



ЦИКЛИЧЕСКИЕ КОЛЕБАНИЯ ОБЩЕГО СОДЕРЖАНИЯ ОЗОНА В АНТАРКТИДЕ ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ СОЛНЕЧНОЙ АКТИВНОСТИ И ВРАЩЕНИЯ СОЛНЕЧНОЙ АТМОСФЕРЫ

Шаповалов С.Н., Прахов А.Н.

ФГБУ «Арктический и антарктический научно-исследовательский институт», Санкт-Петербург, Россия
shapovalov@aari.ru

Вариации общего содержания озона (ОСО) связаны с различными глобальными факторами, в т.ч. с 11 летним циклом солнечной активности (СА) и сопровождающими его изменениями спектральной светимости Солнца в области UV. На Российских антарктических станциях наблюдения ОСО выполняются с помощью озонметров М-124 [1], основанных на свойстве озона (O_3) поглощать UV в полосе Хаггинса. Значения ОСО рассчитываются по отношению сигналов J_1/J_2 (зависит только от содержания озона) на длинах волн $\lambda 300 \text{ nm}$ (J_1) и $\lambda 326 \text{ nm}$ (J_2), соответствующих максимуму полосы пропускания светофильтров в приборе.

Задача работы заключалась в оценке связи мощности излучения ($W/m^2/nm$) на $\lambda 300 \text{ nm}$ и $\lambda 326 \text{ nm}$ с композитным индексом Mg II (280 nm), индексом F10.7 cm и вращением солнечной атмосферы [2]. Данные выбирались на сайтах <https://lasp.colorado.edu/lisird/data> и <https://www.iup.uni-bremen.de/deu>.

1.Хргиан А.Х. Физика атмосферного озона. Л.: Гидрометеиздат, 1973. 291 с.

2.Гущин Г.П., Виноградова Н.Н. Суммарный озон в атмосфере. Л.: Гидрометеиздат, 1977. 238 с

На рис.1 представлено сравнение временных рядов $\lambda 300 \text{ nm}$ (UVB) и $\lambda 326 \text{ nm}$ (UVA) с индексами Mg II (280 nm) и F10.7 cm, выполненное по среднегодовым значениям за период с 1979 г. по 2019 г. (21-24 циклы СА). На графиках а и б видно близкое соответствие хода $\lambda 300 \text{ nm}$ ($\text{W/m}^2/\text{nm}$) вариациям Mg II (280 nm) и F10.7 cm ($\geq r \sim 0.77$) по 11 летним циклам СА, в отличие от хода $\lambda 326 \text{ nm}$ на графиках с и д ($\leq r \sim 0.33$). Коэффициенты r указывают на то, что связь ОСО с показателями СА формируется в диапазоне UVB 297-315 nm (UVC 10-280 nm в задаче не рассматривается). Мощность излучения UVA (315-400 nm), наоборот, снижает оценку. Этот вывод подтверждается в анализе данных UVB-UVA и ОСО (М-124) на ст.Новолазаревская (Антарктида) в период наблюдений 2023 г.

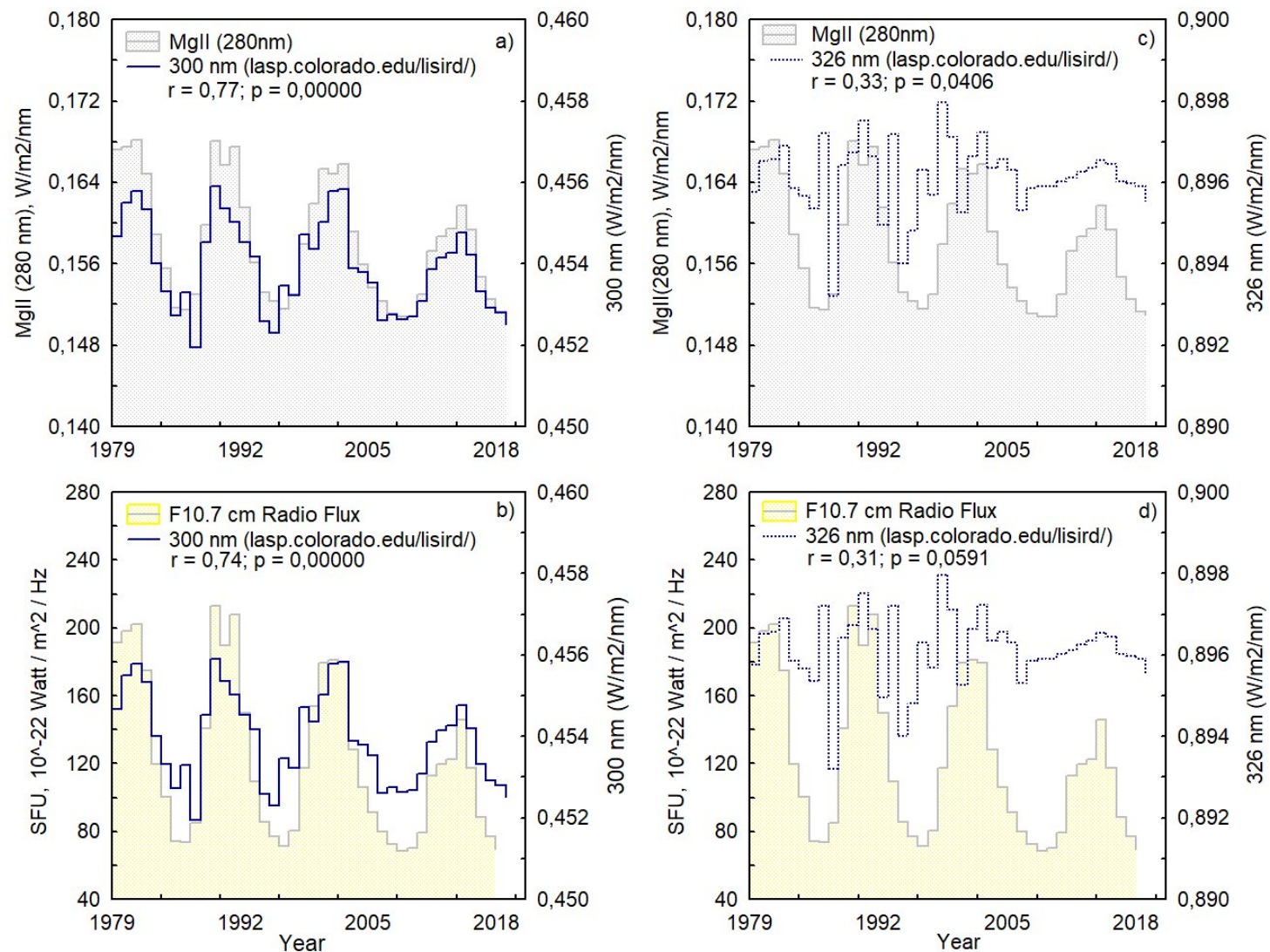


Рисунок 1. Сопоставление среднегодовых значений $\text{W/m}^2/\text{nm}$ на длинах волн $\lambda 300 \text{ nm}$ и $\lambda 326 \text{ nm}$ с композитным индексом Mg II (280 nm) и индексом F10.7 cm в интервале 21-24 циклов СА.

На рис.2 представлены графики UVB и UVA с изменениями ОЗО за период с 01.11.2023 г. по 31.01.2024 г. по данным зенитных наблюдений на спектрометре AvaSpec-2048 и М-124 на ст.Новолазаревская [3]. Отрицательная корреляция рядов на графике а является результатом поступления коротковолнового UVC 10-280 nm (12.24-4.43 eV) в стратосферу из-за увеличения высоты Солнца в весенне-летний период. Далее происходит активация фотохимических реакций с образованием стратосферного озона. Рост концентрации ОЗ приводит к снижению интенсивности UVB и завершению сезона озоновой дыры. На графике б корреляция UVA с ОЗО отсутствует из-за низкой энергии активации, недостаточной для расщепления молекул кислорода ($O_3+h\nu \rightarrow O_2+O(^1D)$; $\lambda < 320\text{nm}$).

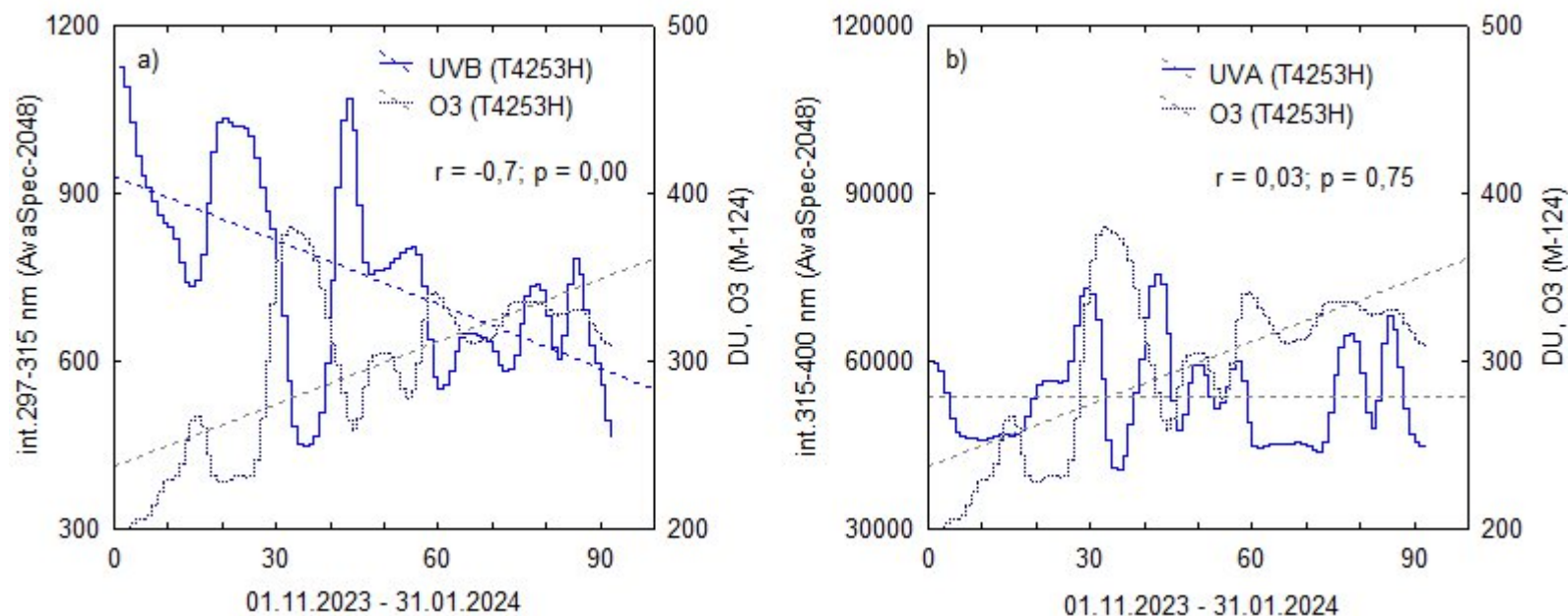


Рисунок 2. Сопоставление рядов UVB и UVA (AvaSpec-2048) с ходом общего содержания озона (М-124) на ст.Новолазаревская с 01.11.2023 г. по 31.01.2024 г.

На рис.3 представлено сравнение хода UVB (AvaSpec-2048) с композитным индексом Mg II (280 nm) за период с 01.11.2023 г. по 31.01.2024 г. (ст.Новолазаревская). На графике а видно фазовое соответствие вариаций до сектора «O₃ max», где стратосферный озон восстанавливается до климатической нормы (~300-350 D.U.). С этим же явлением формируется отрицательный тренд UVB. На графике б зависимость UVA от восстановления ОСО значительно меньше и реализуется за счет энергии на участке 315-330 nm. В начале графика видно фазовое соответствие хода UVA и Mg II (280 nm). С наступлением сектора «recovery O₃» (начальная стадия восстановления озона) происходит расхождение и даже увеличение интенсивности UVA, что, вероятно, обусловлено увеличением высоты Солнца (до 21.12.). На графиках прослеживаются выраженные вариации Mg II (280 nm), вызванные вращением солнечной атмосферы с кэррингтоновским оборотом (~27 сут).

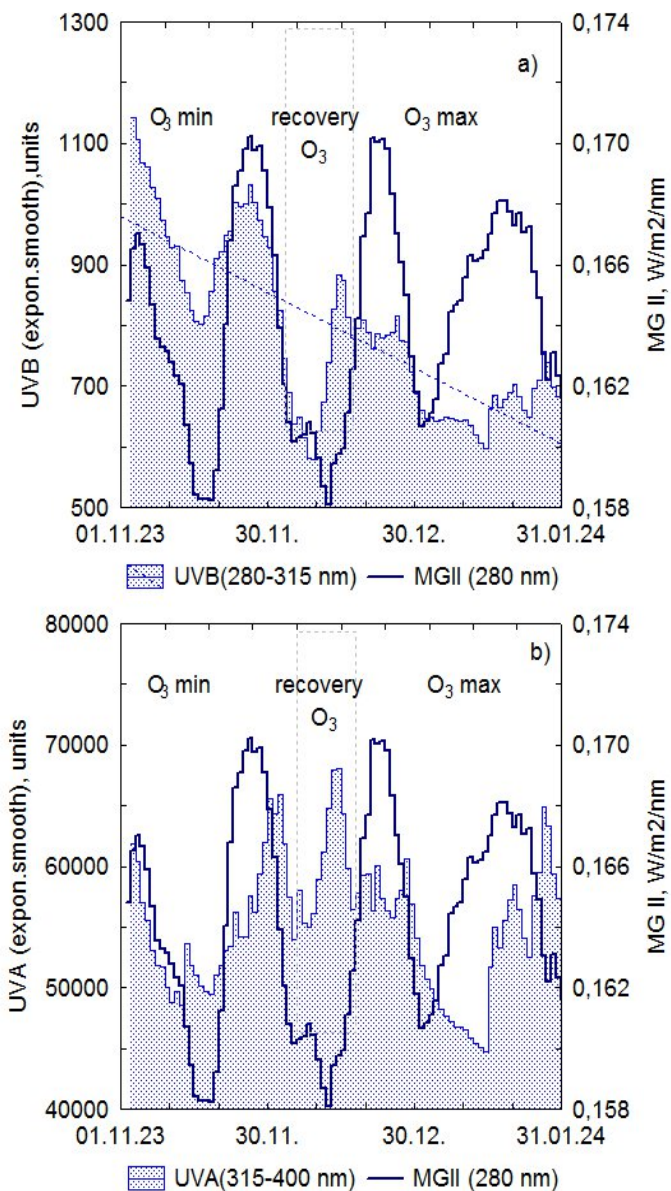


Рисунок 3. Сравнение хода UVB (297-315 nm) и UVA (315-400 nm) с композитным индексом Mg II (280 nm) с 01.11.2023 г. по 31.01.2024 г. (ст.Новолазаревская)



Рисунок 4. Спектральные измерения UVB-UVA на ст.Новолазаревская (Антарктида), выполняемые по зенитной методике с помощью оптоволоконного спектрометра AvaSpec-2048 в 24-25 циклах солнечной активности.

Выводы

Анализ данных по мощности излучения ($W/m^2/nm$) на длинах волн $\lambda 300\text{ nm}$ (UVB) и $\lambda 326\text{ nm}$ (UVA), соответствующих максимумам полосы пропускания светофильтров в озонметре М-124, а также данных по индексам Mg II (280 nm) и F10.7 cm показал тесную связь мощности излучения на $\lambda 300\text{ nm}$ ($\geq r \sim 0.77$) с 11 летним циклом СА (рис.1). Но используемые значения ОСО, полученные по методике отношения сигналов $\lambda 300\text{ nm}$ (J_1) и $\lambda 326\text{ nm}$ (J_2), не являются предпочтительными в изучении связи с СА.

Сопоставление рядов UVB с индексом Mg II (280 nm) на различных временных интервалах свидетельствует о зависимости UVB от СА, следовательно, и в значительной степени ОСО в период озоновой дыры, от вращения солнечной атмосферы с периодом кэррингтоновского оборота ~ 27 сут (рис.1 и рис.3).



Российская антарктическая станция Новолазаревская