

МОНИТОРИНГ УФ-ИНДЕКСА НА ПОЛЯРНЫХ СТАНЦИЯХ ААНИИ

Шаповалов С.Н.¹, Соломатникова А.А.², Рябинин И.О.²

¹Арктический и антарктический научно-исследовательский институт,
Санкт-Петербург, Россия

²Главная геофизическая обсерватория им. А.И. Воейкова, Санкт-Петербург, Россия

MONITORING OF THE UV-INDEX AT THE AARI POLAR STATIONS

Shapovalov S.N.¹, Solomatnikova A.A.², Ryabinin I.O.²

¹Arctic and Antarctic Research Institute, St. Petersburg, Russia

²Voeikov Main Geophysical Observatory, St. Petersburg, Russia

<https://doi.org/10.31725/0552-5829-2023-357-360>

A brief description of the monitoring of the UV index at AARI stations in the high latitudes of the Arctic and Antarctica for the prevention and prediction of dangerous levels of exposure to solar ultraviolet radiation on the human body in the conditions of the non-setting Sun is presented. The UV index is a quantitative indicator of the ultraviolet light coming to the earth's surface and is a measure of the relative damage to the skin depending on the wavelength. The monitoring program is designed for the period of an 11-year cycle of solar activity.

Влияние солнечного UV излучения на организм человека вызывает важные фотобиологические процессы. Хорошо известен ряд негативных эффектов, способствующих повреждению эпидермиса большой дозой UVB (280–315 nm) за короткое время, в частности, острые фотодерматозы, а также длительным облучением субэритемными дозами, вызывающим фотостарение, новообразования и др. Так как 70% потока UVB приходится на полуденное время, то в этом интервале эпидермис поглощает максимальное количество энергии UVB. Особенностью излучения UVB является поглощение квантов NUV 280–300 nm нуклеиновыми кислотами, что приводит к разрушению структуры ДНК и РНК. Для предупреждения об опасных уровнях воздействия солнечной радиации на организм человека Всемирной организацией здравоохранения (ВОЗ) используется количественный показатель поступающего на земную поверхность солнечного излучения в диапазонах UVB-UVA, т.н. УФ-индекс (UVI) – (www.who.int). UVI является мерой относительного повреждения кожи в зависимости от длины волны и определяется путем взвешивания спектра UVB-UVA по спектру действия эритемы [1]:

$$UVI_{ideal} = \int_{\lambda=297\text{ nm}}^{\lambda=400\text{ nm}} \frac{S(\lambda) \cdot CIE(\lambda)}{25\text{ mW/m}^2} d\lambda \quad (1)$$

$$UVI_{real} = \int_{\lambda=297\text{ nm}}^{\lambda=400\text{ nm}} \frac{S(\lambda) \cdot ERYCA(\lambda)}{25\text{ mW/m}^2} d\lambda \quad (2)$$

$$E = \frac{(UVI_{ideal} - UVI_{real}) \cdot 100}{UVI_{ideal}} \quad (3)$$

$S(\lambda)$ = sun UV spectrum
 $CIE(\lambda)$ = CIE087 standard curve
 $ERYCA(\lambda)$ = ERYCA response curve
 E = error in %

Согласно выводам в работе [2] изменение уровня UVI тесно коррелирует с индексом "число Вольфа" ($r \sim -0.7$ из-за уменьшения (увеличения) интегрального потока UVB-UVA при увеличении (уменьшении) пятнообразования на поверхности Солнца. Тем самым, уровень UVI, обусловленный флуктуациями мощности UVB-UVA в циклах Швабе-Вольфа и Хейла [3], является в некотором смысле показателем солнечной активности.

Индикатор ультрафиолетовой радиации для мониторинга УФ-индекса (UVI) в Арктике и Антарктиде.

В 2022 г. – 2023 г. на полярных станциях ААНИИ НИС "Ледовая база Мыс Баранова" (79°16' N, 101°45' E), ЛСП "Северный полюс", "Российская арктическая экспедиция-Шпицберген" (78°04' N, 014°13' E), а также на ст. Новолазаревская (70°46' S, 011°49' E) и ст. Восток (78°27' S, 106°50' E) выполнялись апробационные измерения UVI. Целью мониторинга являются измерения УФ-индекса по шкале ВОЗ от 0 до 11+ в условиях незаходящего Солнца. Положение пунктов наблюдений показано на рис. 1.

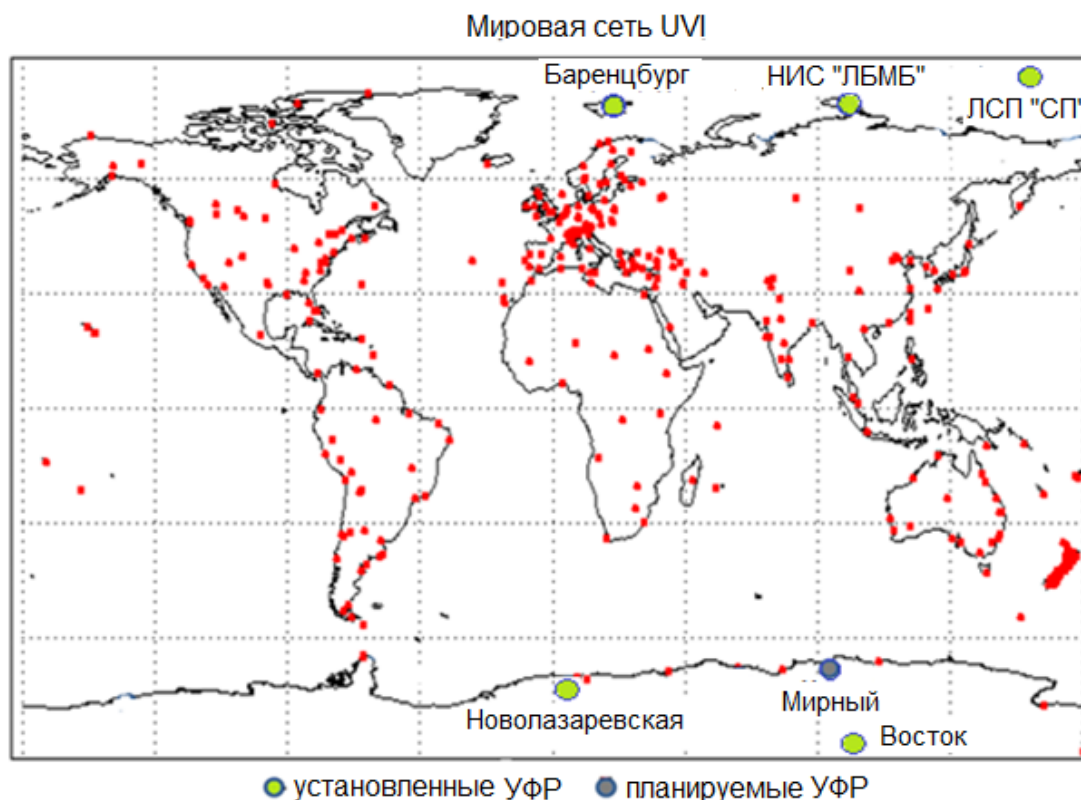


Рис. 1. Пункты наблюдений UVI на станциях ААНИИ в Арктике и Антарктиде

В измерениях UVI используется индикатор ультрафиолетовой радиации – УФР (ГГО им. А.И. Воейкова), регистрирующий уровень солнечного ультрафиолета от полусферы неба. Радиация от полусферы неба попадает через фторопластовый диффузор на фотодиод со встроенным усилителем и преобразуется через АЦП в txt-файл. Вид измерительного оптического блока УФР показан на рис. 2.

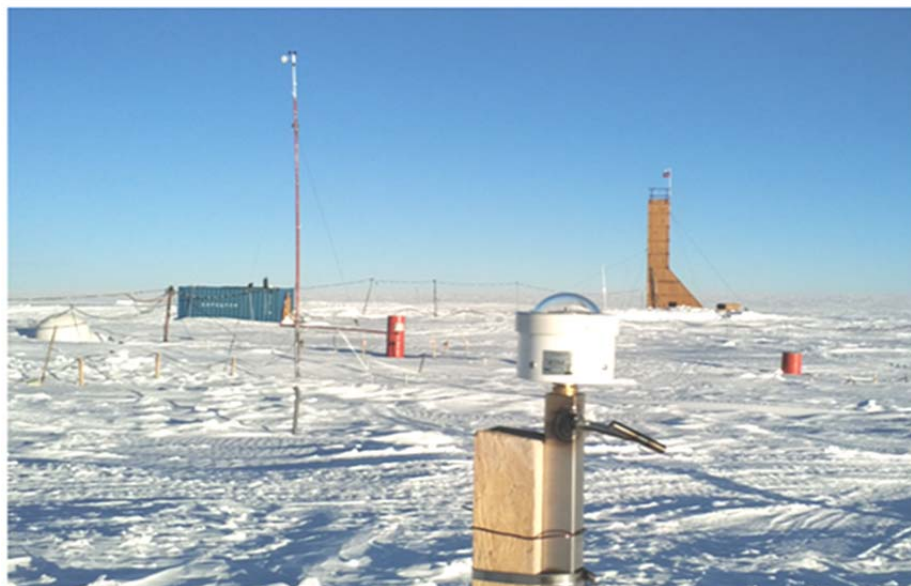


Рис. 2. УФР на ст. Восток (78°28'S, 106°48'E)

Технические характеристики УФР:

Область спектра	эритемно-активная радиация
Диапазон уровня	0 – 450 мВт/м ²
Индекс	1 – 11
Погрешность угловых характеристик	≤15%
Дискретность измерений	1 мин

Актуальной задачей мониторинга является сравнение уровня UVI в равноудаленных от экватора (по географической широте) пунктах Северного и Южного полушарий, т.к. годовые дозы суммарного UVB в разных регионах Земного шара имеют разную величину [4]. На рис. 3 представлены распределения спектральной освещенности солнечного излучения в диапазоне 290–400 nm для г. Альбукерке (35°07' N, 106°37' W) и г. Мельбурн (37°49' S, 144°58' E). Ряды построены по данным [5]. На графике видно, что в коротковолновой части UVB расхождение трендов имеет малую величину, всего <0.01% (λ290 nm), а на границе UVA (λ400 nm) расхождение увеличивается до >10% (~100 раз). Учитывая, что в атмосфере Антарктиды происходят сезонные изменения содержания озона ("озоновая дыра"), спектральная освещенность UVB-UVA в полярных регионах Земли может существенно различаться. Изучение этого вопроса выполняется по

программе наблюдений UVI в 25–26 циклах СА на ст. Восток и НИС "Ледовая база Мыс Баранова".

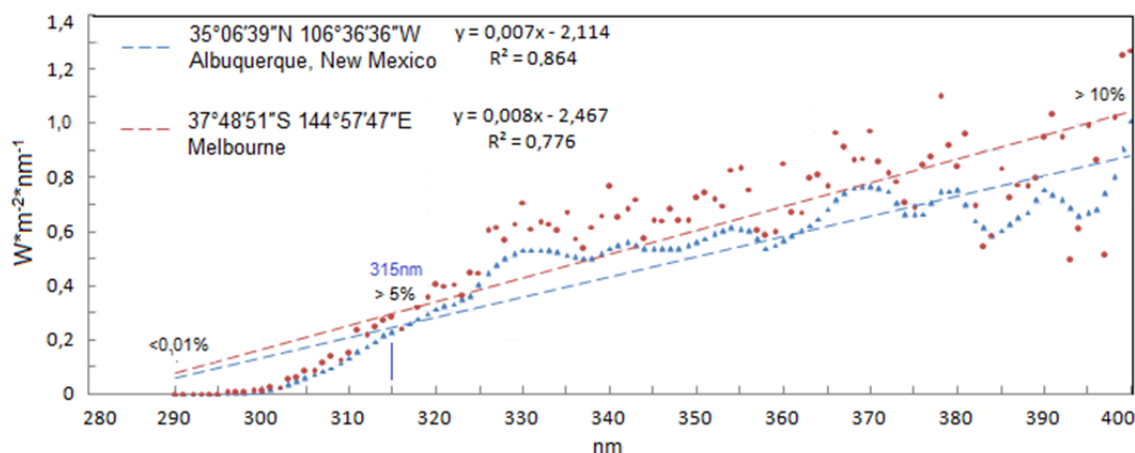


Рис. 3. Распределения спектральной освещенности UVB-UVA в г. Альбукерке (35°06'39"N, 106°36'36"W) и г. Мельбурн (37°48' S, 144°57' E)

В результате организации мониторинга UVI на полярных станциях ААНИИ получено обеспечение:

- автоматизированных измерений UVI в высоких широтах Арктики и Антарктиды;
- оперативной передачи данных на серверы ААНИИ и ГГО;
- анализа критериев и аномальных значений UVI на протяжении цикла Хейла (~22 года).

Авторы выражают глубокую благодарность Теплякову А.В., Петрову А.А., Сормакову Д.А., Степанову Н.А. и Иванову И.В. за активное участие в организации наблюдений.

Литература

1. WHO, Global solar UV Index: A practical guide, World Health Organisation (WHO), World Meteorological Organisation (WMO), United Nations Environment Program (UNEP), and International Commission on Non-Ionising Radiation Protection (ICNRP), Geneva, 2002.
2. Шаповалов С.Н. Оценка связи вспышек инфекционных болезней в мире с УФ-индексом за период 24 цикла солнечной активности // Всероссийская ежегодная конференция по физике Солнца «Солнечная и солнечно-земная физика – 2021». Сб. трудов конф. СПб: 2021. С.305-308. DOI: 10.31725/0552-5829-2021-305-308
3. 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, 46, 212–216, 2021. DOI: 10.3103/S1068373921030110
4. Белинский В.А. Андриенко Л.М. Ультрафиолетовая радиация Солнца и неба на Земном шаре. Атлас карт, номограмм и графиков. – Издательство Московского университета. 1976. 80 с.
5. Diffey, B.L. Sources and Measurement of Ultraviolet Radiation // Methods, 28, 4-13, 2002.