

THE MEASUREMENT OF ULTRAVIOLET RADIATION AT THE POLISH HENRYK ARCTOWSKI STATION (SOUTH SHETLANDS - ANTARCTICA) IN THE SUMMER OF 1994/95

Pavel Prošek

Department of Geography, Faculty of Science, Masaryk University, Brno

Michal Janouch

Solar and Ozone Observatory, Czech Hydrometeorological Institute, Hradec Králové

Introduction

The impairment of the ozone layer is at present most conspicuous in polar regions, particularly in the Antarctica (Chubachi 1985, Prather 1992, WMO 1994). The increased intensity of ultraviolet radiation as a result of these processes has had and will have a result for the development of natural ecosystems, including man (Smith 1992).

The Antarctic ozone anomaly representing the most extensive impairment of the ozone layer, is permanently keeping at its maximum both in the areal extent, and in the decrease in ozone. In 1994, in the course of September and October, it covered the area of 24 million square kilometres, penetrating to the north across the 50th degree of southern latitude and reaching up to the inhabited regions of South America (WMO 1994, NOAA 1994).

In the effort of contributing to the solution of the above problems, at the beginning of the south polar summer of 1994/95 the measurement of ultraviolet radiation intensity was also started at the Polish H. Arctowski Station. Its first results are included in the present paper.

Material used and procession results

For measuring UV-radiation UV-Biometer of the American firm Solar Light Co. was used. This gauge is an improved type of the so-called Robertson-Berger Biometer, and for monitoring UV-radiation it is used throughout the global network. The spectral range of the measured UV-radiation is delimited by the UV-radiation B band.

The basic unit of measurement in the case of UV-Biometer is MED/h (the so-called minimum erythemal dose per hour), defined as the intensity of UV-B radiation which, after an hour, causes the rise of erythema at the mean pigmented human cuticle. It is, so to speak, a unit bound to the UV-B radiation intensity by a relation described e.g. by McKinlay and Diffey (1987):

$$1 \text{ MED/h} = 5.83 \cdot 10^{-4} \text{ W/cm}^2$$

Before the installation proper, the UV-Biometer was compared to the Brewer spectrophotometer at the Solar and Ozone Observatory of the Czech Hydrometeorological Institute at Hradec Králové. The results of this test showed that the differences of the two apparatus did not exceed $\pm 7\%$, in most days compared they varied about $\pm 4\%$, which is at the limit of measurement accuracy. Thus a sufficient precision of the data measured was guaranteed. The apparatus was installed on the roof of the meteorological laboratory which is a part of the basic meteorological station of H. Arctowski Station (see Fig. 1 in previous article).

The intensity of UV-B radiation was measured from 29 Nov. 1994, together with further radiation fluxes (global and reflected Sun radiation, longwave atmospheric downward radiation and longwave terrestrial surface radiation) to 7 Feb. 1995 in 10-minute sums. This short time step also permits the evaluation of short-term fluctuations of UV-radiation conditioned by variable cloudiness. The ten-minute sums were further used for the determination of daily sums.

In the summer season of 1994/95 measurement of UV-B radiation was also carried out at King George Island at the Brazilian Commandante Ferraz Station and at the Korean King Sejong Station. The data obtained from the Brazilian station made it possible to obtain a somewhat more precise idea of the spatial variability of UV-radiation in the Admiralty Bay.

The basic factors conditioning the regime of UV-B radiation are cloudiness, ozone concentration and the position of the Sun towards the zenith (the zenith distance of the Sun). In the daily regime the effect of cloudiness is evident from Fig. 1 and it is much significant. In the figure two daily variations of UV-B radiation are presented for two days which are near in the calendar - one with small cloudiness (8 Jan. 1995 - mean cloudiness from the synoptic terms 09 and 15 h LMT was 5 tenths), the other with a practically overcast sky (4 Jan. 1995 - mean cloudiness 9.5 tenths). The drop in intensity of UV-B radiation, following from their comparison, reaches 90-95%.

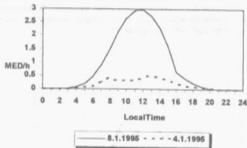


Fig. 1. An example of the daily variation of UV-B intensity (MED/h) on days with a great and a small cloudiness (4 and 8 Jan. 1995, respectively) at H. Arczowski Station

Przykład dobowej zmienności natężenia promieniowania UV-B (MED/h) dla dni z dużym i małym zachmurzeniem (4 i 8 stycznia 1995, odpowiednio) na Stacji im. H. Arczowskiego

Utilizing the results of the measurement of the total amount of ozone from the Argentinian station Marambio (54°13'S, 058°38'W) on two clear sky days with different ozone concentrations (16 Dec. 1994 - 341 DU and 24 Dec. 1994 - 295 DU) it is possible to give an example of affecting the intensity of UV-B radiation by this factor (Fig. 2). It is evident that the greatest

drop in the intensity of UV-B radiation occurs at small zenith distances of the Sun about noon (for the above days it is roughly $38^{\circ}30'$ between 11 and 13 h LMT). At greater zenith distances in the morning, in the afternoon and in the evening the differences in intensities conditioned by a different ozone concentration are more or less overlapped by the effect of the growth of the optical air mass and absorption factors connected with it.

The effect of the ozonosphere destruction on the intensity of UV-B radiation also follows from another graphical scheme (Fig. 3), presenting the comparison of data about mean intensities on clear sky days near the date of the solstice at the same zenith distances of the Sun between H. Arctowski Station ($62^{\circ}10'S$, $058^{\circ}28'W$) - 16, 24, 26, 27 Dec. 1994 - and the Solar and Ozone Observation of the CHMI at Hradec Králové ($50^{\circ}11'N$, $015^{\circ}50'E$), (27-30 Jun. 1995). With the exception of great zenith distances (70°) the intensities at the Antarctic station are higher in all examples stated than in the region of central Europe, on the average by 20%.

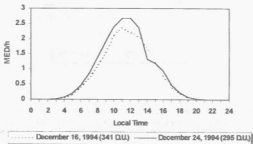


Fig. 2. Daily regime of UV-B radiation intensity (MED/h) at H. Arctowski Station at different ozone concentrations on 6 and 24 Dec. 1994

Dobowy przebieg natężenia promieniowania UV-B (MED/h) na Stacji im. H. Arctowskiego dla różnych poziomów koncentracji ozonu w dniach 6 i 24 grudnia 1994

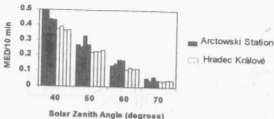


Fig. 3. The comparison of mean intensities of UV-B radiation (MED/10 min) at the stations of Hradec Králové and H. Arctowski on four clear sky days near the date of the summer solstice (Hradec Králové: 27-30 Jun. 1995) and the winter solstice (H. Arctowski: 16, 24, 26, 27 Dec. 1994) at the same zenith distances of the Sun

Porównanie średnich wielkości promieniowania UV-B (MED/10 min) na stacjach pomiarowych Hradec Králové i Arctowskiego dla czterech dni o niewielkim zachmurzeniu w terminie bliskim przesilenia letniego (Hradec Králové: 27-30 VI 1995) i zimowego (St. im. Arctowskiego: 16, 24, 26, 27 XII 1994) dla jednakowych odległości zenitalnych Słońca

The summer regime of UV-B radiation at the level of daily summary intensities is expressed in Fig. 4. Characteristic of it is the extraordinary interdiurnal variability resulting from the variability of cloudiness. In the course of the whole period of measurements it is thus impossible to speak of an unambiguous trend of development, conditioned by changes in the Sun's declination. Besides, characteristic of the series of daily sums is also a relatively considerable variability in space, evident from the comparison of data from the stations H. Arctowski and Commandante Ferraz. In a series of days (18, 21, 24 Dec., 11, 12, 21, 25, 27, 30, 31, Jan., 3 Feb.) the differences between the two stations are quite considerable and predominated are the positive deviations in favour of Ferraz station. The mean deviation of the two time series is 3.8 MED/day, the magnitude of the differences can be documented by their standard deviation (4.8 MED/day). Also in this case it is the consequence of different cloudiness regimes which can be, also at the small distance between the two stations (about 10 km), considerably different due to local changes both in the daily regime and in the summer one.

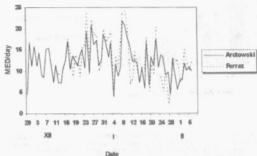


Fig. 4. Regime of the daily summary intensities of UV-B radiation (MED/day) in the summer of the Southern Hemisphere 1994/95 at the stations H. Arctowski and Commandante Ferraz

Przebieg dobowych sum natężenia promieniowania UV-B (MED/dobę) w trakcie antarktycznego lata 1994/95 na stacjach Commandante Ferraz i im. H. Arctowskiego

The effect of cloudiness on the summer regime of UV-B radiation intensity was - at the level of its daily sums - monitored indirectly via the correlation and regression of the daily sums of summary intensities of UV-B radiation (dependent variable) on daily summary intensities of global radiation (independent variable). This method was justified by the verification of the statistically significant correlation between the mean daily cloudiness and summary intensities of global radiation (see Prošek, Janouch, Kruszewski, 1998). Dependence of daily sums of UV-B radiation on the daily sums of global one is extraordinary high (Fig. 5) and nearly linear. Only very mild convex sagging of the curve, defined by second-degree polynomial, attest about slightly more significant increase of daily sums of UV-B radiation by small, than by high values of global radiation.

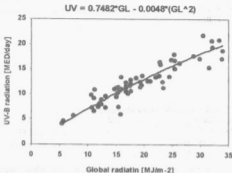


Fig. 5. The dependence of the daily summary intensities of UV-B radiation (MED/day) on daily summary intensities of global radiation (MJ/m²) in the period of 8 Dec. 1994 - 7 Feb. 1995 at H. Arctowski Station

Zależność między dobowymi sumami natężenia promieniowania UV-B (MED/dobę) a dobowymi sumami promieniowania całkowitego (MJ/m²) w okresie 08.12.1994. - 07.02.1995. na Stacji im. H. Arctowskiego

Conclusion

The present contribution represents only the first presentation of the results of the measurements of UV-B radiation carried out at H. Arctowski Station in the polar summer for a period only a little longer than 2 months. The matter was, among others, also the verification of the qualities of the employed measuring technology and the way of its installation under requiring Antarctic conditions with the intention of installing it permanently at the beginning of the summer of 1995/96. It was possible to carry out this plan,

so that further data sets of UV-B radiation will already have a whole-year character and will permit not only a more detailed procession of their overall level and variability, but also factors affecting them and - on the other hand - consequences they can have on the selected ecosystems of the surroundings of H. Arctowski Base.

References

- Chubachi S., 1985, A special ozone observation at Syowa station, Antarctica from February 1982 to January 1983. *Atmospheric ozone* (C. S. Zerefos, A. Ghazi, Hrsg.) Verlag D. Reidel, Dordrecht, 285 pp.
- Prather M. J., 1992, *Scientific Assessment of ozone Depletion*. WMO - GO RMP Report No. 37, Geneva.
- WMO, 1994, *Southern Hemisphere Winter Summary 94/4*, NOAA, Climate Analysis Center, Washington, December 15, 1994.
- McKinlay A., Diffey B. L., 1987, A reference action spectrum for ultraviolet induces erythema in human skin, in *Human Exposure to Ultraviolet Radiation: Risk and Regulations* (Eds. W. R. Passchier and B.F.M. Bosnjakovic), Amsterdam, pp. 83-87.
- Prošek P., Janouch M., Kruszewski G., 1996, Components of the Radiation Balance and their Regime in the Summer of 1994/95 at H.Arctowski Station (the South Shetlands). *Problemy Klimatologii Polarnej* 6, WSM Gdynia, pp.77-77.
- Smith R.C., Prezelin B.B., Baker K.S., Bidigare R.R., Boucher N.P., Coley T., Karentz D., MacIntyre S., Matlick H.A., Menzies D., Ondrusek M., Wan Z., Waters K.J., 1992, Ozone Depletion: Ultraviolet Radiation and Phytoplankton Biology in Antarctic Waters. *Science*, 52, pp. 952-959.

**POMIARY PROMIENIOWANIA ULTRAFIOLETOWEGO
NA POLSKIEJ STACJI ANTARKTYCZNEJ
im. H. ARCTOWSKIEGO (SZETLANDY POŁUDNIOWE)
PODCZAS ANTARKTYCZNEGO LATA 1994/95**

Streszczenie

W trakcie antarktycznego lata, w dniach 29.11.94 - 07.02.95 na Stacji im. H. Arctowskiego przeprowadzono serię pomiarów promieniowania UV. Do pomiarów wykorzystywano przyrząd firmy Solar Light Co., UV-Biometer 501. W zakresie zainteresowań leżało potwierdzenie znacznej zmienności zarówno dobowych jak i sezonowych wartości natężenia promieniowania w widmie UV-B, warunkowanej nade wszystko zachmurzeniem, koncentracją ozonu i odległością zenitalną Słońca. Wstępne porównanie natężenia promieniowania UV-B, przy jednakowych odległościach zenitalnych Słońca, pomiędzy Europą Środkową (Hradec Králové) i Stacją im. H. Arctowskiego potwierdziło wyższy poziom radiacji w widmie UV-B w przypadku tej drugiej.

Natężenie promieniowania UV-B mierzone było w postaci 10-minutowych sum. Ten stosunkowo krótki czas pozwala na wychwycenie krótkookresowych zmian promieniowania UV warunkowanych zmiennym zachmurzeniem. Sumy 10-minutowe posłużyły do obliczania sum dobowych.

W okresie antarktycznego lata 1994/95 identyczne pomiary promieniowania UV-B prowadzone były na położonych również na Wyspie Króla Jerzego stacjach Commandante Ferraz (Brazylia) i King Seyong (Korea Południowa). Dane uzyskane ze stacji Commandante Ferraz pozwalają precyzyjnie określić obraz zmienności promieniowania UV w obrębie Zatoki Admiralicji.

Podstawowymi czynnikami warunkującymi zmienność promieniowania UV-B są zachmurzenie, koncentracja ozonu i odległość zenitalna Słońca. Wpływ zachmurzenia na dobowy poziom natężenia promieniowania UV-B ilustruje rycina 1, przedstawiająca jego przebieg dla dwóch dni - o dużym i małym zachmurzeniu.

Przykład wpływu zmian zawartości ozonu w atmosferze na wielkość zmierzonego natężenia promieniowania UV-B oddaje rycina 2 (dane na temat ilości ozonu pochodzą ze stacji Marambio). Jest rzeczą oczywistą, że największy spadek natężenia promieniowania UV-B warunkowany wzrostem ilości ozonu ujawnia się w godzinach południowych. Przy większych odległościach zenitalnych Słońca rano i wieczorem różnice w natężeniu promieniowania UV-B spowodowane zmianami koncentracji ozonu są w mniejszym lub większym stopniu niwelowane przez efekt optycznego wzrostu grubości atmosfery i związane z tym procesy absorpcji promieniowania. Wpływ niszczenia ozonosfery na natężenie promieniowania UV-B pokazuje także rycina 3. Zawarto na niej porównanie średnich wartości natężenia promieniowania UV-B dla dni o małym zachmurzeniu w okresach zbliżonych do terminów przesilenia letniego (odpowiednio dla obu półkul) i przy tych samych odległościach zenitalnych Słońca dla Stacji Arctowskiego i Hradec Králové. Poza przypadkiem dużej odległości zenitalnej (70°) natężenie to jest wyższe na Stacji Arctowskiego niż w Europie Środkowej o około 20%.

Zmienność dobowych sum promieniowania UV-B latem 1994/95 na Stacji im. Arctowskiego i Commandante Ferraz przedstawia rycina 4. Dość znaczne różnice występujące między tymi oddalonymi o około 10 km stacjami należy tłumaczyć raczej jako wynik odmiennych warunków lokalnych, objawiających się w przebiegu zachmurzenia.

Efekt wpływu zachmurzenia na zmiany natężenia promieniowania UV-B w okresie lata na poziomie sum dobowych badano pośrednio poprzez określenie korelacji i regresji tychże (zmienna zależna) z dobowymi sumami promieniowania całkowitego (zmienna niezależna). Wykazano statystycznie istotny związek sum promieniowania całkowitego ze średnim zachmurzeniem (zob. Prošek, Janouch, Kruszewski, 1996). Zależność dziennych sum promieniowania UV-B od adekwatnych wartości promieniowania całkowitego jest wysoka i ma przebieg niemal liniowy - patrz rycina 5.

Niniejsza praca zawiera jedynie wstępne wyniki z pilotażowych pomiarów prowadzonych w okresie ponad 2 miesiące antarktycznego lata. Istotą tych pomiarów, poza innymi, była jakościowa weryfikacja stosowanych metod pomiarowych i ich przydatności w warunkach antarktycznych. Miało to w efekcie doprowadzić do rozpoczęcia całorocznej serii pomiarów promieniowania UV-B na St. Arctowskiego latem 1995/96, co też się stało.