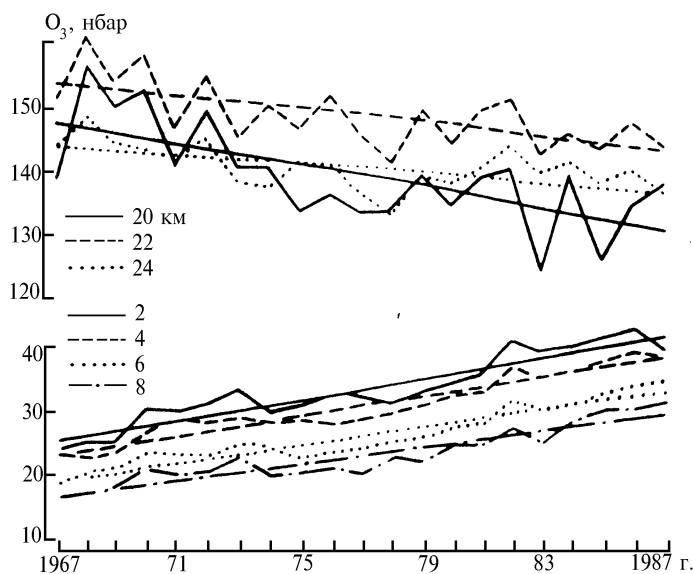


**В.В. Зуев**

## **ТРАНСФОРМАЦИЯ ОЗОнового СЛОЯ ЗЕМНОЙ АТМОСФЕРЫ – ТЕХНОГЕННАЯ КАТАСТРОФА ИЛИ ПРИРОДНОЕ ЯВЛЕНИЕ?**

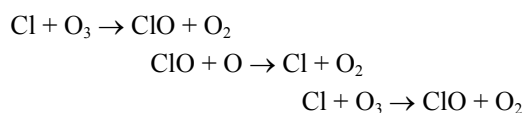
Обсуждается проблема атмосферного озона, являющегося природным щитом биологических форм жизни на Земле. Отмечается, что в последние два десятка лет данная проблема приобрела большую актуальность в связи с неуклонным изменением содержания атмосферного озона. Обсуждаются техногенная и природные причины данного процесса. Представляется обзор программ в рамках которых велись и ведутся работы по атмосферному озону в Институте оптики атмосферы СО РАН.

Проблеме трансформации озонового слоя уделяется повышенное внимание уже в течение нескольких десятилетий. Результаты многолетних наблюдений за вертикальным распределением концентрации озона, проводимых на юге Германии в обсерватории «Хоенпайсенберг», указывают на две противоположные тенденции: сокращение содержания стратосферного озона и увеличение концентраций тропосферного озона (рис. 1). Экологическая опасность первой тенденции связана с уменьшением фильтрующих свойств озонового слоя к губительному воздействию на биосферу Земли коротковолновой части (< 300 нм) ультрафиолетовой радиации Солнца. Вторая тенденция опасна из-за высокой токсичности и химической реактивности озона, даже малые дозы которого могут вызвать непосредственное отравление и гибель живых организмов.



Тренды содержания концентрации озона в стратосфере и тропосфере в период с 1967–1987 гг. По данным обсерватории «Хоенпайсенберг»

Разрушение озонового слоя земной атмосферы проявляется не только в виде нашумевших озоновых дыр, но и в неуклонном снижении в последние несколько десятков лет общего содержания озона (ОСО) со скоростью 0,4% в год. К сожалению, до сих пор первопричина этих процессов не раскрыта: является ли это нормальным природным процессом, связанным с глобальным изменением циркуляции воздушных масс, либо это результат антропогенного влияния на атмосферу. Последнее, как правило, связывают с выбросами в атмосферу техногенных долгоживущих фреонов и галонов, которые, попадая в стратосферу, становятся источниками атомов хлора и брома за счет фотодиссоциации в поле УФ-солнечной радиации. Эти галогены затем могут быть вовлечены в реакции каталитического разрушения озона по схеме на примере атома Cl



По официальной версии техногенные фреоны уже признаны главными и практически единственными виновниками надвигающейся экологической катастрофы: разрушения озонового щита атмосферы. При этом убедительных аргументов в пользу этой версии до сих пор не представлено и, по-видимому, вряд ли может быть представлено в ближайшем будущем. Во-первых, ряды масштабных и детальных наблюдений за стратосферным озоном еще недостаточно длинны в геофизическом плане. Причем они получены в довольно «грязный» период воздействия на стратосферу целого ряда извержений вулканов Фуэго (1974), Сент-Хеленс (1980), Эль-Чичон (1982), Дель-Руис (1985) и Пинатубо (1991). Во-вторых, регистрируемая изменчивость озона всегда отражает результат суперпозиции двух обстоятельств: динамики и химии атмосферы. Вклад химических процессов, где может проявиться антропогенный фактор, как правило, значительно «закрывает» атмосферной динамикой. В-третьих, усиление хлорного цикла разрушения стратосферного озона зарегистрировано лишь для антарктической озоновой дыры [1] в единственной области планеты, максимально удаленной от всех основных источников выбросов техногенного фреона и никак не связанной с ними циркуляцией воздушных масс. Кроме того, эти результаты небезосновательно поставлены под сомнение автором [2], связывающими образование озоновой дыры с дегазацией Земли.

Таким образом, концепция влияния техногенных фреонов на стратосферный озоновый слой пока еще несостоятельна, хотя и легла уже в основу ряда международных соглашений. С другой стороны, тенденция разрушения озонового слоя налицо. И задачей ученых остается корректное прогнозирование этих процессов и оценка уровня экологической опасности.

Исследования по атмосферному озону ведутся в Институте оптики атмосферы СО РАН с конца 80-х годов [3]. Они сложились в комплексную программу по стратосферному и тропосферному озону SATOR, которая проводится в ИОА инициативно с 1991 г. по настоящее время [4]. В этой программе объединены экспериментальные средства и усилия научных коллективов более 7 лабораторий Института. Некоторые результаты пятилетних исследований по программе SATOR, полученные во время полевых комплексных измерений в стратосфере и тропосфере в Томске и Томском регионе, представлены в двух работах [5, 6] настоящего сборника.

Результаты исследования динамики стратосферного озона в Томске в последние 5–6 лет говорят о преимущественном влиянии природных факторов на изменчивость стратосферного озона. Это в первую очередь динамика атмосферы. Кроме того, в этот период значительное влияние на стратосферу оказывали эруптивные образования после мощнейшего извержения вулкана Пинатубо.

Пятилетние ряды измерений концентраций озона в приземном слое атмосферы также указывают на существенную связь динамических факторов в изменчивости тропосферного озона с масштабами синоптических процессов. Сравнение наших данных с данными западноевропейских наблюдений тропосферного озона в рамках проекта «Евротрэк» общеевропейской программы «Эврика» показывает, что повышение содержания озона в тропосфере наблюдается только в зонах интенсивных промышленных выбросов. Такой интегрированной зоной является практически вся Западная Европа. Таким образом, значительная роль антропогенного фактора в трансформации тропосферного озона в отличие от стратосферного, по-видимому, не должна вызывать сомнений.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (код проекта 96-05-64282).

1. WMO Global Ozone Research and Monitoring Project. 1985. Report N 16. P. 1369.
2. Сывороткин В. Л. // Природа. 1993. N 9. С. 35–45.
3. Ельников А. В., Зуев В. В., Маричев В. Н., Царегородцев С. И. // Оптика атмосферы. 1989. Т. 2. N 9. С. 995–996.
4. Зуев В. В. // Оптика атмосферы и океана. 1992. Т. 5. N 6. С. 565–571.
5. Зуев В. В. // Оптика атмосферы и океана. 1996. Т. 9. N 9. С. 1171–1183.
6. Б е л а н Б. Д. // Оптика атмосферы и океана. 1996. Т. 9. N 9. С. 1184–1213.

**V. V. Zuev. Transformation of the Ozone Layer of the Earth Atmosphere – a Technogenic Catastrophe or a Natural Phenomena.**

The problem of the atmospheric ozone as the natural protection of the biological life on the Earth is discussed in the paper. This problem becomes more and more actual during the last twenty years because of the steady variation of the atmospheric ozone content. The technogenic and the natural causes of the process are treated. The programs are reviewed, in the framework of which the investigation of the atmospheric ozone is conducted at the Institute of Atmospheric Optics of SB RAS.