

Основные характеристики глобального поля ОСО на основе сопоставления 7 и 8 версий данных TOMS

К.Н. Вишератин

*Институт экспериментальной метеорологии, ГУ НПО "Тайфун"
249038 г. Обнинск, пр. Ленина, 82
E-mail: kvisher@typhoon.obninsk.ru*

Проведено сопоставление основных характеристик поля общего содержания озона (ОСО) на основе среднемесячных значений ОСО по спутниковым данным TOMS версий 7 и 8 за 1979 - 2003 гг. Вычислены средние за весь период измерений значения ОСО, дисперсии, коэффициенты линейного тренда, характерное время коррелированности и некоторые другие характеристики. Расчеты проводились для каждого узла данных TOMS на сетке с разрешением 1° по широте и $1,25^\circ$ по долготе. Исправления, внесенные в 8-ю версию данных, в основном сказались в пространственном масштабе для высоких северных и южных широт, и отчасти для материковых районов, а во временном масштабе отличия наиболее заметны для последнего периода измерений (2000-2003 гг.). К основным отличиям 7 и 8 версий следует отнести снижение среднемесячных значений ОСО в версии 8 в последние годы, что сказалось на увеличении (в сравнении с данными 7-й версии) величины отрицательного тренда ОСО за весь анализируемый период.

Введение

Значения ОСО на основе выпущенной в 1996 г. версии 7 спутниковых данных TOMS (Total Ozone Mapping Spectrometer) на ИСЗ Nimbus-7 и Earth Probe охватывают 1978-2003 гг. Новая, 8 версия данных TOMS, включающая коррекцию на отражение покрытых снегом и льдом поверхностей, дымы и аэрозоль, улучшенную климатологию вертикальных профилей температуры и тропосферного озона и измерения при больших зенитных углах, была выпущена в 2004 г. [1-2]. В 8-ю версию данных TOMS были внесены также поправки, учитывающие дрейф аппаратуры EP-TOMS после 2000 г. Следует отметить, что данные 8й версии TOMS, особенно для периода после 2000 г., отличаются от данных Merged TOMS-SBUV Total Ozone Data [3] (далее MOD), сформированных на основе объединения данных 8 версий TOMS и SBUV/SBUV2 (ИСЗ Nimbus 7, NOAA 9/11/16). Методика формирования данных MOD, в которых для периода после 2000 г. были использованы только результаты измерений аппаратурой SBUV, подробно изложена в [4]. В настоящей работе проведено сопоставление основных характеристик поля общего содержания озона на основе среднемесячных значений ОСО по спутниковым данным TOMS версий 7 (V7) и 8 (V8) за 1979 - 2003 гг. Рассматриваются средние значения ОСО за весь период измерений, дисперсии, коэффициенты линейного тренда, характерное время коррелированности и некоторые другие характеристики. Расчеты проводились без пространственного усреднения, т.е. для каждого узла данных TOMS на сетке с разрешением 1° по широте и $1,25^\circ$ по долготе.

Результаты сопоставления и обсуждение

Средние значения ОСО за весь период 1979-2003 гг. представлены на рис. 1. Внешне глобальная картина распределения средних значений ОСО для 7 и 8 версий очень похожа. Также как и для V7 изолинии равных значений в версии V8 имеют изломы вблизи береговых линий материков, что особенно заметно для западных побережий Южной и Северной Америки и Африки.

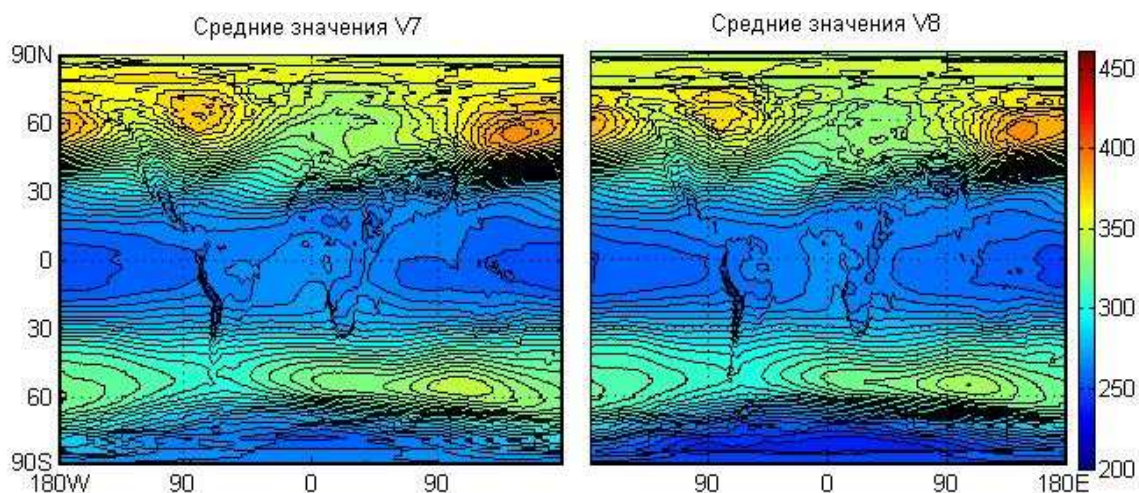


Рис. 1. Пространственное распределение средних значений ОСО за 1979-2003 гг.

Максимальные значения ОСО локализованы в северном полушарии над Охотским морем (около 55° с.ш., 146° в.д., 394 ЕД для V7 и 392 ЕД для V8) и заливом Гудзона (около 63° с.ш., 76° з.д., 376 ЕД для V7 и 372 ЕД для V8). В южном полушарии один максимум – между Австралией и побережьем Антарктиды (около 55° ю.ш., 110° в.д., 347 ЕД для V7 и 342 ЕД для V8). Минимальные значения ОСО наблюдаются в Антарктике и для этого региона отличия между V7 и V8 уже значительны: для меридиана Гринвича и $75-80^{\circ}$ ю.ш. средние значения равны 254 и 240 ЕД соответственно. В приэкваториальной области минимальные значения равны 254 и 251 ЕД соответственно. Средние значения ОСО по данным V7 и V8 почти не отличаются для локальных минимумов над горными районами Гималаев (265-266 ЕД) и Анд (245-246 ЕД), но достигают 3-4 ЕД для района Килиманджаро. При построении более подробных контурных линий еще более четко проявляется пятнистость пространственного распределения средних многолетних значений ОСО, становятся отчетливыми береговые линии отдельных островов (Цейлон, Новая Гвинея и т.д.), и т.д. Более отчетливо особенности различий между двумя версиями видны из рис. 2, на котором в левой части даны разности между средними значениями

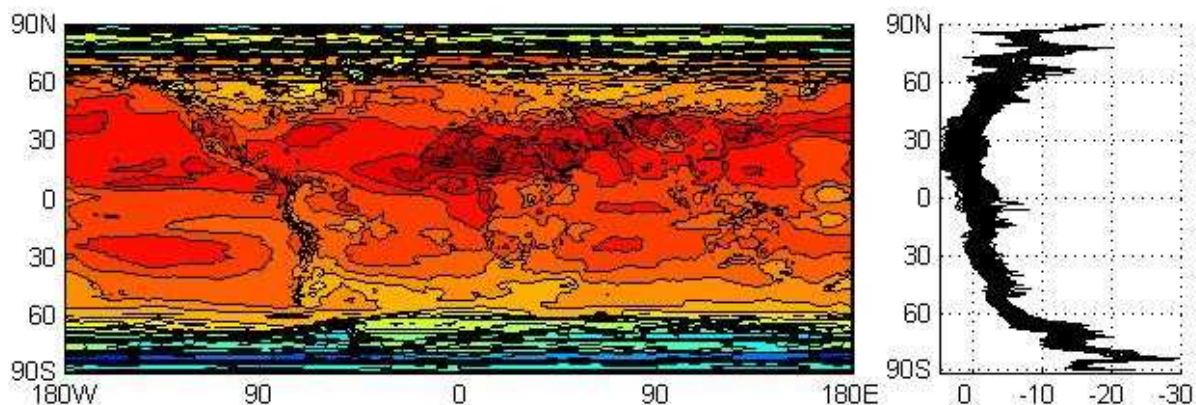


Рис. 2. Разность средних значений V8-V7 за 1979-2003 гг.

для каждой точки на сетке, а в правой части дана проекция разности V8-V7, в ЕД, на меридиональное сечение. Почти четкие очертания суши на левом рисунке указывают на то, что в 8 версии коррекция для океанов и материков (поправки на альбедо и климатологию) проводилась дифференцировано. Имеется и ряд регионов, в котором данные V8 в среднем превышают данные V7. Такое превышение в основном охватывает полосу $0-30^{\circ}$ с.ш. Внутри этой широтной зоны распределение разности средних имеет неравномерный, пятнистый характер и имеет максимальные значения в Северной Африке, до 5-7 ЕД. Эти особенности 8 версии видимо связаны с учетом распределения и переноса пыли и аэрозоля в зоне пустынь и полупустынь. В умеренных и высоких ши-

ротах обеих полушарий разница между двумя версиями возрастает, достигая в южном полушарии 20-30 ЕД, что вероятнее всего связано с корректировкой дрейфа аппаратуры EP TOMS.

Стандартные отклонения рядов ОСО за период 1979-2003 гг. имеют пространственное распределение, схожее для двух версий (рис. 3). Максимальные значения стандартного отклонения в обоих полушариях смещены относительно средних

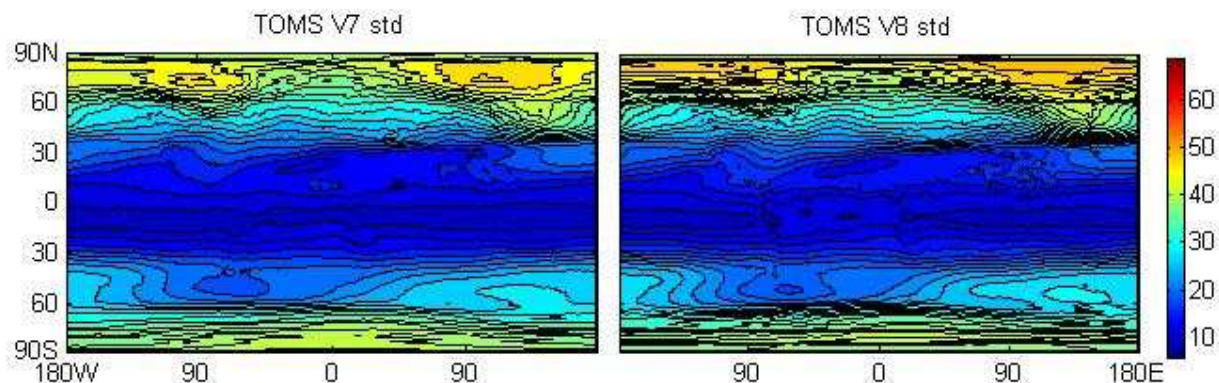


Рис. 3. Стандартные отклонения V8 и V7 за 1979-2003 гг.

значений (рис. 1) и расположены на 75° - 80° северной и южной широт. Возможно, что истинное положение максимумов другое, так как для широт, больших 65° , измерения в течение полярной ночи не проводятся. Минимальные значения стандартного отклонения (6-8 ЕД) наблюдаются не на экваторе, а в полосе $4-13^{\circ}$ ю.ш. Смещение относительно экватора обусловлено тем, что в этой области (точнее, около $4-5^{\circ}$ ю.ш. [5, 6]) минимальна амплитуда годовой гармоник, которая вносит наибольший вклад в дисперсию полей ОСО. Разность стандартных отклонений между двумя версиями для интервала 70° с.ш. - 70° ю.ш. колеблется в пределах $\pm(1\div 2)$ ЕД. В более высоких северных широтах стандартное отклонение V8 выше (до 10-14 ЕД), чем для V7, а в наиболее высоких южных широтах ниже, разница достигает 30 ЕД.

Широтный ход амплитуды годовой гармоник ОСО по данным 7 и 8 версий очень близок, разница составляет ± 2 ЕД в интервале $\pm 60^{\circ}$. В более высоких широтах разброс увеличивается, и данные V8 в среднем выше, чем для V7 (см. рис. 4 [7]).

Линейные тренды ОСО по данным 8-й версии по абсолютной величине возросли. На рис. 4 в левой части показано широтно-долготное распределение трендов V8, а в

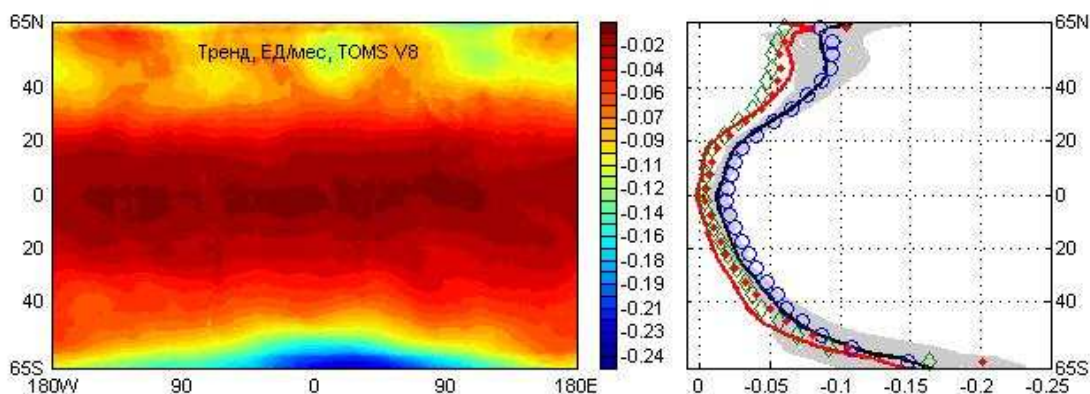


Рис. 4. Линейные тренды. Слева тренды TOMS V8 в ЕД/мес.

Справа приведены меридиональные сечения (ЕД/мес.), для данных V7, V8 и MOD (подробнее см. текст)

правой части сопоставлены тренды V8 (синяя сплошная линия) и V7 (красная сплошная линия), полученные в настоящей работе усреднением по широте с шагом 1° и тренды среднезональных (с шагом 5°) рядов V8 (синие кружки) [8]. Как следует из рисунка, для всех широт абсолютные ве-

личины трендов V7 меньше. Это обусловлено коррекцией дрейфа аппаратуры TOMS в период после 2000 г. и, кроме того, для широт, больших $\pm 50^\circ$ дополнительно сказываются изменения, внесенные в алгоритм 8 версии [1, 2]. На рис. 4 приведены также результаты расчетов трендов для среднезональных среднемесячных рядов MOD. Тренды MOD ревизии 03 (квадратики) немного меньше, чем для ревизии 01 (ромбики) и более близки к данным TOMS версии 7. Причины этих расхождений в настоящее время не вполне ясны.

Автокоррелированность рядов проявляется в повышенной спектральной мощности в низко-частотной области (красный шум) и в уменьшении степеней свободы. Наиболее общий метод анализа коррелированных последовательностей состоит в моделировании их авторегрессионным процессом первого порядка (AR1):

$$Y_i - \mu = r_1(Y_{i-1} - \mu) + e_i \quad (1)$$

где μ - среднее значение процесса, r_1 - коэффициент авторегрессии первого порядка, e_i – в зависимости от целей анализа или ряд остатков. Аппроксимация исследуемого ряда моделью (3) дает значение r_1 и величину дисперсии остатков $\sigma^2(e_i)$. Результаты расчетов r_1 и дисперсии остатков для рядов ОСО версий 7 и 8 приведены в [7]. Зная r_1 , можно найти характерное время затухания данного процесса $\tau = -\Delta t / \ln r_1$, где Δt – интервал между измерениями (равен в нашем случае 1 мес.).

Характерные времена затухания τ для рядов ОСО V8, содержащих сезонный ход и рядов, из которых сезонный ход исключен, показаны на рис. 5. В широтном распределении выделяется узкий максимум в экваториальной области со значениями τ от 6 до 11 мес. Для версии V7 значения τ немного меньше, а широтный ход совпадает.

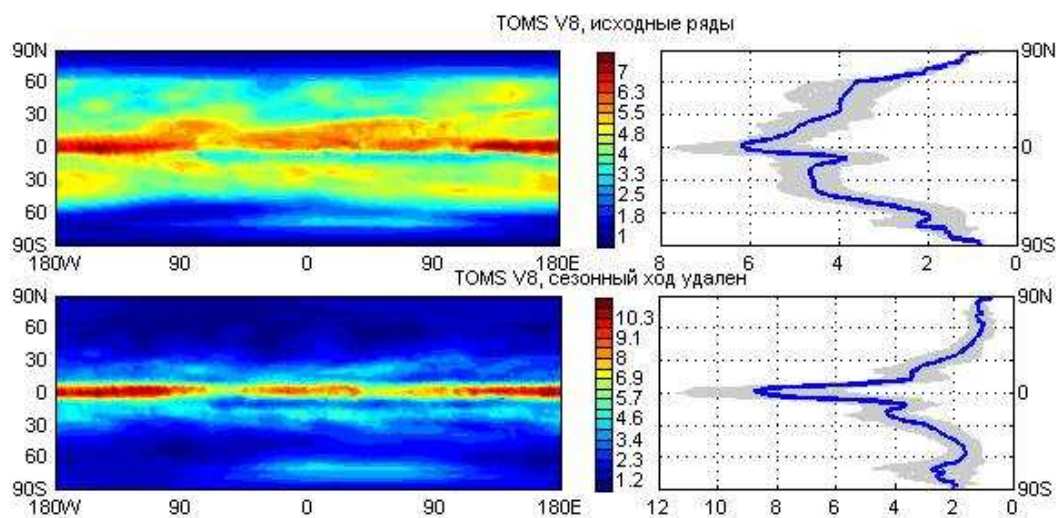


Рис. 5. Распределение характерных времен затухания τ , в мес. В правой части рисунка показаны проекции на меридиональное сечение и среднее (сплошная линия)

Наибольшие значения τ наблюдаются в приэкваториальной области в восточной части Тихого океана, наименьшие – над Южной Америкой и в западной части Индийского океана. В восточной части Тихого океана, кроме того, заметно пространственное чередование максимумов и минимумов с периодом примерно 600 км. Во внетропических широтах характерные времена затухания порядка 1-2 мес. для северного полушария и 2-4 мес. для южного. Отметим, что широтное распределение характерных времен затухания, полученное в настоящей работе для оригинальных рядов ОСО, (для каждого узла сетки с разрешением $1 \times 1.25^\circ$), отличается от широтного распределения τ для зонально-усредненных рядов [8]. По оценкам [8] для пятиградусных зон характерные

времена затухания во внетропической зоне порядка 5-6 мес., а экваториальный максимум более пологий и широкий. Это, очевидно связано с пространственным усреднением, которое нивелирует особенности оригинальных рядов, повышая при этом их автокоррелированность. Широтное распределение характерных времен затухания для версии V7 имеет аналогичный вид, однако для экваториальной области значения меньше на 1-2 месяца.

Выводы

Сопоставление основных характеристик глобальных полей ОСО по данным TOMS версий 7 и 8 показало, что наибольшие изменения наблюдаются для умеренных и высоких широт. Абсолютные величины трендов 8 версии TOMS выше, чем для версии 7 и данных MOD. Сохранилась пятнистая структура распределения средних значений ОСО, в которой просматривается очертания материков. Распределения амплитуды годовой гармоник, коэффициентов авторегрессии, стандартного отклонения для области $\pm 60^\circ$ отличаются незначительно, однако возрастают в более высоких широтах. В данной работе видимо впервые были построены глобальные поля характерных времен затухания (релаксации) ОСО. Для характерных времен затухания наблюдается узкий максимум (до 11 мес.) в приэкваториальной области и меньшие величины, порядка 2-4 мес., в остальных широтных зонах.

Работа выполнена при поддержке РФФИ, проект №06-05-64157.

Литература

1. Wellemeyer C.G., Bhartia P.K., McPeters R.D. et al. A New Release of Data from the Total Ozone Mapping Spectrometer (TOMS). //SPARC Newsletter.-2004. -№22.-P.12-14.
2. Bhartia. P.K., Wellemeyer C.W. TOMS - V8 Total O3 Algorithm. //http://toms.gsfc.nasa.gov/version8/v8toms_atbd.pdf.
3. Http://hyperion.gsfc.nasa.gov/Data_services/merged.
4. Stolarski R. S., Frith S. M. Search for evidence of trend slow-down in the long-term TOMS/SBUV total ozone data record: the importance of instrument drift uncertainty. //Atmos. Chem. Phys., 6, 4057–4065, 2006
5. Visheratin K.N. Spatial Characteristics of Total Ozone Annual Oscillation in the Tropics. //Proceedings of the Quadrennial Ozone Symp., Greece, Kos, 2004, p.458-459
6. Вишератин К.Н., Троянов М.М. Глобальное распределение основных спектральных гармоник ОСО по данным спутниковых измерений (ТОМС). //Сб. научн. докл.. ООО «Азбука». -2006. – Вып.3.-Т.1.-С.257-262
7. Вишератин К.Н. Основные характеристики глобального поля ОСО на основе сопоставления 7 и 8 версий данных TOMS. //Тезисы докл. "Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса". -М.: –ИКИ РАН, 2006. http://www.iki.rssi.ru/earth/pres2006/visheratin.pdf.
8. Вишератин К.Н. Межгодовые вариации и тренды среднезональных рядов общего содержания озона, температуры и зонального ветра. //Известия РАН ФАО, 2007, №4, (в печати).