

# Озоновый слой

# Озоновая проблема

- Истощение озонового «слоя» - одна из глобальных проблем, связанных с загрязнением окружающей среды.
- Что же такое озоновый «слой» и почему его называют «защитным экраном» нашей планеты от УФ - излучения?

# Ультрафиолетовое излучение

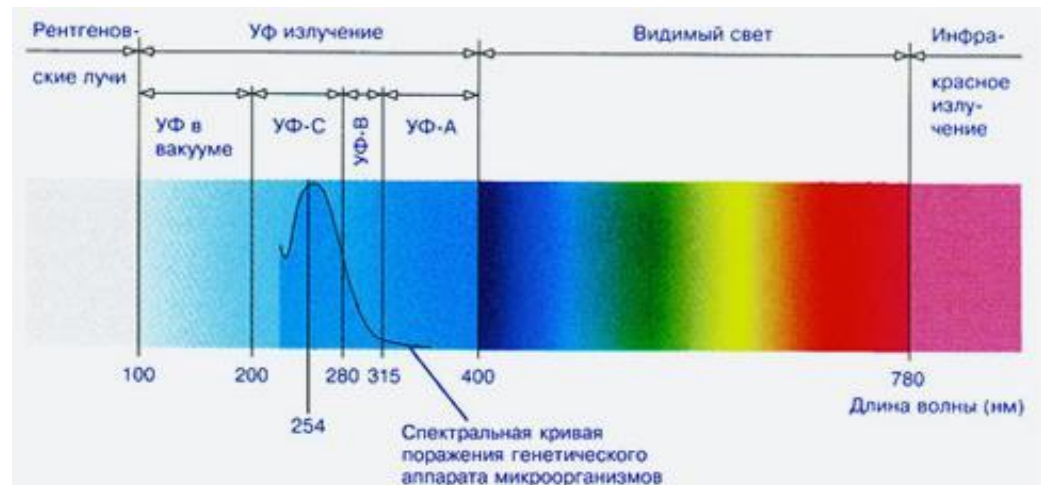
Биологические эффекты ультрафиолетового излучения в трёх спектральных участках существенно различаются, поэтому выделяют, как наиболее важные, следующие диапазоны (см.табл.).

Практически весь **УФ-С** (*дальний или вакуумный УФ*) и приблизительно 90 % **УФ-В** поглощаются при прохождении солнечного света через земную атмосферу.

Эти виды УФ называются – **биологически активный ультрафиолет**.

Излучение из диапазона **УФ-А** достаточно слабо поглощается атмосферой. Поэтому излучение, достигающее поверхности Земли, в значительной степени содержит ближний ультрафиолет **УФ-А** и в небольшой доле — **УФ-В**.

Наименование	Длина волны в нанометрах
<b>Ближний</b>	400—300 нм
Ультрафиолет А, длинноволновой диапазон	400—315 нм
<b>Средний</b>	300—200 нм
Ультрафиолет В, средневолновой	315—280 нм
<b>Дальний</b>	200—122 нм
Ультрафиолет С, коротковолновой	280—100 нм



# Ультрафиолет

## ПОЛЬЗА

- Под воздействием солнечного света в организме человека вырабатывается **витамин D** и «гормон счастья» **серотонин**. При недостатке первого могут возникнуть такие недуги, как *рахит, остеопороз, остеохондроз*. Доказано, что нехватка этого важного витамина способствует развитию *гипертонии и рассеянного склероза*.
- Трудно переоценить роль **серотонина** в деятельности нервной системы и головного мозга человека. Этот гормон не зря называют «гормоном счастья»: аппетит, сон, эмоции и настроение – все зависит от серотонина. При его нехватке недалеко до *депрессии и других расстройств нервной системы*.
- Недостаток солнечного света способствует усиленной выработке в организме **гормона сна мелатонина**, можно понять, почему в зимнее время года даже днем возникают *сонливость и депрессия*.

## ВРЕД

(от биологически активного ультрафиолета)

- деградация молекул белка;
- канцерогенное действие (рак кожи);
- ослабление иммунной системы (аллергические и инфекционные заболевания);
- ожоги кожи (загар);
- глазные заболевания (катаракта, «снежная слепота»).

Одной из наиболее важных характеристик любой молекулы является ее спектр поглощения, то есть способность поглощать излучение определенной длины волны.

Спектр поглощения озона достаточно широк, но сравнение с «защитным щитом» обязано способности озона поглощать излучение в интервале 200-320 нм.

Его коэффициент поглощения в области 200-320 нм очень велик, и УФ-В практически не проходит через озоновый слой.

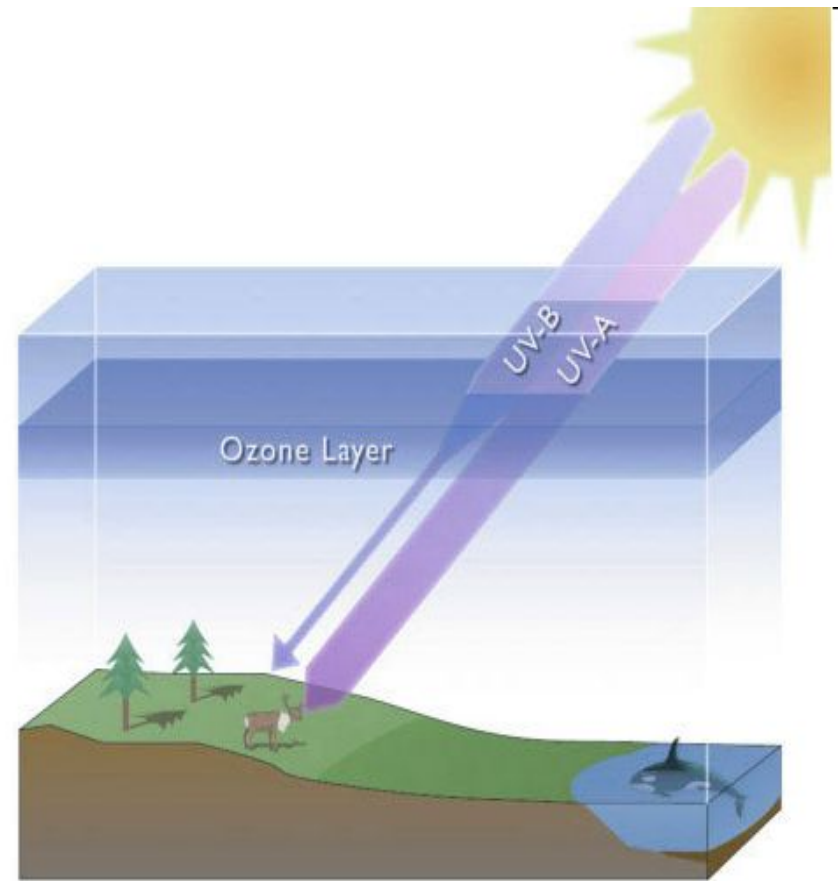
Область солнечного спектра от 200 до 400 нм называют биологически активным УФ.

УФ-С поглощается кислородом на больших высотах.

УФ-В поглощается озоном.

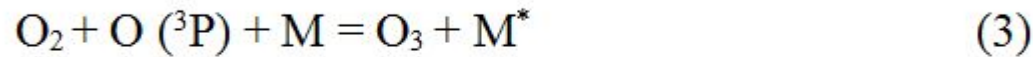
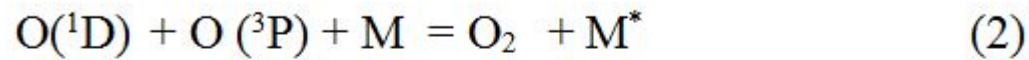
*Поглощающая способность  
слоя  $O_3$  толщиной 2 мм  
эквивалентна  
поглощающей способности  
слоя  $O_2$  толщиной 1 км.*

# $O_3$ - ОЗОН



©2004, ACIA

# Каков механизм образования и разрушения озона?

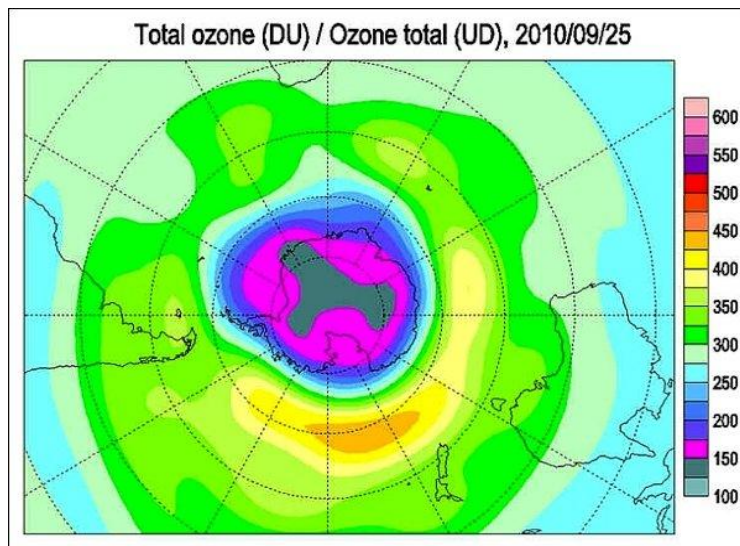
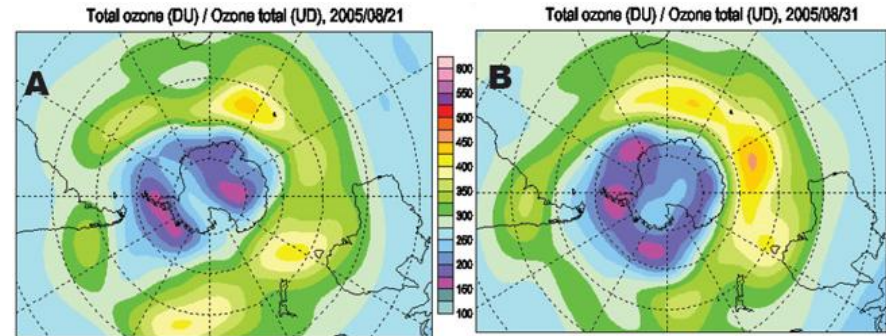


- Если солнечное излучение отсутствует или слабо (ночь, зима), то реакции (4.1) и (4.2) не идут и разрушение озона происходит только по реакции (5).
- Эта схема была предложена в 1930 году **Чепменом**. Реакции, описывающие процессы возникновения и естественной гибели озона, называются **циклом Чепмена**.

# Способы представления концентрации озона в атмосфере

Если собрать весь распределенный по высоте озон в сферический слой вблизи поверхности Земли при нормальных условиях, то толщина этого слоя составит всего около 3 мм.

В качестве единицы измерения общего содержания озона принята так называемая *единица Добсона (едД или DU)*, которая соответствует толщине озонового слоя, собранного отдельно и приведенного к нормальному атмосферному давлению (101325 Па = 1 атм = 760 мм рт. ст.) и температуре 0°C.



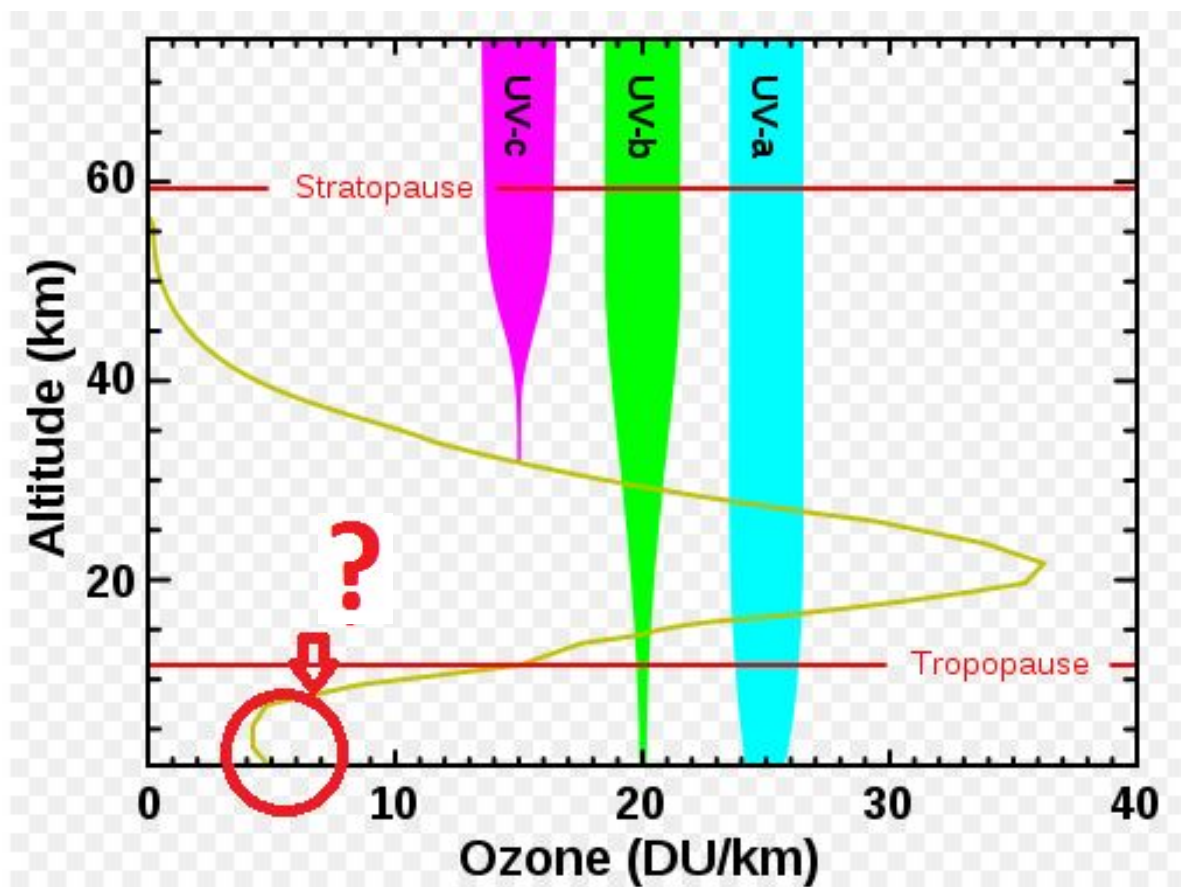
Одна единица Добсона соответствует 0.01 мм толщины этого слоя.

100 е.Д. соответствуют толщине озонового слоя в 1 мм.

Величина содержания озона в атмосфере испытывает суточные, сезонные, годовые и многолетние колебания.

При среднем глобальном общем содержании озона в 290 е.Д. толщина озонового слоя изменяется в широких пределах – от 90 до 600 е.Д.

# Профиль концентрации озона в атмосфере





То, что между тропосферой и стратосферой не существует перемешивания, - это полуправда.

Когда наступает полярная зима, то воздушные массы на полюсах выхолаживаются. Как следствие, изменяется давление и плотность воздуха и возникает полярный вихрь (*вортекс*) - **внутри него поступает поток воздуха со всего земного шара.** Движение воздуха в полярном вихре направлено в тропосферу.

Впервые *вортекс* был зафиксирован английскими и американскими учеными в 1984 году над Антарктидой.

Как было обнаружено позднее, это **сезонное явление наблюдается ежегодно над полюсами, но над Антарктидой полярный вихрь имеет большие размеры, т. к. там есть материк.**

Естественные причины уменьшения количества озона были вызваны тем, что он выводился в тропосферу.

Летом эта воронка затягивалась. Так происходило “самоочищение” стратосферы раньше. Вместе с озоном из стратосферы выводились такие соединения как *HCl, ClONO<sub>2</sub>* (*резервуары хлора*). Наличие в стратосфере пониженного содержания озона было связано только с чисто физическим удалением озона из стратосферы.

Температура воздуха внутри вихря резко снижается до  $-70^{\circ}\text{C}$  или  $-80^{\circ}\text{C}$ .

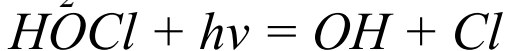
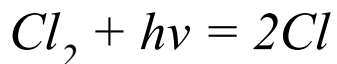
В стратосфере появляются устойчивые аэрозольные образования – “серебристые” облака, состоящие из кристалликов льда и капель переохлажденной жидкости. В состав этих аэрозолей входят димеры оксида хлора, хлористый нитрозил ( $\text{ClONO}_2$ ) и другие соединения азота ( $\text{HNO}_3$ ,  $\text{HNO}_2$ ).

В зимний период эти соединения, связанные с аэрозолями, не взаимодействуют с озоном.

Весной полярный вихрь распадается, и при повышении температуры, на поверхности кристалликов льда начинают протекать гетерогенные химические процессы:



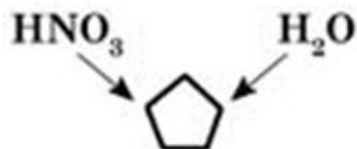
Образующиеся молекулы хлора и HOCl неустойчивы и, в отличие от HCl и  $\text{ClONO}_2$ , при появлении первых солнечных лучей распадаются даже под воздействием видимого излучения:



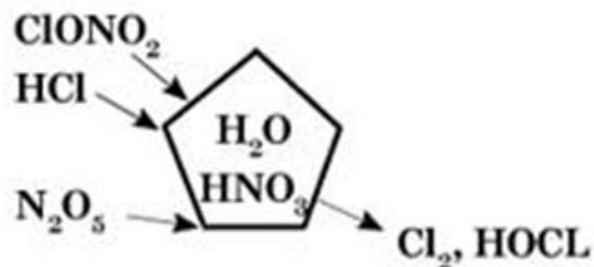
Таким образом, с наступлением весны в стратосфере над Антарктидой появляется ряд озоноразрушающих веществ и начинаются цепные процессы разрушения озона на фоне природного дефицита озона, содержание которого не успевает восстановиться после окончания полярной ночи и разрушения вортекса.

## В ТЕМНОТЕ ПОЛЯРНОЙ НОЧИ

1. Образование полярных стратосферных облаков

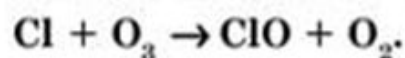
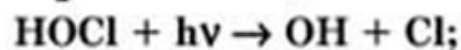
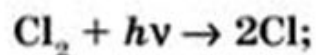


2. Активация  $\text{Cl}_x$

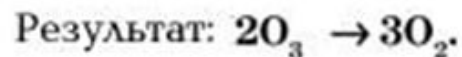
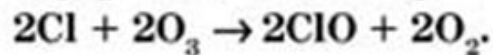
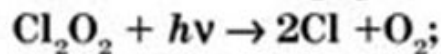


## В СВЕТЕ ВОСХОДЯЩЕГО ВЕСЕННЕГО СОЛНЦА

3. Образование атомов хлора



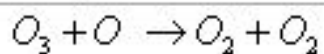
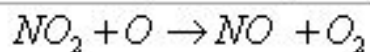
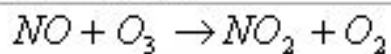
4. Цепное разрушение озона



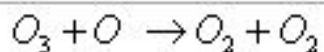
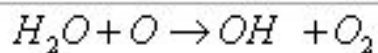
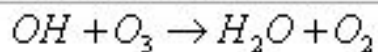
# Разрушение озонового слоя

## Циклы разрушения озона (цепные реакции)

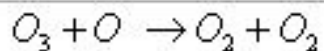
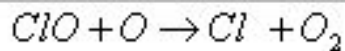
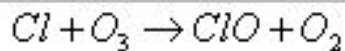
*азотный*



*водородный*



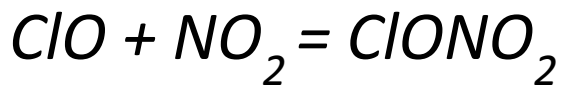
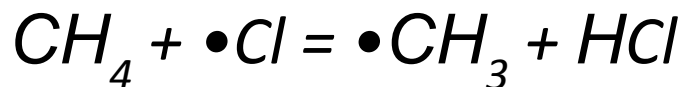
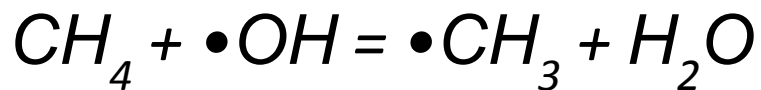
*хлорный*



Причины возникновения “озоновой дыры”, т.е. уменьшение концентрации озона, носят как естественный, так и антропогенный характер.

Длина цепи может достигать  $10^4 - 10^7$  (количество молекул озона, разрушенных одним атомом хлора или другой частицей) в зависимости от типа цикла разрушения.

# Прерывание озоноразрушающих циклов



Динамические процессы, приводящие к выводу “активных” частиц в тропосферу, играют важную роль в циклах разрушения озона.

“Активные” частицы этих циклов могут вступать в реакции, например, с метаном или друг с другом, образуя временные резервуары.

# ФРЕОНЫ - $C_xCl_yF_z$

- Фреоны — галогеноалканы, фторсодержащие производные насыщенных углеводородов.

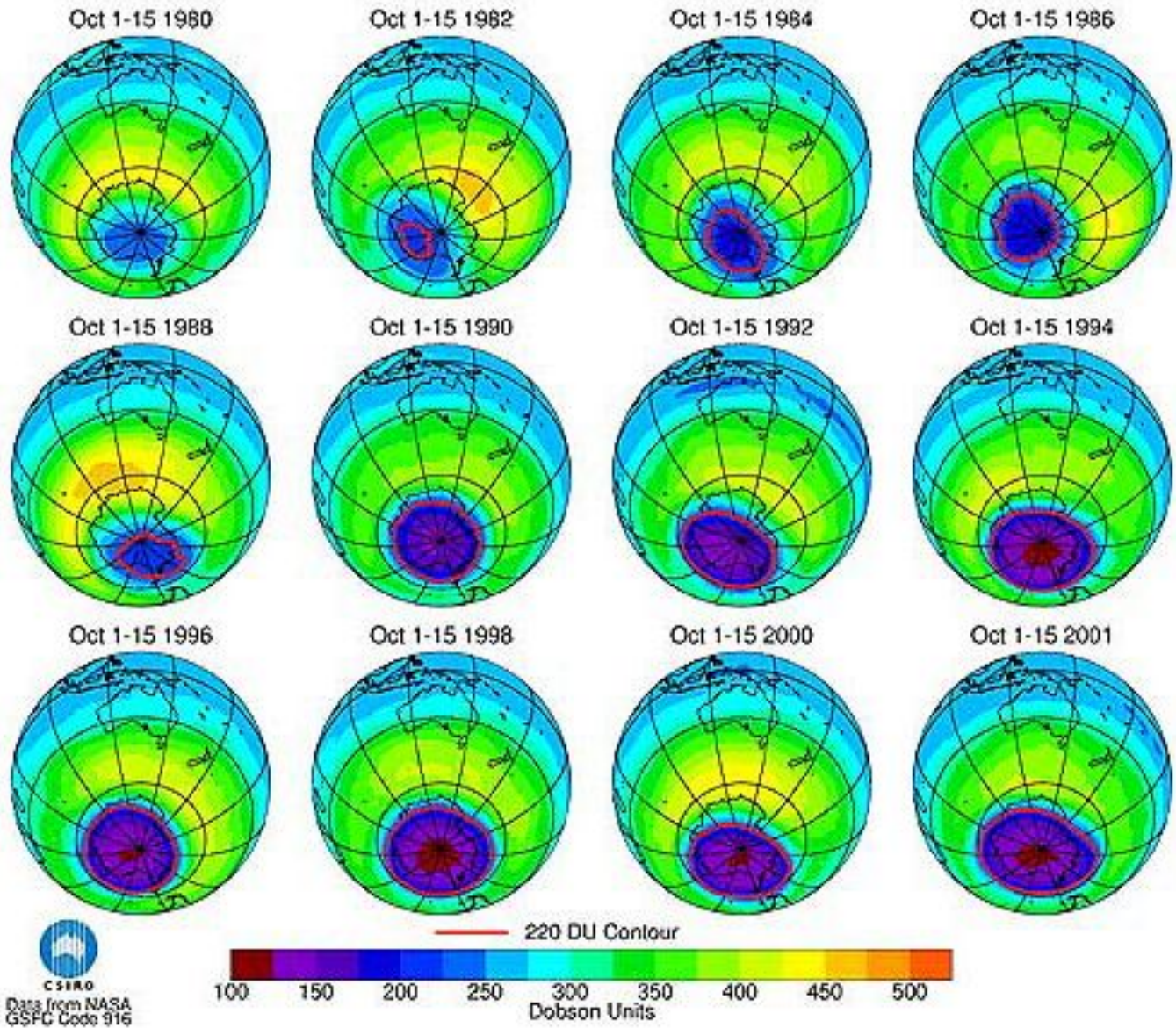
Газ	Химическая формула	«Время жизни» в атмосфере (лет)
Метан	$CH_4$	~11
Оксид азота (I)	$N_2O$	114
Фреон-11	$CFCl_3$	45
Фреон-12	$CF_2Cl_2$	100
Фреон-113	$CCl_2FCClF_2$	85
Фреон-114	$CClF_2CClF_2$	300
Фреон-115	$CClF_2CF_3$	1700
Фреон-22	$CHClF_2$	12
Галон-1301	$CBrF_3$	65
Галон-1211	$CBrClF_2$	16
Гексафторид серы	$SF_6$	3200
Фреон-14	$CF_4$	50 000

- В 1974 году химики Роланд и Молина предположили, что хлорфторуглероды (фреоны), которые были изобретены еще в 1930 году, понижают среднюю концентрацию озона в стратосфере.
- Эти вещества являются источниками радикалов  $\bullet Cl$ .
- Выбросы фреонов казались незначительными.
- Основными источниками фреонов до недавнего времени являлись - холодильные установки, аэрозольные баллончики.
- Основная опасность - **большое время жизни фреонов** в атмосфере.

Группа	Класс соединений	Фреоны (хладоны)	Воздействие на озоновый слой
А	Хлорфторуглероды (CFC)	R-11, R-12, R-13, R-111, R-112, R-113, R-113a, R-114, R-115	Вызывают истощение озонового слоя
	Бромфторуглероды	R-12B1, R-12B2, R-113B2, R-13B2, R-13B1, R-21B1, R-22B1, R-114B2	
В	Хлорфторуглеводороды (HCFC)	R-21, R-22, R-31, R-121, R-122, R-123, R-124, R-131, R-132, R-133, R-141, R-142в, R-151, R-221, R-222, R-223, R-224, R-225, R-231, R-232, R-233	Вызывают слабое истощение озонового слоя
С	Фторуглеводороды (HFC)	R-23, R-32, R-41, R-125, R-134, R-143, R-152, R-161, R-227, R-236, R-245, R-254	Озонобезопасные фреоны (хладоны)
	Фторуглероды (перфторуглеводороды) (CF)	R-14, R-116, R-218, R-C318	

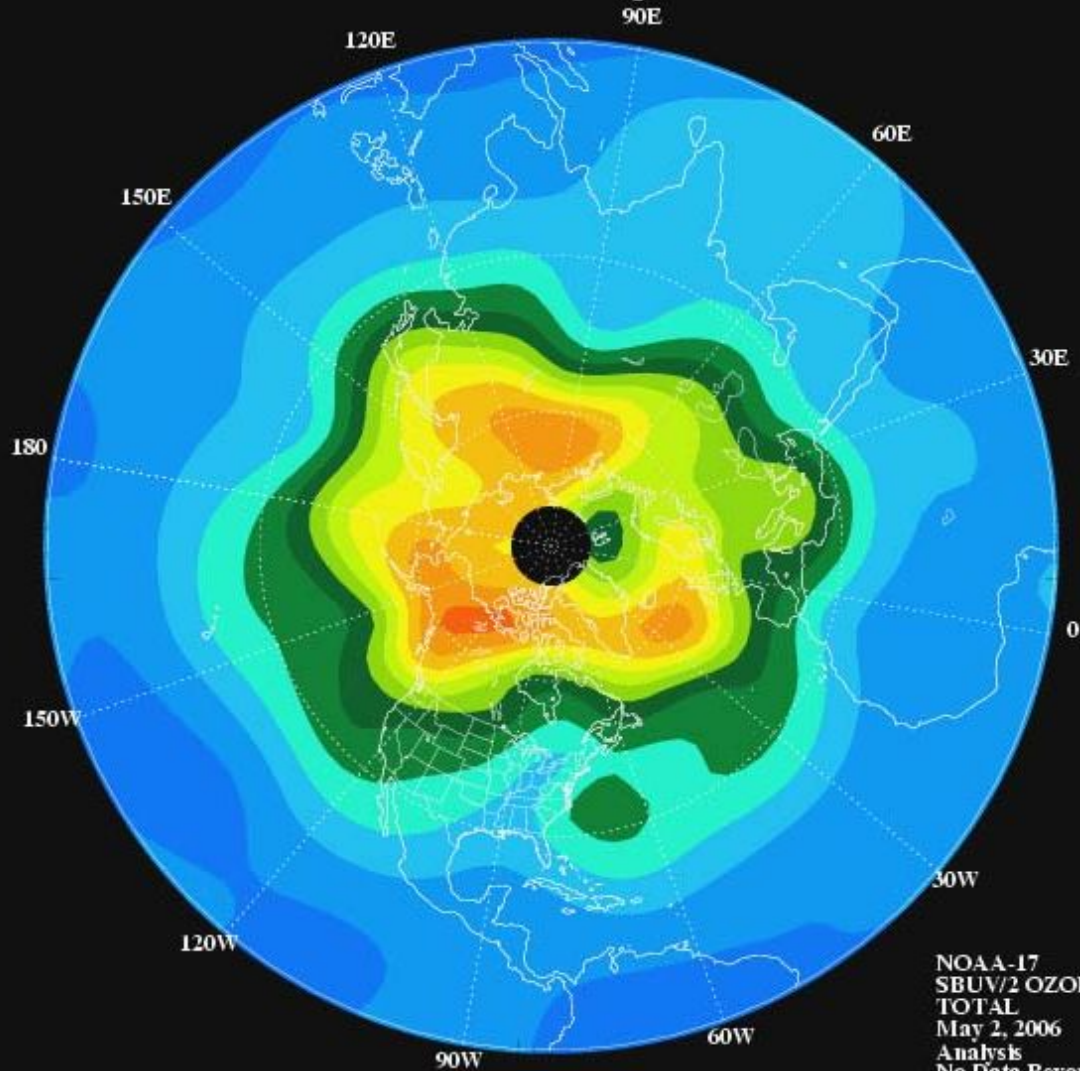
По международному стандарту ISO № 817-74 техническое обозначение фреона (хладона) состоит из буквенного обозначения R (от слова *refrigerant*) и цифрового обозначения:

- **первая** цифра справа — это число атомов **фтора** в соединении;
- **вторая** цифра справа — это число атомов **водорода** в соединении **плюс единица**;
- **третья** цифра справа — это число атомов углерода в соединении минус единица (для соединений метанового ряда нуль опускается);
- число атомов хлора в соединении находят вычитанием суммарного числа атомов фтора и водорода из общего числа атомов, которые могут соединиться с атомами углерода;
- для циклических производных в начале определяющего номера ставится буква С;
- в случае, когда на месте хлора находится бром, в конце определяющего номера ставится буква В и цифра, показывающая число атомов брома в молекуле;
- в случае, когда на месте хлора находится йод, в конце определяющего номера ставится буква I и цифра, показывающая число атомов йода в молекуле.



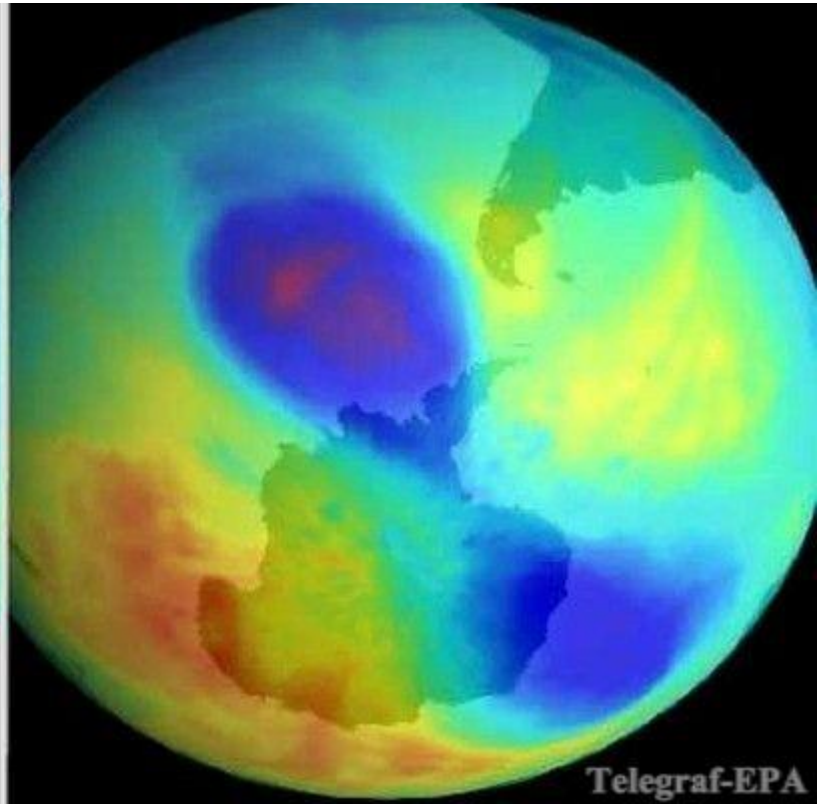
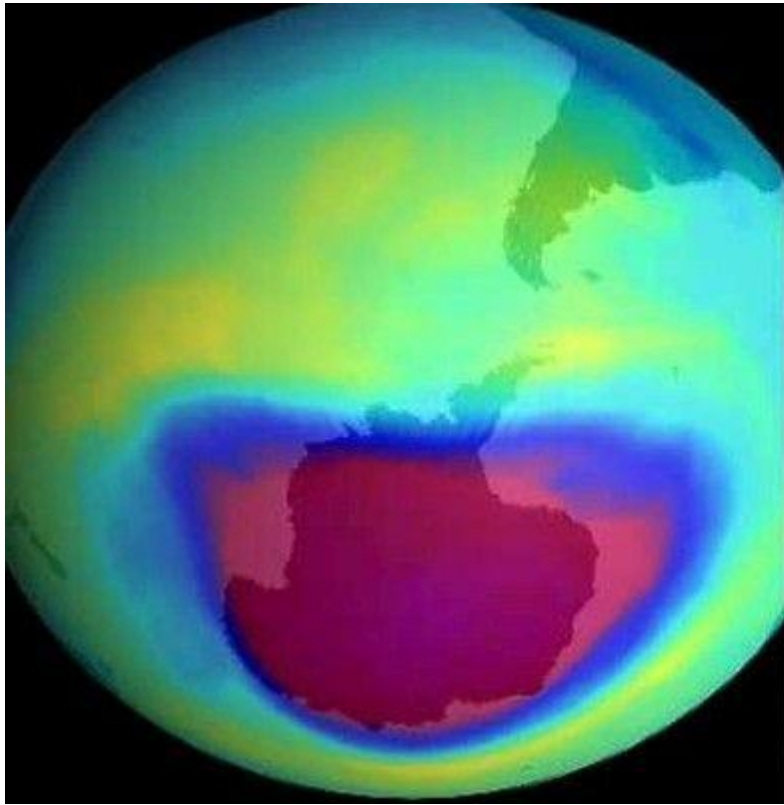


# SBUV/2 TOTAL OZONE Northern Hemisphere



NOAA-17  
SBUV/2 OZONE  
TOTAL  
May 2, 2006  
Analysis  
No Data Beyond 81N

80 100 120 140 160 180 200 220 240 260 280 300 320 340 360 380 400 420 440 460 480 500 520



# Маркировка продукции, не содержащей фреоны

