

Streszczenie pracy doktorskiej mgr inż. Agnieszki Ewy Czerwińskiej pt.:

„Analiza pomiarów i modelowanie biologicznie czynnego promieniowania UV Słońca dla wybranych miejsc w Polsce – ocena efektów fotomedycznych”

W niniejszej rozprawie doktorskiej przedstawiono scenariusze zbilansowania prozdrowotnych i szkodliwych skutków promieniowania UV, podczas kontrolowanego naświetlania promieniami słonecznymi, tak aby ograniczyć jego szkodliwy wpływ (niszczenie struktury DNA, rumień) i osiągnąć maksymalne korzyści, takie jak wzrost poziomu witaminy D₃ w organizmie, czy też leczenie zmian łuszczykowych. W literaturze wskazywana jest potrzeba prowadzenia działań w tym zakresie, a także znalezienia metody pomiarowej, która pozwoli na równoczesną ocenę zagrożeń i korzyści już w trakcie ekspozycji na naturalne promieniowanie UV.

W pracy określono metodykę jak z pomiarów promieniowania erytemalnego z zastosowaniem, np. szerokopasmowych biometrów powszechnie używanych na stacjach meteorologicznych lub tanich indywidualnych mierników indeksu UV, wyznaczyć biologicznie czynne napromienienie związane z niszczeniem struktur DNA, skórą syntezą witaminy D₃ oraz usuwaniem zmian łuszczykowych. Procedura została opracowana wykorzystując pomiary spektrofotometrem Brewera w Belsku. Wyznaczono tabele ilorazów pomiędzy natężeniem napromienienia niszczącego DNA, antyłuszczykowego i witaminalnego, a natężeniem napromienienia erytemalnego. Algorytm obliczeniowy został zbudowany na podstawie danych zebranych w latach 2000-2010 i zweryfikowany z zastosowaniem widm promieniowania UV zmierzonych w latach 2011-2014. Stwierdzono zgodność wartości modelowanych z wartościami obserwacyjnymi. Dla napromienienia witaminalnego i niszczącego DNA zgodność natężeń zaczyna się pogarszać dla kątów zenitalnych Słońca powyżej 65°. Dla napromienienia antyłuszczykowego zgodność jest dobra dla wszystkich kątów zenitalnych Słońca. Procedurę obliczeniową można efektywnie wykorzystać dla wyznaczania natężeń napromienienia witaminalnego i niszczącego DNA w godzinach od 9:00 – 16:00 (czas lokalny) w sezonie wiosenno-letnim.

Jest to okres, na który zwykle przypada aktywność człowieka na wolnym powietrzu i procedura będzie przydatna do oceny indywidualnego napromienienia człowieka. Ponadto opracowano tabele ilorazów i algorytm obliczeniowy dla dawek dziennych. Na podstawie zgodności wartości obserwacyjnych z modelowanymi oraz biorąc pod uwagę fakt, że odchylenia standardowe zwykle nie przekraczają kilku procent wartości średniej, stwierdzono, że procedurę obliczeniową można efektywnie wykorzystać dla wyznaczania dziennych dawek napromienienia o skuteczności antyłuszczycowej, niszczenia DNA i witaminowej, mając do dyspozycji zmierzone dawki dzienne erytemalne.

Stosując wspomnianą wcześniej metodykę i mając do dyspozycji serię pomiarową dziennych dawek napromienienia erytemalnego z lat 1976-2014 w COG Belsk wyznaczono dzienne dawki napromienienia dla innych efektów biologicznych. Następnie obliczono trendy promieniowania UV o skuteczności erytemalnej, witaminowej, antyłuszczycowej i niszczenia DNA. Zaobserwowano, że w roku 2005 trend zmienia się z rosnącego na malejący. W związku z tym zastosowano niestandardową metodę badania trendu. Metoda opierała się na generacji potencjalnie możliwych serii czasowych o cechach zbliżonych do serii pomiarowej, a następnie wyznaczeniu istotności statystycznej współczynnika liniowego trendu w latach 1976-2005 i 2005-2014 na podstawie własności zespołu składającego się z wielu takich hipotetycznych serii (w naszym przypadku 100 000). Około 2005 roku obserwuje się zmianę kierunku trendu w biologicznie czynnym napromienieniu w Belsku. Wyraźny, rosnący trend w latach 1976-2005 w sezonowych i miesięcznych sumach napromienienia zostaje zastąpiony przez malejący trend w latach 2005-2014, który jest najlepiej widoczny w sezonowych sumach napromienienia. Trendy te są mniej wyraźne w sumach miesięcznych. Wykazano, że zmiana nie jest wynikiem odwrócenia trendu w całkowitej zawartości ozonu, a prawdopodobnie spowodowana jest wzrostem zachmurzenia lub grubości optycznej aerozolu atmosferycznego.

Stosując opracowane w pracy algorytmy przeliczeniowe, oraz wykorzystując wyniki wykonanych przez autora pomiarów w trakcie kampanii Bałtyk 2014, przedstawiono pro-zdrowotne scenariusze opalania w celu osiągnięcia właściwej dawki witaminy D₃, a także przeprowadzenia helioterapii antyłuszczycowej nad Morzem Bałtyckim. Na podstawie wykonanych obliczeń i pomiarów stwierdzono, że w warunkach bezchmurnego nieba wyniki pomiarów indeksu UV wyselekcjonowanymi tanimi ręcznymi miernikami są zgodne z wartościami modelowanymi indeksu UV otrzymanymi z równania

transferu promieniowania w atmosferze. Ponadto w warunkach zachmurzonego nieba indywidualne mierniki mogą służyć do oceny warunków napromienienia w miejscu opalania. Na podstawie obliczonych personalnych dawek napromienienia witaminowego stwierdzono, że stosując krem z filtrem SPF 30 (zalecanym przez dermatologów) podczas całego pobytu na słońcu, nie jest możliwe osiągnięcie dawki, odpowiadającej wymaganemu dziennemu zapotrzebowaniu na witaminę D₃. Obliczono także dawki antyłuszczycowe i ustalono, że latem nad Bałtykiem można stosować helioterapię antyłuszczycową.

Kolejnym etapem było określenie, w jakim stopniu aglomeracja miejska wpływa na promieniowanie ultrafioletowe o skuteczności erytemalnej. Różnica w poziomie promieniowania pomiędzy Warszawą, a miejscowością mniej zanieczyszczoną, jaką jest Belsk, została stwierdzona na podstawie danych pomiarowych ze spektrofotometrów Brewera, działających jednocześnie w tych miejscowościach. Średnia różnica wskazań obydwu przyrządów, dla bezchmurnego nieba, nie przekroczyła 5%, podczas gdy ta różnica wyniosła ponad 1% w sytuacji kiedy przyrządy działały w Belsku. Modelowe obliczenia pokazały, że średnia różnica wynikająca z położenia geograficznego wynosi 2%. Na tej podstawie stwierdzono, że wpływ specyficznego aerozolu miejskiego na biologicznie czynne promieniowanie ultrafioletowe jest niewielki (~ 2%) i porównywalny do różnicy, wynikającej z położenia geograficznego. Dla pomiarów wykonywanych w każdych warunkach atmosferycznych średnia różnica dawek okołopołudniowych pomiędzy dwoma stacjami była o 1% wyższa niż dla nieba bezchmurnego, przy jednoczesnym wzroście wartości współczynnika zmienności, co było wynikiem wpływu lokalnego zachmurzenia na poziom promieniowania UV. Stwierdzono, że aglomeracja miejska nie generuje specyficznego zachmurzenia osłabiającego promieniowanie UV. Przeprowadzenie helioterapii prozdrowotnej w Warszawie jest zatem możliwe i tak samo efektywne, jak w miejscowościach podwarszawskich.

Summary of PhD thesis of Agnieszka Ewa Czerwińska entitled:

„Analysis of measurements and modelling of the biologically active UV radiation from the Sun for selected sites in Poland – assessment of photo-medical effects”

This dissertation presents the scenarios how to balance pro-healthy and detrimental effects of the UV radiation during controlled heliotherapy in order to minimize harm (erythema appearance and DNA damage) and maximize gain (increase of vitamin D level, psoriasis clearance). Referring to the literature, there is a need of finding a methodology to assess the potential risk and benefit at the moment of exposition to natural UV radiation.

The PhD thesis presents the method of transition from erythemally weighted UV radiation to other biological weighted radiation (such as DNA damage, psoriasis clearance and synthesis of vitamin D₃) with the use of measurements with broadband bio-meters (commonly used in meteorological stations) and hand-held UV index meters. The procedure has been developed analyzing the long-term measurements with the Brewer spectrophotometer at Belsk. The look-up tables containing the ratio between irradiance weighted with non-erythemal action spectra (DNA damage, psoriasis clearance, vitamin D₃ synthesis) and erythemal irradiance have been determined. The calculation algorithm has been built with the use of data collected in the years 2000-2010 and verified with the data collected in the years 2011-2014. An agreement of the modeled values with the observed ones has been found. The correspondence between the modeled and the observed vitamin and DNA-damage irradiance becomes slightly worse for the solar zenith angles greater than 65°. For the antipsoriatic irradiance the model/observation agreement appears satisfying for the whole range of solar zenith angles considered. The calculation algorithm can be effectively used to mimic vitamin and DNA-damage irradiance between 9 am and 4 pm (local time) in the spring-summer period. It is the period when more time is spent outdoors and the algorithm has the highest accuracy in the personal doses calculations. Moreover, the algorithm has also been prepared to calculate non-erythemal daily doses

based on the daily erythemal doses. The procedure can be effectively used to calculate antipsoriatic, DNA-damage and vitamin radiation daily doses from standard measurements with broad-band biometers used in the UV monitoring.

The erythemal daily doses of the UV radiation measured in the years 1976-2014 at Belsk are transformed to biologically effective (vitamin D₃ synthesis, DNA damage, psoriasis clearance). The monthly and yearly trends of daily doses are calculated. It is found that the trend reversed in 2005 from increasing to decreasing one. Taking this into consideration, an original method is proposed for examining the trend significance. The method is based on the generation of hypothetical time series with statistical features resembling those in the measurement time series. The statistical significance of the trends in the periods 1976-2005 and 2005-2014 is determined, analyzing the trend values of many hypothetical time series (100 000). The trend reverse in 2005 is found at Belsk in all-analyzed biologically active UV radiation. Increasing trends in the period 1976-2005 in seasonal and monthly sums of the daily doses were replaced by the decreasing trend in the years 2005-2014, which can be more apparent in seasonal sums. The sources of such trend reverse are discussed. It seems that changes of the aerosol/clouds properties are responsible for the UV trend pattern break.

During Baltic 2014 field campaign, which was conducted by the author of this PhD thesis, the measurements of the UV index are used to prepare pro-healthy scenarios of safe tanning to gain the recommended dose of the vitamin D₃ level due to solar radiation. A possibility of the antipsoriatic heliotherapy on the Baltic coast is also examined. It is found that individual hand-held UV index meters can be used to assess in-situ UV radiation doses. The sufficient daily dose of vitamin D₃ from the skin synthesis could be received only if sunscreens are used after 20-30 minutes of sunbathing without any sun protection. Dermatologists suggest that sunscreens should be used all the time, which in turn causes inadequate vitamin D₃ level. The examination of the antipsoriatic doses received during the Baltic 2014 campaign provides that it is possible to conduct the antipsoriatic heliotherapy there. The antipsoriatic heliotherapy was previously commonly conducted in the selected health-care centres in the Canary Islands and at the Dead Sea.

The last chapter of the dissertation analyzes a city agglomeration impact on the erythemal weighted UV radiation. Differences between erythemal doses collected by the

Brewer spectrophotometers in Warsaw and at Belsk are calculated. Mean difference between both spectrophotometers midday 6h (symmetrically around noon) doses for the clear sky is about 5%, while it was around 1%, when they were working together at the same location (Belsk). Modeled values (from the clear-sky radiation transfer model) showed that the midday 6h doses, due to the difference in geographic location, are 2% lower in Warsaw. It allows for concluding that the specific city aerosol induces only 2% decline of erythemal radiation, which is similar to that caused by the geographic location difference. For all sky conditions the mean difference in the midday 6h doses between two location was only 1% greater than that for the clear sky. Thus, the city agglomeration does not generate any specific cloudiness that could weaken the UV radiation. Pro-healthy heliotherapy is possible also in a large agglomeration and can be as effective as in the suburbs.