



# Озоновый слой - щит Земли

*Беспокойство за судьбу озонового слоя не утихает в мире вот уже более трех десятилетий. Столь огромный интерес к озону, составляющему лишь несколько десятимиллионных долей от объема земной атмосферы, вполне оправдан. Озоновый слой практически полностью принимает на себя, поглощает опасное для всего живого жесткое ультрафиолетовое излучение Солнца. Благодаря этому слою оно не доходит до поверхности Земли, и поэтому на нашей планете вот уже сотни миллионов лет существуют благоприятные условия для развития жизни.*





# Озоновый слой

Озон ( $O_3$ ) – это аллотропное видоизменение кислорода, слегка голубоватый газ, с характерным запахом, нестойкий, токсичный. Озон образуется в результате процесса фотодиссоциации кислорода, когда молекула кислорода распадается на атомы под воздействием солнечного УФ излучения (УФИ).



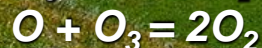
Атомы кислорода вступают в связь с молекулами кислорода с образованием озона:  $O + O_2 = O_3$   
Озоновый слой расположен в стратосфере на высоте 20-30 км. Общее количество озона в атмосфере – 3,3 млрд.т. Если весь озон «пригнать» к поверхности к Земли при н.у., то получится газовый слой толщиной всего 3 мм.



Рис. 62. Озоновый профиль атмосферы и проблема сверхзвуковых транспортных самолетов

Область максимальной концентрации озона получила название озонового слоя или озонового экрана.

Озоновый слой полностью поглощает поток УФ лучей с длиной волны 200-280 нм и около 90% с длиной волны 280-320 нм – диапазона, обладающего наибольшей биологической активностью. Молекула озона существует недолго, происходит обратная реакция фоторазложения озона:



Следовательно, в стратосфере в норме существует цикл озона – сбалансированное образование и разложение (цикл Чэпмена, 1930 год).

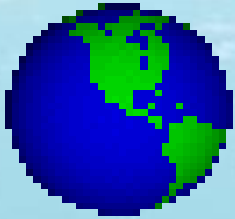


# **Проблема, связанная с озоном состоит из двух аспектов:**

**1. Озон – фактор, обеспечивающий биологически безопасный уровень УФИ у поверхности Земли (свыше 99% УФИ поглощается слоем озона); поддерживающий в стабильном состоянии климат планеты; контролирующий содержание некоторых загрязнителей в атмосфере.**

**2. Содержание озона в озоновом слое уменьшается под действием антропогенных загрязнителей.**





# Разрушение озонового слоя - международная проблема

Трансграничный характер загрязнения атмосферы поллютантами (выбрасываемые вещества), в частности озоноразрушающими веществами (ОРВ), требует международного сотрудничества в решении проблемы сохранения озонового слоя Земли.

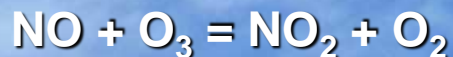
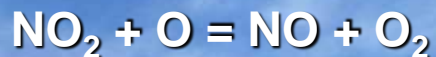
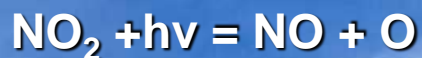
- 1974 год – при ООН создается международная организация – Программа ООН по окружающей среде (ЮНЕП), которая занялась координацией международных действий по решению глобальных экологических проблем, в том числе проблемы защиты озонового слоя Земли.
- 1985 год – Венская конвенция (ВК) об охране озонового слоя.
- 1987 год – Монреальский протокол (МП) по веществам, разрушающим озоновый слой.
- С 1991 года Госкомэкологии РФ составляет ежегодные государственные доклады «О состоянии окружающей природной среды РФ.»
- 1993 год – ратификация МП и ВК Российской федерацией.
- 1995 год – по инициативе ЮНЕП 16 сентября объявлен ООН Международным днем защиты озонового слоя.

**«...высший смысл и главная цель Венско-Монреальского процесса – не просто сохранение и восстановление озонового слоя как такового, а обеспечение безопасного и комфортного существования человечества в полноценной окружающей среде.»** (профессор А.Соловьянов)



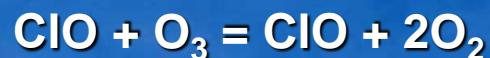
# Важнейшие открытия в области химии атмосферы

**Пауль Крутцен** (р.1933 г.) – нидерландский химик, метеоролог, установил механизм разрушения озона оксидами азота, попадающими в атмосферу в результате естественных процессов (1970 г.). Открытый им **азотный цикл** разрушения озона состоит из реакций:



Одновременно Крутцен указал на возможный антропогенный источник увеличения количества оксидов азота в стратосфере.

**Марио Молина** (р.1943 г.) и **Шервуд Роулэнд** (р.1927 г.) – американские ученые в 1974 году предложили **хлорный цикл** разрушения озона:



**Пауль Крутцен, Марио Молина и Шервуд Роулэнд** были удостоены Нобелевской премии по химии за 1995 год за работы по изучению образования и разрушения озона, а так же антропогенных источников озоноразрушающих веществ.



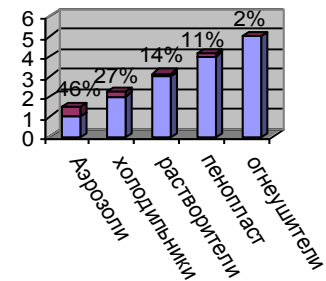
# ХФУ и озон стратосферы

Свойства хлорфторуглеродов (ХФУ): сравнительно недороги, высокоэффективны, стабильны в атмосфере (время их жизни может составлять 75-100 лет), не токсичны для человека, - способствовали широкому распространению ХФУ (фреонов или хладонов) в различных областях современного производства.

## Области применения ХФУ:

- ✓ Хладагенты в холодильниках, кондиционерах, тепловых насосах.
- ✓ производство пористых пластмасс - пенопластов, паралона - для изготовления матрасов и автомобильных сидений, в мебельном производстве.
- ✓ электронная промышленность: очистка компьютерных микросхем.
- ✓ аэрозольные баллончики – фреоны использовались в качестве веществ, способствующих распылению содержимого.
- ✓ производство растворителей (дифтордихлорметан, четыреххлористый углерод и др.).
- ✓ использование в качестве пенообразующего средства для тушения пожаров в огнетушителях (галоны).
- ✓ химическая чистка одежды.

Распределение ХФУ в России по секторам потребления

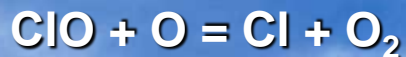
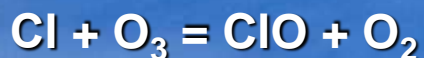




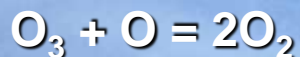
# Механизм воздействия ХФУ на озоновый слой

Химическая инертность ХФУ по мере их накопления в атмосфере обернулась злом: попадая беспрепятственно, без изменений в стратосферу и подвергаясь там УФ-облучению, они распадаются с освобождением атомов хлора.

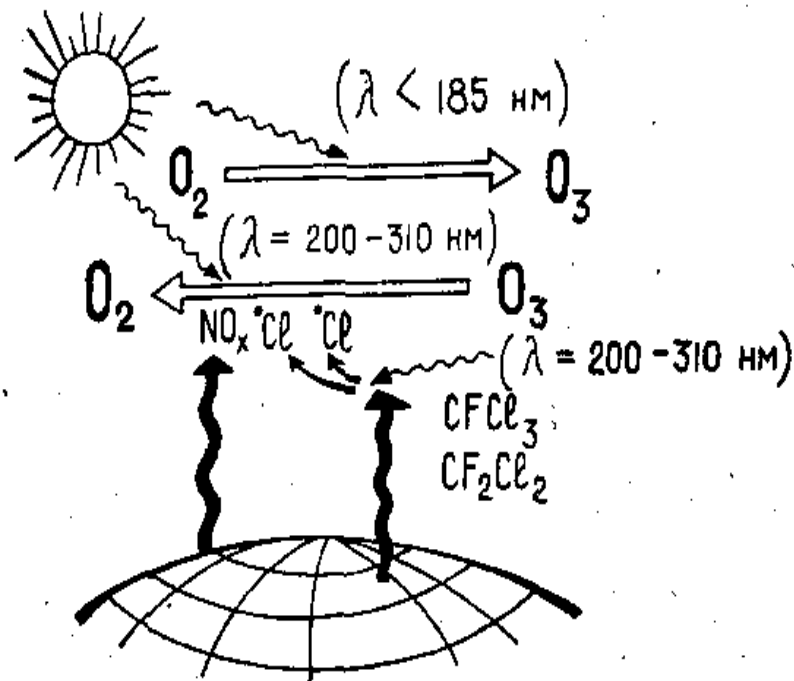
Образовавшиеся атомы хлора и разрушают молекулы озона, выполняя роль катализатора реакции



В результате атом хлора остается «цел и невредим», как и положено катализатору. А озон исчезает.



Один атом хлора уничтожает до 10 000 молекул озона.



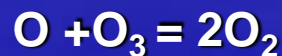
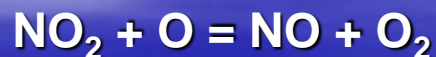
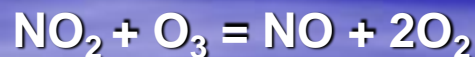
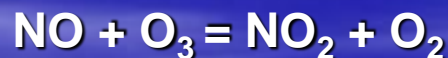


# Аэрокосмические разрушители озона

Одним из браконьеров озонового слоя называют **высотную авиацию**, работы по созданию которой активно велись в 70-е годы странами, передовыми в авиастроении (англо-французский «Конкорд», отечественный ТУ-144 и др.) В выхлопных газах сверхзвуковых самолетов содержится 0,1% оксидов азота NO и NO<sub>2</sub>. Под действием мягкого УФИ, которое в стратосфере озоном почти не задерживается, дополнительно образуется NO:



Затем активные молекулы NO играют нехорошую роль соучастников реакций, уничтожающих озон:



До момента исчезновения каждая молекула оксида азота уничтожает не менее **10 молекул озона**.





Но бурного развития стратосферной авиации не произошло, а браконьерами озонового слоя оказались, прежде всего не пассажирские сверхзвуковые самолеты, а **боевые самолеты**. Многие из боевых самолетов летают на высоте 20 - 30 км., в слое с максимальным содержанием озона. Это наши МИГи и Су, английские «Винер» и «Эвон», французские «Тридан II» и «Мираж III».

Большое количество оксидов азота попадает в стратосферу после **ядерных взрывов**, при которых образуется от 1 до 10 килотонн  $\text{NO}_x$  на 1Мт мощности ядерного заряда.





Следующие разрушители озонового слоя – **ракеты-носители**. Стартующие вертикально ракеты доставляют вредные для озона вещества (в виде выхлопных газов) именно в атмосферу.

наименование носителя	хлористый водород	оксиды азота	оксиды углерода	вода, водород	оксиды алюминия
"Шаттл"	187	7	378	346+166	177
"Энергия"	0	0	740	750	0

Ученые создали математическую модель разрушения озонового слоя ракетносителями

среднего, мелкого («Шаттл») и сверхтяжелого класса («Энергия»), что позволило рассчитать массу выхлопных газов, выбрасываемых в атмосферу на высоте до 50 км и массу разрушаемого озона при запуске ракет. Был сделан вывод о том, что при одинаковых топливах ракеты мелкого и среднего класса приносят больше вреда, чем ракеты-носители сверхтяжелого класса, т.е. с увеличением мощности ракетносителей возрастает экологическая чистота. Иначе говоря, для сохранения озонового слоя целесообразно сразу несколько полезных грузов выводить на орбиту одной сверхтяжелой ракетой-носителем.

С.П. Королев: «Все проблемы со схемами и топливом решать, не забывая и об экологии»



Наименование носителя	Общая масса разрушаемого озона, т	Масса выводимого полезного груза, т	Масса разрушаемого озона (в пересчете на 1т полезного груза)
"Шаттл"	10 000 000	29,5	300 000
"Энергия"	1 500	100	15



# *Азотные удобрения – их влияние на озоновый слой*

*Сельскохозяйственная деятельность человека также приводит к увеличению содержания NO в атмосфере. На почвах, обработанных нитратными удобрениями, анаэробные бактерии восстанавливают нитрат-ионы до молекулярного азота и оксида N<sub>2</sub>O в качестве побочного продукта. Ежегодно в атмосферу поступает около 10 мегатонн N<sub>2</sub>O, что составляет 25 – 40% его естественного поступления. Культивируемые земли как бы «дышат» этим оксидом, который, уходя в стратосферу, реагирует там с атомами кислорода:*

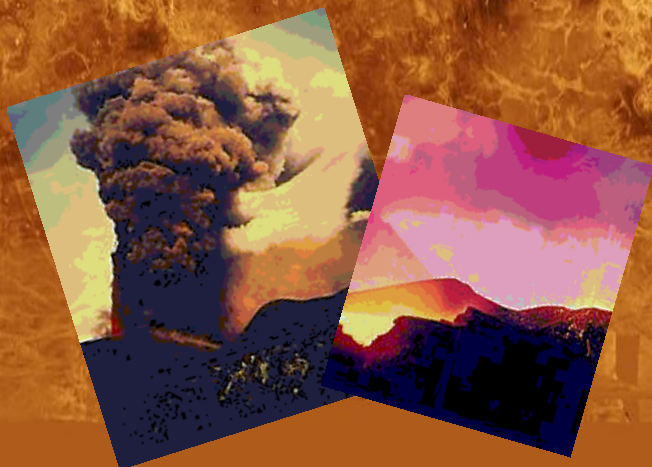


*Далее происходит уже известный азотный цикл разрушения озона.*



# Вулканы – естественные разрушители озонового слоя

ХФУ или фреоны считают главными разрушителями озонового слоя. Но схожие вещества порождает и сама планета. В состав вулканических газов Курило-Камчатского региона входят соединения типа фреонов – хлор- и фторпроизводные метана. Они практически непрерывно выделяются в атмосферу. Пепло-газовый столб из жерла вулкана поднимается на высоту до 50 км., прорезая озоновый слой.

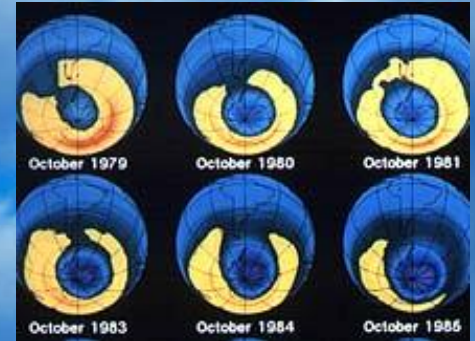


На Камчатке 28 действующих вулканов. Процесс выброса вулканами фторхлорметанов – естественный, и природа сама восстанавливает баланс в атмосфере, но человек в результате деятельности может легко нарушить зыбкое равновесие.



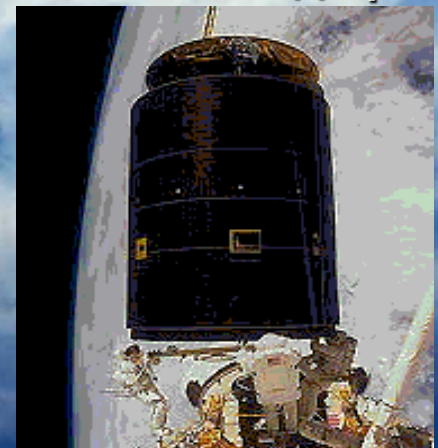
# ОЗОНОВЫЕ ДЫРЫ

Четко ограниченные области пониженного, по сравнению с нормой, содержания озона получили образное название **озоновых дыр**, т.е. под «дырой» не следует понимать, что в данной области совсем нет озона. Происходит лишь сильное утончение его слоя, и защитный эффект поглощения УФИ ослабевает.



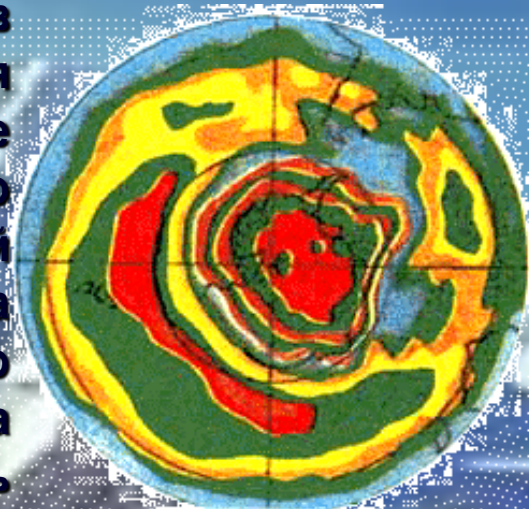
Английский ученый Дж. Фарман, работавший на антарктической станции Хелли-Бей, весной 1984 года обнаружил резкое уменьшение содержания озона над Антарктидой - более чем на 40%. Образование озоновых дыр над Антарктидой было зафиксировано и амер. спутником «Нимбус-7», данные которого показали, что площадь поверхности озоновой дыры соизмерима с площадью Западной Европы.

Наблюдения показали, что резкое понижение содержания озона над Антарктидой происходит ежегодно в конце южнополярной ночи. **Но почему именно над Антарктидой, над материком, столь удаленном от индустриальных районов планеты?**





Здесь нет ничего удивительного. ХФУ, выброшенные в атмосферу в каком бы то ни было регионе Земли, разносится по всей атмосфере, а над Антарктидой они попадают в особые условия, в тот самый изолированный полярный вихрь, по существу, в закрытый котел, где в течение всей южнополярной зимы и начала весны не происходит обмена воздушными массами. Процесс катастрофического разрушения озона идет беспрепятственно. Озоновая дыра устойчиво держится. Лишь к середине весны полярный вихрь распадается – и дыра начинает затягиваться.



В другой полярной области Земли – Арктике – значительных и устойчивых озоновых дыр не зафиксировано, что связано с географическим положением, циркуляцией ветров, более высокой температурой атмосферы. Однако временное понижение количества озона в стратосфере происходит и над Арктикой – обнаружены локальные мини-дыры (1985 год), которые меньше по размерам, понижение озона в них не столь существенно (на 5-15 % ниже нормы). Тем не менее основания для беспокойства имеются, т.к., в отличие от безлюдной Антарктиды, эти области заселены человеком.

Аномалии в озоновом слое на территории России наблюдают с 90-х гг. В 1995 году подвижные дыры длительное время висели над севером европейской части и Поволжьем (дефицит озона достигал 40%). Сейчас дыры сползли к экватору, что связывают с общим изменением климата.



# Последствия разрушения озонового слоя

Разрушение озонового слоя позволит большому количеству солнечной радиации достигнуть поверхности Земли. Каждый потерянный процент содержания озона в стратосфере приводит к увеличению **интенсивности** воздействия УФ радиации на 1,5-2%, что прежде всего опасно для **кожи и глаз человека**. Радиация с длиной волн в спектре от 280 до 320 **нанометров – УФ** лучи, которые частично блокируются озоном – могут **вызвать преждевременное** старение и рост числа раковых заболеваний кожи, а **также поражение растений** и животных.

- В случае разрушения **озонового слоя увеличится частота** трех видов рака кожи: базальноклеточный рак, **плоскоклеточный рак** и **наиболее** опасная форма – саркома (ежегодно **отмечается около 25000 случаев** этого заболевания. В 5 тысячах случаях саркома **приводит к летальному** исходу, что составляет 65% всех смертей, вызванных всеми **видами** рака). Согласно данным Совета безопасности РФ число заболевших будет удваиваться каждые 8 лет.
- УФ радиация ослабляет способность иммунной системы противостоять заболеваниям.
- УФ радиация повреждает роговую и соединительную оболочку глаза, хрусталик и сетчатку глаза, что приводит к увеличению числа людей с катарактой и может вызвать слепоту.

# Разрушение озонового слоя: влияние на растения и морские организмы

Уф радиация вредно сказывается на росте растений, уменьшая размер листьев и, тем самым, сокращая полезную площадь для улавливания энергии. Растения останавливаются в развитии, и отмечается уменьшение их массы. Сокращение озона на 25%, согласно исследованиям, приводит к существенному сокращению урожаев.



Фитопланктон и зоопланктон играют ключевую роль в сложных пищевых цепях морских экосистем. УФИ поглощается лишь поверхностными слоями клеток, поэтому крупные биологические системы защищены лучше, чем мелкие, и одноклеточные водные организмы оказались наиболее уязвимыми. Разрушение озона скорее всего повлечет изменение видового состава, проживающего в поверхностном слое океана, чем вызовет сокращение общей его массы.





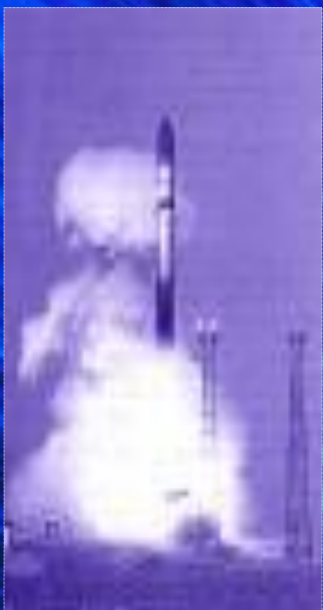
**Для спасения озонового щита человечеству необходимо срочно решить, по крайней мере, три проблемы:**

**1. Ограничение использования ХФУ или поиск экологически безопасных их заменителей. Россия неуклонно снижает объемы производства ОРВ, а ряд крупнейших предприятий – потребителей ОРВ – перешли на использование альтернативных озонобезопасных веществ. 80% предприятий в мире используют в производстве аэрозолей вместо ХФУ углеводородные пропелленты (УВП). В холодильной технике производители перешли на хладагент ХФУ-134а с озоноразрушающим потенциалом равным 0 (США, Япония, Россия и др.), на изобутан (Швейцария, Италия, Германия), на пропан-бутановые смеси (Англия).**

**Ограничение антропогенного воздействия на озоновый слой.**



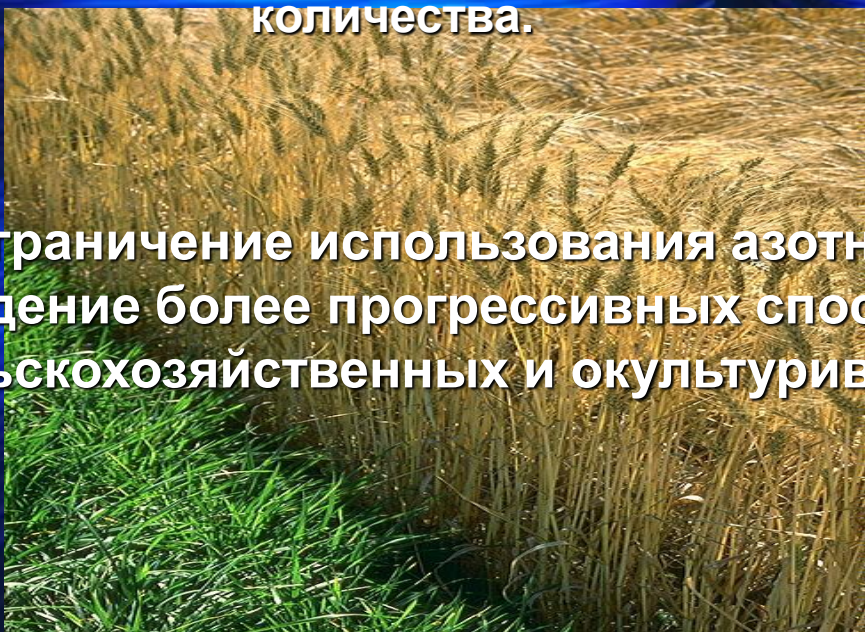





2. Сокращение числа полетов сверхзвуковых транспортных самолетов или замена этих самолетов на другие, летающие на более низких высотах. Запрещение запусков мелких и средних ракет с переходом на ракеты-носители сверхтяжелого класса. Строгий контроль за ядерными испытаниями и сокращение их количества.



3. Ограничение использования азотных удобрений и введение более прогрессивных способов возделывания сельскохозяйственных и окультуриваемых земель.







**Планета Земля – это не наша  
собственность, с которой  
можно делать все, что угодно.  
Нам доверено лишь управлять  
её богатствами. Это налагает  
ответственность за её  
благополучие на каждого члена  
человеческой семьи.**