

BEZWŁADNOŚĆ I OKRESOWOŚĆ ZMIAN TEMPERATURY POWIETRZA NA SPITSBERGENIE

Krzysztof Koźuchowski, Anna Stolarczuk

Instytut Nauk o Morzu, Uniwersytet Szczeciński

Bezwładność w szeregach czasowych wyraża się tendencją do utrzymywania się odchyłań jednego znaku w kolejnych przedziałach czasu. Miara bezwładności jest autokorelacja składników szeregu. W przypadku klimatologicznych zbiorów średnich wartości miesięcznych z wieloletnia można poszukiwać autokorelacji w seriach kolejnych wartości miesięcznych (na przykład: styczeń, luty ... grudzień, styczeń) bądź też badać ją w seriach miesięcznych z kolejnych lat (styczeń i , styczeń $i+1$, styczeń $i+2$, gdzie i - rok). Ponadto, pewnych wniosków o bezwładności dostarcza uśredniony bieg roczny rozpatrywanego elementu klimatu. W tym przypadku bezwładność oznacza jednak przesunięcie fazowe rocznego przebiegu tego elementu względem rocznych zmian wysokości Słońca lub innej zmiennej cyklicznej.

Bezwładność elementów klimatu jest odzwierciedleniem funkcjonowania systemu klimatycznego, w szczególności tzw. "pamięci" systemu. W klimatach zimnych, zwłaszcza w marginalnej strefie subpolarnej, bezwładność temperatury powietrza ujawnia się szczególnie wyraźnie wskutek oddziaływania sprzężeń zwrotnych, które "konserwują" pojawiające się fluktuacje termiczne. Decydujący udział w tym procesie mają zmieniające się rozmiary zlodzenia i zaśnieżenia, wpływające na bilans radiacyjny powierzchni ziemi, a pośrednio również na cyrkulację atmosferyczną.

Z bezwładnością związana jest okresowość wahań klimatycznych. Jej natura jest jednak bardziej złożona. Obserwowana powtarzalność zmian warunków klimatycznych ma chwiejny charakter, którego wyrazem są "pseudocykle" o zmiennej amplitudzie i niestabilnej częstotliwości. Ich geneza - poza hipotetycznym oddziaływaniem czynników zewnętrznych - ma charakter wewnątrzsystemowy i polega między innymi na rozwoju losowych fluktuacji, przekształcających się w mniej czy bardziej długotrwałe tendencje, formujące pseudocykliczny obraz zmian klimatycznych.

Analizując zmienność temperatury w Polsce, znaleziono znaczącą korelację średnich temperatur w niektórych miesiącach i na ogół słabą, nieistotną bezwładność zmian temperatury z roku na rok (Kozuchowski 1992; Kozuchowski, Marciniak 1994, Kozuchowski et al. 1994). W szczególności, wykazano znaczącą zależność temperatury w lipcu i sierpniu, którą w świetle wyników badań J. Wibig (1994) łączyć można z trwałością układów makrocyrkulacyjnych w tym okresie. Charakterystyczna jest również korelacja temperatury w lutym i w marcu. Częściowo ją wyjaśniają oddziaływania pokrywy śnieżnej, której trwałość zależy od warunków termicznych w lutym i która wpływa na temperaturę w marcu (Chrzanowski, 1989). W tym kontekście, interesujące jest sprawdzenie jaką bezwładnością odznacza się temperatura w strefie subpolarniej.

W tym celu wykorzystano 65 letnią (1912-1976) serię średnich miesięcznych wartości temperatury, mierzonej na stacji Isfjord-Radio (Spitsbergen), zestawioną przez K. Marciniaka i opublikowaną w "Materiałach do poznania historii klimatu" (Kozuchowski, 1990). Obliczono funkcje autokorelacyjne temperatur miesięcznych z kolejnych lat oraz temperatur z kolejnych miesięcy. W tym samym układzie serii określono również widmo oscylacji temperatury (Schonwiese 1985).

Wsółczynniki korelacji między temperaturą w poszczególnych miesiącach i temperaturą w trzech miesiącach następnym zestawiono w tabeli 1. Widać, że najsilniejszym związkiem wyróżniają się temperatury w lipcu i sierpniu ($r=0.65$). Potwierdza on prawdopodobnie rolę, jaką w kształtowaniu się temperatury sezonu letniego odgrywa cyrkulacja atmosferyczna. Dość silne są również związki temperatury w listopadzie i grudniu ($r=0.57$) oraz w marcu i kwietniu ($r=0.50$). Pierwszy z nich jest być może odzwierciedleniem trwałości warunków cyrkulacyjnych w sezonie jesienno-zimowym, kiedy wzrasta aktywność działalności cyklonalnej nad północnym Atlantykiem, drugie maksimum korelacji - reprezentuje bezwładność termiki okresu zimowe-

go i stanowi pewną analogię ze znaną korelacją temperatur lutego i marca w Polsce.

Pozytywna, znacząca korelacja temperatur miesięcznych dotyczy w wielu przypadkach okresów 2 i 3-miesięcznych (tabela 1). Nie przypadkowe, choć trudniejsze do wyjaśnienia, są przyrosty współczynników korelacji z miesiąca na miesiąc; na przykład temperatura w maju jest silniej skorelowana z temperaturami lipca i sierpnia, niż z temperaturą czerwca (tabela 1). Występują także, nie uwzględnione w tabeli, istotne współczynniki korelacji temperatury w różnych porach roku. Na przykład temperatura we wrześniu skorelowana jest z temperaturą w styczniu ($r=0.50$) i w marcu ($r=0.53$).

Tabela 1

Współczynnik korelacji między temperaturą w miesiącach m oraz odpowiednio $m+1$, $m+2$, $m+3$ (Spitsbergen).

Correlation coefficient between mean temperatures in month (m) and $m+1$, $m+2$ and $m+3$ months (Spitsbergen)

m	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	m
$m+1$	0,43	0,36	0,81	0,35	0,23	0,43	0,65	0,43	0,37	0,48	0,67	0,29	0,76
$m+2$	0,37	0,35	0,37	0,10	0,47	0,29	0,35	0,36	0,29	0,27	0,35	0,12	0,41
$m+3$	0,29	0,3	0,09	0,42	0,46	0,18	0,23	0,46	0,13	0,24	0,38	0,00	-0,01

Ogólnie biorąc, korelacja temperatury powietrza w kolejnych dwóch, trzech a niekiedy czterech miesiącach jest statystycznie znacząca i świadczy o wyraźnej bezwładności warunków termicznych na Spitsbergenie. Autokorelacja całej konsekwentnej serii średnich miesięcznych jest potwierdzeniem tej prawidłowości. Współczynnik autokorelacji dla przesunięcia serii o 1 miesiąc osiąga wartość 0.76, dla przesunięcia o 2 miesiące - 0.41 i maleje do zera przy przesunięciu o 3 miesiące (tabela 1).

Znacznie słabsze są związki między temperaturami miesięcznymi z kolejnych lat. Nie osiagają one na ogół poziomu statystycznej istotności. Wyjątkiem jest tylko temperatura w lutym kolejnych lat (tabela 2). W konsekwencji znaczną bezwładnością odznaczają się też temperatury roczne. Średnie roczne z kolejnych 3 lat są znacząco skorelowane (współczynniki 0.52, 0.49 i 0.33 - tabela 2).

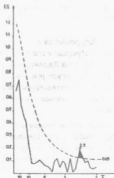
Tabela 2

Współczynnik korelacji między temperaturą miesięczną w roku i (mi)
i odpowiednio w latach $i+1$, $i+2$, $i+3$ (Spitsbergen).

Correlation coefficients between mean monthly temperatures in i -year and $i+1$, $i+2$ and $i+3$
years (Spitsbergen)

m	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	$i+12$
$i+1$	0,26	0,41	0,07	0,16	0,20	0,20	0,17	0,19	0,05	0,09	0,20	0,22	0,52
$i+1$	0,23	0,49	0,11	0,06	0,03	0,09	0,13	0,12	0,15	0,19	0,21	0,15	0,49
$i+3$	0,16	0,34	0,05	-0,19	-0,02	0,08	0,07	0,09	0,20	0,06	0,30	0,11	0,33

Przejawy cykliczności zmian temperatury powietrza na Spitsbergenie znaleziono jedynie w niektórych seriach średnich miesięcznych (tabela 3). Najwyraźniej zaznacza się okresowość 32,5- i 2,2-letnia temperatury w lutym, a także quasidwuletni okres zmian średnich rocznych (rys. 1). W przeciwieństwie do charakterystycznej korelacji temperatur kolejnych miesięcy, składowe cykliczne wahań wieloletnich przejawiają się słabo, w szczególności nie występuje typowy dla środkowej Europy 8-letni rytm wahań temperatur zimy.



Ryc. 1.

Widmo średnich rocznych temperatury powietrza na Spitsbergenie wg danych 1912-1978.

t - okresy (w latach),
ES - estymator spektrum,
0,05 - poziom istotności,
2,5 - znaczący okres wahań

Spectrum of mean annual temperatures at Spitsbergen (1912-1978)

t - periods in years,
ES - spectral estimate,
0,05 - significant level,
2,5 - significant period of oscillation (in years).

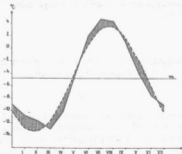
Tabela 3

Istotne okresy cyklicznych składowych wahań temperatur miesięcznych i rocznych (Spitsbergen)

Significant periods of cyclical components of temperature changes (Spitsbergen)

m	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1+12
T (lat)	-	32,5 2,2	13,0	2,4	3,4	-	16,0	16,0	-	-	21,7	2,6	2,5

Analiza widmowa serii temperatur kolejnych miesięcy (12x5 lat) ujawnia jedynie wyraźny cykl roczny wahań temperatury. Roczna składowa harmoniczna cechuje się amplitudą około 16o (rys.2). Różnice między 12 miesięczną harmoniką a obserwowanymi średnimi temperaturami miesięcznymi (rys.2) układają się w sposób, który jest pewnym odzwierciedleniem genezy rocznego przebiegu warunków termicznych. W okresie grudzień - luty oraz od czerwca do sierpnia obserwowana temperatura jest "za wysoka" w porównaniu z modelem rocznego biegu sinusoidalnego. W szczególności wyróżnia się też opóźnienie obserwowanego minimum (marzec), które można interpretować jako jeszcze jeden objaw bezwładności termicznej w sezonie zimowym.



Ryc.2. Średnie miesięczne temperatury na Spitsbergenie (linia ciągła) oraz ich 1-składowa harmoniczna (linia przerywana), m - średnia roczna

Mean monthly temperatures at Spitsbergen (solid line) and their 1-st harmonic component (dashed line), m - annual mean

Literatura

- Chrzanowski J., 1989, Pokrywa śnieżna w Warszawie i próba jej prognozowania. [w:] *Mat. Bad. IMGW, Skr. Meteorologia*, 16.
- Kożuchowski K. (red.), 1990, Materiały do poznania historii klimatu w okresie obserwacji instrumentalnych. Wyd. UŁ, Łódź, ss.452.
- Kożuchowski K., 1992, Klimat termiczny Warszawy na podstawie pomiarów w 1779 roku. [w:] *Przegl. Geogr. LXIX*, z.1-2, s.135-142.
- Kożuchowski K., Marciniak K., 1994, Temperatura powietrza w Warszawie: niektóre aspekty zmienności w okresie 1779 -1988. [w:] *Rozprawy i Studia USz, (CCXXVI)*152, s.19-47.
- Kożuchowski K., Trepirńska J., Wibig J., 1994, The air temperature in Cracow from 1826 to 1990: persistence, fluctuations and the urban effect. [w:] *Int. Jour. Climatol.*, 14, s.1035-1049.
- Niedźwiedz T., 1992, Wybrane problemy klimatologii synoptycznej Spitsbergen. [w:] *Problemy Klimatologii Polarnej* 2, s.77-85.
- Schönwiese Ch.D., 1985, *Praktische Statistik fr Meteorologen und Geowissenschaftler*. Gebrüder Borntraeger. Berlin-Stuttgart. ss.228.
- Wibig J., 1994, Wpływ cyrkulacji na powierzchni izobarycznej 500 hPa na temperaturę powietrza w Polsce. [w:] *Przegl. Geofiz. t. XXXIX*, z. 2, s.133-150.

PERSISTENCE AND CYCLICITY IN THE CHANGES OF AIR TEMPERATURE AT SPITSBERGEN

Summary

Time series of mean monthly temperatures at Isfjord Radio (Spitsbergen) for the period 1912-1976 are analyzed. Correlation coefficients between consecutive values of monthly temperatures appear the persistence in thermic conditions, especially in Summer (July-August) and in early and late winter months (November-December, March-April) - Table 1. Annual temperatures of 3-years periods are also significantly correlated (Table 2). Quasi-biennial periodicity is characteristic for the mean annual temperature (Fig. 1).