

Zakład Meteorologii i Klimatologii  
Wydziału Biologii i Nauk o Ziemi UMCS

Jarosław SUCHORAB

PRÓBA OCENY WPLYWU AKTYWNOŚCI SŁONECZNEJ NA CYRKULACJĘ  
ATMOSFERYCZNĄ W POLSCE W LATACH 1951-1981

An Attempt to Evaluate the Solar Activity on Atmospheric Circulation in Poland in the Years 1951-1981

Na Słońcu zachodzą cykliczne i niecykliczne zjawiska, które mogą mieć wpływ na atmosferę ziemską, na istoty żywe, a według opinii niektórych badaczy, także na procesy geologiczne. Istnieją także hipotezy twierdzące, że zmiany ciśnienia atmosferycznego występujące w związku ze zmianami aktywności słonecznej przyczyniają się do powstania trzęsień Ziemi (N. D a n i ł o w a 1988).

Do zjawisk aktywności słonecznej obserwowanych z Ziemi należą plamy, które charakteryzują się cyklicznością pojawiania w okresie średnio 11 lat. Już w dziewiętnastym wieku cykliczność ta została ujęta we wzór, tzw. liczbę Wolfa (J. M e r g e n t a l e r 1979):

$$W = k(10g + f)$$

gdzie:  $k$  – współczynnik standaryzujący wyniki otrzymywane przez różnych obserwatorów w stosunku do wyników obserwatorium w Zurychu;  $g$  – liczba obserwowanych grup plam;  $f$  – łączna liczba widocznych plam na tarczy słonecznej.

Podobną cykliczność stwierdza się w występowaniu na Słońcu pochodni, protuberancji, rozbłysków chromosferycznych oraz zmianie kształtu korony słonecznej. Zjawiska te wiążą się ze zmianami konfiguracji oraz natężenia silnych pól magnetycznych na Słońcu.

Plamy, najbardziej spektakularne zjawiska na tarczy słonecznej, być może są miejscami, gdzie energia pola magnetycznego – koncentrując się – ulega wyzwoleniu na zewnątrz gwiazdy (J. M e r g e n t a l e r 1979). Energia ta, w postaci promieniowania ultrafioletowego, rentgenowskiego oraz korpuskularnego, dochodzi do Ziemi, oddziałując na jej wysokie warstwy atmosfery. W latach maksimum aktywności słonecznej występuje nasilenie burz jonosferycznych, magnetycznych oraz intensywności zórz polarnych (A. M a r k s 1961, W. Z i n k i e w i c z 1964, B. Z ł o t n i k 1972). W związku z powyższym zachodzi pytanie, czy zmiany stanu górnych warstw atmosfery odbijają się na stanie troposfery,

a w szczególności na cyrkulacji atmosferycznej, odpowiedzialnej w dużym stopniu za klimat i pogodę umiarkowanych szerokości.

Wielu uczonych podejmowało próby ustalenia związków pomiędzy cyklami aktywności słonecznej i rytmami zmian pogodowych i klimatycznych na Ziemi, uwidaczniających się m.in. powtarzaniem się ostrych zim, okresów suszy, obfitych opadów atmosferycznych (H. Skibniewska 1958, S. Tajchman 1956, W. Wiszniewski 1949).

Polscy klimatolodzy, zajmujący się analizą wpływu zmienności aktywności Słońca, stwierdzają istnienie pewnych cykli w występowaniu ostrych zim, okresów wzmożonych opadów atmosferycznych na terenie Polski oraz Europy (W. Filewicz 1960, Z. Kaczorowska 1962, J. Trepińska 1972, 1973).

Wiązałyby się to ze zmianami cyrkulacji atmosferycznej, odpowiedzialnej za stosunki termiczne i opadowe umiarkowanych szerokości. Jednakże autorzy tych prac z zasady nie opowiadają się jednoznacznie za wpływem zmian energetycznych zachodzących na powierzchni naszej gwiazdy na cykliczność procesów cyrkulacyjnych. W miarę narastania liczby obserwacji dostrzeżono, że długość różnych cykli zjawisk atmosferycznych nie zawsze pokrywa się z 11-letnimi cyklami aktywności Słońca. Nierzadko cykle atmosferyczne trwają 5, 11 i więcej lat (N. Daniłowa 1988).

#### CEL I METODA OPRACOWANIA

Prezentowana praca miała na celu przeanalizowanie wpływu aktywności słonecznej na procesy cyrkulacyjne w Polsce w okresie 1951-1981. Chodziło o uzyskanie odpowiedzi na pytanie: czy cyrkulacja w Polsce wykazuje wahania, a jeżeli tak, to czy są to wahania cykliczne związane z aktywnością Słońca. Dodatkowo przeanalizowano ciąg miesięcznych średnich temperatur i miesięcznych sum opadów dla Warszawy w badanym okresie, w celu stwierdzenia ewentualnego związku tych elementów klimatycznych z cyklicznością aktywności Słońca.

W pracy wykorzystano wartości średnich miesięcznych liczb Wolfa z okresu 1951-1981, zaczerpnięte z „Astronomische Mitteilungen der Eigenössichen Sternwarte Zürich” wydane przez Obserwatorium w Zurychu.

Jako wskaźnik procesów cyrkulacyjnych w Polsce wykorzystano liczbą klasyfikację typów cyrkulacji opracowaną przez J. Lityńskiego (1969). Brał on pod uwagę wskaźniki, z których jeden określa cyrkulację strefową, drugi cyrkulację południkową. Według ciśnienia określonego w punkcie Warszawy stwierdza się, czy analizowany obszar znajduje się w strefie wysokiego, czy też niskiego ciśnienia.

Wzór:

$$N = n^k$$

gdzie: N – liczba typów, n – ilość klas dla każdego elementu, k – ilość elementów pozwalająca otrzymać 27 typów cyrkulacji. Poniżej przedstawiono ich zestawienie:

Nc	NEc	Ec	SEc	Sc	SWc	Wc	NWc	Oc
No	NEo	Eo	SEo	So	SWo	Wo	NWo	Oo
Na	NEa	Ea	SEa	Sa	SWa	Wa	NWa	Oa

gdzie: N, NE, E, SE, S, SW, W, NW oznaczają kierunki cyrkulacji, O – brak cyrkulacji (tzw. typ zerowy), c – cyklonalna, a – antycyklonalna, o – zerową.

Sumując poszczególne dni w miesiącu o danym typie cyrkulacji otrzymano wskaźnik mówiący o jego liczebności (częstości danego typu cyrkulacji) w miesiącu w okresie 31 lat. Uzyskano w ten sposób 27 ciągów.

Wskaźnik aktywności słonecznej (miesięczne wartości liczby Wolfa) oraz powyższe wskaźniki częstości typów cyrkulacji zestawiono ze sobą i obliczono wartości współczynnika korelacji Pearsona. Podano je w końcowej części opracowania.

Niska wartość współczynników dała asumpt do refleksji, że być może analizowano zbyt dużą liczbę typów cyrkulacji, co mogłoby zacierać ewentualne związki.

Z tego względu 27 typów cyrkulacji zredukowano do 2 rodzajów zbiorów, uwzględniając: 1) każdy z 4 głównych kierunków – N, S, W, E, 2) charakter układu barycznego.

W pierwszym przypadku otrzymano 5 typów: N – północny, S – południowy, E – wschodni, W – zachodni, O – bezsektorowy (brak wyraźnego kierunku cyrkulacji). Natomiast w drugim przypadku otrzymano 3 typy: c – cyklonalny, a – antycyklonalny, o – bezukładowy (niemożność zaklasyfikowania danego układu do wyżu lub niżu).

Tab. 1. Wartości współczynników korelacji dla poszczególnych typów cyrkulacji  
Correlation coefficients for the particular circulation types

Typ cyrkulacji i współczynniki korelacji					
Nc	0,0563	SEc	-0,0230	Wc	-0,0193
No	-0,0982	SEo	-0,0094	Wo	-0,0839
Na	-0,0775	SEa	-0,0104	Wa	-0,0187
NEc	0,0114	Sc	0,0002	NWc	-0,0092
NEo	0,0395	So	0,0353	NWo	0,0770
NEa	0,0295	Sa	0,0165	NWa	0,0060
Ec	0,0390	SWc	-0,0153	Oc	0,0694
Eo	-0,0220	SWo	-0,0090	Oo	0,0522
Ea	-0,0400	SWa	0,0017	Oa	0,0470

Oba rodzaje zbiorów skorelowano z liczbami Wolfa, w celu uchwycenia ewentualnego związku. Wyniki podano w tab. 1. Ponadto z liczbami Wolfa skorelowano średnie roczne wartości wskaźnika typów cyrkulacji ze względu na sektor i charakter układu. Wyniki przedstawia tab. 2.

Jeżeli istniałby pewien związek między zmianami energetycznymi na Słońcu a cyrkulacją atmosferyczną na Ziemi, to – być może – odzwierciedlałby się on cyklicznością zmian częstości poszczególnych typów cyrkulacji. Cykle te charakteryzowałyby się okresami wahań zbliżonymi do okresów zmian aktywności naszej gwiazdy. Jednakże złożoność systemu klimatycznego Ziemi może zniekształcać reakcję atmosfery na zmiany aktywności Słońca. Ażeby uchwycić ewentualne wahania cyrkulacji, ciąg wartości miesięcznych z 31-lęcia został przetworzony za pomocą metody średnich ruchomych (konsekwentnych).

Tab. 2. Wartości współczynników korelacji dla typów cyrkulacji z poszczególnych sektorów oraz typów układów barycznych

Correlation coefficients for circulation types in the particular sectors and types of baric systems

Sektory	Współczynnik korelacji
N	-0,0075
E	-0,0119
S	-0,0040
W	-0,0316
O	0,0998
Typ układu barycznego	Współczynnik korelacji
Cyklonalny	0,0124
Antycyklonalny	0,0094
Bezukładowy	0,0014

Średnie te pozwalają wyeliminować lub złagodzić cykliczność sezonową cyrkulacji oraz wahania nieokresowe (przypadkowe). Dzięki temu uwydatnić można na wykresie pewne rytmiczne wahania o większej skali czasowej. Wartości wskaźników kierunku cyrkulacji oraz charakteru układu barycznego poddano filtracji za pomocą metody średnich konsekwentnych 12 i 24-miesięcznych.

W celu sprawdzenia, czy ekstrema wahań częstości typów cyrkulacji pokrywają się z ekstremami aktywności słonecznej lub stwierdzenia pewnej inercji reakcji atmosfery - wartości miesięczne liczby Wolfa również zostały wygładzone średnimi konsekwentnymi o okresie 12 i 24 miesięcy.

Tab. 3. Wartości współczynników korelacji dla typów cyrkulacji z poszczególnych sektorów oraz dla typów układów barycznych (średnie konsekwentne 24-miesięczne)

Correlation coefficients for circulation types in the particular sectors and types of baric systems (consecutive mean values of 24 months)

Sektory	Współczynnik korelacji
N	-0,1379
E	0,0607
S	0,0299
W	-0,1904
O	0,3923
N + S	-0,0563
W + E	-0,1215
Typ układu barycznego	Współczynnik korelacji
Cyklonalny	0,0602
Antycyklonalny	-0,0198
Bezukładowy	-0,0212

W toku pracy wydzielono zasadnicze typy cyrkulacji sumując wartości wskaźników N i S, co w konsekwencji dało typ południkowy, oraz wartości wskaźników E i W – typ równoleżnikowy (strefowy). Wartości te również skorelowano z liczbami Wolfa (tab. 3) oraz wyglądano metodą średnich ruchomych.

Metodę tę zastosowano także w stosunku do średnich miesięcznych temperatur oraz sum miesięcznych opadów dla Warszawy z okresu 1951–1981, w celu uchwycenia ewentualnych wahań kilkuletnich lub kilkunastoletnich.

#### ANALIZA WYNIKÓW

Wartości współczynników korelacji miesięcznych częstości wszystkich (27) typów cyrkulacji atmosferycznej i liczb Wolfa wykazała brak istotnego związku statystycznego. Podobnie wypadła próba korelacyjna odnosząca się do wskaźników zredukowanych według sektorów kierunkowych i charakteru układu barycznego. Współczynniki korelacji mają bardzo niskie wartości. Jedyne przypadki, gdzie współczynnik wynosił 0,4 dotyczyły średnich rocznych wartości wskaźnika bezsektorowego.

Wykonane wykresy przebiegu średnich konsekwentnych częstości typów cyrkulacji wskazują na istnienie różnych wahań o zmiennej okresowości (kilka do kilkunastu lat). Porównując te wykresy z krzywą konsekwentną liczb Wolfa zauważa się, że istnieje pewna asynchroniczność między cyklami aktywności słonecznej a wahaniami poszczególnych wskaźników. Przesunięcia są rzędu 1–5 lat. Fazy wzrostu częstości występowania danego typu cyrkulacji pojawiały się zarówno w latach maksimum, jak i minimum aktywności Słońca, a także między tymi ekstremalnymi wartościami. Podobne okresy spadków wartości wskaźnika cyrkulacji występowały w okresach ekstremalnych aktywności słonecznej (minimum i maksimum) oraz między tymi okresami.

Analizując krzywe konsekwentne (24-miesięczne) dla średnich miesięcznych wartości temperatury i miesięcznych sum opadów z badanego okresu również stwierdza się występowanie wahań o zmiennej okresowości. Okresy wahań temperatury wynoszą od 8 do 11 lat, natomiast opadów od 4 do 9 lat. Minimalne wartości temperatury występowały w okresie maksimum, jak i minimum liczby Wolfa, a także między ekstremami aktywności słonecznej. Podobne wnioski wynikają z analizy maksymalnych wartości temperatury. Spadki ilości opadów występują w czasie minimum, jak i maksimum aktywności naszej gwiazdy. Natomiast przed i po takim spadku występują wzrosty ilości opadów, a więc między ekstremalnymi latami ilości plam na Słońcu.

#### WNIOSKI

Ogólnie stwierdzono wahania cyrkulacji atmosferycznej o zmiennej okresowości. Zmienne cykle są również charakterystyczne dla opadów i temperatury. Nie wykazano istnienia wyraźnego związku między liczbą plam słonecznych a cyrkulacją powietrza w Polsce. Ponadto okazało się, że przebieg krzywych konsekwentnych wskaźników cyрку-

lacji oraz opadów i temperatury nie synchronizuje z przebiegiem krzywych konsekwentnych liczb Wolfa. Jednakże nie jest to równoznaczne z całkowitym zanegowaniem możliwości istnienia ewentualnego związku aktywności słonecznej z procesami atmosferycznymi na Ziemi. Brak pozytywnej odpowiedzi na postawione w pracy pytanie wynikać może ze skomplikowanego charakteru systemu klimatycznego lub np. ze zbyt mało czułej metody. Sieć interakcji oraz sprzężeń zwrotnych jest w nim tak ogromna, że wykrycie istniejących powiązań przyczynowo-skutkowych może być trudne.

#### LITERATURA

- Daniłowa N. 1988; *Przyroda i nasze zdrowie*. Wiedza Powszechna, Warszawa.
- Filewicz W. 1960; Surowe zimy w czasie maksimum plam słonecznych. *Gazeta Obserwatora PIHM*, 12, 6–9.
- Kaczorowska Z. 1962; Opady w Polsce w przekroju wieloletnim. *Prace Geograficzne*, 33.
- Lityński J. 1969; Liczbowa klasyfikacja typów cyrkulacji i typów pogody dla Polski. *Prace PIHM*, z. 97, 3–13, Wydawnictwo Komunikacji i Łączności, Warszawa.
- Marks A. 1961; Aktywność słoneczna a Ziemia. *Wszechświat*, 5, 107–109.
- Mergentaler J. 1979; Słońce – Ziemia. Wiedza Powszechna, Warszawa.
- Skibniewska H. 1958; Wpływ wzmożonej aktywności Słońca na stosunki meteorologiczne i hydrologiczne. *Gazeta Obserwatora PIHM*, 6, 10–13.
- Tajchman S. 1956; Działalność Słońca a procesy atmosferyczne. *Gazeta Obserwatora PIHM*, 7, 5–9.
- Trepińska J. 1972; Surowe zimy w naszym klimacie. *Wszechświat*, 2, 37–39.
- Trepińska J. 1973; Zmiany w przebiegu temperatury powietrza w Krakowie w XIX i XX wieku. *Przegląd eofizyczny*, XXVI, 1/2, 39–49.
- Wiszniewski W. 1949; Okresowość ilości plam słonecznych i ich związek ze zmianami pogody. *Gazeta Obserwatora PIHM*, 12, 1–4.
- Zinkiewicz W. 1964; Wpływ czynników tellurycznych i kosmicznych na wahania klimatyczne i na zmiany pogody. *Biuletyn LTN, Geografia*, sec. D, 3/4, 9–14.
- Złotnik B. 1972; Zmiany gęstości górnej atmosfery Ziemi a aktywność słoneczna. *Gazeta Obserwatora PIHM*, 9, 5–7.

#### SUMMARY

The statistic relationship between mean monthly Wolf numbers and monthly index values of the particular circulation types for 31 years (1951–1981) was analysed. The method of coefficient correlation and that of consecutive mean values of 12 and 24 months were used. The method of moving average values showed several years cycles of frequency changes of every circulation type (from 3 to 8). A statistical analysis did not show a relationship between solar activity and circulation changes, the correlation coefficients were of small values. The cause may lie in many telluric factors disturbing a possible causative-consecutive relation.