НАБЛЮДЕНИЯ СОЛНЕЧНОГО УФ-ИЗЛУЧЕНИЯ И МОДУЛЯ МАГНИТНОГО ПОЛЯ ЗЕМЛИ В ВЫСОКИХ ШИРОТАХ АРКТИКИ

Шаповалов С.Н., Турбин Ю.Г., Иванов В.И., Москвин И.В.
ФГБУ «Арктический и антарктический научно-исследовательский институт»
Санкт-Петербург, Россия

OBSERVATIONS OF SOLAR UV RADIATION AND THE EARTH'S MAGNETIC FIELD MODULE IN THE HIGH LATITUDES OF THE ARCTIC

Shapovalov S.N., Turbin Yu.G., Ivanov V.I., Moskvina I.V.
Arctic and Antarctic Research Institute, St. Petersburg, Russia

The results of spectral observations of solar UV radiation in the range NUV297–330nm on the summer solstice of 2019 at the NIS "Ice Base" Cape Baranova" (arch. Severnaya Zemlya) and the village of Barentsburg (arch. Svalbard). According to the values of the spectral density Int 297–330 nm, the main groups of fluctuations with periods of 3–7 min, 20–30 min corresponding to the harmonics of solar oscillations 2 MHz–4 MHz were identified. According to seasonal observations at the NIS "Ice Base" Cape Baranova" from 01.03.2019 to 31.08.2019, the relationship of the average daily values of Int 297–330 nm with the corresponding values of the absolute magnitude of the Earth's magnetic field module ($r \sim -0.6$) was established. The revealed dependence characterizes the NUV297–330 nm radiation as an indicator of the level of magnetic disturbance.

DOI: 10.31725/0552-5829-2021-309-312

Изменчивость климатической системы планеты, обусловленная процессами перераспределения тепла между разными регионами, может находиться в зависимости от колебаний солнечного ультрафиолетового излучения (UV). По данным The Solar Radiation and Climate Experiment (<http://lasp.colorado.edu/sorce>) амплитуда флуктуаций UV значительно превышает флуктуации в других участках солнечного спектра [1]. Исследование этого вопроса имеет важное значение в понимании механизма «Солнце–нижняя атмосфера», т.к. характеристики метеопараметров в нижней атмосфере, в т.ч. барические и температурные градиенты, формируются от поступающего к земной и водной поверхности излучения UVB(280–315 nm)–UVA (315–400 nm), вариация которого не следует 11-летнему циклу солнечной активности (СА), но коррелирует с изменением общего магнитного поля Солнца [2]. В связи с актуальностью темы в 2017–2019 гг. по программе геофизических наблюдений ААНИИ на период 24–25 циклов солнечной активности на арктических станциях НИС "Ледовая база "Мыс Баранова" (арх. Северная Земля, 79°16' с.ш., 101°37' в.д.) и "Российская арктическая экспедиция-Шпицберген" (п. Баренцбург, 78°04' с.ш., 14°13' в.д.) организованы спектральные наблюдения интенсивности диапа-

зон UVB-UVA и NUV297–330 nm. Наблюдения выполняются с помощью оптоволоконных спектрометров AvaSpec-2048 (<http://www.aari.ru/main.php>). Географическое положение пунктов наблюдений представлено на рис. 1.

В летнее солнцестояние 22.06.2019 г. в пунктах "BBG" и "BRN" выполнялись непрерывные круглосуточные измерения интенсивности солнечного излучения NUV297–330 nm с дискретностью ~3–5 с.

Рис. 1. Пункты наблюдений солнечного УФ-излучения в высоких широтах Арктики: BBG (78°04' с.ш., 14°13' в.д.) – "РАЭ-Ш" (п. Баренцбург, арх. Шпицберген); BRN (79°16' с.ш., 101°37' в.д.) – НИС "Ледовая база "Мыс Баранова" (арх. Северная Земля)

Наблюдения проводились с целью изучения спектральной плотности мощности флуктуаций и тождественности временных диапазонов потоков на долготном базисе ~1700 км. В результате Фурье-анализа рядов получены значения спектральной плотности и квадрата когерентности флуктуаций, которые представлены на рис. 2 (а, б, в). На графиках спектральной плотности отчетливо выделяются группы с максимальной амплитудой на периодах 3–7 мин, далее по убыванию – 20–30 мин (на "BRN"). Различие в амплитудах спектральной плотности между пунктами на периодах 20–30 мин связано с вынужденными условиями стационарного размещения спектрометра "BBG" в помещении с техногенными помехами. Тем не менее, общая картина временных диапазонов имеет функциональный вид, связанный с механизмом глобального фактора. Очевидно, что таким фактором является механизм колебаний Солнца в диапазоне 2mHz–7mHz (*p-modes*), т.н. "пятиминутные колебания". На рисунке "в" показан график квадрата когерентности Int297–330 nm ("BBG"/"BRN") как результат нормирования значений кросс-амплитуды при их возведении в квадрат и делении на произведение оценок спектральной плотности каждого ряда.

Следующим результатом является установленная связь сезонного изменения среднесуточных значений Int297–330 nm с абсолютной величиной модуля магнитного поля Земли (МПЗ). Измерения модуля МПЗ в пункте

"BRN" выполняются с помощью оверхаузеровского магнитометра POS-1 (технические характеристики магнитометра POS-1 полностью соответствуют принятому стандарту международной сети обсерваторий Intermagnet). На рис. 3 показано сравнение сезонного хода среднесуточных значений Int297–330 nm с величиной модуля МПЗ (F) за период с 01.03.2019 г. по 31.08.2019 г. На рисунке видна тесная отрицательная корреляция рядов как по фильтрам T4253H ($r \sim -0.6$), так и по сезонной динамике ($r \sim -0.8$).

По нашему мнению, отрицательная корреляция этих рядов может быть обусловлена следующими причинами. Во-первых, станция "BRN" находится в зоне полярных сияний. Здесь часто возникающие бухтообразные магнитные возмущения создаются полярными электроджетами, которые уменьшают величину модуля МПЗ. Во-вторых, увеличение интенсивности UV увеличивает проводимость ионосферы, что, в свою очередь, приводит к увеличению тока электроджетов (при одинаковой мощности их источников), к соответствующему уменьшению величины модуля МПЗ и к усилению магнитной возмущённости.

Рис. 2. Спектральная плотность мощности флуктуаций Int297–330 nm (AvaSpec-2048) по данным наблюдений 22.06.2019г.: а) "BRN" (арх. Северная Земля); б) "РАЭ-III" – "BBG"; в) периодограмма квадрата когерентности Int297–330 nm (BRN/ BBG)

По использованным данным, вклад вариаций Int297–330 nm в изменение МПЗ (рис. 3) составляет 80 нТл. На стадии подъема и пика СА этот вклад, вероятно, может быть существенно больше. В то же время на средних широтах, где токи электроджетов меняют своё направление на противоположное, установленная корреляция также может изменить знак на противоположный.

Рис. 3. Сравнение сезонного изменения среднесуточных значений Int297–330 nm (AvaSpec-2048) с ходом абсолютной величины МПЗ (F) за период с 01.03.2019 г. по 31.08.2019 г. в пункте "BRN" (79°16' с.ш., 101°37' в.д.)

Измерения Int297–330 nm в пунктах "BBg" и "BRN" 22.06.2019 г. показали соответствие временных диапазонов потоков. В спектральной плотности выделяются основная группа флуктуаций с периодами 3–7 мин, обусловленная влиянием механизма солнечных осцилляций (2mHz-7mHz) на спектр солнечной светимости в области UV. Изменение абсолютной величины модуля МПЗ в пункте "BRN" коррелирует с сезонным ходом Int297–330 nm ($r \sim -0.8$), что характеризует интенсивность UVB-UVA как индикатор уровня магнитной возмущенности.

Авторы выражают глубокую благодарность В.Т. Соколову и Ю.В. Угрюмову за помощь в организации наблюдений.

Литература

1. Benevolenskaya E.E., S.N. Shapovalov, I.G. Kostuchenko. Solar spectral irradiance and total solar irradiance at a solar minimum // Geomagnetism and Aeronomy. December 2014, Volume 54, Issue 7, pp. 926-932.
2. Shapovalov, S.N. Dependence of UVB-UVA Solar Radiation in the 280–400 nm Range on Changes in the Total Magnetic Field of the Sun // Russ. Meteorol. Hydrol. 2021. 46, 212–216.