

Шестнадцатая Всероссийская открытая конференция
«Современные проблемы дистанционного зондирования
Земли из космоса»
ИКИ РАН

Оценки вариаций озона во время существования Антарктической озоновой дыры по данным сканеров TOMS и OMI

А.В. Дергунов¹, В.Б. Кашкин², Т.В. Рублева², А.А. Романов²

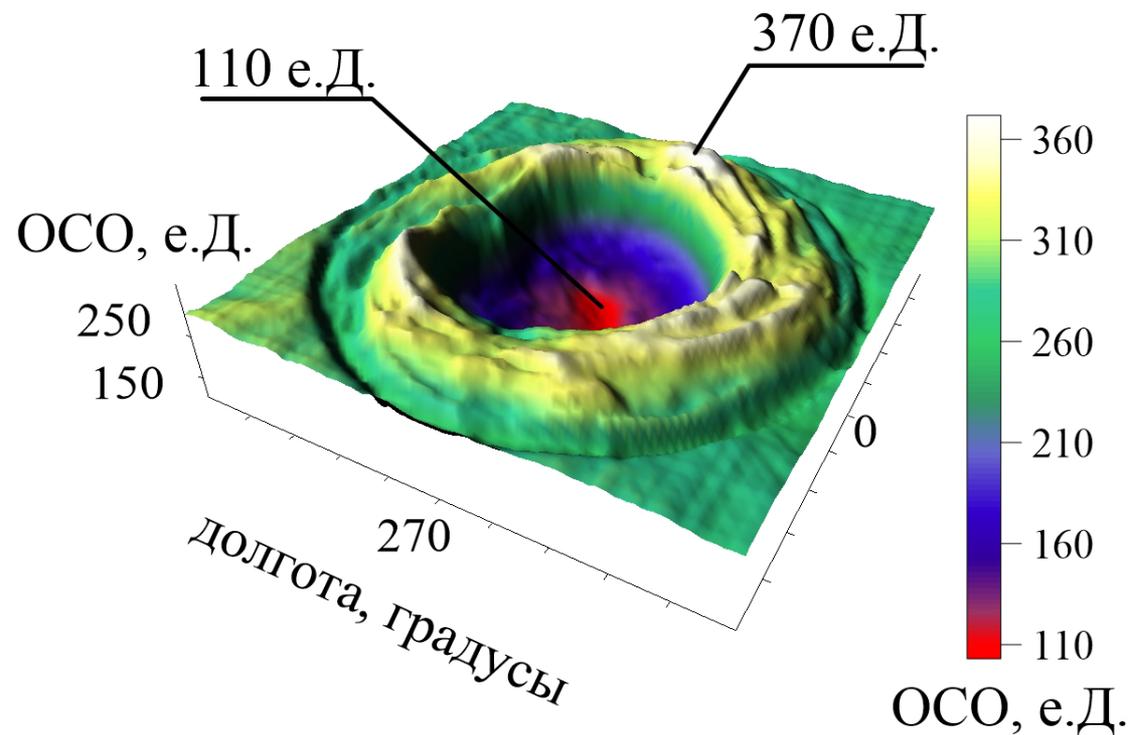
¹*Федеральный исследовательский центр «Красноярский
научный центр СО РАН», Красноярск*

²*Сибирский Федеральный Университет, Красноярск*

В 1985 г. было обнаружено, что в Южном полушарии над Антарктидой с сентября по ноябрь образуется озоновая аномалия - Антарктическая озоновая дыра (АОД), окруженная кольцом с повышенным общим содержанием озона. Площадь АОД за период с 1985 по 2018 гг. варьируется от 18 до 30 млн км².

09.10.2015

Площадь АОД = 28.17 млн. км²



По определению ВМО озоновая дыра – это атмосферная область, в которой общее содержание озона (ОСО) меньше климатической нормы 220 е.Д. (1 е.Д. = 0.01 мм).

В настоящее время общепризнана химическая теория разрушения озона в полярной области Южного полушария хлорфторуглеродами (фреонами). Были подписаны Венская конвенция (1985 г.) и Монреальский протокол (1987 г.) о запрете производства озоноразрушающих веществ. При подписании Монреальского протокола было объявлено, что озоновая дыра исчезнет в 2010 г. Однако озоновая аномалия образуется ежегодно весной до настоящего времени.

Еще в 1986 г. сотрудники NASA Р.Столярски и М.Шеберл опубликовали работу [1], в которой показано, что:

- во время образования АОД происходит перенос озона из полярной области в умеренные широты Южного полушария;
- в конце сентября массы озона перемещаются обратно из умеренных широт в полярные, озоновый слой над Антарктидой восстанавливается.

1. Stolarski R.S., Schoeberl M.R. Further interpretation of satellite measurements of Antarctic total ozone // Geophysical Research Letters 1986. V.13. № 12. P. 1210–1212.

В данной работе изучалось перемещение озона весной 1985-2015 гг. из умеренных широт в полярную область Южного полушария по спутниковым данным TOMS (КА Nimbus-7, Earth Probe) и OMI (КА Aura). Интенсивность уходящего солнечного УФ излучения измерялась в диапазоне 300-380 нм с погрешностью 2-4%. Общее содержание озона определялось из закона Бугера-Ламберта-Бера.

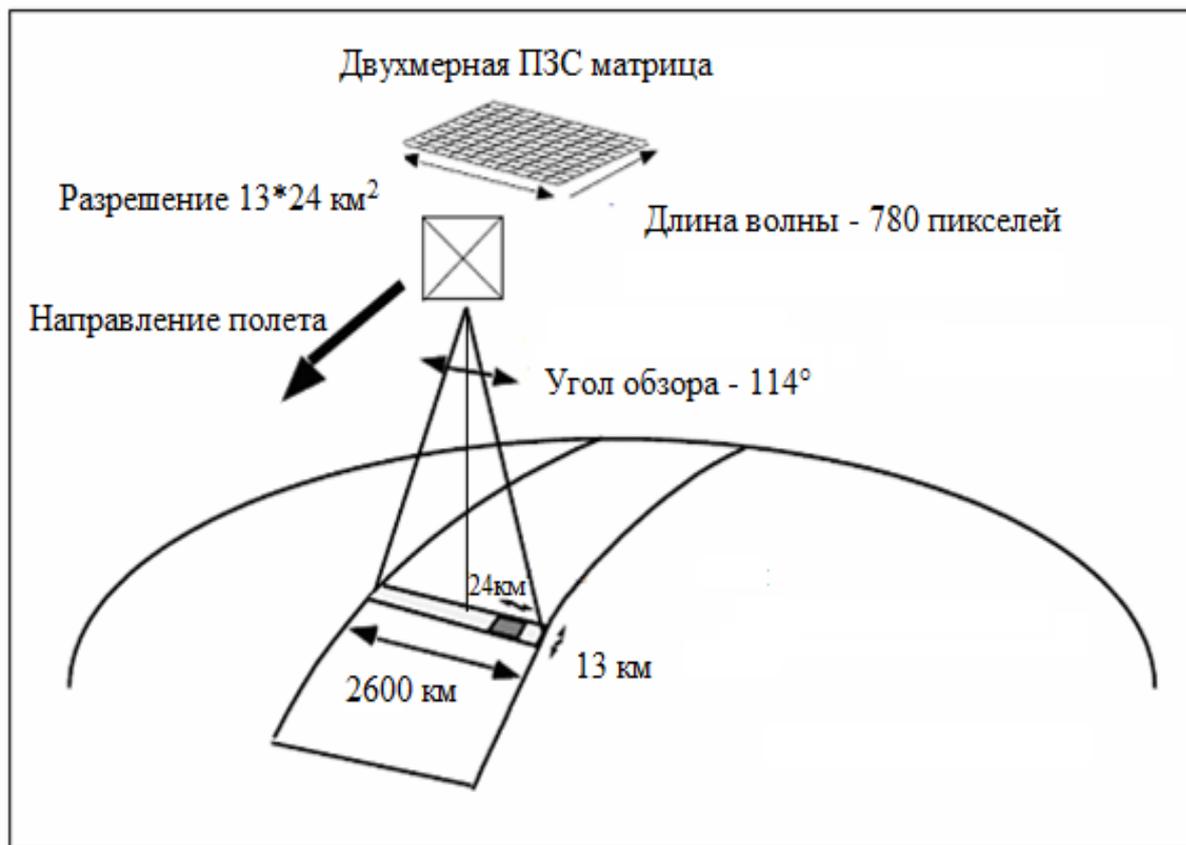
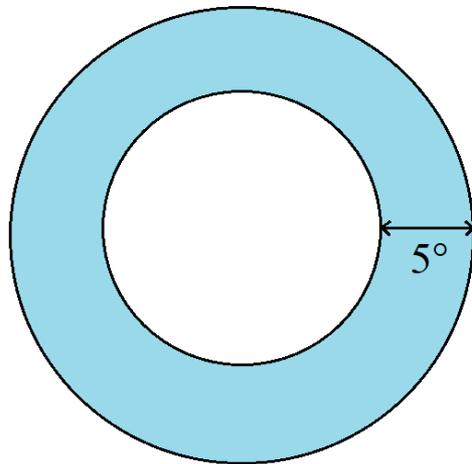


Схема измерения
интенсивности
уходящего
солнечного УФ
излучения
спектрометром
OMI/AURA

Зональные средние ОСО содержатся в базе данных NASA [<ftp://jwocky.gsfc.nasa.gov/pub/>].

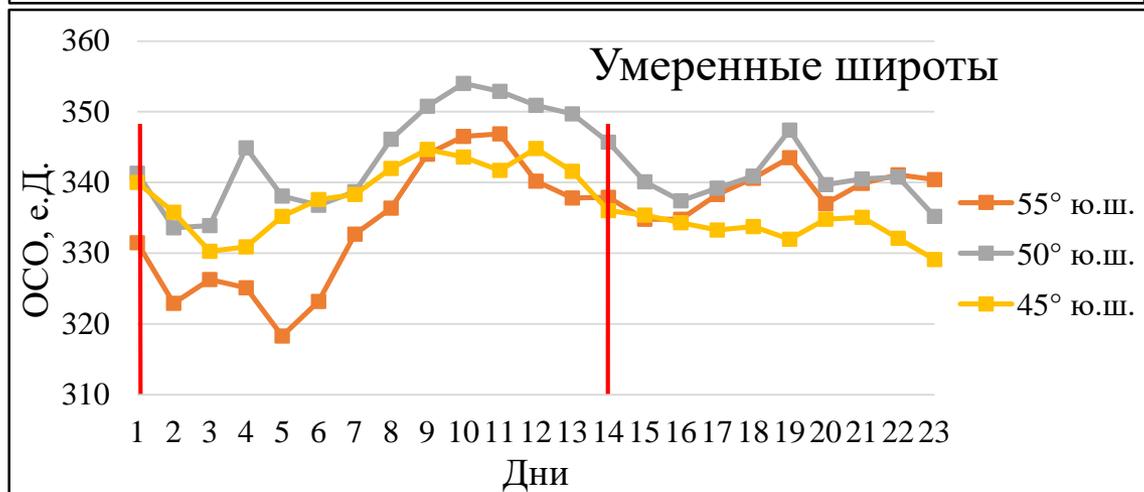
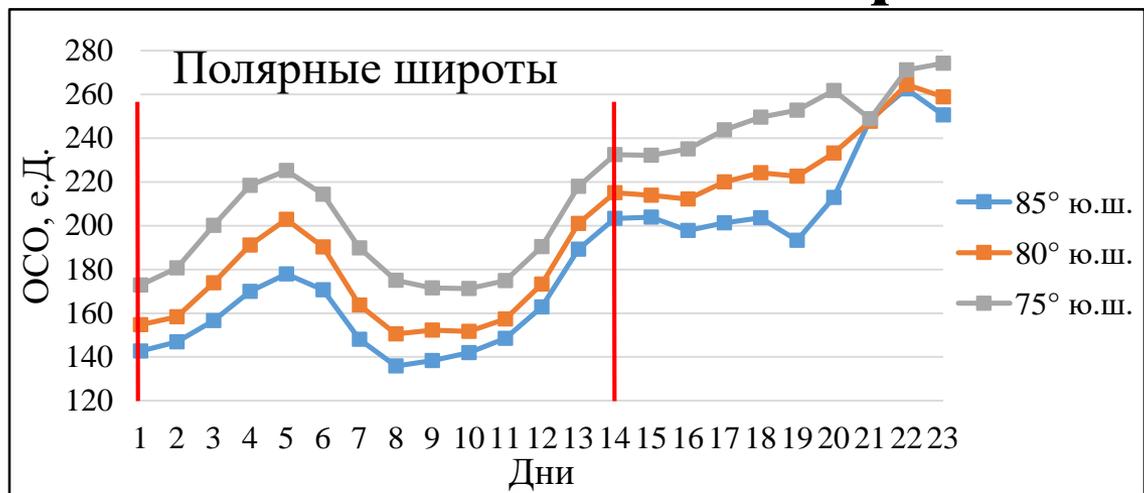


Схематичное изображение
кольца широт

Зональные средние ОСО (зональные ОСО) – это ежедневные значения общего содержания озона в различных 5-ти градусных широтных кольцах, усредненные по долготе от 0 до 360 градусов.

ОСО – это общее содержание озона в слое вертикального столба атмосферы, выделенного при нормальных условиях ($t = 0^{\circ}\text{C}$ и атмосферном давлении 1013 гПа).

Временной интервал ΔT , определяющий начальный этап процесса «заполнения» АОД, и значения для него дефицита массы озона



Дни интервала	ΔM , млн. т
1 октября	20,44
2 октября	18,48
3 октября	17,52
4 октября	18,45
5 октября	19,62
6 октября	21,66
7 октября	22,07
8 октября	21,07
9 октября	19,84
10 октября	18,84
11 октября	17,73
12 октября	15,39
13 октября	13,09
14 октября	11,80

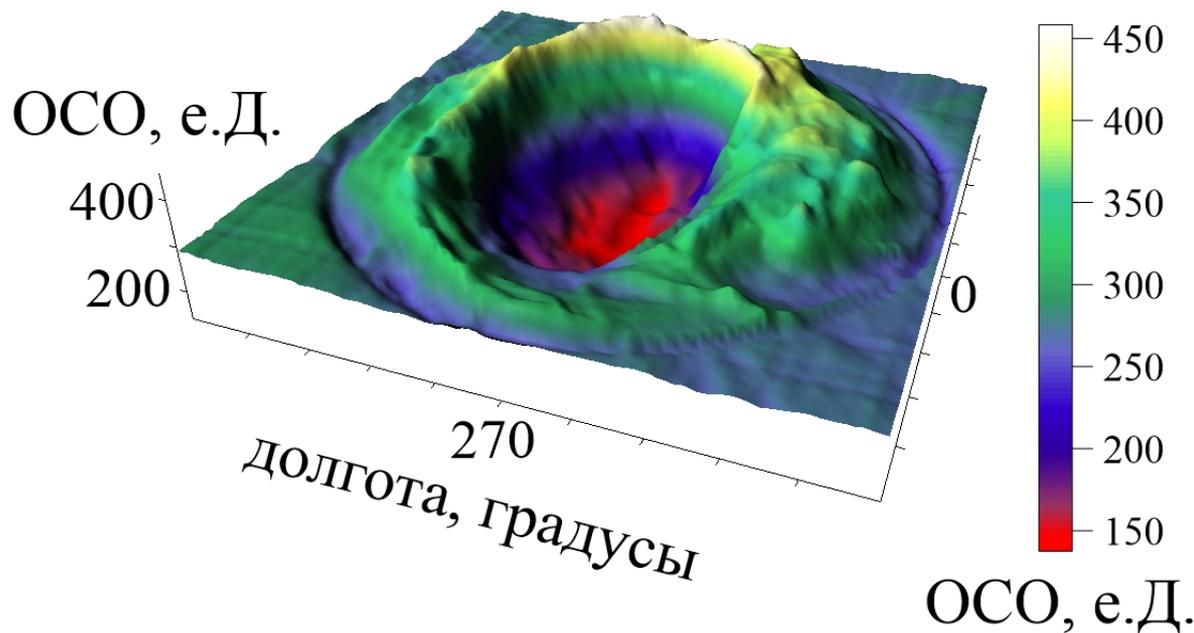
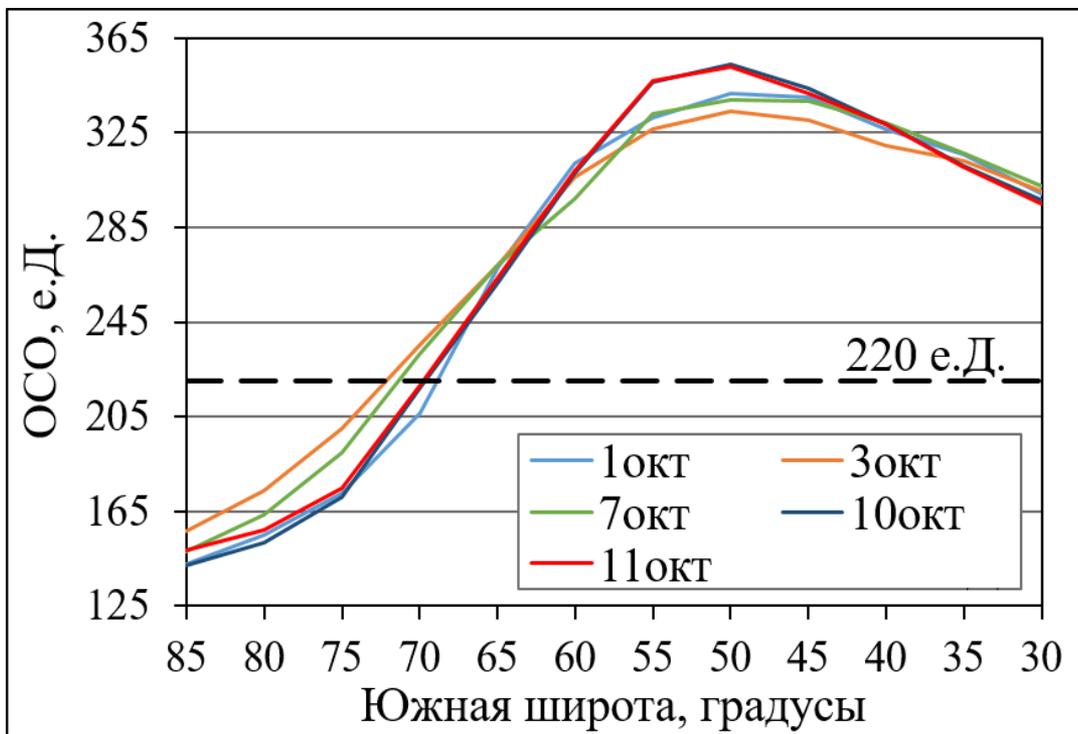
Красными линиями обозначены границы временного интервала ΔT .

Для 2013 г. $\Delta T = 14$ дней.

Значения дефицита массы озона ΔM по данным NASA

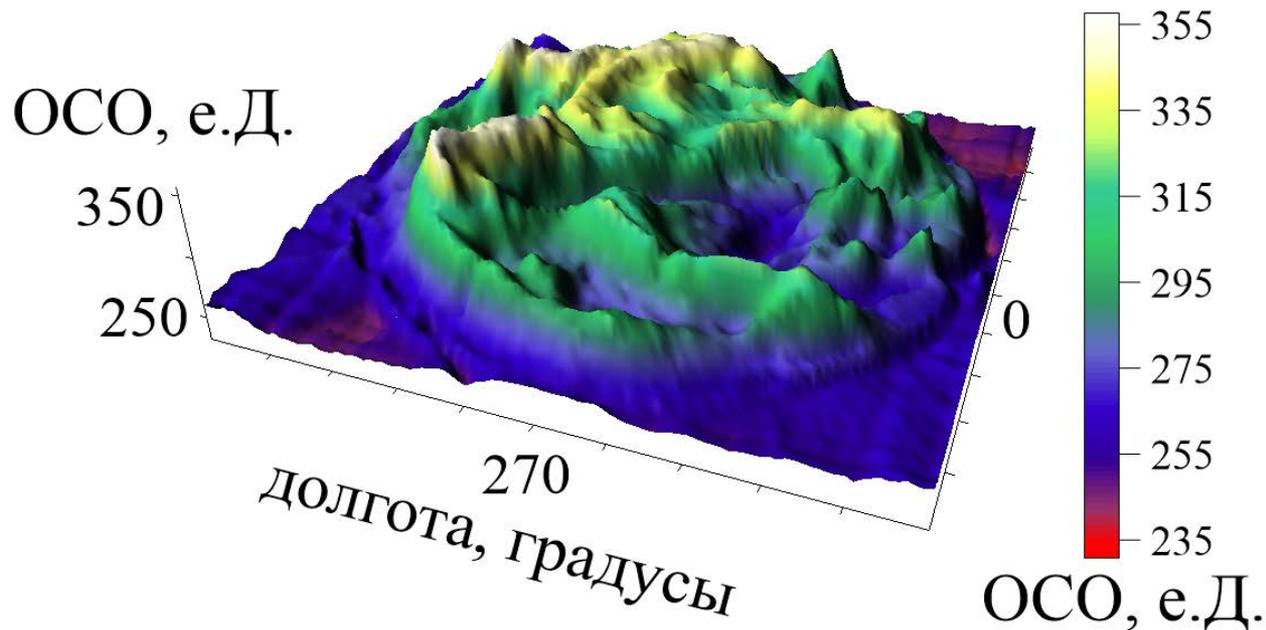
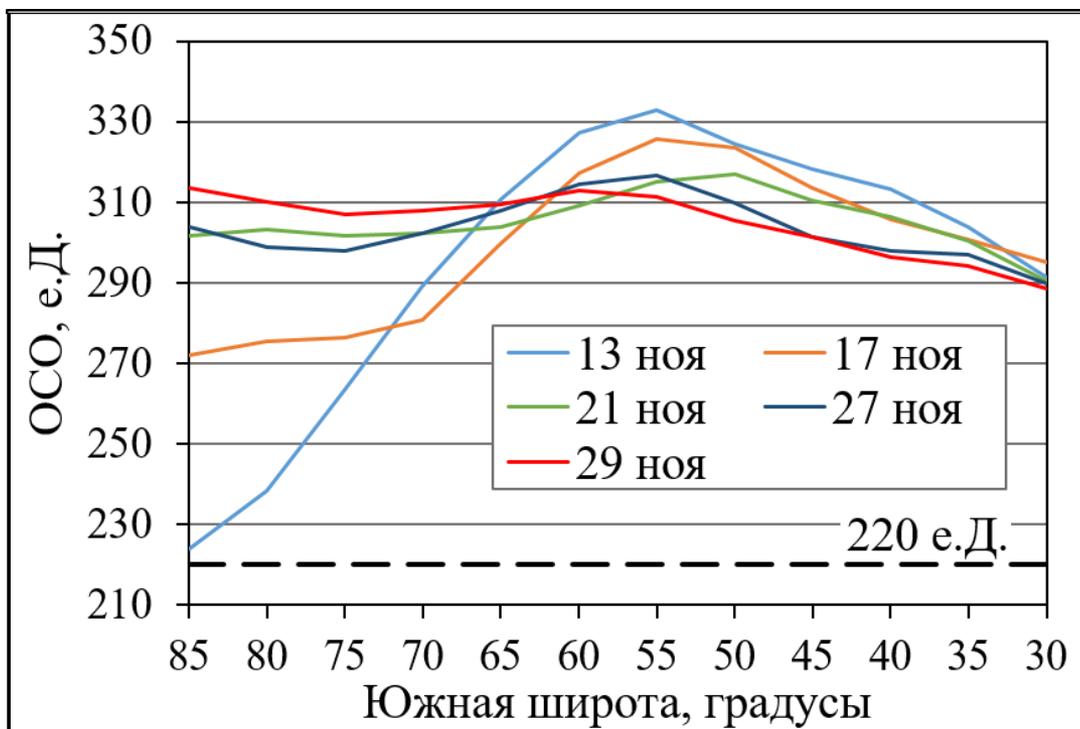
[<https://ozonewatch.gsfc.nasa.gov/>]

Вариации зональных ОСО во время существования АОД в октябре 2013 г.



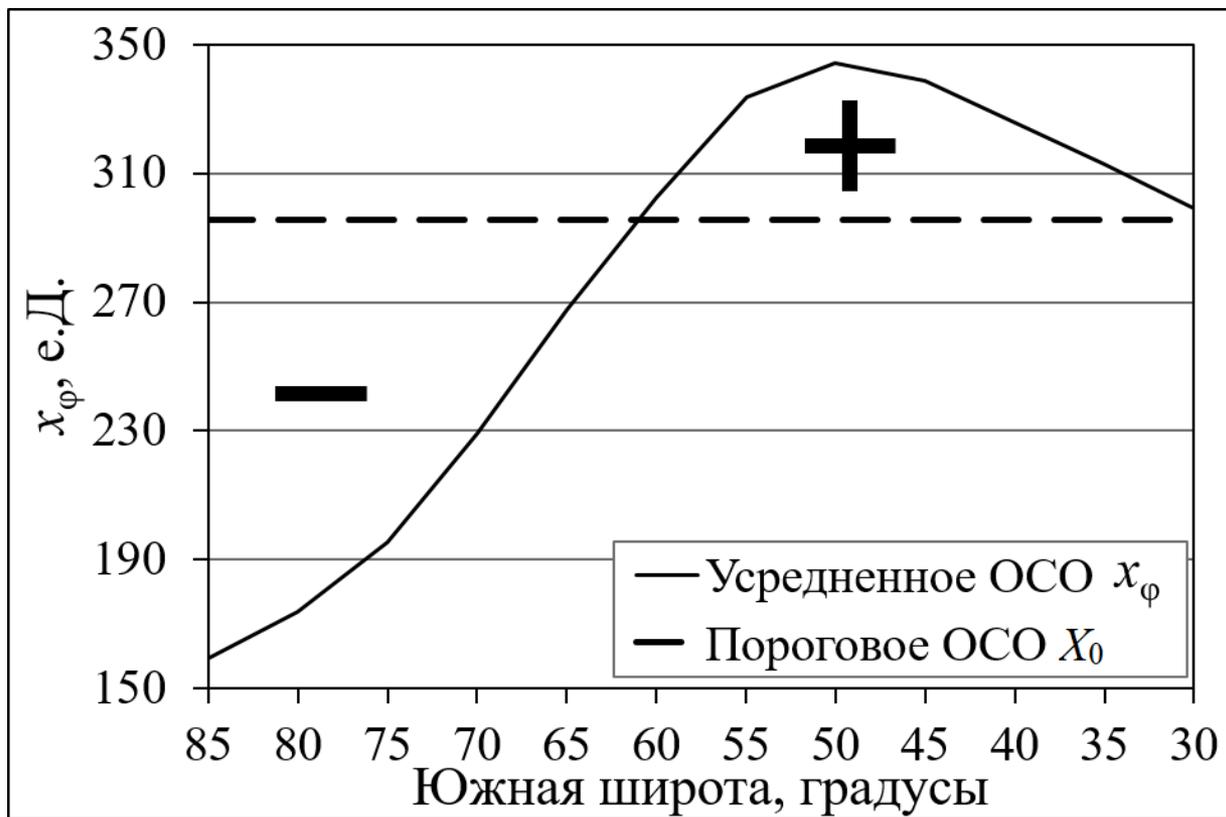
11.10.2013
Площадь АОД = 18.23 млн. км²

**Вариации
зональных ОСО
во время активных
атмосферных
процессов
«заполнения»
АОД в ноябре 2013 г.**



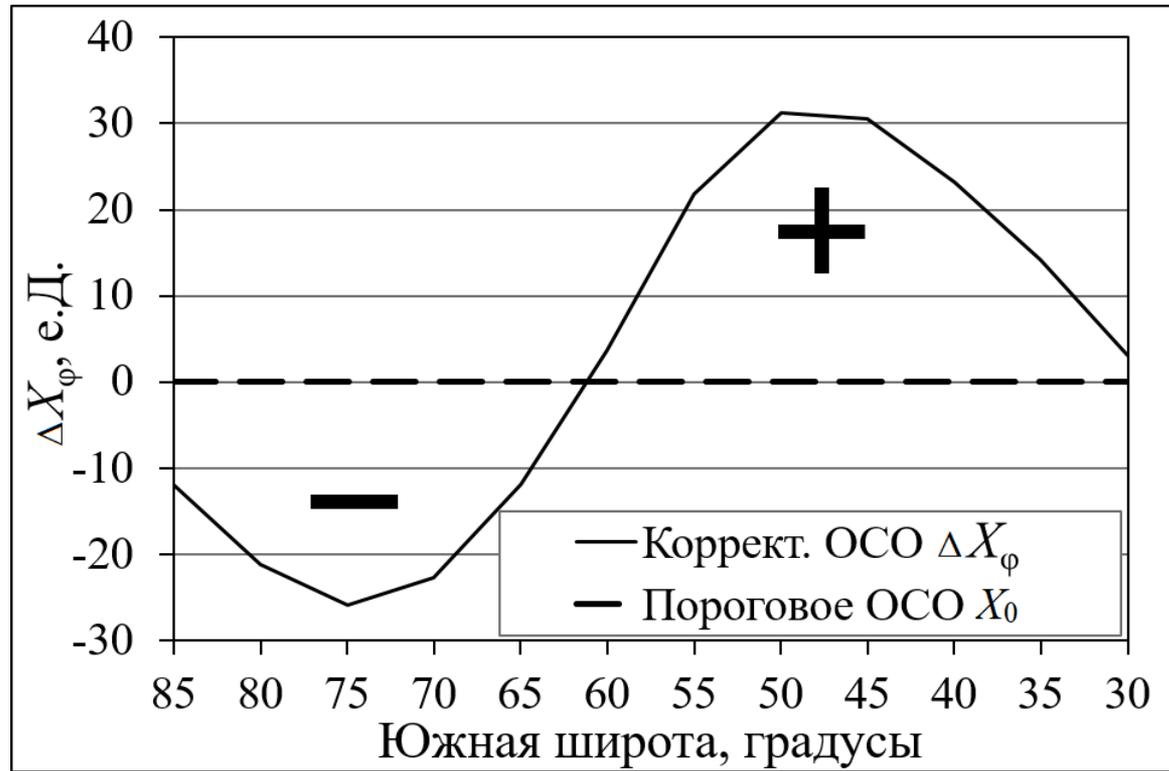
29.11.2013

Сравнение значений x_{φ} и X_0 за интервал ΔT для полярных и умеренных широт



Пороговое значение X_0 — это среднегодовое значение в области широт 32.5° – 52.5° ю.ш. Для 2013 г. $X_0 = 295.5$ е.Д. Превышение x_{φ} над X_0 соответствует избытку озона E (excess) (область с «+»), а значение x_{φ} ниже X_0 — дефицит озона D (deficit) (область с «-»).

Сравнение скорректированных значений ΔX_φ и пороговой величины X_0 для полярных и умеренных широт



$$\Delta X_\varphi = x_\varphi \cos \varphi - X_0,$$

где X_0 – пороговое значение, x_φ – усредненное значение ОСО, φ – начальное значение широты кольца.

Сумма значений ΔX_φ для области со знаком «-» $D = 89,7$ е.Д., а для области со знаком «+» $E = 98,1$ е.Д.

Оценки изменения ОСО при переносе озона из умеренных широт в полярную область Южного полушария

Год	X_0 , е.Д.	D , е.Д.	E , е.Д.	Q , %
1987	305.7	151.8	153.6	-1.2
1989	312.9	149.1	152.4	-2.2
1990	304.4	138.1	135.4	2.0
1991	311.2	130.5	203.5	-43.7
1999	299.2	161.5	151.6	6.3
2005	302.3	128.5	130.4	-1.4
2010	295.7	121.7	115.9	4.9
2013	295.5	89.7	98.1	-8.9
2014	302.8	123.6	129.8	-4.9
2015	296.5	198.3	94.5	70.9

$$Q = \frac{D - E}{(D + E)/2} * 100\% ,$$

Q – оценка ОСО, полученная на основе данных дефицита озона D в полярных широтах и его избытка E в умеренных широтах.

Заключение

Полученные результаты подтверждают гипотезу о естественном геофизическом образовании – Антарктической озоновой дыры.

Обнаружено, что дефицит озона в полярной области и его избыток в умеренных широтах Южного полушария практически совпадают в 1987, 1989, 1990, 1999, 2005, 2010, 2013, 2014 годах. Оценки разности дефицита и избытка в большинстве случаев имеют тот же порядок, что и погрешность измерений.

Наибольшие отличия в оценках дефицита и избытка ОСО зафиксированы в 1991 и 2015 годах. По-видимому, в эти годы на процессы переноса озона из умеренных широт в полярную область повлияла активность вулканов Пинатубо (15.12° с.ш., 120.35° в.д.) и Кальбуко (41.33° ю.ш., 72.61° з.д.).

Спасибо за внимание!