

Dorota Matuszko

WĄTPLIWOŚCI TERMINOLOGICZNE DOTYCZĄCE PROMIENIOWANIA SŁONECZNEGO

Zarys treści: W opracowaniu rozważano poprawność terminologii z zakresu promieniowania słonecznego stosowaną w pracach klimatologicznych. Zwrócono uwagę na zastrzeżenia, jakie budzą definicje dwóch podstawowych wielkości charakteryzujących promieniowanie mierzone na naziemnych stacjach meteorologicznych, mianowicie usłonecznienia i całkowitego promieniowania słonecznego. Wskazano niektóre przyczyny nieścisłości językowych i przedstawiono propozycje nowych terminów.

Słowa kluczowe: terminologia klimatologiczna, usłonecznienie, całkowite promieniowanie słoneczne, energia słoneczna, wartość progowa heliografu

Key words: climatological terms, sunshine duration, total solar radiation, solar energy, heliograph threshold value

Wstęp

Niepokojącym symptomem we współczesnej literaturze naukowej jest wprowadzanie dowolnej terminologii, co powoduje, że w publikacjach używane są pojęcia, które przez różnych autorów rozumiane są w wieloraki sposób. Zjawisko to dotyczy przede wszystkim nauk interdyscyplinarnych. Terminologia z zakresu promieniowania pochodzi z wielu dyscyplin i często te same terminy oznaczają co innego u różnych autorów (Madany 1996). Warto zaznaczyć, że nazewnictwo używane przez klimatologów nie zawsze jest precyzyjne i zgodne z terminologią stosowaną przez naukowców z innych dziedzin, np. fizyki czy techniki. Wiele terminów tłumaczonych jest wprost z języka angielskiego, co nie zawsze oddaje właściwy sens wyrażenia po polsku. Niektóre pojęcia angielskie, np. z zakresu klimatologii satelitarnej, nie mają jeszcze polskich odpowiedników.

Celem niniejszego opracowania jest próba uporządkowania terminów dotyczących promieniowania słonecznego. Praca ta stanowi przyczynek do tego, by język publikacji

naukowych był prosty, komunikatywny, precyzyjny, czyli jednakowo rozumiany przez wszystkich.

Energia słoneczna

Według Chwieduk (2004), norma PN-EN ISO 9488 *Energia słoneczna. Terminologia*, ustanowiona przez Polski Komitet Normalizacyjny, powinna mieć fundamentalne znaczenie w unormowaniu krajowego nazewnictwa z tej dziedziny. Wątpliwości naukowców budzi już sam termin „energia solarna”, który zdaniem Chwieduk (2004) jest nieprawidłowy i powinien być zastąpiony pojęciem „energia słoneczna”. Zatem warto się zastanowić, czy przymiotnik „solarny” w odniesieniu do klimatu, właściwości, cech itp. jest odpowiedni, czy może lepiej stosować słowo „słoneczny” bądź „radiacyjny”, choć ten ostatni termin oznacza promieniowanie w ogóle, a nie tylko słoneczne. W *Słowniku meteorologicznym* (2003) używane jest pojęcie „energia słoneczna”, ale istnieje też definicja „klimatu radiacyjnego”, którego synonimem jest „klimat solarny”. Znamienne jest to, że *Słownik języka polskiego* (1988) nie zawiera pojęcia „solarny”, a jedynym wyrazem o przedrostku solar- jest „solarium”.

Usłonecznienie

Dyskusyjna jest również definicja „usłonecznienia”, która jest powszechnie stosowana w polskiej literaturze klimatologicznej (m.in. Kossowska-Cezak i in. 2000, Kożuchowski 2005, Podstawczyńska 2007, Woś 1996). Według autorów wymienionych publikacji oraz *Słownika meteorologicznego* (2003, s. 347), usłonecznienie rzeczywiście to *liczba godzin, podczas których tarcza słoneczna nie jest zasłonięta przez chmury, czyli czas występowania promieniowania bezpośredniego; do pomiaru usłonecznienia służy heliograf*. Należy jednak zauważyć, że w przypadku występowania chmur wysokich tarcza słoneczna może być zasłonięta tymi chmurami, a heliograf rejestruje usłonecznienie, ponadto promieniowanie słoneczne, przechodząc przez chmurę krystaliczną, może być częściowo rozproszone, a więc do heliografu dochodzi suma promieniowania bezpośredniego i rozproszonego, czyli całkowite promieniowanie słoneczne.

Według Róźdzżyńskiego (1996, s. 101), określenie „usłonecznienie” jest *pojęciem subiektywnym i dotyczy względnej jasności tarczy słonecznej na otaczającym tle, jakim jest rozproszone światło niebosłonu. Jako takie jest ono zatem bardziej odnoszone do promieniowania widzialnego niż do energii promieniowanej na innych długościach fal*. Uzupełnieniem tej definicji jest pojęcie „usłonecznienia” cytowane w instrukcji IMGW (Róźdzżyński 1996, s. 101). Według zalecenia komisji CIMO (*Commission for Instruments and Methods of Observation*) Światowej Organizacji Meteorologicznej (WMO): *stosownie do definicji użytecznej dla celów meteorologicznych usłonecznienie określane jest od wielu lat za pośrednictwem standardowego heliografu Campbella-Stokesa, który w 1964 r. został przez WMO przyjęty jako „tymczasowy wzorcowy rejestrator usłonecznienia” – IRSR, z założeniem, że wszystkie opublikowane w świecie dane dotyczące usłonecznienia zostaną sprowadzone do wzorca IRSR. Charakterystyka techniczna tego wzorca jest ściśle zdefiniowana, a ważną właściwością przyrządów do pomiaru usłonecznienia jest ich próg zadziałania*.

W tym aspekcie niezwykle ważnym problemem jest wartość progowa, od której liczy się usłonecznienie ze względu na wprowadzenie w ostatnich latach czujników elektronicznych do pomiaru liczby godzin ze słońcem. Według nowej terminologii (Podogrocki, Żółtowska 2008), „usłonecznienie” rozumiane jest jako przedział czasu, w którym do powierzchni Ziemi dociera bezpośrednio promieniowanie słoneczne powyżej przyjętego progu $120 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$.

Duże wątpliwości budzi zatem podawana przez różnych autorów wartość progowa heliografu, która ma wpływ na wielkość mierzonego usłonecznienia. Kątowno wartość progową heliografu szacuje się od 3 do 5° wysokości Słońca nad horyzontem. Zdaniem Kuczarskiego (1990), heliografy Campbella-Stokesa rozpoczynają notowanie usłonecznienia dopiero od momentu, w którym natężenie promieniowania słonecznego przekracza lub jest równe $279,2 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$, a we wcześniejszych pracach (np. Słomka 1957, Zinkiewicz 1962) podawano wartość $0,3\text{--}0,4 \text{ cal}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{min}^{-1}$ ($1 \text{ cal}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{min}^{-1} = 697,8 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$; za: Hess, Olecki 1990). Obecnie na stacjach meteorologicznych jako *wartość progową heliografu uznaje się $120 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$* (m.in. Rózdżyński 1996, s. 101; Podstawczyńska 2007, s. 24), lecz dotyczy ona elektronicznych rejestratorów usłonecznienia. Co ciekawe, w *Słowniku meteorologicznym* (2003) jako wartość progową heliografu podano $20 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$, ale prawdopodobnie jest to błąd drukarski. W praktyce trudno jest dokładnie zmierzyć wartość progową heliografu, ponieważ wypalenie śladu na pasku heliografu zależy nie tylko od natężenia promieniowania słonecznego, ale także od grubości, wilgotności i koloru paska.

Rejestratory elektroniczne, ze względu na większą czułość przyrządu (niższą wartość progową), wykazują w ciągu dnia znacznie większą liczbę godzin ze słońcem od pomiaru heliografem Campbella-Stokesa. W dniach z dużym zachmurzeniem nawet krótkotrwałe odsłonięcie tarczy słonecznej rejestrowane jest przez czujnik elektroniczny. Zdarza się tak nawet przy całkowitym pokryciu nieba chmurami odmiany *translucidus*. Z tego powodu do analizy zmienności wieloletniego przebiegu usłonecznienia należy podchodzić z dużą ostrożnością, zwłaszcza gdy analizowane są wyniki z tych dwóch przyrządów. Przyczyną wzrostu usłonecznienia w ostatnich latach może być zmiana przyrządu pomiarowego, a nie tylko czynniki naturalne lub antropogeniczne.

Powyższe definicje usłonecznienia budzą wątpliwości, dlatego proponuję, aby definiować *usłonecznienie rzeczywiste jako czas wyrażony w godzinach lub minutach, w których rejestrowany jest przez heliograf (lub czujnik elektroniczny) dopływ promieniowania słonecznego dochodzącego do powierzchni ziemi*. Koniecznie należy podać, jakim przyrządem mierzone jest usłonecznienie, bo otrzymana wartość zależy od progu czułości rejestratora i brak takiej informacji może prowadzić do błędnej interpretacji wyników.

Usłonecznienie względne to stosunek usłonecznienia rzeczywistego do usłonecznienia możliwego i wyrażone jest w procentach. Usłonecznienie możliwe może być obliczane trzema różnymi sposobami (Chomicz, Kuczarska 1971):

- 1) jako długość dnia od wschodu do zachodu Słońca. Ten sposób obliczania usłonecznienia względnego zaleciła WMO w 1953 r. (Sivkov 1964), a astronomiczna długość dnia wyznaczana jest na podstawie tablic słonecznych, bez uwzględniania poprawki heliograficznej (Słomka 1957);

- 2) jako odstęp czasu pomiędzy rzeczywistym wschodem i zachodem Słońca w danym punkcie, a więc z uwzględnieniem zakrycia horyzontu;
- 3) jako odstęp czasu pomiędzy momentami początku i końca rejestracji heliograficznej w dni pogodne (bezchmurne).

Wartości usłonecznienia możliwego wyznaczone wymienionymi metodami są różne. Aby wyniki były porównywalne (szczególnie w stosunku do prac wcześniejszych), należy zawsze podawać, który sposób obliczania był stosowany. Pewną niekonsekwencją jest określenie „czas trwania usłonecznienia”, ponieważ już w pojęciu „usłonecznienie” mieści się czas trwania, czyli liczba godzin.

Natężenie promieniowania słonecznego

Drugą podstawową wielkością uwzględnianą w wielu pracach klimatycznych jest całkowite promieniowanie słoneczne, którego natężenie definiowane jest w wieloraki sposób przez różnych autorów. W zależności od spojrzenia na mierzoną wielkość definicje brzmią odmiennie i nie wszystkie są równoznaczne, ponieważ natężenie promieniowania może dotyczyć różnych pomiarów (ze źródła punktowego, powierzchniowego, z uwzględnieniem rozkładu kąтового energii).

Według *Słownika meteorologicznego* (2003, s. 204), *natężenie promieniowania, to inaczej intensywność promieniowania, czyli strumień promieniowania Słońca wewnątrz jednostkowego kąta bryłowego ($W \cdot m^{-2}$)*. Definicja dotyczy ilości energii padającej lub wyemitowanej przez powierzchnię (źródło powierzchniowe) i uwzględnia rozkład kątowy strumienia promieniowania, zaś podana na końcu jednostka jest z tym sprzeczna. Ponadto definicja ta jest tak sformułowana, że nie wiadomo, czy dotyczy powierzchniowego czy punktowego źródła energii, zatem czy wartość ta powinna być wyrażona w $W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$ czy $W \cdot sr^{-1}$.

Podstawczyńska (2007, s. 150) rozumie pojęcie „natężenie promieniowania” jako *wielkość strumienia energii, czyli ilość energii otrzymywaną przez jednostkę powierzchni w jednostce czasu*. Zgodnie z polską normą PN-EN ISO 9488 (Chwieduk 2004, s. 29), *natężenie promieniowania to gęstość mocy promieniowania padającego na powierzchnię, tj. iloraz strumienia promieniowania padającego na powierzchnię i pola tej powierzchni lub ilość w jednostce czasu energii promieniowania padającego na jednostkowe pole tej powierzchni ($W \cdot m^{-2}$)*. Obie definicje są równoznaczne i uwzględniają powierzchniowe źródło promieniowania.

Inaczej brzmi i co innego znaczy pojęcie „natężenie promieniowania”, gdy mamy do czynienia ze źródłem punktowym promieniowania i mierzymy rozkład kątowy tej energii. Madany (1996, s. 109) definiuje *natężenie promieniowania jako moc promieniowania emitowanego ze źródła punktowego, wewnątrz jednostkowego kąta bryłowego, w kierunku przechodzącym przez środek tego kąta ($W \cdot sr^{-1}$)*. Kędziora (1995, s. 81) przez *natężenie promieniowania* rozumie *stosunek strumienia promienistego do kąta bryłowego mierzonych ze źródła promieniowania w danym kierunku ($W \cdot sr^{-1}$)*. Podobnie natężenie promieniowania definiowane jest przez WMO (Rózdżyński 1996, s. 119): *strumień promieniowania uchodzący z punktu źródła, przypadający na jednostkowy kąt bryłowy w przestrzeni otaczającej ten punkt ($W \cdot sr^{-1}$)*. Do definicji dodano jednak uzupełnienie, iż powyższe pojęcie może być użyte jedynie dla promieniowania emitowanego przez „źródło punktowe”.

Czy zatem wartość strumienia promieniowania całkowitego (Miara i in. 1987), insolacja (Ugniewski 1964) lub natężenie napromieniowania całkowitego (Gluza 2000) oznacza natężenie promieniowania całkowitego ze źródła punktowego czy powierzchniowego? Często wskazówką do prawidłowego zdefiniowania danego pojęcia może być jednostka, w jakiej wyrażona jest dana wielkość. W publikacji jednak nie zawsze jest ona podawana lub stosowane są różne wzory, z których nie wynika jednoznacznie, czy mamy np. do czynienia z natężeniem czy sumą promieniowania. Przykładem mogą być wzory (m.in. Ångström 1924, Black 1956, Berljand 1961 i in.) ukazujące związek promieniowania całkowitego z usłonecznieniem względnym, w opisie których najczęściej znajduje się tylko *promieniowanie całkowite* bez dodania, czy jest to natężenie czy suma. W literaturze klimatologicznej rozróżnia się natężenie (sumę w ciągu sekundy) od sumy promieniowania (suma w ciągu godziny, dnia, miesiąca, roku), jednak z fizycznego punktu widzenia natężenie (wyrażone w jednostkach $W \cdot m^{-2} = J \cdot m^{-2} \cdot s^{-1}$) to suma energii, jaką otrzymuje metr kwadratowy powierzchni w ciągu jednej sekundy, natomiast suma promieniowania (wyrażona np. w $MJ \cdot m^{-2} \cdot rok^{-1}$) to też suma energii, lecz w ciągu dłuższego czasu (np. roku). Brak szczegółowej informacji często wynika z niedokładnego tłumaczenia literatury zagranicznej na język polski.

Zatem proponuję, aby w pracach klimatologicznych całkowite promieniowanie słoneczne rozumieć jako *sumę bezpośredniego i rozproszonego promieniowania słonecznego mierzonego na powierzchni poziomej, którego natężenie określane jest jako średni strumień energii na jednostkę powierzchni horyzontalnej w jednostce czasu ($W \cdot m^{-2}$)*.

Dyskusyjne są również nazwy i kryteria wyznaczania dni charakterystycznych w odniesieniu do usłonecznienia. Szczególnie mylące jest pojęcie „dni pochmurne” (0,1-25% usłonecznienia względnego) używane w pracach Fortuniaka (1994) i Podstawczyńskiej (2007), gdyż taki termin od wielu lat jest powszechnie używany w literaturze klimatologicznej (m.in. Stenz 1952, Morawska 1963, Dubicka 1999) na oznaczenie dni, w których *średnie zachmurzenie dobowe jest większe od 80%*. Nazwy dni o różnych wartościach usłonecznienia powinny nawiązywać do liczby godzin ze słońcem, a nie zachmurzenia.

Nowym problemem, który pojawił się wraz z rozwojem technik satelitarnych, jest słownictwo zapożyczone z języka angielskiego. Naukowcy reprezentujący klimatologię satelitarną stosują często nowe terminy na określenie zjawisk, których nazwy od wielu lat istnieją w klimatologii konwencjonalnej. Przykładem jest używane w klimatologii satelitarnej słowo *reflectance*, rozumiane jako albedo (Coakley 2002). Wspólne słownictwo z pewnością przyczyniłoby się do tego, aby te dwie metody badawcze: tradycyjne naziemne i nowoczesne satelitarne, rzeczywiście wzajemnie się uzupełniały.

Podsumowanie i wnioski

Niniejsze opracowanie nie wyczerpuje zagadnień związanych z terminologią w zakresie promieniowania słonecznego. Ma ono na celu wskazanie wybranych nieścisłości i uporządkowanie pewnych pojęć i kryteriów. Stanowi ponadto głos w dyskusji nad językiem prac naukowych w dziedzinie stosunków radiacyjnych. Powyższe rozważania skłaniają również do sformułowania kilku wniosków metodycznych:

1. Stosowanie w pracy naukowej terminów bądź kryteriów innych niż powszechnie przyjęte w literaturze wymaga zawsze wyjaśnienia we wstępie pracy.
2. Rozwój nowych technik pomiarowych i badawczych narzuca konieczność dopasowania nazewnictwa do istniejącej terminologii bądź modyfikacji używanych pojęć, które (np. z powodu zmiany przyrządów) nie są już aktualne.
3. Zaproponowano nową definicję „ustonecznienia rzeczywistego” - *czas wyrażony w godzinach lub minutach, w których rejestrowany jest przez heliograf (lub inny rejestrator o odpowiednio dobranym progu czułości) dopływ promieniowania słonecznego dochodzącego do powierzchni ziemi.*

Literatura

- Ångström A., 1924, *Solar and terrestrial radiation*, Quart. J. R. Met. Soc., 50, 121–126.
- Berljand T.G., 1961, *Raspriedelenie sołniecznoj radiacji na kontinentach*, Gidrometeoizdat, Leningrad.
- Black J.N., 1956, *The distribution of solar radiation over the Earth's surface*, Theor. Appl. Climat., 7, 2, 165–189.
- Chomicz K., Kuczmarska L., 1971, *Zachmurzenie i usłonecznienie w Polsce*, Przegł. Geofiz., 1/2, 69–89.
- Chwieduk D., 2004, *Energia słoneczna. Terminologia 1*, Polska Energetyka Słoneczna, 1, 29.
- Coakley J.A., 2002, *Reflectance and albedo, surface*, [w:] J.R., Holton, J.A. Curry (red.), *Encyclopedia of the Atmosphere*, Academic Press, 1914-1923.
- Dubicka M., 1999, *Zmienność zachmurzenia w Karkonoszach w ostatnim stuleciu*, [w:] Materiały konferencji: *Zmiany i zmienność klimatu Polski*, Łódź, 57–63.
- Fortuniak K., 1994, *Wpływ aglomeracji łódzkiej na usłonecznienie*, Przegł. Geofiz., 2, 169–178.
- Gluza A.F., 2000, *Charakterystyka usłonecznienia w Lublinie w latach 1952–1991*, Acta Agrophys., 34, 43–57.
- Hess M., Olecki Z., 1990, *Wpływ zanieczyszczenia powietrza na stosunki radiacyjne w Krakowie*, Zesz. Nauk. UJ, Pr. Geogr., 77, 29–43.
- Kędziora A., 1995, *Podstawy agrometeorologii*, Państw. Wyd. Roln. i Leśne, Poznań.
- Kossowska-Cezak U., Martyn D., Olszewski K., Kopacz-Lembowicz M., 2000, *Meteorologia i klimatologia. Pomiar, obserwacje, opracowania*, Wyd. Nauk. PWN, Warszawa-Łódź.
- Kożuchowski K. (red.), 2005, *Meteorologia i klimatologia*, Wyd. Nauk. PWN, Warszawa.
- Kuczmarowski M., 1990, *Ustępnienie Polski i jego przydatność dla helioterapii*, Dok. Geogr., 4.
- Madany A., 1996, *Fizyka atmosfery, wybrane zagadnienia*, Ofic. Wyd. Politechn. Warszawskiej, Warszawa.
- Miara K., Paszyński J., Grzybowski J., 1987, *Zróźnicowanie przestrzenne bilansu promieniowania na obszarze Polski*, Przegł. Geogr., 4, 487–509.
- Morawska M., 1963, *Zachmurzenie i usłonecznienie Krakowa w latach 1859–1958*, Prace PIHM, 81.
- Podogrocki J., Żółtowska K., 2008, *Promieniowanie słoneczne* (www. ekologika.pl).
- Podstawczyńska A., 2007, *Cechy solarne klimatu Łodzi*, Acta Geogr. Lodziensia, Folia Geogr. Phys., 7.
- Róždzyński K., 1996, *Miernictwo meteorologiczne*, 2, IMGW, Warszawa.

- Sivkov S.I., 1964, *O vyčislenii vozmožnoj i odnositel'noj prodolžitel'nosti solnečnogo sijanija*, Trudy GGO, 160, 32–38.
- Słomka J., 1957, *Usłonecznienie we Wrocławiu*, Pr. Wrocł. Tow. Nauk., ser. B, 79.
- Słownik języka polskiego*, 1988, PWN, Warszawa.
- Słownik meteorologiczny*, 2003, T. Niedźwiedz (red.), PT Geofiz., IMGW, Warszawa.
- Stenz E., 1952, *Zachmurzenie Polski*, Przegl. Meteorol. i Hydrol., 1–2, 69–81.
- Ugniewski S., 1964, *Związek między insolacją a czasem usłonecznienia w Phu-Lien*, Przegl. Geofiz., 3/4, 209–215.
- Woś A., 1996, *Meteorologia dla geografów*, Wyd. Nauk. PWN, Warszawa-Łódź.
- Zinkiewicz W., 1962, *Usłonecznienie względne Polski*, Annales UMCS, sec. B., XVII, 10, 241–275.

Terminological uncertainties regarding solar radiation

Summary

The study aimed to identify some inconsistencies and to order certain terms and criteria related to solar radiation applied in climatologic papers. Specific attention was paid to objections related to the definitions of two basic values which characterize radiation and which are measured at on-ground meteorological stations, i.e. sunshine duration (in Polish: usłonecznienie) and total solar radiation (in Polish: całkowite promieniowanie słoneczne). Some reasons for linguistic ambiguity were identified, alongside possible mistakes at the time of interpreting heliographic data. Due to the progress in the development of new measurement and research techniques (e.g. satellite technology), it was stated that it was necessary to adjust the nomenclature to the existing terminology or modify the existing notions, which have become obsolete due to changes in the equipment used in research. A new definition of “actual sunshine duration” was suggested, defining it as the time, expressed in hours or minutes, during the which a heliograph (or an electronic sensor) records the influx of solar radiation to the surface of the Earth.

Dorota Matuszko
Uniwersytet Jagielloński
Instytut Geografii i Gospodarki Przestrzennej
ul. Gronostajowa 7
30-387 Kraków
e-mail: d.matuszko@geo.uj.edu.pl

