

Орозобаков А.Т., Саякбаева Б.Б., Орозобаков Э.У., Садырбаева М.

**ОРБИТАЛДЫК ЖАНА ЖЕР ҮСТҮНДӨГҮ МАЙДА
ТОЛКУНДУУ ӨЗГӨРҮҮЛӨРДҮН МААЛЫМАТЫ БОЮНЧА ОЗОН
КАТМАРЫН БӨЛҮШТҮРҮҮ**

Орозобаков А.Т., Саякбаева Б.Б., Орозобаков Э.У., Садырбаева М.

**РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ОЗОНОВОГО СЛОЯ ПО ДАННЫМ ОРБИТАЛЬНЫХ И
НАЗЕМНЫХ МИКРОВОЛНОВЫХ ИЗМЕРЕНИЙ**

A.T. Orozobakov, B.B. Sayakbaeva, E.U. Orozobakov., M. Sadyrbaeva

**THE DISTRUBUTION OF THE OZONE LAYER ACCORDING TO DATA
OF ORBITAL AND ON-GROUND MEASUREMENTS**

УДК: 621.372: 551.508.8

Бул иште акыркы он жыл ичинде Орто Азия аймагынын үстүндөгү спутниктен алынган маалыматтарды иштеп чыгуунун жыйынтыктары келтирилди. Мында озондун жалпы курамынын сезондук жүрүшүнө ачык байкоо жүргүзүлөт. Жазгы максимум менен күзгү минимум белгиленген. Жер үстүндө күнү-түнү менен жайкы майда толкундуу байкоо жүргүзүүлөрдүн жыйынтыктары спутниктик маалыматтарга салыштыруу менен көрсөтүлгөн. Озондун бийиктиги боюнча концентрациясы күндүзгү караганда түнкүсүн жогорулай тургандыгы аныкталды. Жер үстүндөгүдөй сыяктуу эле спутниктик бардык маалыматтарды иштеп чыгууга жасалган талдоо бул аймактагы жер үстүндөгү озондун жалпы курамында анчалык көп эмес айлануулардын бар экендигин көрсөттү.

Негизги сөздөр: озондун бийиктик бөлүштүрүүсү, спутниктен байкоо жүргүзүү, озондун жалпы курамы, сезондук жүрүш.

Приведены результаты обработок спутниковых данных за последние десять лет над среднеазиатским регионом, по которым явно прослеживается сезонный ход общего содержания озона. Отмечены весенний максимум и осенний минимум. Представлены результаты наземных круглосуточных летних микроволновых наблюдений в сравнении со спутниковыми данными. Установлены ночные превышения концентрации озона по высоте над дневными. Анализ всех обработок как наземных, так и спутниковых данных показал незначительные вариации общего содержания озона над регионом наземных измерений.

Ключевые слова: высотное распределение озона, спутниковое наблюдение, общее содержание озона, сезонный ход.

In this article, the results of satellite data processing are given for the recent ten years above Central Asia region. In these results a seasonal course of general content of ozone is clearly viewed. The maximum was marked in spring and the minimum - in autumn. The results of ground twenty-four-hour summer microwave observations were matched with satellite data. It was established that night concentrations of ozone are higher than daytime ones. The analysis of both ground-based and

satellite data showed insignificant variations of general content of ozone above the region of ground-based measurements.

Key words: vertical distribution of ozone, satellite observation, general content of ozone, seasonal course.

При проведении массовых измерений озона, необходимых для получения «моментальных» глобальных картин состояния озоносферы, предпочтение отдается дистанционным методам, отличающимся высокой избирательностью, чувствительностью и точностью. Возможность установки оптической аппаратуры на искусственные спутники Земли придала дистанционным методам новый импульс. Дистанционные методы зондирования с использованием искусственных спутников Земли разделяются на пассивные и активные. Пассивные методы предусматривают измерение на борту ИСЗ спектрального распределения входящего электромагнитного излучения атмосферы Земли и определение по этим данным ее материального состава. В активных методах параметры атмосферы определяются по спектральным измерениям отраженного атмосферой электромагнитного излучения, посланного с борта ИСЗ.

Для анализа пространственно-временных вариаций озонного слоя с 1978 года запускаются искусственные спутники Земли (ИСЗ) с аппаратурой TOMS (*Total Ozone Mapping Spectrometer*) [1,2], основной задачей которых является проведение регулярных измерений ОСО и формирование баз данных. С 2005 года по настоящее время TOMS – программу продолжает находящийся на орбите (ИСЗ Aura) более совершенный спектрометр OMI (*Ozone Meter Instrument*). Спутниковые данные постоянно обновляются, обрабатываются, систематизируются, сравниваются с наземными при организации международных сетей, метеоданных. Ниже приводятся результаты анализа и обработок непосредственно обсерватории. Так на рисунках один и два представлены данные орбитальных

измерений общего содержания озона по годам. Были обработаны спутниковые данные за каждый день исследуемого года. Независимо от наблюдаемого года замечены весенний максимум осенний минимум

содержания озона (сезонный ход). В 2005 году максимумы были в конце зимы начале весны, а в 2016 году в конце весны. Минимумы в конце осени.

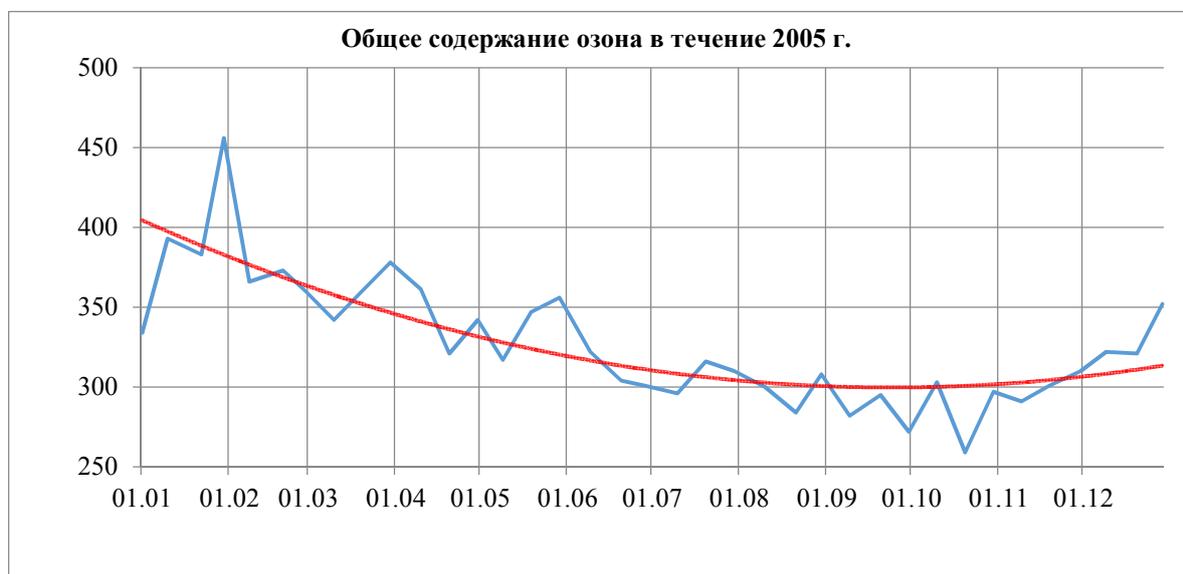


Рис. 1. Сезонный ход содержания озона за 2005 г.



Рис. 2. Сезонный ход содержания озона за 2016 г.

Кроме сезонных изменений содержания озона в обсерватории отслеживаются и обрабатываются данные межгодовых изменений. Следует отметить, что значительных колебаний содержания озона по годам особенно не наблюдается. За последние десять лет со дня создания Иссыккульской обсерватории в результате наземных и спутниковых наблюдений подтверждений о значительном уменьшении или постоянстве содержания озона над регионом недостаточно [3,4]. Так из рисунка три видно, что содержания озона в 2015 году были даже больше чем 2005-2006 годах, в 2016 меньше. Возможно, это просто собственный цикл озонового слоя Земли, для полного понимания озонных процессов необходимы более длительные измерения распределения озона вокруг всего земного шара как наземных, так и спутниковых.



Рис. 3. Межгодовые изменения содержания озона.

В наземных микроволновых измерениях используется метод подбора параметров заданной модели озонового слоя путем минимизации среднеквадратичных разностей измеренных спектров и рассчитанных по восстановленным профилям озона. Он основан на использовании априорной информации о характере вертикального распределения озона, который задается аналитически в виде «параболического» слоя:

$$N_{oz}(z) = 4N_m \frac{\exp[(z - z_m)R]}{\{1 + \exp[(z - z_m)R]\}^2} \quad (1)$$

Изменяя параметры слоя – концентрацию в максимуме N_m , высоту максимума z_m и фактор убывания концентрации R , а также, используя методику последовательных приближений, добиваются, чтобы в результате решения прямой задачи расчетный спектр $\Delta\tau_{oz}^c(\nu_i)$ был близок к экспериментальному $\Delta\tau_{oz}^e(\nu_i)$, т.е. выполнялось условие:

$$D = \sum_i [\Delta\tau_{oz}^c(\nu_i) - \Delta\tau_{oz}^e(\nu_i)]^2 = \min \quad (2)$$

Из условия равенства нулю производных функционала D по N_m, z_m, R , можно получить параметры искомого профиля. Критерием завершения процедуры подбора параметров озонового слоя является величина среднеквадратичных ошибок измерения спектра O_3 в каналах спектрорадиометра – $\delta[\Delta\tau_{oz}^e(\nu_i)]$. На практике условие (2) сводится к следующему:

$$\sum_i [\Delta\tau_{oz}^c(\nu_i) - \Delta\tau_{oz}^e(\nu_i)]^2 \leq \sum_i \{\delta[\Delta\tau_{oz}^e(\nu_i)]\}^2 \quad (3)$$

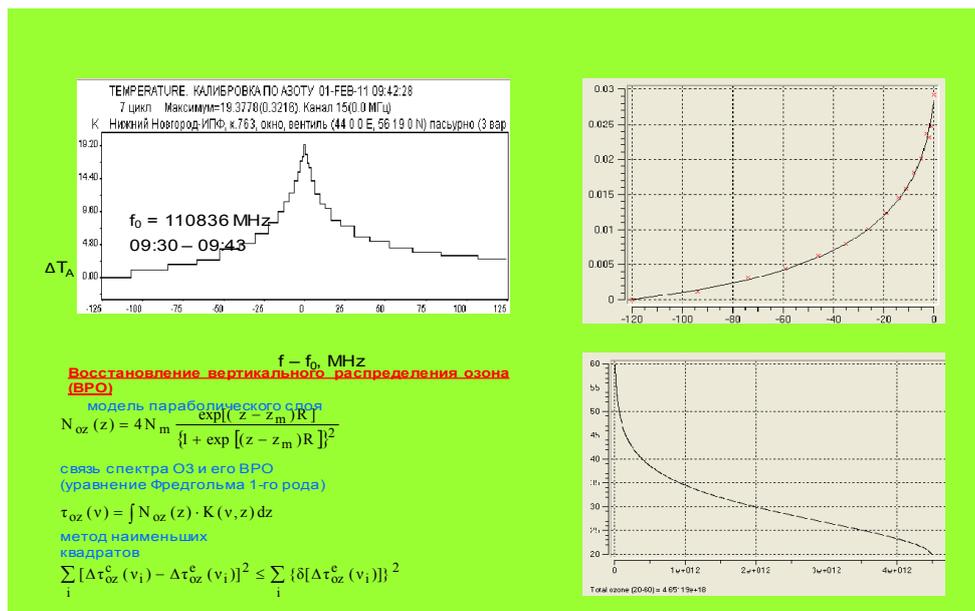


Рис. 4. Восстановление высотного распределения озона.

В наземных измерениях для понимания полной картины распределения озона проводятся также круглосуточные наблюдения таблица 1. Замечены постоянные превышения ночных значений от дневных, в некоторых случаях почти в два раза.

Таблица 1

Высотное распределение озона в зависимости от времени суток за 22.08.16.

Высота, Км	Время, местн. 17:21 - 18:10	Время, местн. 20:40 - 21:35	Время, местн. 21:50 - 22:40
	Концентрация озона, молекул / см ³		
25	3,54 · 10 ¹²	4,35 · 10 ¹²	4,30 · 10 ¹²
30	3,10 · 10 ¹²	3,45 · 10 ¹²	3,50 · 10 ¹²
40	4,90 · 10 ¹¹	5,70 · 10 ¹¹	5,80 · 10 ¹¹
50	5,21 · 10 ¹⁰	5,85 · 10 ¹⁰	5,95 · 10 ¹⁰
60	5,13 · 10 ⁹	5,41 · 10 ⁹	5,50 · 10 ⁹

Результаты наблюдений в обсерватории (с. Караой, Иссыккульский р-н) сопоставляются с данными спутниковых измерений озонового слоя, с целью верификации. Для этой цели использовались данные, которые получены с помощью инструментов EOS MLS (Earth Observing System Microwave Limb Sounder) и OMI (Ozone Monitoring Instrument), установленных на спутнике AURA (NASA) таблица 2.

Таблица 2

Данные ночных и дневных наземных измерений

Дата	25.08.2016					
	25	30	40	50	60	X (20-60) км
AURA	3,42 · 10 ¹²	3,01 · 10 ¹²	4,72 · 10 ¹¹	6,01 · 10 ¹⁰	6,79 · 10 ⁹	181 е.Д.
17:56-18:40	3,66 · 10 ¹²	2,81 · 10 ¹²	4,89 · 10 ¹¹	5,90 · 10 ¹⁰	6,61 · 10 ⁹	182 е.Д.
20:50-21:45	3,62 · 10 ¹²	2,79 · 10 ¹²	4,88 · 10 ¹¹	5,93 · 10 ¹⁰	7,24 · 10 ⁹	192 е.Д.
22:05-23:01	4,17 · 10 ¹²	3,22 · 10 ¹²	5,21 · 10 ¹¹	6,19 · 10 ¹⁰	7,35 · 10 ⁹	201 е.Д.

Из всего набора спутниковых профилей О₃ были отобраны те, которые соответствовали пролетам спутника над районом, близким к месту расположения радиофизической обсерватории «Иссыккуль». А именно, этот район был ограничен прямоугольником, географические координаты которого составляли (43 ± 3)° с.ш. и (77 ± 5)° в.д. В качестве результатов наземного зондирования были взяты среднесуточные значения концентрации озона, выраженные в мол/см³. Спутниковые данные, приведенные в единицах отношения смеси озона с воздухом в млн⁻¹ для каждого дня, для сравнения были пересчитаны в абсолютные концентрации, используя высотные зависимости температуры и геопотенциала на фиксированных барических уровнях.

Литература:

1. Herman, J.R., D. Larko, 1994, "Nimbus-7/TOMS-November 1, 1978 to May 6, 1993: Low Ozone Amounts During 1992-1993 From Nimbus-7 and Meteor-3 Total Ozone Mapping Spectrometer," J. Geophys. Res., 99, 3483-3496.
2. National Aeronautics and Space Administration, 1984, "Third and Fourth Year Addendum to the User's Guide for the Total Ozone Mapping Spectrometer (TOMS) Instrument First Year Ozone-T Data Set," Goddard Space Flight Center, Greenbelt, MD.
3. Орозобаков А.Т., Саякбаева Б.Б., Орозобаков Т. Наблюдения стратосферного озона над оз.Ысык-кол радиоастрономическими методами в миллиметровом диапазоне длин волн // Наука и новые технологии, Бишкек 2009, № 3, С.276-279
4. Орозобаков Т. Восстановление высотного распределения озона над Иссыккульской котловиной по данным радиометрического спектрометра (РМС-001) [Текст] / Т. Орозобаков, А.Т. Орозобаков, Б.Б. Саякбаева // Труды международной научно-технической конференции «Альтернативная энергетика и проблемы энергобезопасности», Бишкек, 22-24 апреля 2008 г.

Рецензент: д.ф.-м.н., профессор Фоломеев В.Н.
