ВРЕМЕННАЯ КОГЕРЕНТНОСТЬ СОЛНЕЧНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ NUV297-330NM И ПРИПОВЕРХНОСТНОГО АТМОСФЕРНОГО ДАВЛЕНИЯ (АНТАРКТИДА-АРКТИКА)

Шаповалов С.Н., Афанасьев А.В., Юдин Г.В.

ГНЦ РФ Арктический и антарктический НИИ, Санкт-Петербург, Россия

TEMPORAL COHERENCE OF SOLAR RADIATION NUV297-330NM AND NEAR-SURFACE ATMOSPHERIC PRESSURE (ANTARCTICA-ARCTIC)

Shapovalov S.N., Afanasyev A.V., Yudin G.V.

Arctic and Antarctic research Institute, St. Petersburg, Russia

The results of Fourier analysis of solar radiation NUV297-330nm and near-surface atmospheric pressure (hPa) at the Novolazarevskaya weather station (Antarctica) at the solstice 21.12. (2008–2019) are presented. Significant ($t > t_{crit}$) harmonics forming the dominant group of $\sim 5\text{--}7\text{min}$ are obtained. The final result is a periodogram of the square of coherence $\text{int}297\text{--}330\text{nm/hPa}$, indicating the influence of solar oscillations $\sim 3.3\text{ mHz}$ on the time characteristics of the surface baric field. The results of testing observations NUV297-330nm at the solstice of 21.06.2018 on the NIS "Ice base Cape Baranova" (arch.Northern Land). The spectrum of "five-minute" oscillations identical to the Antarctic one is revealed.

DOI: 10.31725/0552-5829-2020-345-348

Введение

Поиск механизма воздействия факторов солнечной активности (СА) на параметры нижней атмосферы является фундаментальной задачей в проблеме изменения климата Земли. Результаты наблюдений солнечной УФ-радиации на ст. Новолазаревская в 24-ом цикле СА показали, что в механизме "Солнце-нижняя атмосфера" проявляется частотный спектр солнечных осцилляций с максимумом в области "пятиминутных колебаний" [1, 2]. Влияние этого фактора на показатели фотопроцессов до настоящего времени неизвестно, как и влияние на основные метеорологические параметры. В настоящей работе приведены результаты построения структуры спектров мелкомасштабных флуктуаций светимости диапазона NUV297-330nm [3, 4], полученных по данным спектральных измерений $\text{int}297\text{--}330\text{nm}$ с помощью оптоволоконного спектрометра AvaSpec-2048, и физически значимого показателя приземной атмосферы – приповерхностного атмосферного давления (hPa), регистрируемого на метеостанции "Новолазаревская".

Результаты

Анализ данных включал обработку значений $\text{int}297\text{-}330\text{nm}$ и hPa по данным наблюдений в солнцестояния 21.12.2008 г. – 21.12.2019 г. Исходные значения дифференцировались с шагом 1 для устранения суточной и посуточной гармоник, снижающих амплитуду спектральной плотности высокочастотных флуктуаций. Для определения частот с большими спектральными плотностями ряды сглаживались фильтром "окно Хемминга", а для устранения случайных шумов, влияющих на периодические циклы в периодограммах, проводилось косинус-сглаживание. Далее выполнялось преобразование в ряды Фурье, построение спектров и сравнение периодограмм. На рис. 1 представлено сравнение периодограмм $\text{int}297\text{-}330\text{nm}$ и hPa по данным измерений в солнцестояние 21.12.2015 г.

Рис. 1(а,б). Сравнение периодограмм $\text{int}297\text{-}330\text{nm}$ (AvaSpec-2048) и приповерхностного атмосферного давления (hPa) на метеостанции "Новолазаревская" по данным наблюдений 21.12.2015 г.

На графиках видно, что основная группа гармоник локализуется в интервале $\sim 4\text{--}7$ мин, образуя доминирующую группу в структуре спектра. При изучении общих характеристик временных рядов $\text{int}297\text{-}330\text{nm}$ и hPa использовалось понятие кросс-спектра, включающее кросс-периодограмму, кросс-амплитуду, фазу и квадрат когерентности (C_{xy}):

$$C_{xy}(t) = \frac{|A_{xy}(t)|}{G_x(t)G_y(t)} \quad (1)$$

где A_{xy} – кросс-амплитуда, G_x и G_y – уравнения гармоник

На рис. 2 представлены графики квадрата когерентности int297-330nm и hPa, полученные по данным наблюдений 21.12.2008 г. – 21.12.2019 г.

Рис. 2. Основная группа гармоник квадрата когерентности int297-330nm и приповерхностного атмосферного давления (hPa) на метеостанции "Новолазаревская" в даты солнцестояний 21.12. (2008 г. – 2018 г.)

На рисунке видно, что картина "пятиминутной группы" сохраняется на протяжении всего 24-го цикла СА. Во всех периодограммах выделяется группа со значимыми ($t > t_{\text{крит}}$) гармониками ~4–7мин, что практически тождественно максимуму амплитуды в частотном спектре солнечных осцилляций (3.3 mHz). Также видно, что амплитуда группы превышает соседнюю группу ~10 мин независимо от стадии СА. При этом следует отметить, что минимальные значения квадрата когерентности (C_{xy}) соответствуют максимуму СА (0.35 – 2013 г., 0.35 – 2014 г. и 0.45 – 2015 г.). Снижение C_{xy} объясняется увеличением шума, т.е. в нашем исследовании это

максимум СА, заглушающий эффекты солнечных осцилляций в нижней атмосфере.

Апробация спектральных наблюдений NUV297-400nm на арх. Северная Земля в 2018 г. Программа спектральных наблюдений NUV297-330nm на арх. Северная Земля (НИС "Ледовая база Мыс Баранова") выполняется с помощью оптоволоконного спектрометра AvaSpec-2048. Задача первого этапа заключалась в корректировке методики наблюдений int297-300nm, т.к. оптические характеристики атмосферы в высоких широтах Арктики отличаются от характеристик атмосферы Антарктики по содержанию аэрозолей, влажности, радиационному балансу, рассеиванию, экстинкции и др. В результате измерений int297-330nm в солнцестояние 21.06.2018 г. установлена группа "пятиминутных" гармоник, идентичная на рис. 1.

Заключение

Соответствие периодограмм int297-330nm и приповерхностного давления (hPa) свидетельствует о влиянии "пятиминутных" колебаний на пространственно-временной режим приземного барического поля. В этой связи следует ожидать зависимость процессов фотодиссоциации в тропосфере и фотосинтеза в биосфере от частотного спектра солнечных осцилляций. Эффективным способом исследования установленных зависимостей, изучения их роли в механизме солнечно-земных связей является проведение мониторинга светимости UVB(280-315nm)-UVA(315-400nm) на период 25-го цикла СА [4].

Авторы выражают глубокую благодарность начальнику Высокоширотной арктической экспедиции В.Т. Соколову и начальнику Российской антарктической экспедиции А.В. Клепикову за помощь в организации наблюдений.

Литература

1. Шаповалов С.Н. Спектральные исследования флуктуаций UV-радиации в зените атмосферы: связи с показателями верхней атмосферы и солнечными факторами (Антарктида) / Восьмая ежегодная конференция «Физика плазмы в Солнечной системе». 4–8 февраля 2013, ИКИ РАН, Москва. С. 150.
2. Шаповалов С.Н., О.А. Трошичев, А.М. Безгрешнов. «Колебания Солнца» в диапазоне 297-330nm по данным наземных спектральных наблюдений на ст. Новолазаревская (Антарктида) / Одиннадцатая ежегодная конференция «Физика плазмы в Солнечной системе». 15–19 февраля 2016, ИКИ РАН, Москва. С. 198.
3. Шаповалов С.Н., И.В. Иванов, Г.В. Юдин, А.В. Афанасьев. Наблюдения солнечного УФ-излучения в 24-ом цикле солнечной активности на ст. Новолазаревская (Антарктида) / Международная научная конференция «Комплексные исследования природной среды Арктики и Антарктики». Санкт-Петербург, 2 – 4 марта 2020 г. С. 198-199.
4. <http://www.aari.ru/main.php?lg=0&id=421>.