

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

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

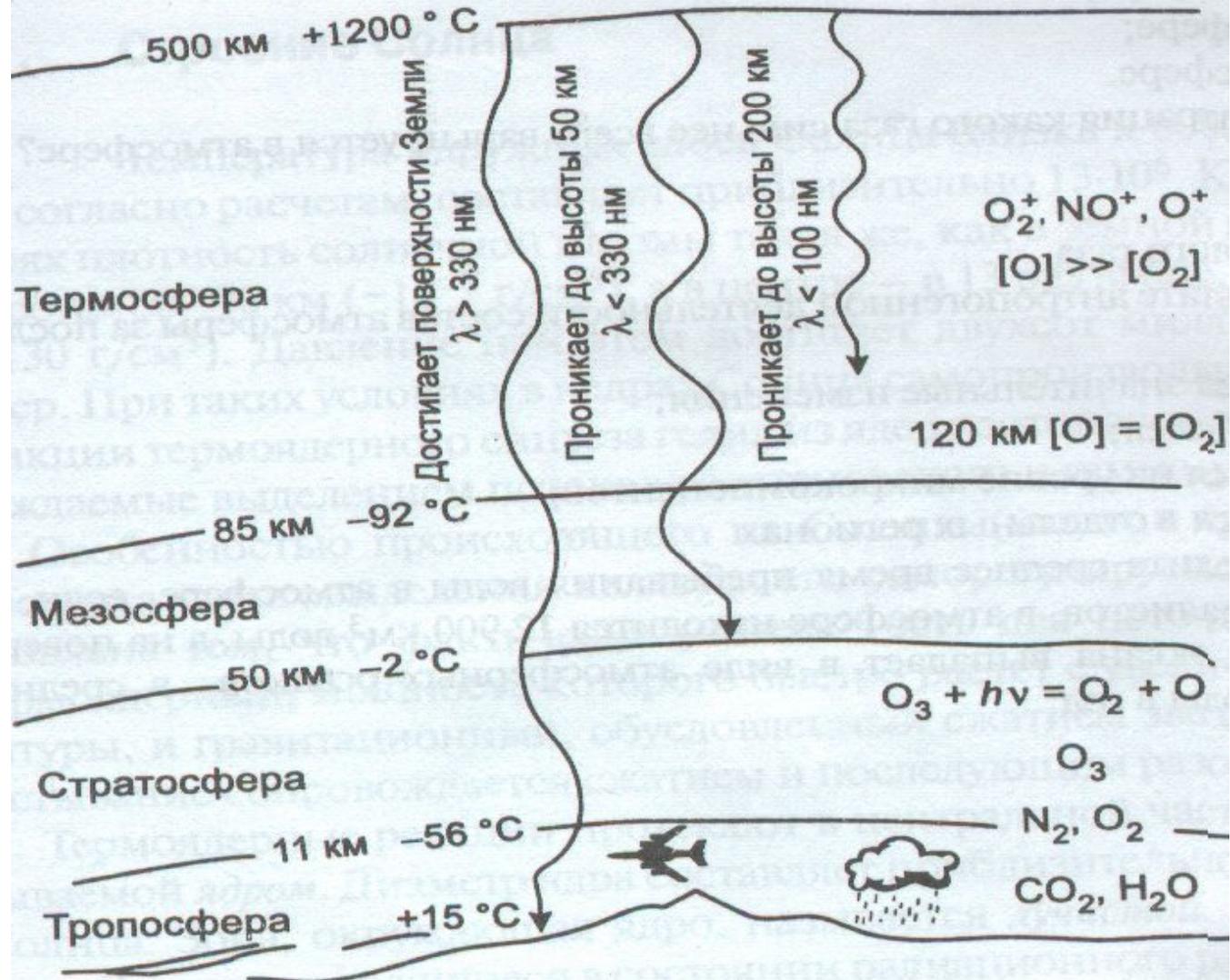
$$N_0 = 6,02 \cdot 10^{23} / 22,4 \cdot 10^3 = 2,69 \cdot 10^{19} \text{ см}^{-3}$$

При других условиях

$$N_i = N_0 \cdot T_0 \cdot P_i / T_i \cdot P_0$$

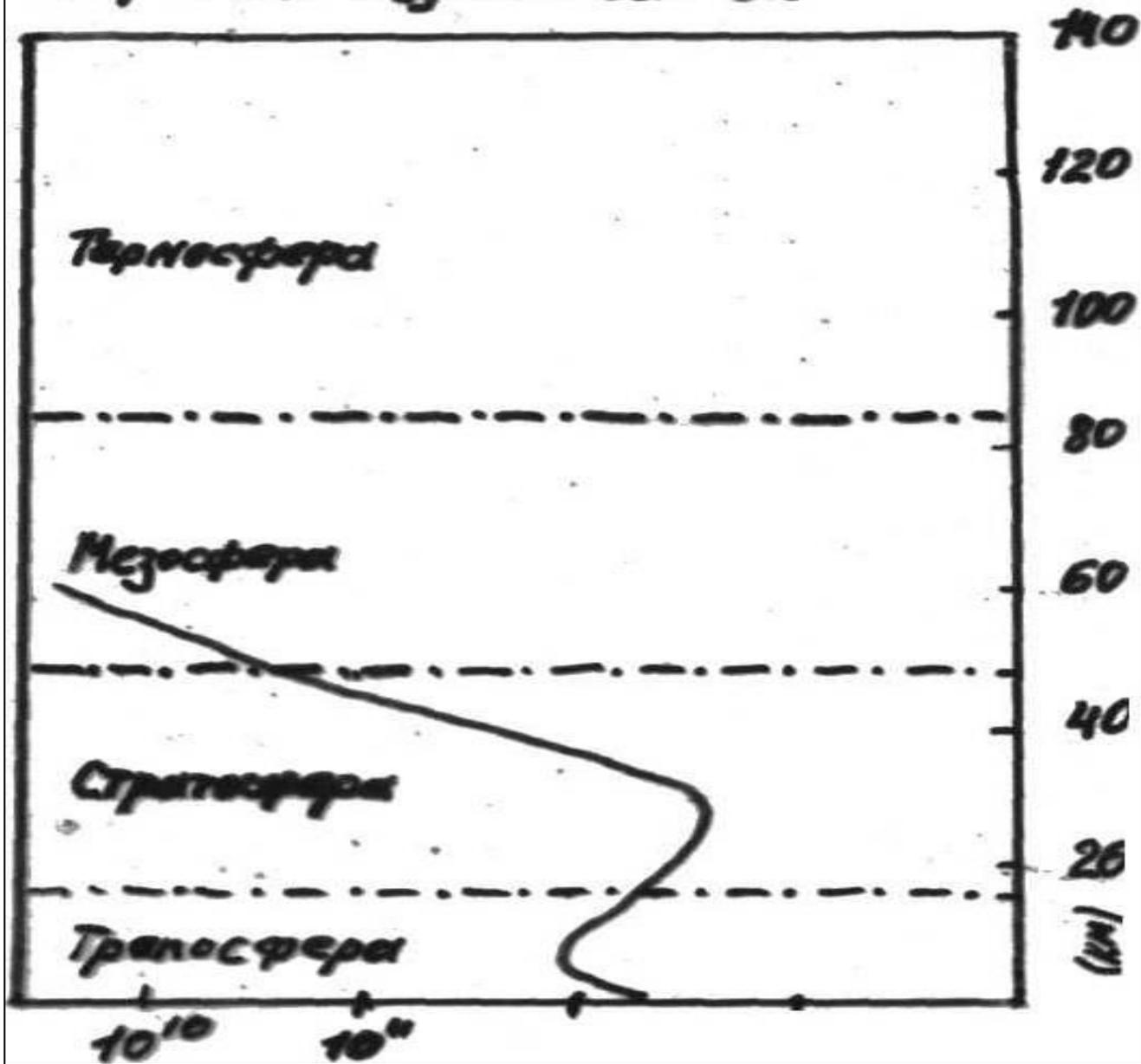
$$n_{ji} = N_i \cdot a_j$$

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

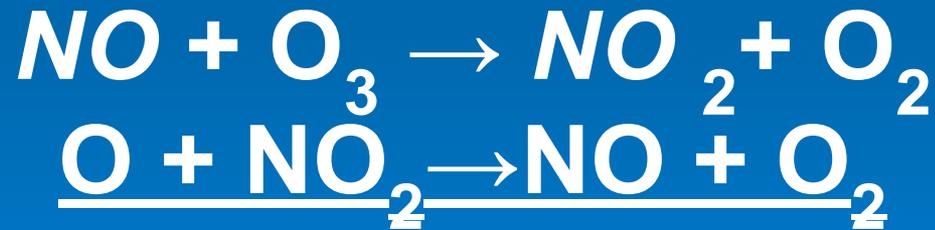
ЦИКЛ ЧЕПМАНА

Разложение озона



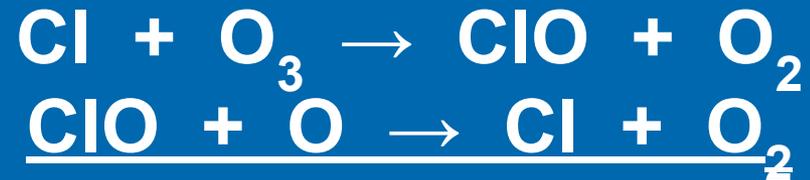
Циклические процессы разрушения озона

Азотный цикл



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

Хлорный цикл

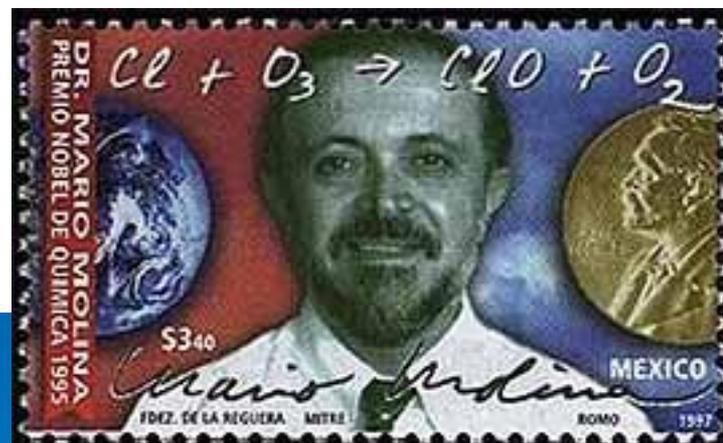


Один атом хлора может разрушить 10^7 молекул озона.

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

□

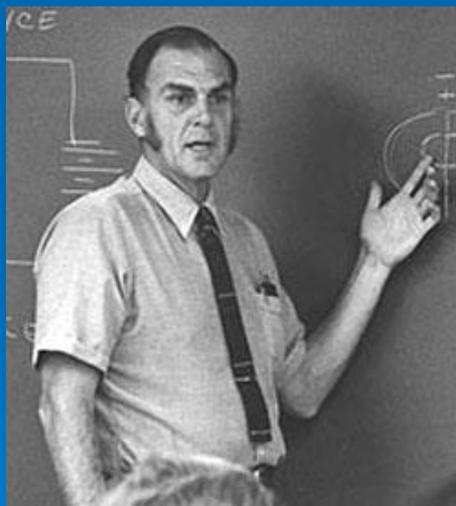


Нобелевская премия по химии, 1995

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



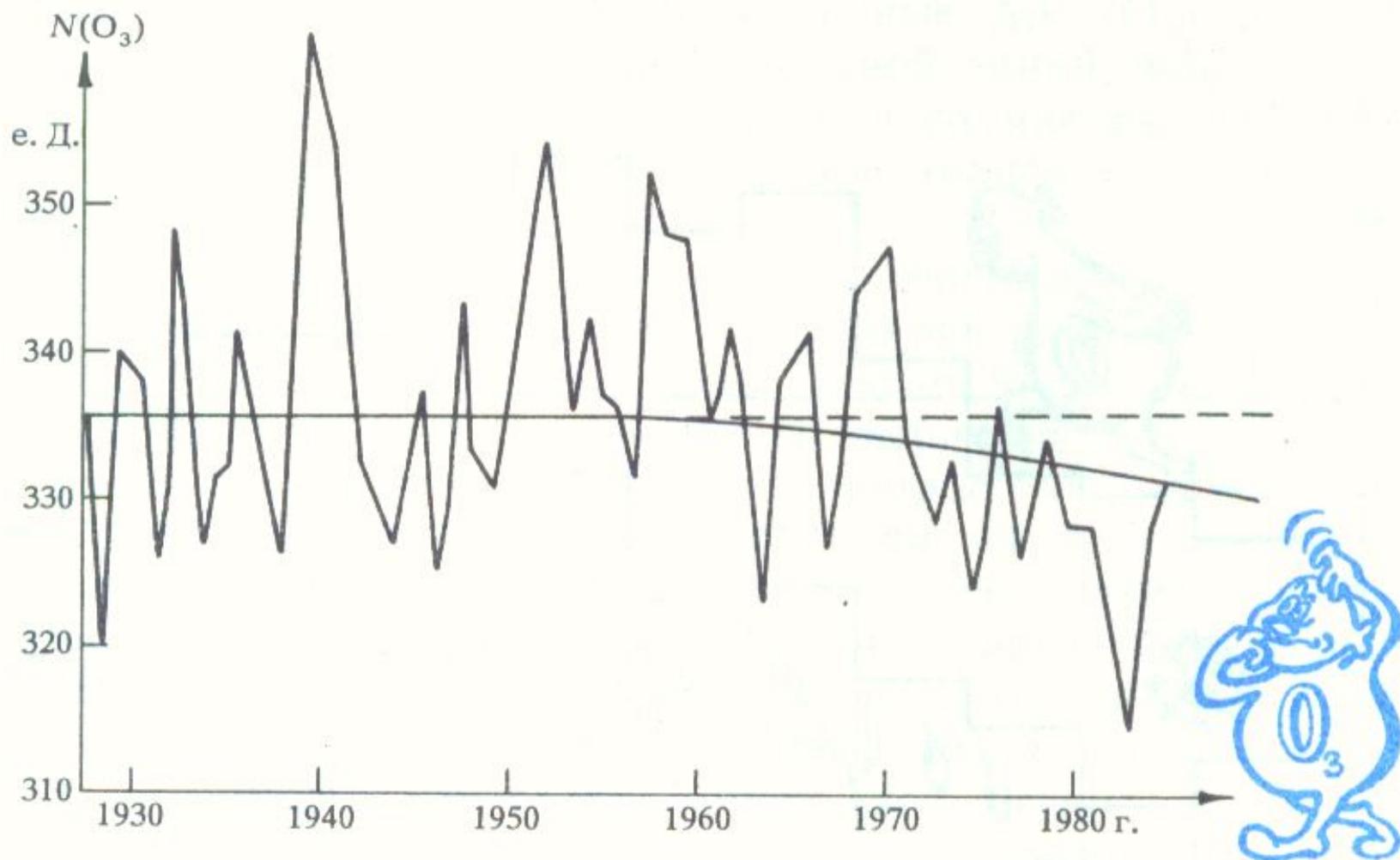
Марио Молина



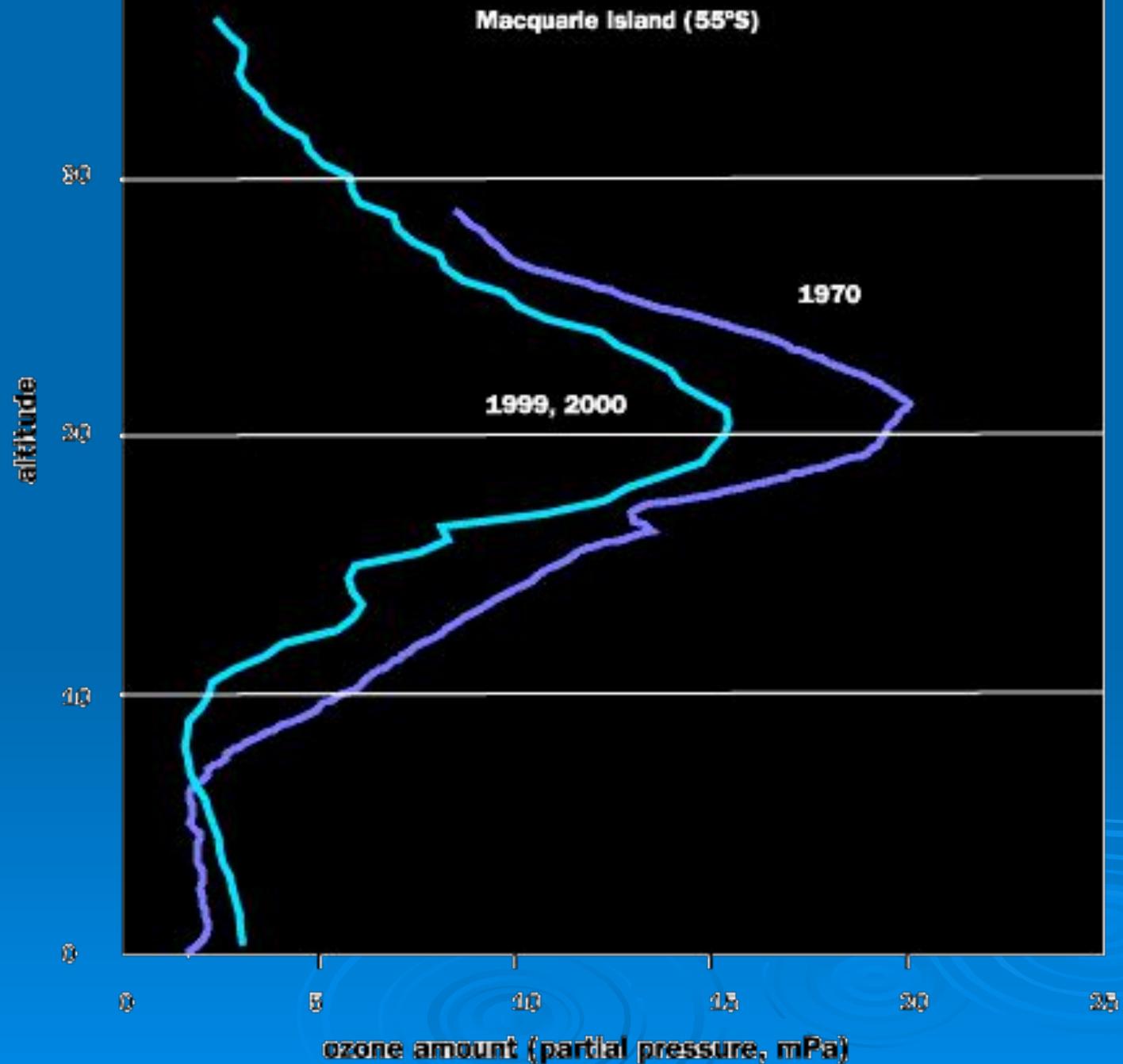
Шервуд Роуленд

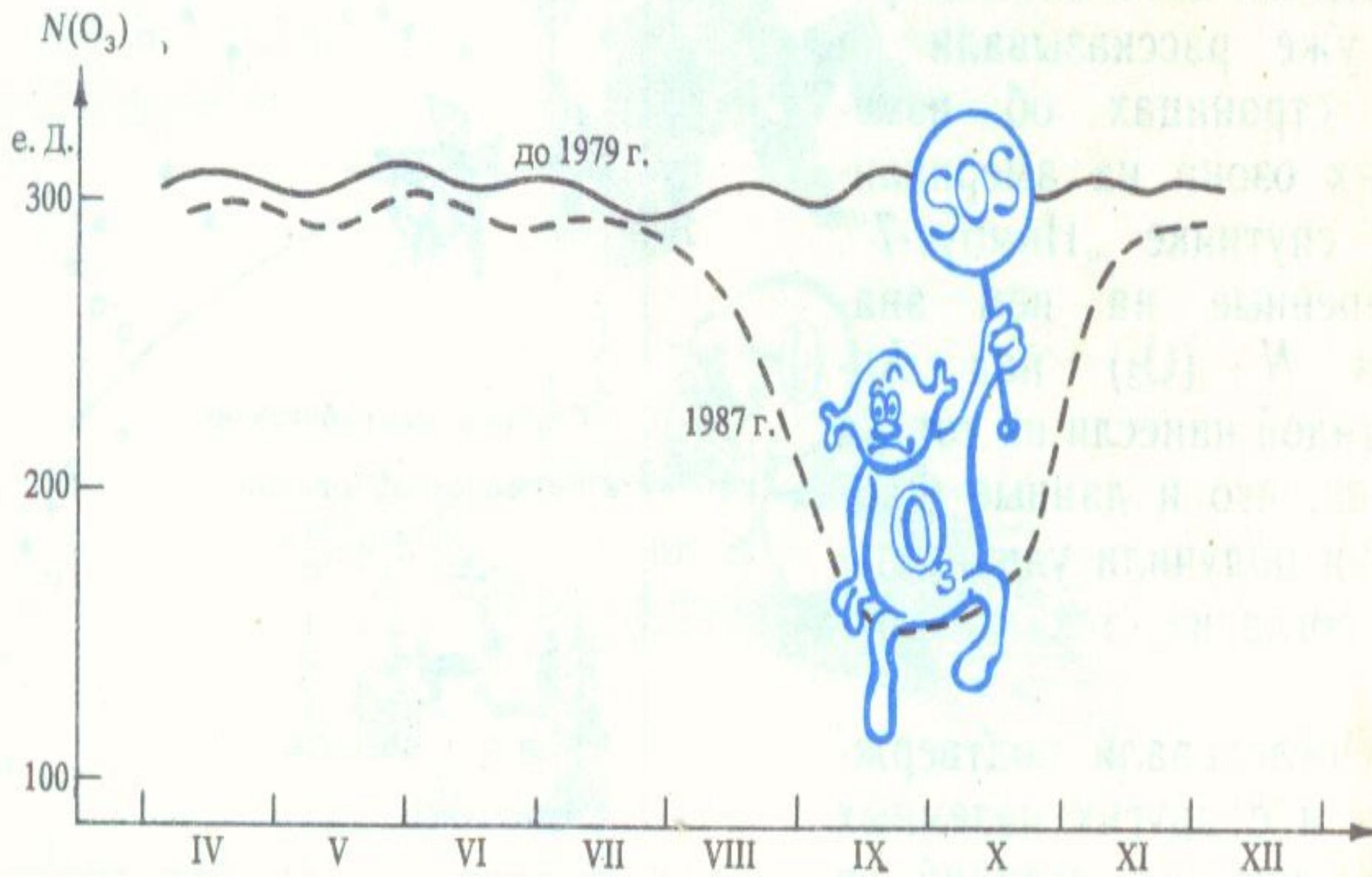


Пауль Крутцен



... 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»

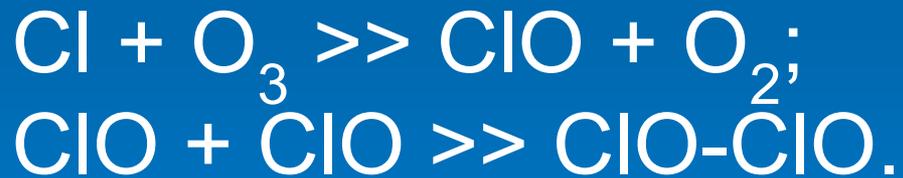
- Антарктида со всех сторон окружена океаном и ветры могут беспрепятственно циркулировать вокруг континента. Во время зимы вокруг Антарктиды возникает околополюсной вихрь - своеобразная воронка из ветров, которая собирает воздух над Антарктидой и не дает ему смешиваться с остальной атмосферой.

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 |

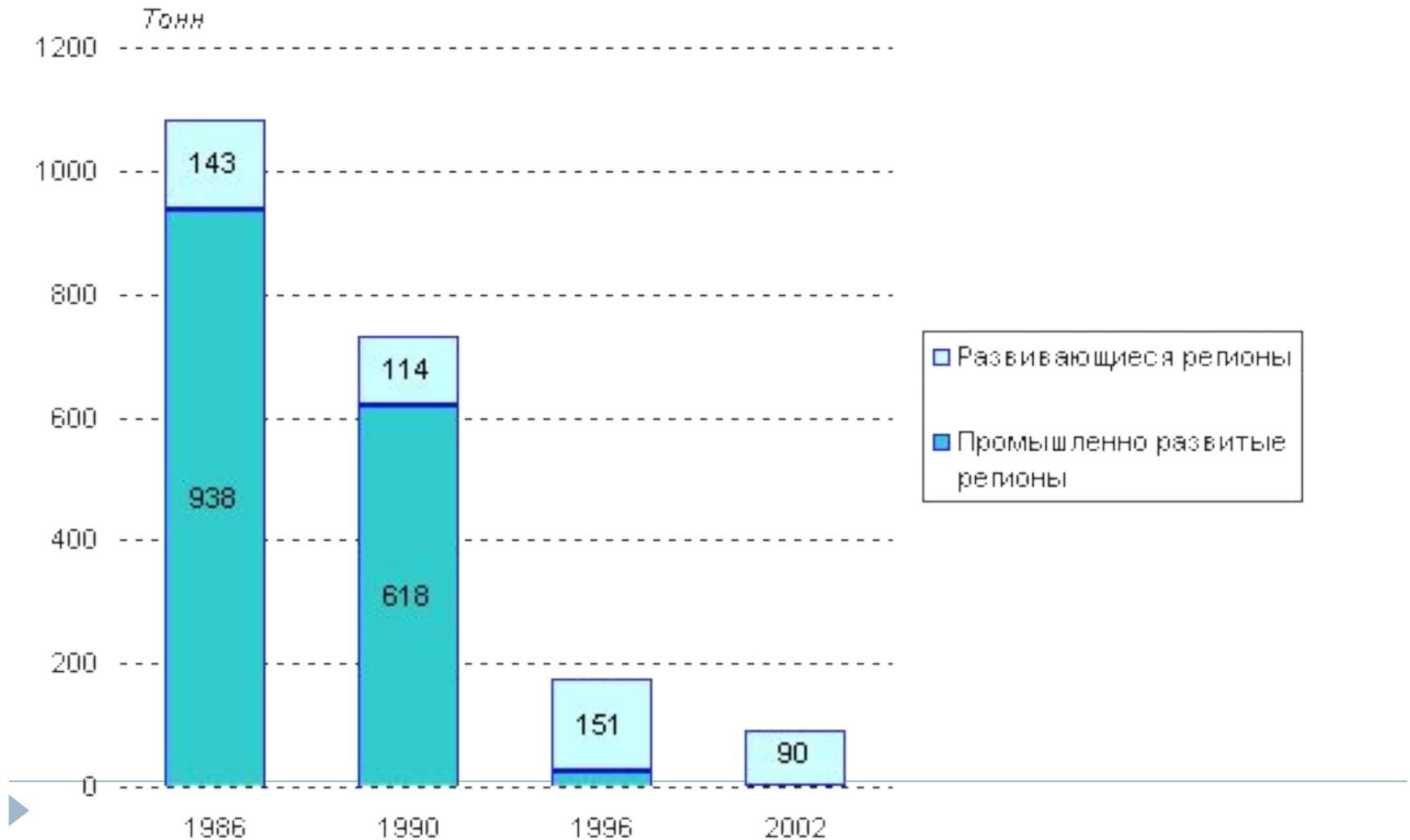
В 1987 года представители 24 стран в Монреале подписали соглашение, по которому обязались сократить вдвое использование озоноразрушающих ХФУ к 1999-му году. Однако в связи с ухудшающейся ситуацией в 1990-м году в Лондоне были приняты поправки к Монреальскому протоколу.

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:

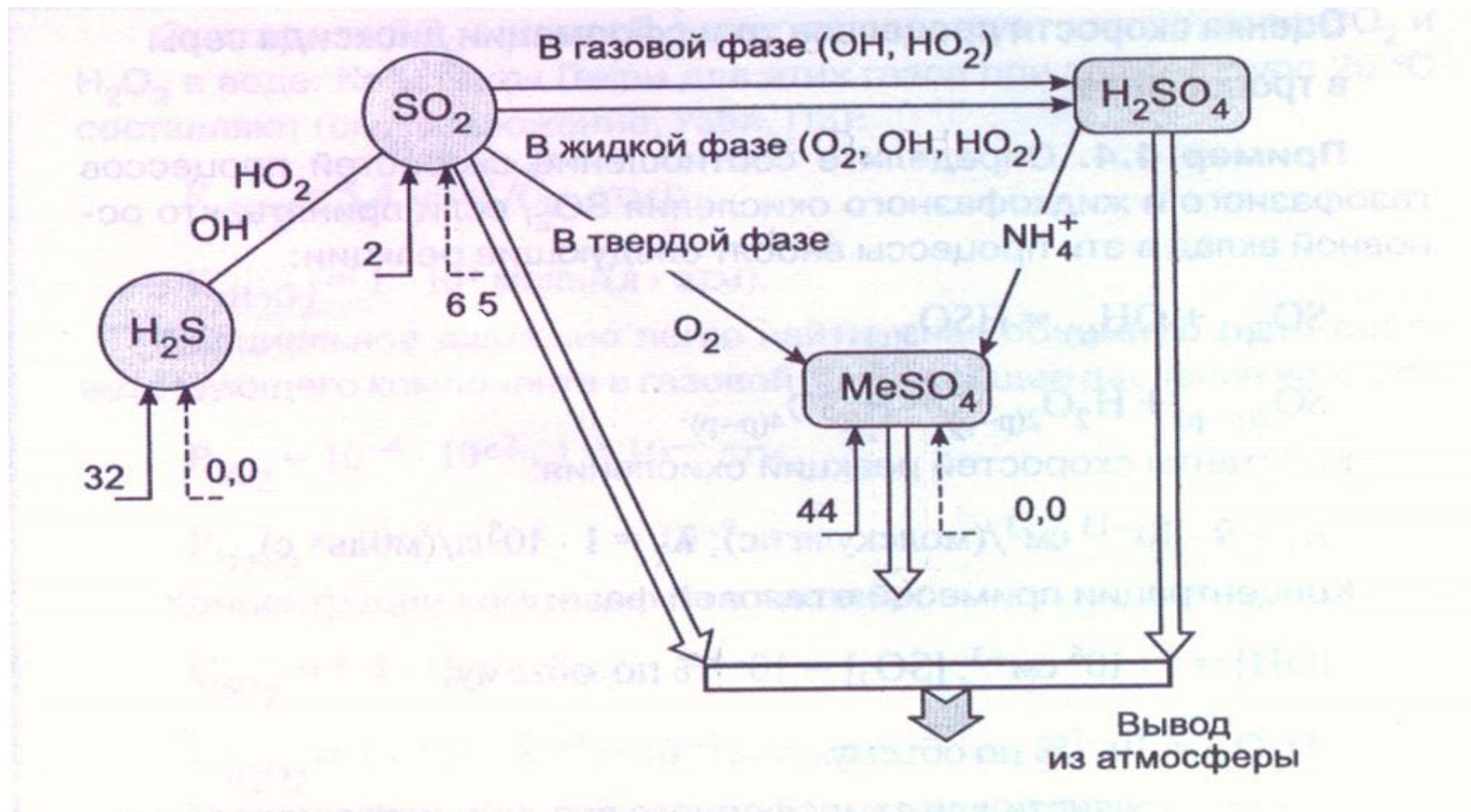
<http://www.rosbalt.ru/style/2014/09/16/1316020.html>

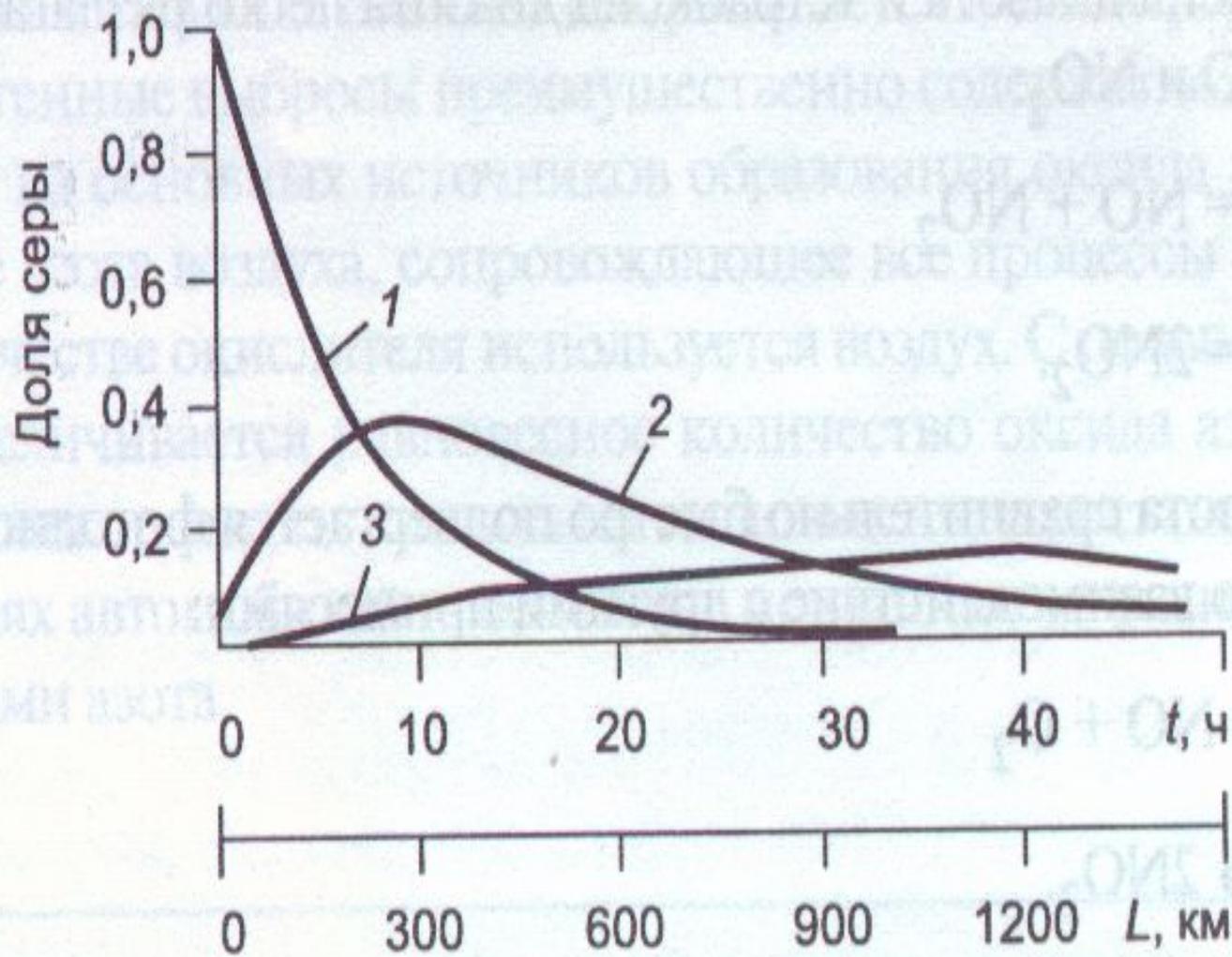
Тропосфера

- 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 | $6 \cdot 10^{-43}$ | 0,05 – 0,2 |
| O_3 | $3 \cdot 10^{-24}$ | $10^{-2} - 10^{-1}$ |
| O | $2 \cdot 10^{-13}$ | 0,3 |
| H_2 | $2 \cdot 10^{-36}$ | 0,5 |
| OH | $5 \cdot 10^{-22}$ | $10^{-9} - 10^{-6}$ |
| HO_2 | $4 \cdot 10^{-22}$ | $10^{-7} - 10^{-5}$ |
| H_2O_2 | $1 \cdot 10^{-18}$ | $10^{-4} - 10^{-2}$ |

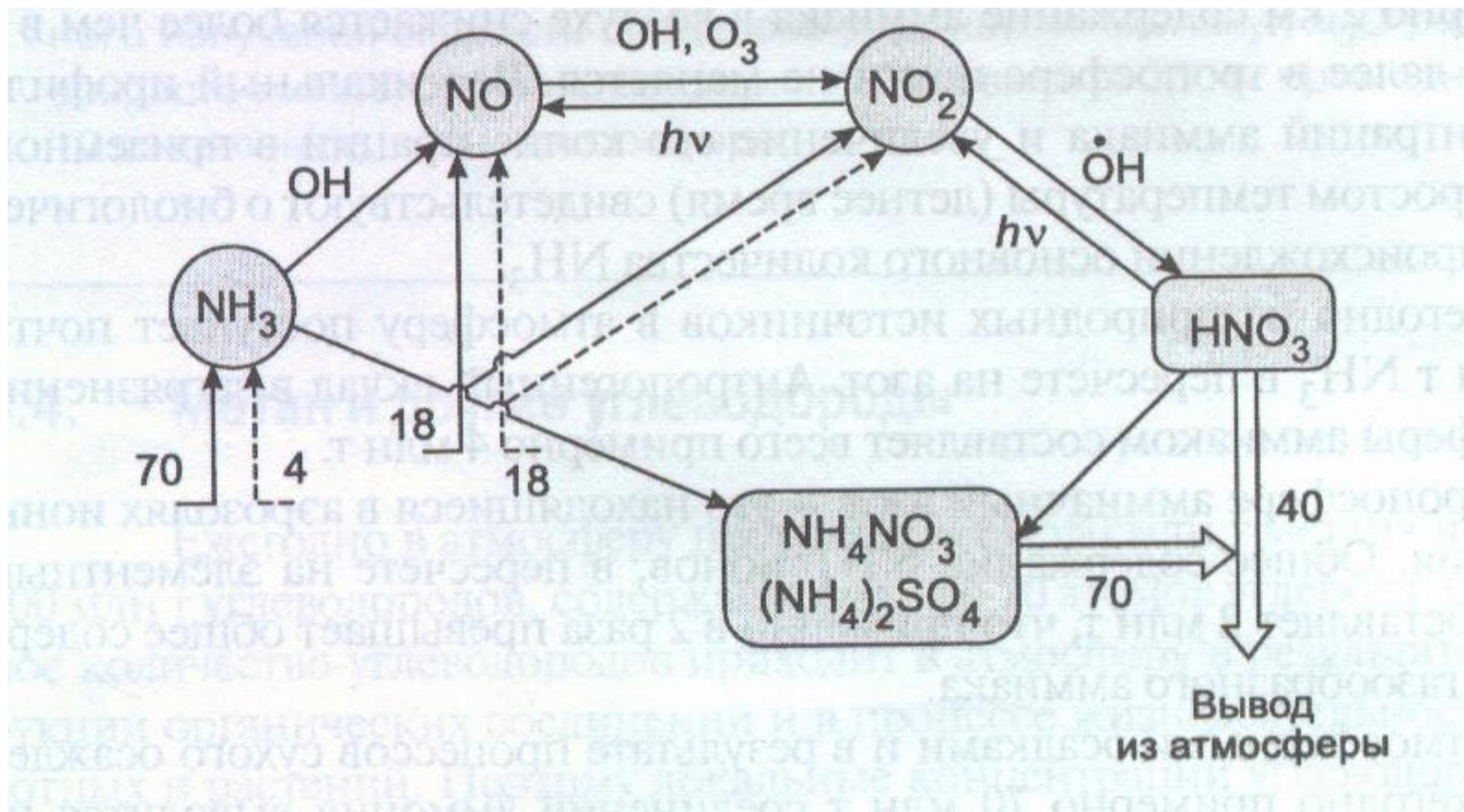
Схема трансформации соединений серы в тропосфере





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

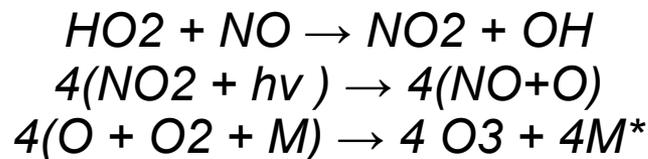
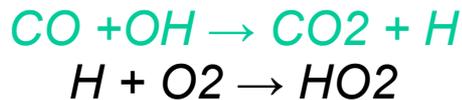
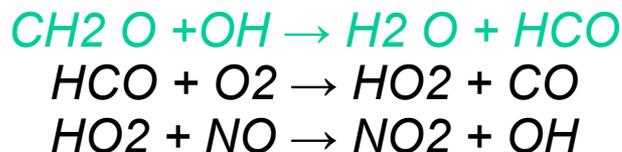
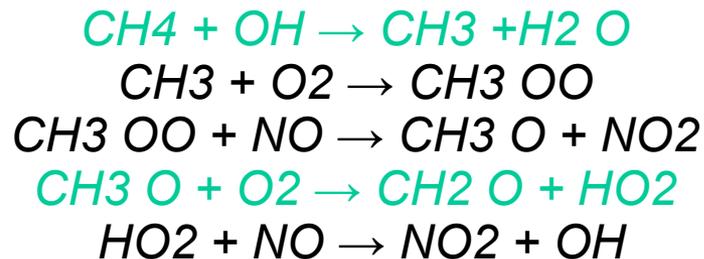


Доля метана, выделяющегося из различных источников, %

| 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:

