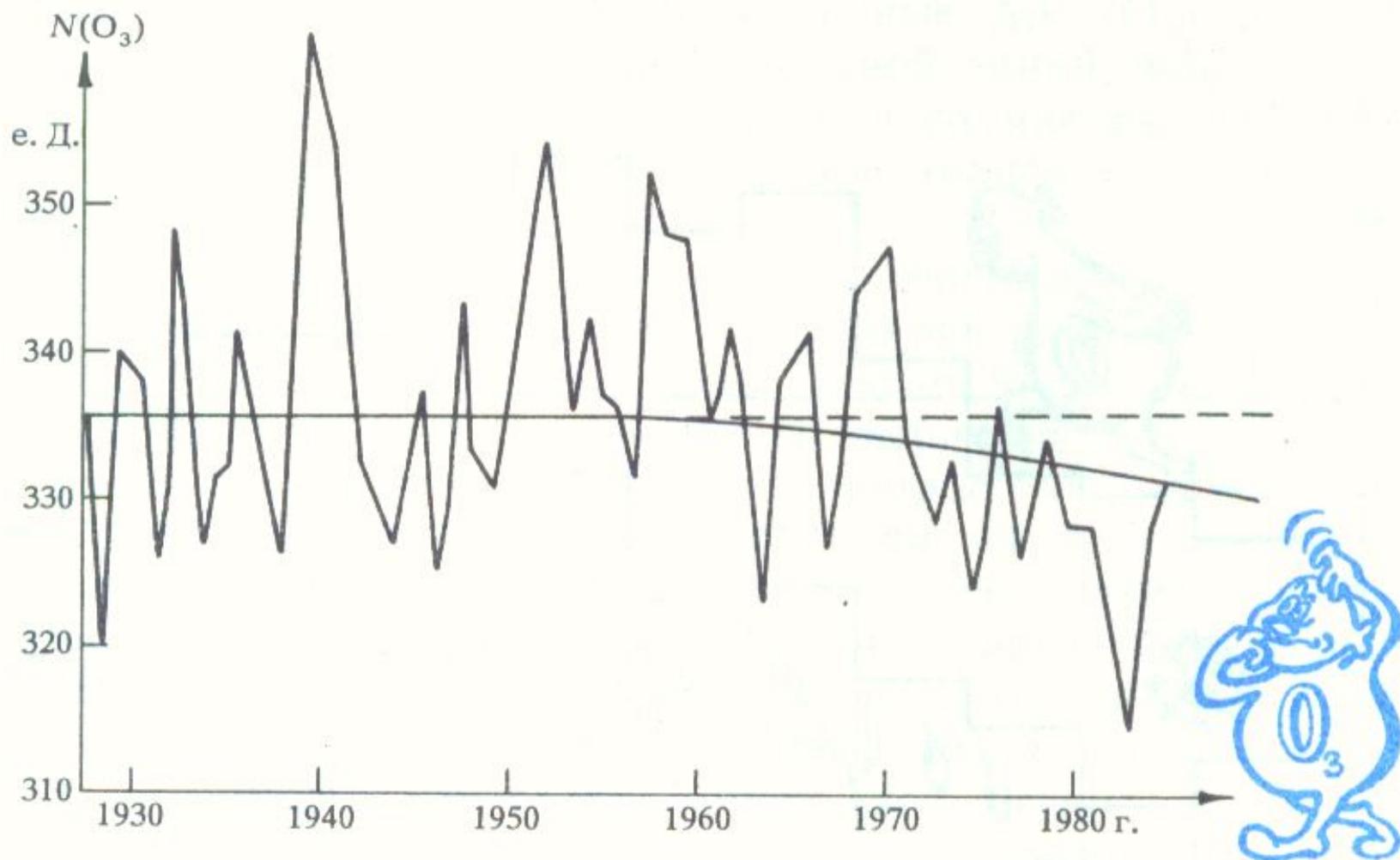
Марио Молина



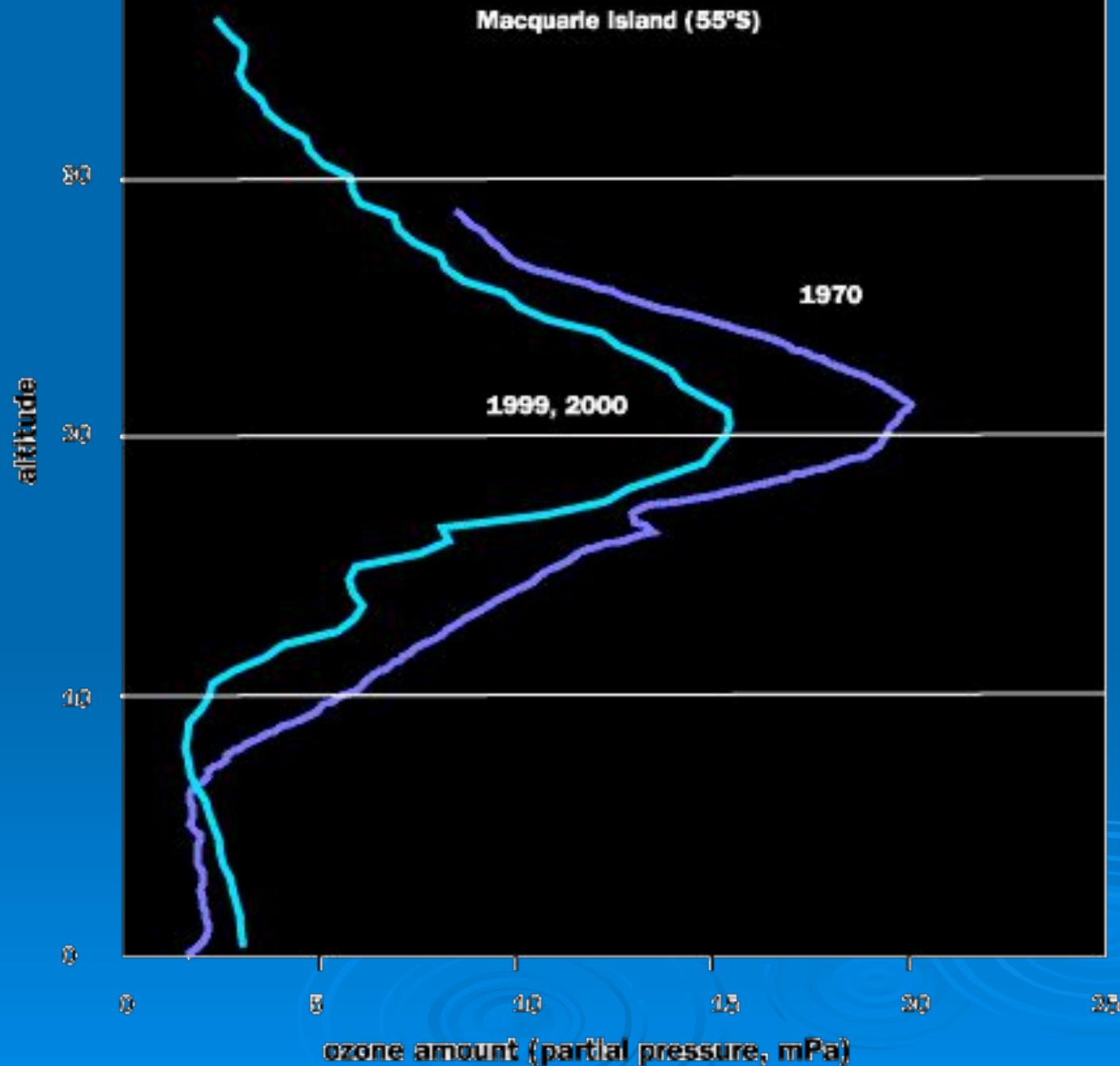
Шервуд Роуленд

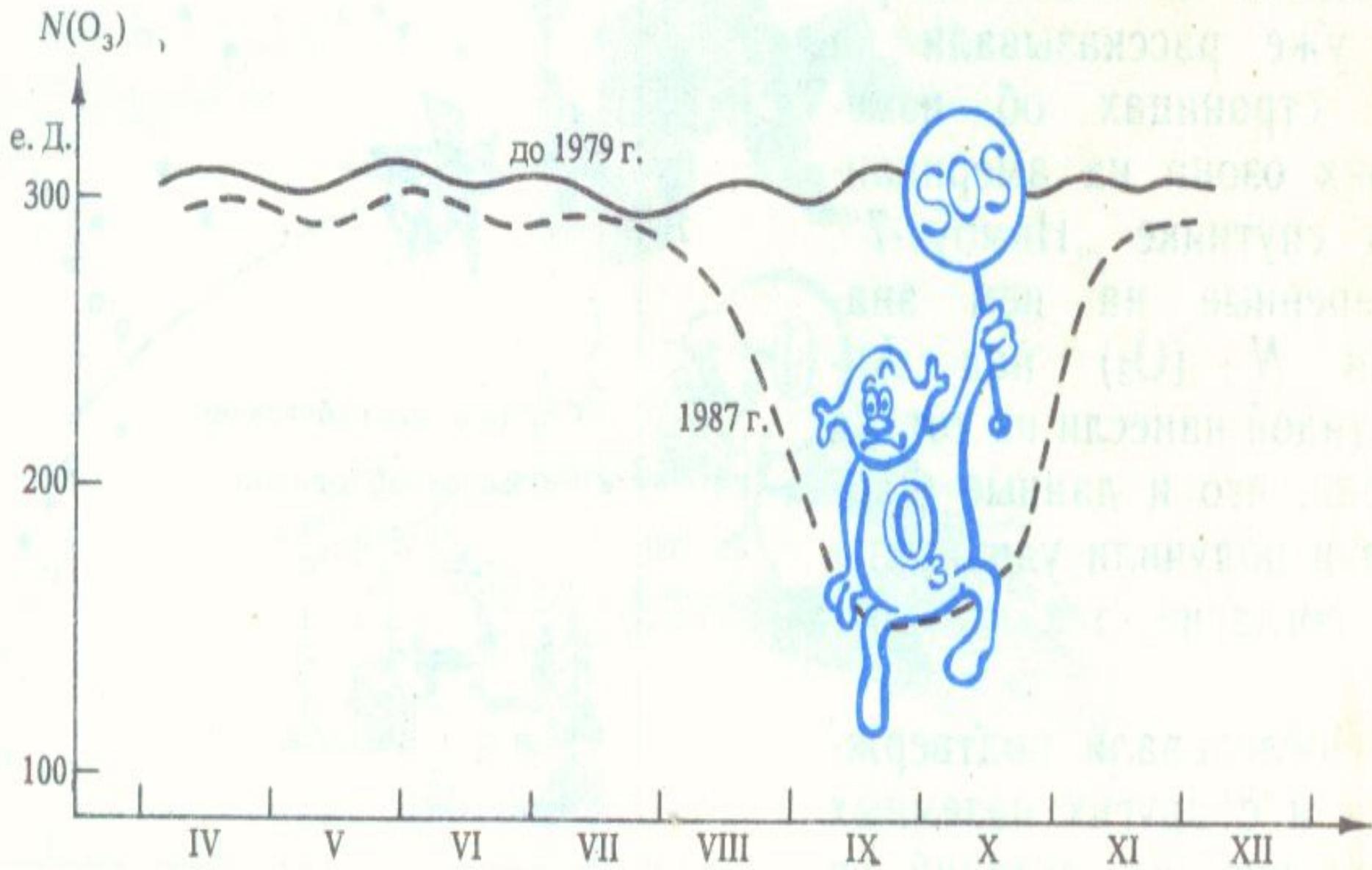


Пауль Крутцен



... поиск уменьшения общего количества озона на несколько процентов приходится вести на фоне как регулярных, так и нерегулярных вариаций $N(O_3)$ на десятки процентов...





Озоновая дыра диаметром свыше 1000 км впервые была обнаружена в [1985 году](#) Озоновая дыра диаметром свыше 1000 км впервые была обнаружена в 1985 году, на [Южном полушарии](#) Озоновая дыра диаметром свыше 1000 км впервые была обнаружена в 1985 году, на Южном полушарии, над [Антарктидой](#), группой британских учёных: [Дж. Шанклин \(англ.\)](#), [Дж. Фармен \(англ.\)](#), [Б. Гардинер \(англ.\)](#), опубликовавших соответствующую статью в журнале [Nature](#)), опубликовавших соответствующую статью в журнале Nature. Каждый август она появлялась, а в декабре — январе прекращала своё существование. Над [Северным полушарием](#) в Арктике образовывалась другая дыра, но меньших размеров. На данном этапе развития человечества, мировые учёные доказали, что на Земле существует громадное количество озоновых дыр. Но наиболее опасная и крупная расположена над Антарктидой.

Механизм образования «ОЗОНОВЫХ ДЫР»

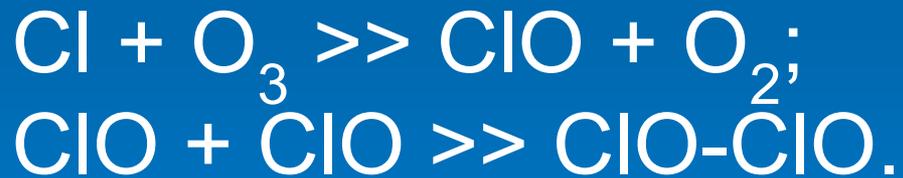
- Антарктида со всех сторон окружена океаном и ветры могут беспрепятственно циркулировать вокруг континента. Во время зимы вокруг Антарктиды возникает околополюсной вихрь - своеобразная воронка из ветров, которая собирает воздух над Антарктидой и не дает ему смешиваться с остальной атмосферой.

Механизм образования «ОЗОНОВЫХ ДЫР»

- В стратосфере при температуре ниже -100°C происходит конденсация азотной кислоты, появляющейся в результате взаимодействия окислов азота и воды. Образуются, так называемые, полярные стратосферные облака. Поверхность мельчайших кристаллов этих облаков катализирует реакции высвобождения хлора из фреонов, соляной кислоты и других галогенсодержащих веществ.

Механизм образования «ОЗОНОВЫХ ДЫР»

- В темноте антарктической зимы атомы хлора не сразу вступают в цепную реакцию по разрушению озона, а образуют димер оксида хлора.



Механизм образования «ОЗОНОВЫХ ДЫР»



Когда наступает весна, солнечная радиация разрушает накопившийся димер, хлор высвобождается и начинается цепная реакция разрушения озона. Постепенно околополярный вихрь рассеивается и обедненный озоном воздух перемешивается с нормальным - концентрация озона опять повышается.

Использование ХФУ(хлорфторуглеродов)

- охладители в холодильных установках и кондиционерах.
- для производства поролонов и пенопластов - материалов, широко используемых во многих потребительских товарах, начиная от одноразовой пенопластовой посуды и заканчивая изоляционными материалами.
- в баллонах для распыления аэрозолей
- для промывания электрооборудования.

Озоноразрушающий потенциал некоторых веществ (CFC обозначает «хлорфтороуглерод»):

	Разрушающий потенциал	Продолжительность жизни
	(усл.ед)	(лет)
CFC 11	1,00	75
CFC 12	1,00	111
CFC 114	1,00	185
CFC 115	0,60	380
Метилхлороформ	0,10	7
Четыреххлористый углерод	1,06	50
Halon 1211	3,00	25
Halon 1301	10,00	110
Halon 2402	6,00	Не известно

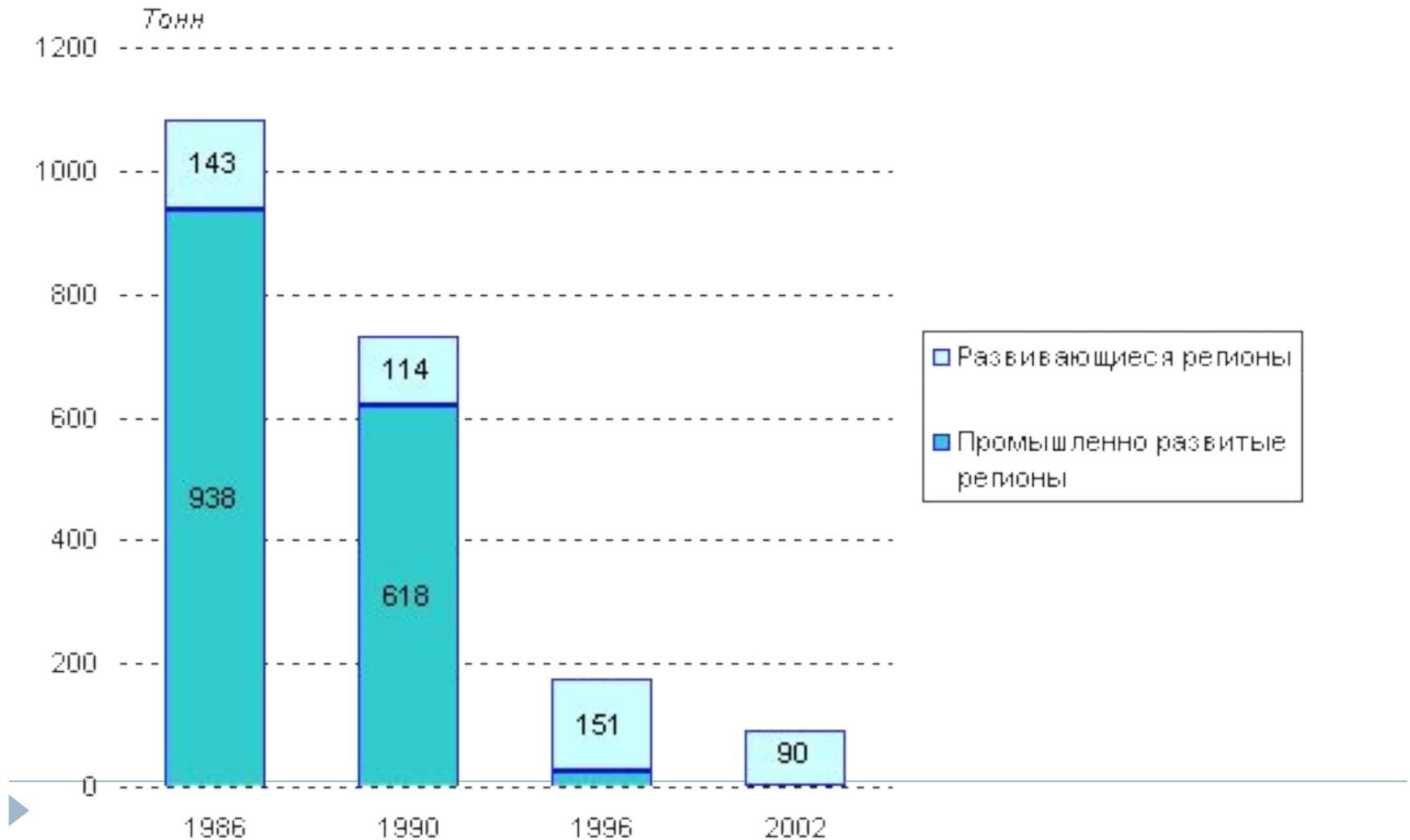
В 1987 года представители 24 стран в Монреале подписали соглашение, по которому обязались сократить вдвое использование озоноразрушающих ХФУ к 1999-му году. Однако в связи с ухудшающейся ситуацией в 1990-м году в Лондоне были приняты поправки к Монреальскому протоколу.

Согласно Лондонским поправкам в список регулируемых ХФУ вошли еще 10 веществ и было принято решение прекратить использование ХФУ, галогенов и четыреххлористого углерода к 2000-х тысячному, а метилхлороформа - к 2005-му году

В Монреале была принята система, по которой озоноразрушающие вещества подразделялись по следующим критериям:

- способность разрушать озон
- продолжительность их жизни

Потребление хлорфторуглеродов, тысяч тонн озоноразрушающего потенциала



Весной над Антарктидой одновременно с сильным понижением стратосферного озона наблюдается рост концентрации монооксида хлора ClO. По максимальным значениям концентрации ClO в стратосфере над станцией McMurdo в сентябре 1992 г. с учетом площади озоновой дыры рассчитана масса хлороводорода HCl, необходимого для ее образования. Масса HCl составила 9,3 кт. Наиболее вероятным источником такого количества HCl в Антарктиде является вулкан Эребус.

Аномальное усиление активности вулкана Эребус в начале 80-х гг. XX в. стало ключевым фактором значительного увеличения антарктической озоновой аномалии. При стабилизации активности вулкана, хотя по-прежнему достаточно высокой, начиная с 1990 г. и по настоящее время, межгодовые изменения площади озоновой дыры над Антарктидой характеризуются практически нулевым трендом.

Таким образом, чрезмерно высокая активность Эребуса в начале 1980-х гг. фактически перевела антарктическую озоновую аномалию из одного стационарного состояния, при отсутствии или слабом воздействии вулканогенного фактора, в другое, при сохраняющемся значительном уровне вулканогенных выбросов..

Существенное сокращение антарктической стратосферной озоновой дыры в 2010 году и в течение ряда предыдущих лет — результат чрезвычайного метеорологического явления, иногда свойственного полярной зиме.

Учёные называют это внезапным стратосферным потеплением ([sudden stratospheric warming](#), SSW).

В ООН 16 сентября отмечается Международный день охраны озонового слоя. Он был установлен в 1994 году в память о подписании Монреальского протокола по веществам, разрушающим озоновый слой.

Подробнее:

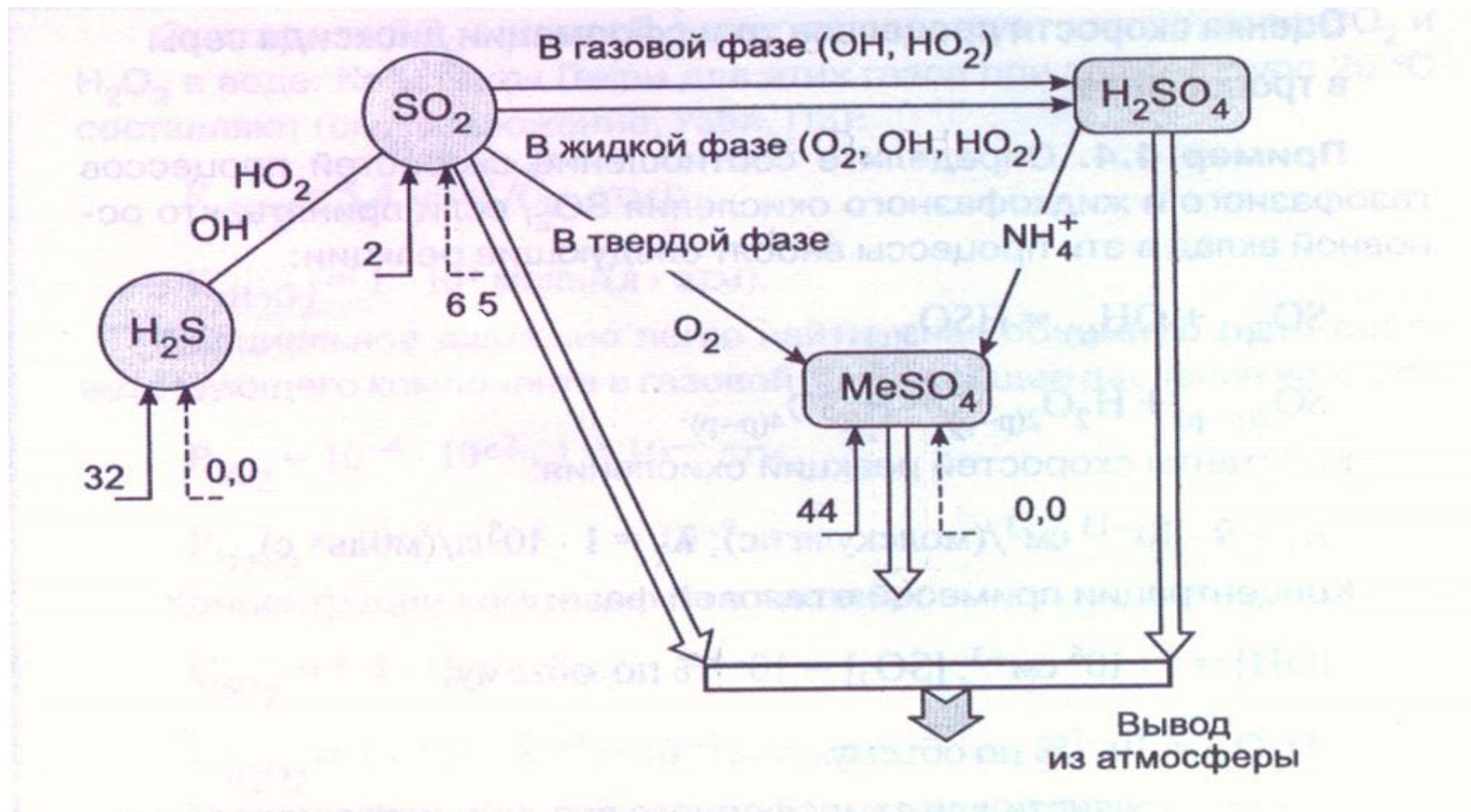
<http://www.rosbalt.ru/style/2014/09/16/1316020.html>

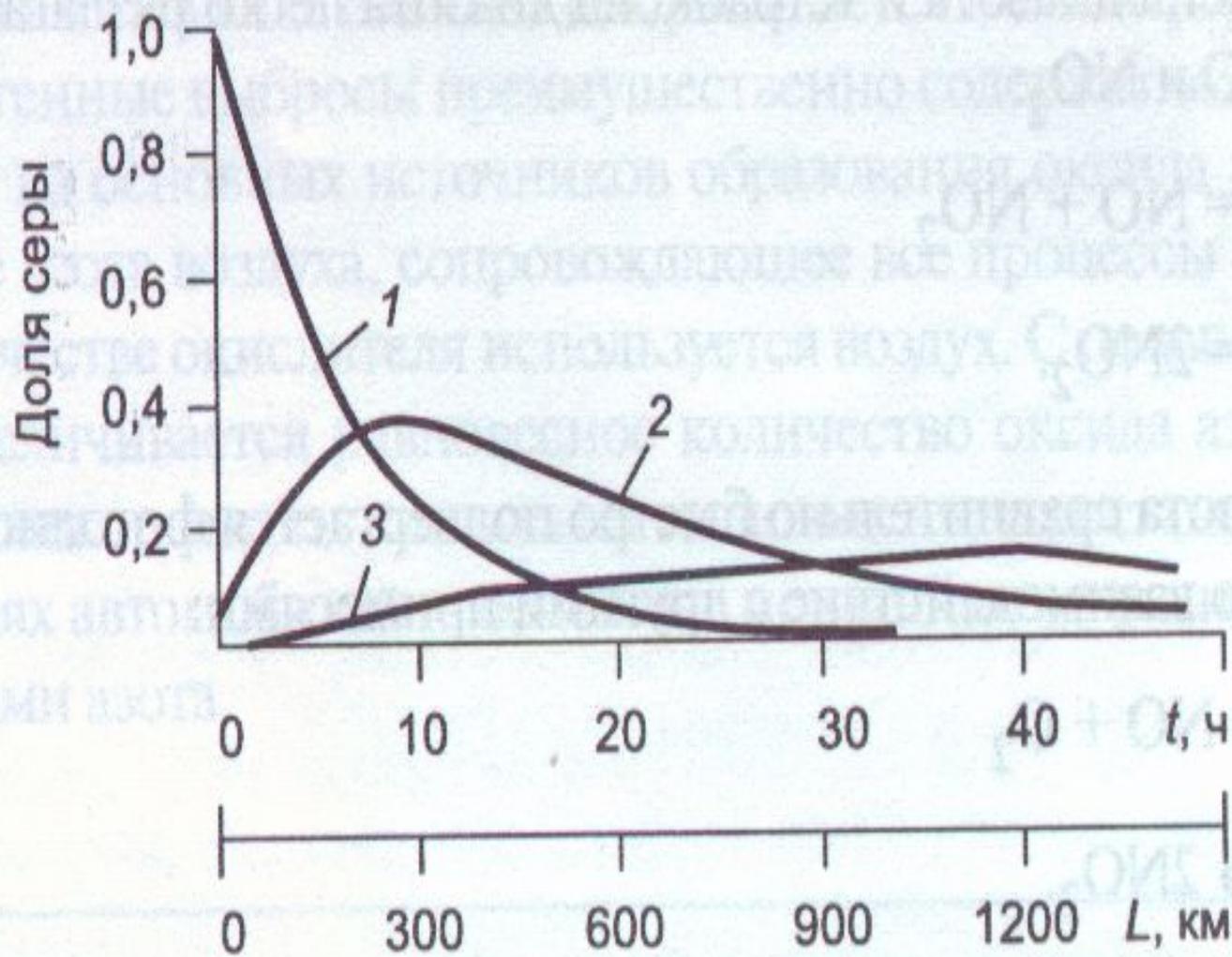
Тропосфера

- Тропосфера – нижний, непосредственно соприкасающийся с земной поверхностью, слой атмосферы. Именно воздухом тропосферы дышат живые организмы, влага, конденсирующаяся в тропосфере и выпадающая с атмосферными осадками, обеспечивает человека питьевой водой, а проникающее через тропосферу солнечное излучение используется автотрофными организмами в процессе фотосинтеза.

Вид примеси	Значение концентрации, млн ⁻¹	
	расчетное равновесное	экспериментально найденное
CH ₄	10 ⁻¹³⁹	1,6
CO	6·10 ⁻⁴³	0,05–0,2
O ₃	3·10 ⁻²⁴	10 ⁻² –10 ⁻¹
O	2·10 ⁻¹³	0,3
H ₂	2·10 ⁻³⁶	0,5
OH	5·10 ⁻²²	10 ⁻⁹ –10 ⁻⁶
NO ₂	4·10 ⁻²²	10 ⁻⁷ –10 ⁻⁵
H ₂ O ₂	1·10 ⁻¹⁸	10 ⁻⁴ –10 ⁻²

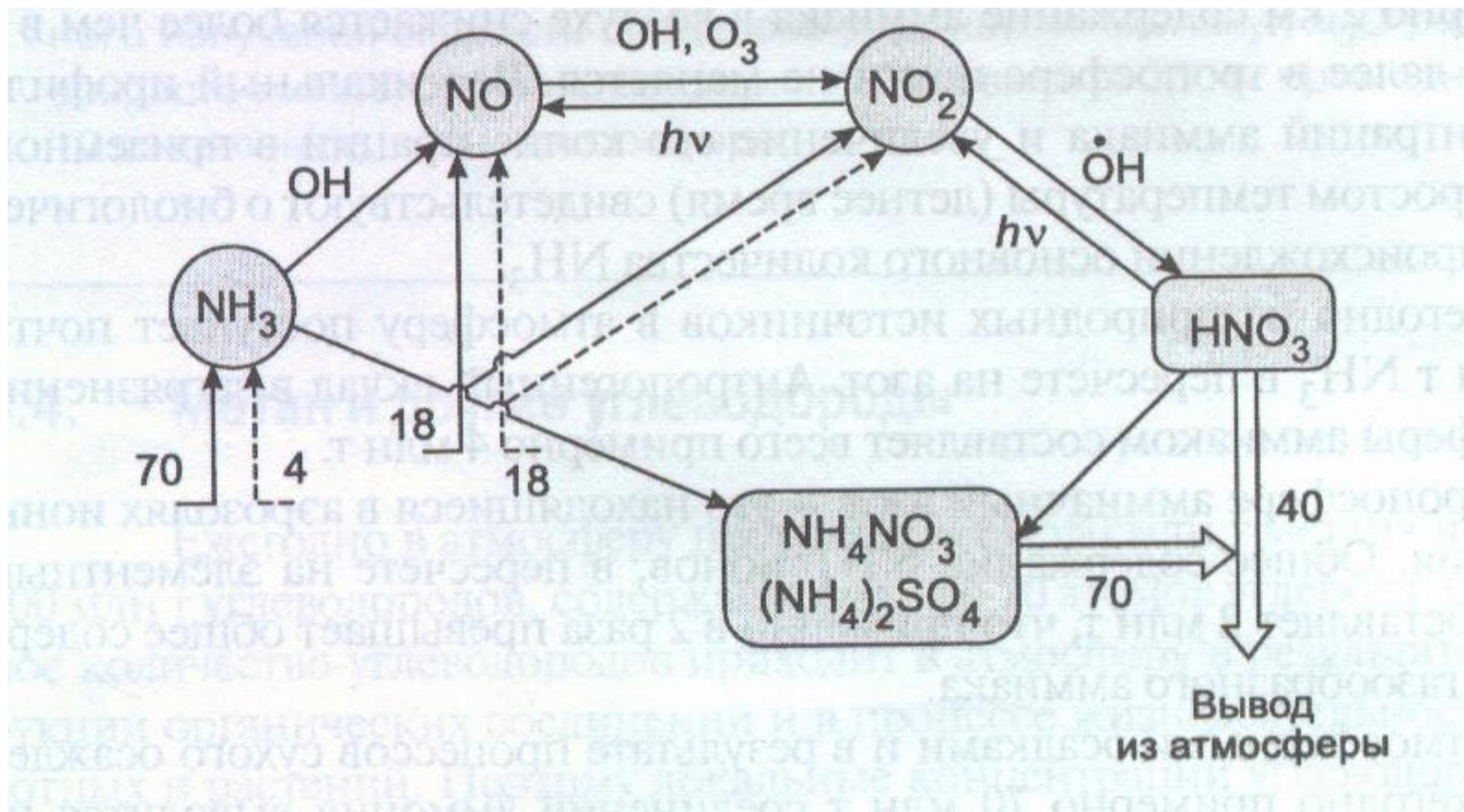
Схема трансформации соединений серы в тропосфере





Зависимость долей серы, представленной в тропосфере в виде диоксида (1), серной кислоты (2) и сульфатов (3), от времени пребывания в атмосфере t и удаленности от точечного источника выброса L при скорости ветра 30 км/ч

Схема трансформации соединений азота в тропосфере

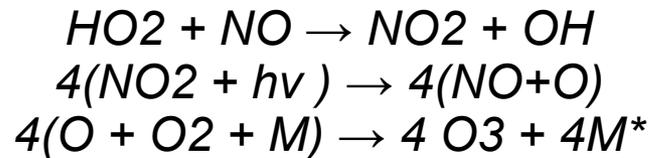
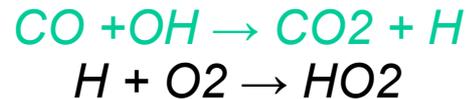
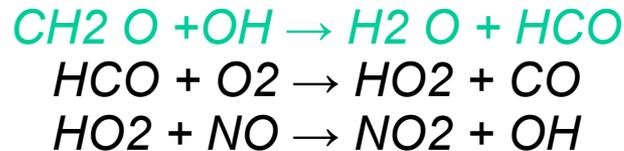
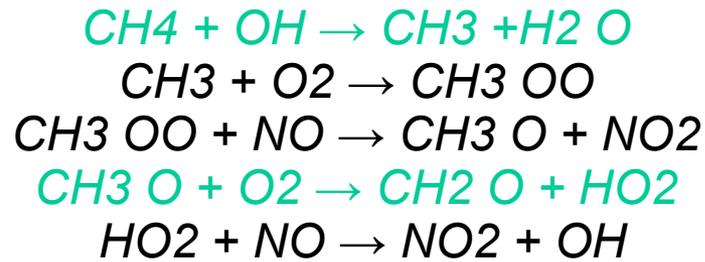


Доля метана, выделяющегося из различных источников, %

Природные источники	Доля общих поступлений	Антропогенные источники	Доля общих поступлений
Заболоченные почвы	21	Рисовые поля	20
Океаны и водоемы	5	Добыча и переработка природного газа и нефти	15
Выделения термитов	7	Сжигание биомассы ¹	10
Выделение из почвы	7	Процессы ферментации ²	15

¹ В том числе при лесных пожарах.

² Преимущественно в организмах крупного рогатого скота.



Суммируя все реакции, получим:

