

WARUNKI KLIMATYCZNE W PÓŁNOCNEJ STREFIE POLARNEJ A ZMIENNOŚĆ ZŁODZENIA BAŁTYKU

Jerzy Cyberski, Stanisław Grzonka

Instytut Oceanografii, Uniwersytet Gdański

Bałtyk jako morze wewnątrzkontynentalne z występującymi przez większą część roku zjawiskami lodowymi jest czułym indykatorem zmian klimatycznych zachodzących w jego okolicach. Orografia lądu wokół tego morza sprzyja swobodnemu przemieszczaniu ze wszystkich kierunków różnorodnych pod względem fizycznym mas powietrza, zaś natężenie zlodzenia w przeważającym stopniu kształtowane jest temperaturą powietrza wpływającą na procesy zamrażania i formowania się pokrywy lodowej. Znajduje to swoje odzwierciedlenie w zmiennym nasileniu zjawisk lodowych w poszczególnych sezonach.

Celem niniejszej pracy jest zbadanie w jakim stopniu zjawiska związane ze zmianami klimatycznymi zachodzące nad Bałtykiem są powiązane z podobnymi procesami w północnej strefie polarnej. W pracy wykorzystano dane dotyczące warunków zlodzenia i temperatur powietrza dla Bałtyku (Betin, 1957; Betin i Preobrazenskij, 1962; Seina, 1993; Alexandersson i Eriksson, 1989) oraz obszarów północnej strefy polarnej (Mysak i Manak, 1989; IOC, 1992; Kożuchowski, 1990).

Zmienność zlodzenia mórz polarnych analizowano na podstawie 31 letnich szeregów czasowych z miesięcznymi wskaźnikami zlodzenia wg podziału jaki zaproponowali Mysak i Manak (1989) zawiera ryc.1.

Badanie tych szeregów wykazało istnienie rocznego cyklu zmienności zlodzenia mórz strefy polarnej (Mysak, 1989). Przeciętnie od końca lata obserwuje się wzrost powierzchni pokrycia lodem tych mórz z maksimum na przełomie lutego i marca po czym do czerwca następuje jej spadek. Powyższy cykl pokrywa się z sezonową zmiennością zlodzenia dla Bałtyku w związku z czym badano związki z morzami polarnymi w tym okresie, t.j. od jesieni do lata. Dla obszarów wyszczególnionych na ryc. 1 brano pod uwagę wartości powierzchni pokrycia lodem: maksymalne, minimalne oraz przeciętne w tym okresie. Analizując zależności zlodzenia Bałtyku i mórz strefy północnej najbardziej istotne

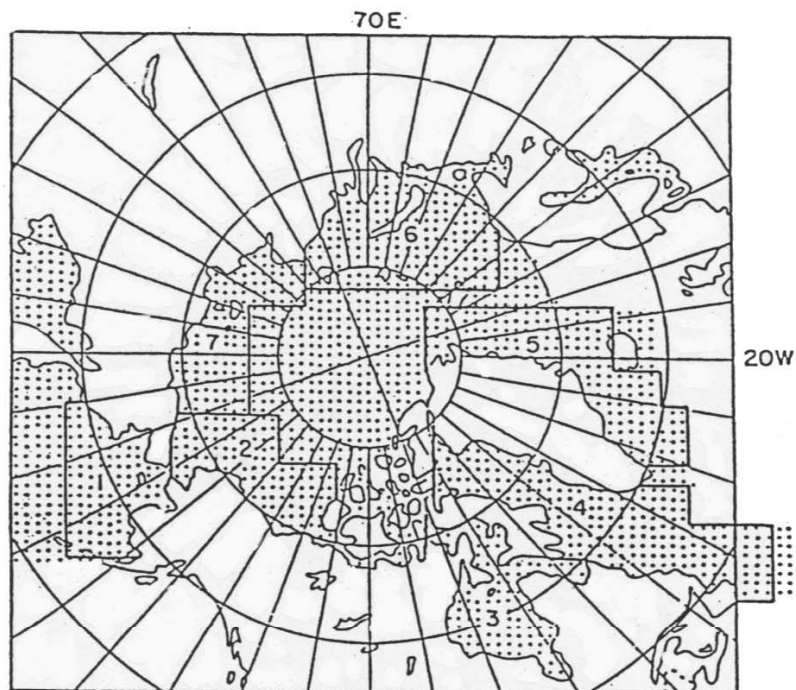
związki otrzymano dla maksymalnych powierzchni pokrywy lodowej. Współzależność zlodzenia Bałtyku i mórz stref polarnych łącznie przyjmuje postać:

$$y = -1643.4 + 1.59676 \cdot x; \quad r = 0.48, \quad p = 0.05,$$

gdzie:

y - maksymalna sezonowa powierzchnia pokrycia Bałtyku lodem,

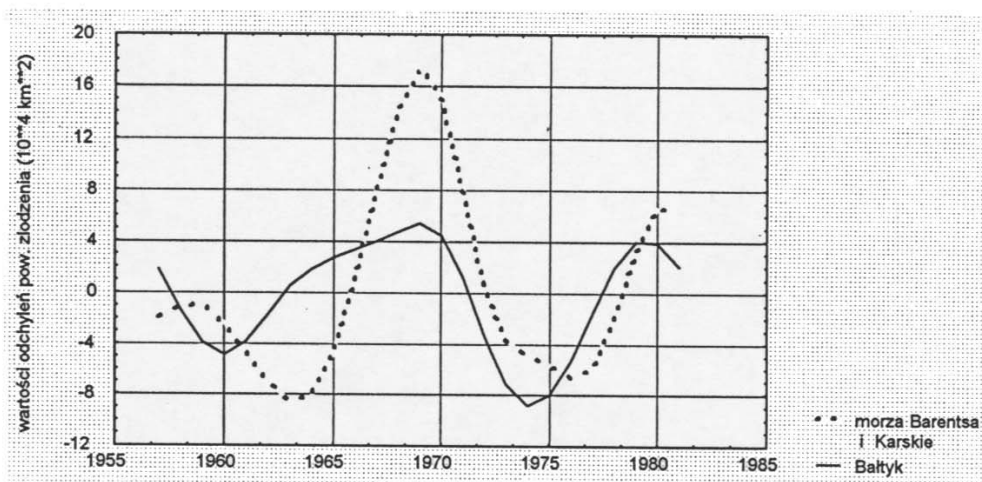
x - maksymalna sezonowa powierzchnia pokrycia lodem mórz północnych (ryc.1).



Ryc. 1. Obszar północnej strefy polarnej wg podziału Mysaka i Manaka (1989).

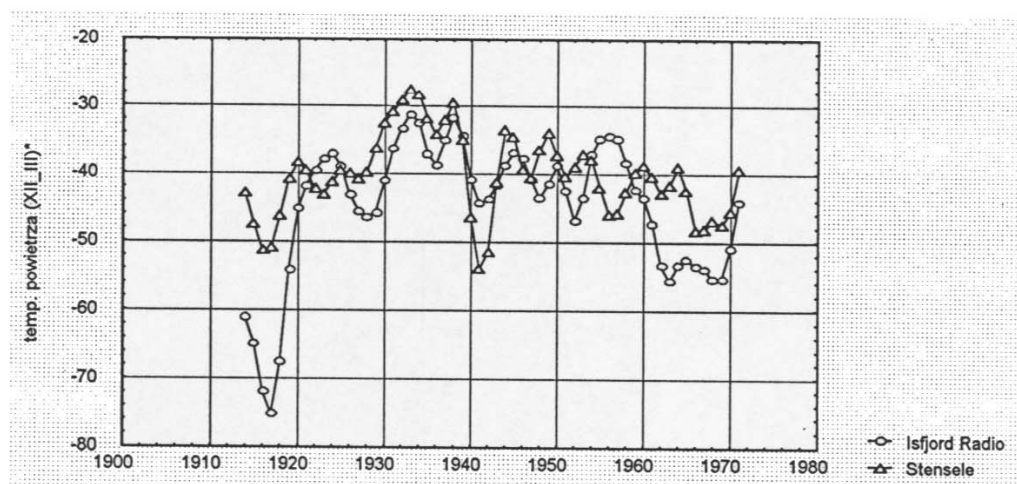
1 - Morze Beringa, 2 - morza Beauforta i Czukockie, 3 - Zatoka Hudsona, 4 - Morze Baffina, Cieśnina Davisa i Morze Labradorskie, 5 - Morze Grenlandzkie, 6 - morza Barentsa i Karskie, 7 - morza Wschodniosyberyjskie i Łaptiewów.

Analiza związków zlodzenia Bałtyku z poszczególnymi obszarami strefy polarnej wykazała, że najwyższą wartość skorelowania z Bałtykiem mają morza Barentsa i Karskie oraz Morze Grenlandzkie (związki istotne na poziomie 0.05 o dodatnim współczynniku korelacji). Uwidacznia to zależność przebiegu odchyień od maksymalnych powierzchni zlodzenia mórz Bałtyku, Barentsa i Karskiego wyrównanych filtrem Gaussa (ryc. 2).

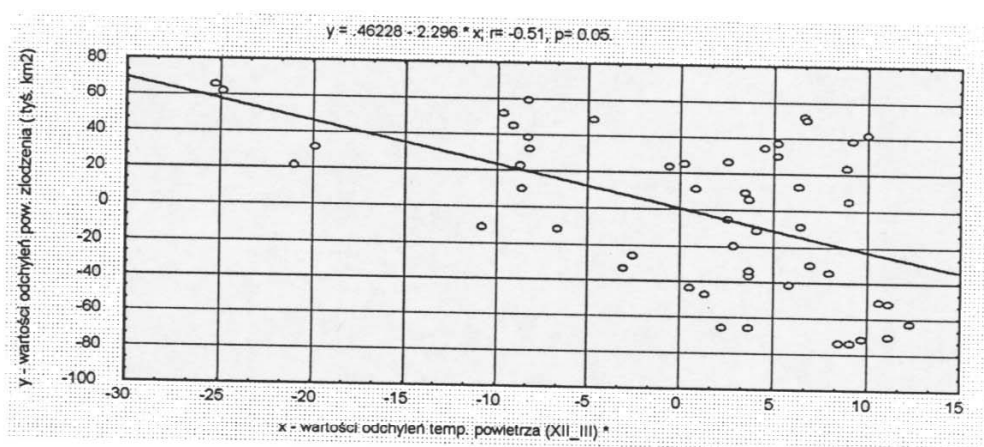


Ryc. 2. Przebieg anomalii od wartości średniej powierzchni zlodzenia mórz Bałtyckiego, Barentsa i Karskiego w latach 1957-1981, wygładzanie 7-letnim filtrem Gaussa.

Badanie zależności zlodzenia mórz polarnych i temperatur powietrza na stacjach bałtyckich wskazały na ich wzajemne skorelowanie. Najlepszą zbieżność ze strefą polarną wykazały wartości temperatury powietrza północnej części Bałtyku w okresach XII-II, XII-III, VII-XII. Stwierdzono przeciwstawność natężenia zjawisk lodowych Bałtyku z Morzem Baffina, która potwierdziła się w dodatniej korelacji z temperaturą powietrza na stacjach bałtyckich. Istotne okazały się również związki między temperaturą na Spitsbergenie a warunkami termicznymi i lodowymi na obszarze Bałtyku (ryc.3, ryc.4).



Ryc. 3. Przebieg temperatury powietrza na stacjach Isfjord Radio (Spitsbergen) i Stensele (północna Szwecja); wygładzanie filtrem dwumianowym (* sumy średnich miesięcznych wartości temperatury).

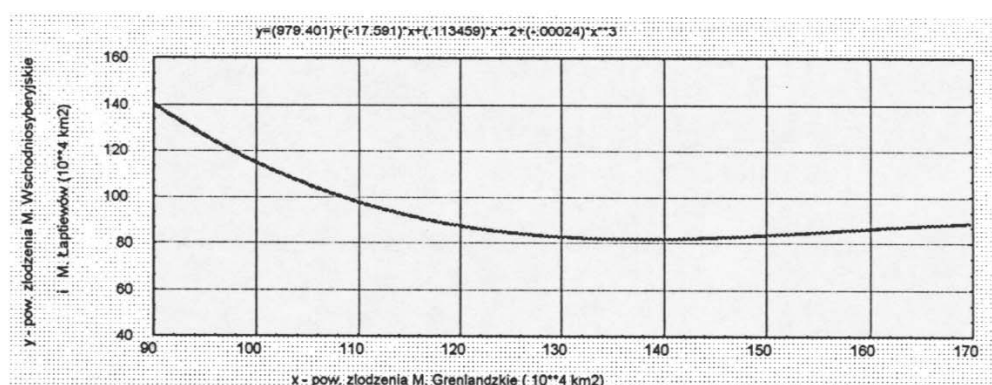


Ryc. 4. Maksymalna powierzchnia zlodzenia Bałtyku a temperatura powietrza na Spitsbergenie w latach 1915-1970, odchylenia od wartości średnich wyrównanych 5-letnim filtrem Gaussa (* sumy średnich miesięcznych wartości temperatury).

Zbadano również zależności między zlodzeniem poszczególnych mórz strefy polarnej, łącznie ze zmiennością temperatur w północnej i centralnej części Pacyfiku, w okolicach Alaski, na Spitsbergenie i w rejonie Bałtyku. Analiza zmienności zlodzenia w odstępach miesięcznych wykazała istnienie w północnej strefie polarnej układu równoważącego się. Złagodzenie zjawisk lodowych w jednym obszarze powoduje równoczesne ich nasilenie w innym. Zaobserwowano dwie główne strefy wpływów - pierwsza obejmuje morza Barentsa, Karskie i Grenlandzkie, zaś druga morza: Beringa, Beauforta, Czukockie, Baffina, Labradorzkie, Wschodniosyberyjskie, Łaptiewów, Cieśninę Davisa i Zatokę Hudsona. Złagodzeniu warunków zlodzenia na jednych towarzyszy wzrost powierzchni pokrycia lodem na pozostałych. Szczególnie wyraźnie rysuje się zależność zlodzenia mórz Wschodniosyberyjskiego, Łaptiewów i Grenlandzkiego, którą obrazuje model nieliniowej estymacji wielomianem trzeciego stopnia (ryc. 5).

Można się dopatrzeć niewątpliwie związku z Dryfem Transpolarnym, który przy słabnącym zlodzeniu szelfowych mórz syberyjskich daje wzmożony transport paku lodowego w okolice Morza Grenlandzkiego. Zaobserwowano również przeciwstawność rozwoju zjawisk lodowych na morzach Barentsa, Karskim oraz Beringa, Beauforta i Baffina. W obrębie drugiej grupy najbardziej niezależnie zachowują się Morze Beringa (najniższe dodatnie skorelowanie z wszystkimi morzami polarnymi łącznie i brak związków z innymi

obszarami, z wyjątkiem Morza Baffina), oraz Morze Beauforta, dla którego znaleziono znaczący związek z morzami syberyjskimi. Odrębność Morza Beringa wiąże się z jego położeniem geograficznym i izolacją od mórz arktycznych zaś Morze Beauforta charakteryzuje wewnętrzny antycyklonalny dryf lodów stanowiący układ zamknięty, o ograniczonej wymianie paku lodowego za wyjątkiem Morza Czukockiego.



Ryc. 5. Zależność zlodzenia mórz Wschodniosyberyjskiego, Łaptiewów i Grenlandzkiego w latach 1954-1984 (wartości miesięczne). Model: $y = a_1 + a_2 \cdot x + a_3 \cdot x^2 + a_4 \cdot x^3$.

Zróżnicowanie warunków lodowych mórz wokółarktycznych potwierdzają również związki zmian zlodzenia z temperaturami powietrza, wyliczone w analizie korelacyjnej jak np związki zlodzenia z temperaturą na Spitsbergenie (Isfjord Radio), dla których współczynniki te na poziomie istotności 0.05 przyjmują wartości ujemne dla mórz Barentsa, Karskiego i Grenlandzkiego oraz dodatnie dla mórz pozostałych. Na podobne zależności wskazały także wcześniejsze badania m.in. Sandersona, 1975. Wyróżniono przeciwstawność natężenia zlodzenia między morzami Grenlandzkim, Barentsa i Karskim a morzami Labradorским i Baffina, zaś Volkov i Zacharov (1977), wskazali na występowanie przeciwnych tendencji zlodzenia między Morzem Karskim a morzami Łaptiewów i Wschodniosyberyjskim.

Wnioski

1. Zmienność warunków termicznych w północnej strefie polarnej znajduje odzwierciedlenie w zmienności zlodzenia Morza Bałtyckiego.
2. Bałtyk, morza Barentsa, Karskie i Grenlandzkie znajdują się w tej samej strefie oddziaływania co przejawia się synchronicznością zjawisk lodowych na tych obszarach.
3. Morza wokółarktyczne cechuje specyficzny układ równowagi. Złagodzeniu warunków lodowych na morzach jednej strefy, szczególnie: Wschodniosyberyjskiego, Łaptiewów, Baffina towarzyszy zaostrenie w drugiej: morzach Grenlandzkim, Barentsa, Karskim i Bałtyckim.

Literatura cytowana:

- Aleksandersson H., Erikson B., 1989. Climate fluctuations in Sweden 1860-1987, SMHI, RMK, 58, ss 54.
- Betin Y., 1957. Ledovye uslovija w rajonie Baltijskogo Morja i ich mnogoletnije izmenenija, Trudy GOIN, 41.
- Betin Y., Preobrażenskij J., 1962. Surovost' zim v Evrope i ledovitost' Baltiki, Gidrometeoizdat, Leningrad, ss. 110.
- Intergovernmental Oceanographic Commission, Technical Series, 1992. Oceanic Interdecadal Climate Variability, UNESCO, 40, ss. 41.
- Kożuchowski K. [red.], 1990. Materiały do poznania historii klimatu w okresie obserwacji instrumentalnych, Wyd. Uniw. Łódzkiego, Łódź, ss. 452.
- Mysak L., Manak D., 1989. Arctic Sea-Ice Extent and Anomalies, Canadian Meteorological and Oceanographic Society, Atmosphere-Ocean, 27, 2, s. 375-405.
- Sanderson R., 1975. Changes in the Area of Arctic Sea Ice 1966 to 1974, The Meteorological Magazine, 104, s. 313-323.
- Seina A., 1993. Itameren Suurimpien Vuotuisten Jaapeitteen Luokittelu 1720-1992, Merentutkimuslaitos, Helsinki, 20, s. 5-21.
- Volkov N., Zacharov W., 1977. Evolucija ledjanogo pokrova w Arktikie w sviazi z izmenenijem klimata, Meteor. i Gidrol. 7, s. 47-55.