

УДК 551.510.4;551.510.534

## **Изменение глобальной циркуляции и температуры при вариациях УФ-радиации в цикле активности Солнца**

Криволицкий А.А., Дементьева А.В., Черепанова Л.А.  
[alexei.krivolutsky@rambler.ru](mailto:alexei.krivolutsky@rambler.ru)

Лаборатория химии и динамики атмосферы  
ФГБУ "Центральная аэрологическая обсерватория", Росгидромет  
Адрес: Московская обл., 141700, г. Долгопрудный, ул. Первомайская, д.3.

### **Changes of global circulation and temperature caused by UV variations during solar cycle**

A.A. Krivolutsky, A.V. Dement'eva, L.A. Cherepanova

Central Aerological Observatory  
Pervomayskaya Str. 3, 141700, Dolgoprudny, Moscow Region.

Key words: solar activity cycle, solar cycle variations, atmospheric response to UV variations.

#### **Abstract**

The solar cycle activity changes induce an atmospheric response. The thermal and wind response in the troposphere is investigated in this paper. Initially the atmospheric response in solar cycle was simulated with Global circulation model ARM (Atmospheric Research Model) [4]. Visible wave character was revealed in latitudinal-longitudinal cross-sections. We calculate the temperature response on reanalysis datasets of observations from "ERA-20C" and "NOAA-CIRES 20th Century Reanalysis" in troposphere in this study. The wave effect is found in the datasets and it looks similar to the model simulations.

#### **Введение**

Как известно, физическими агентами, осуществляющими переменное по времени внешнее воздействие на атмосферу Земли, являются электромагнитная и корпускулярная радиация Солнца. При этом изменения электромагнитной радиации в цикле активности Солнца существенно зависят от длины волны, убывая с ее ростом. На рисунке 1 в качестве иллюстрации представлены результаты спутниковых измерений солнечной УФ радиации на длине волны 164 нм. Измерения со спутников, проведенные в период 23-го цикла активности Солнца, показывают, что затянувшийся минимум активности сопровождался сильным понижением потока УФ радиации, на что было обращено внимание разных авторов [2,3]. Эти измерения были использованы при численном моделировании воздействия солнечного цикла на атмосферу. Для реализации численного сценария были проведены расчеты с повышенными потоками УФ радиации (2000 г., максимум активности) и пониженными потоками (2009 г.) с учетом глубокого минимума, отраженного на рисунке 1.

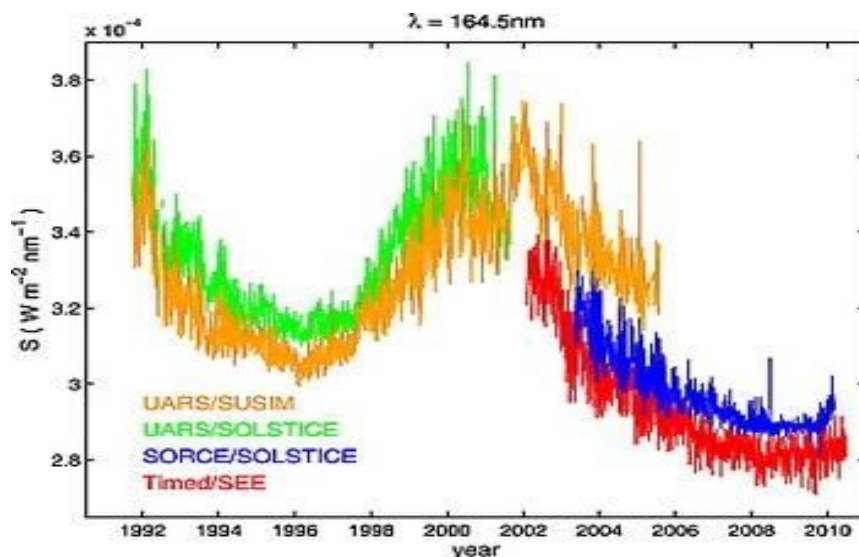


Рисунок 1. Вариации потока УФ радиации Солнца за период 1992-2010 г.г. по наблюдениям со спутников

Для исследования возможных атмосферных эффектов было проведено численное моделирование с помощью модели общей циркуляции ARM [4], а также выполнен анализ температурных полей, основанных на данных наблюдений из двух банков данных реанализа: ERA-20C и NOAA-CIRES 20th Century Reanalysis. Следует отметить, что на нижней границе модели при реализации сценариев задавалась структура планетарных волн на основе эмпирических данных. Ниже приведены результаты модельных расчетов (разница между годом максимума и годом минимума солнечной активности), отклика температуры и ветра, а также представлены результаты аналогичного анализа эмпирических данных.

### Результаты моделирования

На рисунке 2 представлены модельные изменения температуры в тропосфере для июля между максимумом и минимумом активности Солнца. Видно, что отклик солнечного цикла имеет сильно выраженную долготную структуру. Амплитуда эффекта составляет несколько градусов (до 9К).

На рисунке 3 изображен модельный отклик скорости зонального ветра для июля. Видно, что максимальный эффект находится в высоких широтах северного полушария и составляет порядка 1.5 м/с.

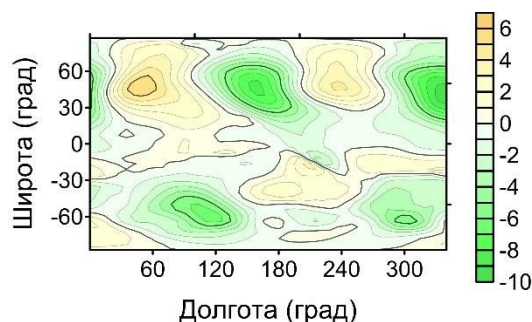


Рисунок 2. Разность температурных полей (К), рассчитанных по модели ARM для **июля** на высоте **5 км**, между годами максимума и минимума солнечной активности [4].

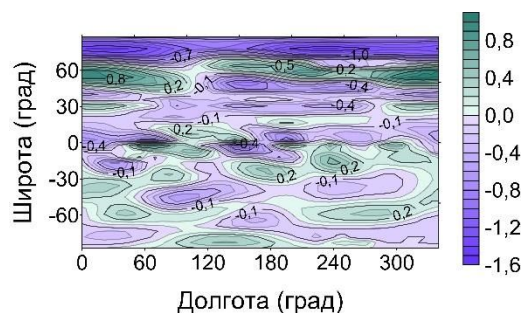


Рисунок 3. Разность полей скорости зонального ветра (м/с), рассчитанных по модели ARM для **июля** на высоте **5 км**, между годами с максимумом и минимумом солнечной активности [4].

### Анализ данных наблюдений

На рисунках 4 и 5 приведены результаты анализа данных в тропосфере из двух разных банков данных реанализа, основанных на эмпирических данных: NOAA-CIRES 20th Century Reanalysis v.2 и ERA-20Century. Были рассмотрены среднемесячные температурные поля для июля на высоте 500 гПа в годы максимума и минимума активности Солнца. Рисунки демонстрируют температурный отклик в трёх солнечных циклах. Видно, что отклик температуры в солнечном цикле имеет неоднородную структуру. Величина неоднородности, подобно как и для модельного поля температуры, достигает нескольких градусов: до 6К по данным NOAA-CIRES (рис. 4) и до 10К по данным ERA-20C (рис. 5).

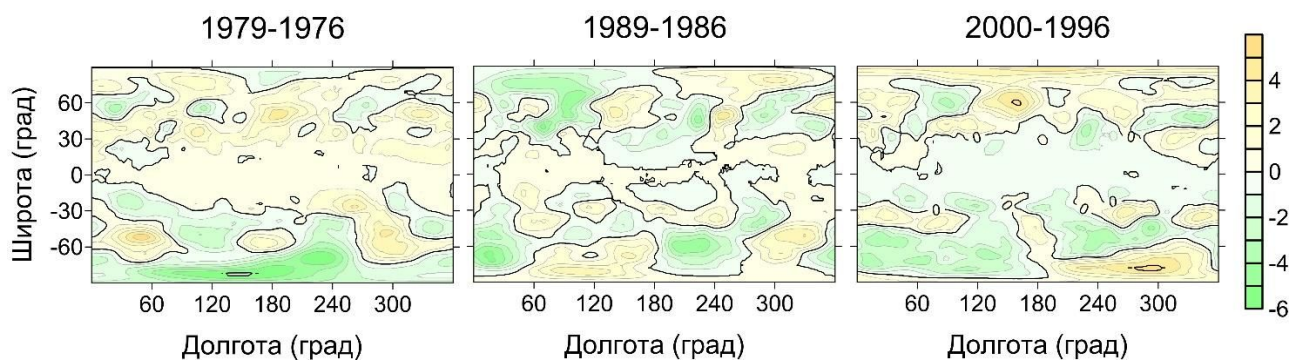


Рисунок 4. Разности температурных полей **июля** на высоте **500 гПа** (~5 км) между годами с максимальной (1979, 1989, 2000) и минимальной (1976, 1986, 1996) солнечной активностью в 3 солнечных циклах по данным реанализа «NOAA-CIRES 20th Century Reanalysis, v2»

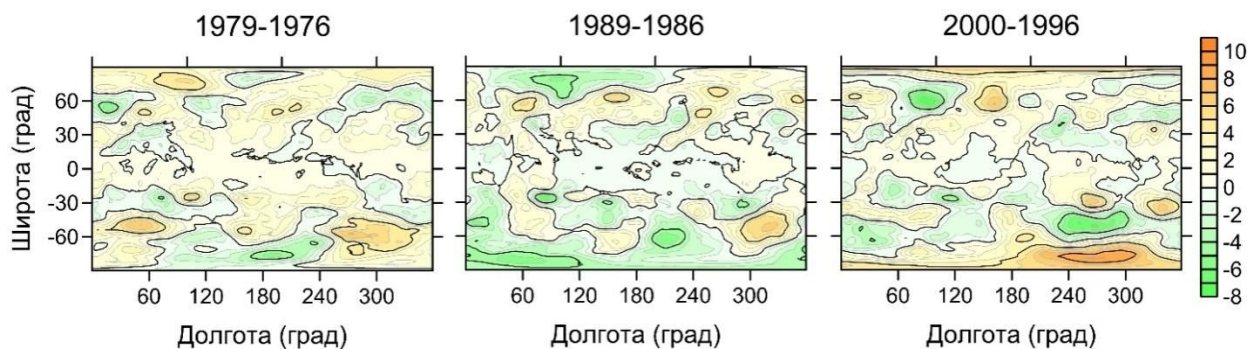


Рисунок 5. Аналогичные разности температурных полей **июля** на высоте **500 гПа** (~5 км) по данным реанализа «ERA-20C»

На рисунке 6 изображена продолжительность существования групп южной меридиональной циркуляции [1] в 2003 г., в 2008 г. и в 2009 г. Видно, что продолжительность существования этих групп циркуляции модулируется ходом УФ радиации Солнца (см. рис. 1).

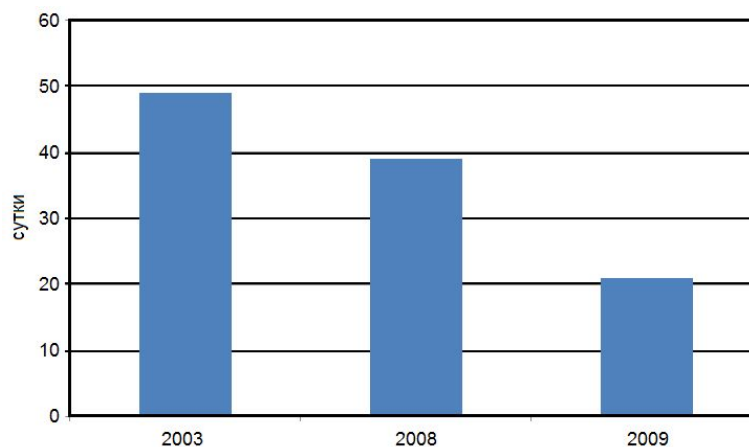


Рисунок 6. Продолжительность существования групп южной меридиональной циркуляции [1]

### Заключение

На взгляд авторов представленные результаты, основанные как на численном моделировании, так и на анализе глобальных данных, позволяют говорить об эффективности механизма солнечно-атмосферных связей, в котором (в качестве звеньев цепи воздействия) участвуют: вариации УФ радиации в цикле активности Солнца, атмосферный озон и атмосферные планетарные волны. В дальнейшем предполагается более детально исследовать чувствительность этого механизма к каждому из звеньев этой цепи.

### Благодарности

Авторы благодарны Н.К. Кононовой за организацию интересной и представительной конференции, а также за предоставленные данные.

Данные реанализа NOAA-CIRES 20th Century Reanalysis v.2 (Twentieth Century Reanalysis (V2): Monthly Mean Pressure Level Data) предоставлены для публичного доступа по адресу: [http://www.esrl.noaa.gov/psd/data/gridded/data.20thC\\_ReanV2\\_pressure.mm.html](http://www.esrl.noaa.gov/psd/data/gridded/data.20thC_ReanV2_pressure.mm.html) (дата обращения: 16.04.2016). Поддержку Twentieth Century Reanalysis Project version 2c dataset предоставляют U.S. Department of Energy, Office of Science Biological and Environmental Research (BER), а также National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) Climate Program Office.

Данные реанализа ERA-20Century ECMWF Public Datasets предоставлены для публичного доступа на сайте международной неправительственной организации The European Centre for Medium-Range Weather Forecasts (ECMWF) по адресу: <http://apps.ecmwf.int/datasets/data/era20c-moda/levtype=pl/type=an/> (дата обращения: 16.04.2016).

### Литература

- [1] Колебания циркуляции атмосферы Северного полушария в XX – начале XXI века [электронный ресурс] Режим доступа: [www.atmospheric-circulation.ru](http://www.atmospheric-circulation.ru)
- [2] Garcia R.R. Atmospheric physics: Solar surprise? // Nature. 2010. V. 467. P. 668–669. doi:10.1038/467668a
- [3] Gray L.J., J. Beer, M. Geller, J. D. Haigh, M. Lockwood, K. Matthes, U. Cubasch, D. Fleitmann, G. Harrison, L. Hood, J. Luterbacher, G. A. Meehl, D. Shindell, B. van Geel, W. White. Solar influences on climate // Rev. Geophys. 2010. V. 48. RG4001. doi:10.1029/2009RG000282
- [4] Krivolutsky, A.A., L.A. Cherepanova, A.V. Dement'eva. Solar cycle influence on troposphere and middle atmosphere via ozone layer in the presence of planetary waves: Simulation with ARM // J. Geophys. Res. Space Physics. 2015. Vol. 120. doi:10.1002/2015JA021363