

CZĘSTOŚĆ WYSTĘPOWANIA TYPÓW CYRKULACJI NAD SPITSBERGENEM (1951-1995)

Tadeusz Niedźwiedź

Katedra Klimatologii, Wydział Nauk o Ziemi Uniwersytetu Śląskiego, Sosnowiec
oraz Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej, Kraków

Wstęp

Cyrkulacja atmosfery jest jednym z najważniejszych czynników kształtujących klimat danego obszaru. Szczególnie silne jest oddziaływanie tego czynnika na klimat obszarów polarnych. Dla Arktyki istnieje kilka opracowań dotyczących cyrkulacji atmosfery w skali makroklimatycznej, obejmującej cały obszar (Dzerdzeewskii 1975, Dydina 1982, Girs 1977, Wangengejm 1961). Zmienność wydzielonych przez cytowanych autorów makrotypów cyrkulacji została przedstawiona w obszernej pracy monograficznej R. Przybylaka (1996). Jednak dla mniejszych obszarów konieczne jest tworzenie odrębnych klasyfikacji, oddających specyfikę regionalną przepływu mas powietrza. Dla Spitsbergenu od dłuższego czasu były prowadzone studia nad określeniem regionalnych systemów cyrkulacyjnych (Niedźwiedź 1987, 1992, 1993, Przybylak 1992). Zastosowano metody opracowane przy badaniach synoptyczno-klimatycznych w Polsce południowej (Niedźwiedź 1981).

Celem niniejszego opracowania jest przedstawienie głównych cech cyrkulacji atmosfery nad Spitsbergenem na podstawie najnowszych materiałów z lat 1951-1995.

Materiały i metoda

Warunki cyrkulacyjne dla Spitsbergenu określono dla okresu 1951-1995, dla którego możliwe było zebranie map synoptycznych. Sytuacje synoptyczne określano dla obszaru zawartego w obrębie współrzędnych geograficznych: 75-80°N oraz 10-30°E. Na podstawie codziennych map synoptycznych, głównie niemieckich (Europäischer Wetterbericht 1976-1995, Tägliche Wetterbericht 1951-1975), sporządzono kalendarz typów cyrkulacji, bazujący na metodzie opracowanej wcześniej dla Europy Środkowej (Niedźwiedź 1981). Wydzielono dwadzieścia typów, w których głównym elementem był kierunek adwekcji powietrza lub brak wyraźnego napływu. Jeśli dana sytuacja była adwekcyjna, oznaczano ją dużymi literami oznaczającymi kierunek napływu powietrza, w przyjętych powszechnie skrótach angielskich (N- kierunek północny, S - południowy, E - wschodni i W - zachodni). Rodzaj układu barycznego oznaczono w postaci indeksu "a" dla sytuacji antycyklonalnych (wyżowych), lub "c" dla sytuacji cyklonalnych (niżowych). Na przykład oznaczenia W_a i W_c , oznaczają sytuacje z adwekcją powietrza z zachodu, odpowiednio antycyklonalną i cyklonalną. Tak więc wyróżniono 16 typów adwekcyjnych cyrkulacji, w tym 8 wyżowych i 8 niżowych. Pozostałe sytuacje nie wykazujące wyraźnej adwekcji lub odznaczające się adwekcją o zmiennych kierunkach oznaczono w sposób następujący: C_a - centrum wyżu, K_a - klin lub wał wysokiego ciśnienia, C_c - centrum niżu, B_c - bruzda cyklonalna, x - siodło baryczne lub sytuacja nietypowa, nie dająca się jednoznacznie zaklasyfikować.

Częstość występowania typów cyrkulacji

Nowe wyniki dotyczące występowania poszczególnych typów cyrkulacji nad Spitsbergenem w okresie 45 lat 1951-1995 zestawiono w tabeli 1. Przeciętnie w skali całego roku, nad Spitsbergenem najczęściej występuje klin wyżowy (K_a - 10.3%) oraz sytuacja E_c (10.0%). W dalszej kolejności znajduje się sytuacja NEc zdarzająca się przez 8.8% dni. Największą częstością występowania sytuacji niżowych z napływem powietrza z sektora N-NE-E-SE w przebiegu rocznym odznacza się okres od września do kwietnia, z wyraźnym maksimum w grudniu (41.6%) i listopadzie (39.2 %). Centrum wyżu nad Spitsbergenem (C_a - 1.1% dni) i sytuacja NW_a (1.5% dni) pojawiają się najrzadziej.

Tabela 1 - Table 1

Częstość (w %) typów cyrkulacji atmosfery nad Spitsbergenem (1951-1995)
 Frequency (in %) of atmospheric circulation types above Spitsbergen (1951-1995)

TC	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I-XII
Na	3.6	3.1	2.8	6.8	7.1	4.6	2.7	2.4	3.6	4.5	3.3	3.9	4.0
NEa	9.2	9.1	10.5	12.1	9.1	5.7	2.6	2.5	4.0	7.2	8.1	8.9	7.4
Ea	7.2	7.8	9.8	9.6	9.0	6.0	5.2	7.7	6.7	5.2	6.9	6.9	7.3
SEa	2.7	3.2	3.7	5.6	3.7	4.0	5.2	5.5	2.9	3.4	2.8	2.1	3.7
Sa	1.7	1.5	1.6	1.6	2.4	1.2	2.4	3.0	2.1	1.6	1.3	1.7	1.8
SWa	1.1	1.9	1.5	1.1	2.9	3.7	4.8	3.9	1.7	1.3	1.2	1.5	2.2
Wa	0.9	0.3	0.4	0.7	3.7	4.4	4.0	3.6	1.1	0.8	0.7	0.8	1.8
NWa	0.4	1.2	0.6	1.3	2.6	3.4	2.1	3.2	1.3	1.2	0.7	0.6	1.5
Ca	0.7	0.8	0.7	1.1	1.4	1.6	1.9	1.7	1.5	1.0	0.6	0.3	1.1
Ka	6.5	7.2	7.0	9.0	17.1	15.6	14.4	15.3	9.9	9.8	6.2	6.2	10.3
Nc	4.6	5.1	4.5	3.5	5.2	4.8	3.8	4.9	7.5	6.3	6.1	4.3	5.1
NEc	14.1	9.9	10.8	8.4	4.5	5.6	3.6	4.2	6.8	10.8	12.1	14.7	8.8
Ec	14.7	12.3	14.8	8.9	5.5	6.1	5.4	4.6	9.6	10.3	13.6	14.5	10.0
SEc	8.0	5.6	5.6	6.4	3.4	3.4	4.4	5.2	8.1	7.7	7.4	8.1	6.1
Sc	4.6	4.2	3.2	3.5	2.4	2.4	4.0	3.8	4.8	4.2	4.6	3.4	3.8
SWc	3.9	6.0	4.9	4.3	4.2	4.8	6.7	5.5	4.5	3.6	5.5	3.9	4.8
Wc	2.4	1.9	1.6	1.4	1.9	3.5	6.5	4.4	3.0	2.0	1.2	2.0	2.6
NWc	1.4	2.2	1.4	1.3	2.1	3.5	3.6	4.2	3.6	2.9	1.5	1.8	2.5
Cc	4.7	6.8	6.0	6.0	3.9	5.0	3.2	4.0	5.5	6.2	7.3	5.4	5.3
Bc	5.5	7.1	6.3	4.9	5.7	8.0	9.5	7.0	7.5	7.2	6.7	6.4	6.8
x	2.1	2.9	2.2	2.4	2.1	2.8	4.0	3.5	4.3	2.9	2.2	2.8	2.9
ANTY	34.1	36.0	38.5	48.9	59.1	50.2	45.3	48.7	34.6	36.1	31.9	32.8	41.3
CYKL	63.8	61.1	59.3	48.6	38.9	46.9	50.7	47.8	61.0	61.0	65.8	64.4	55.8

Objaśnienia - Explanations:

TC - typ cyrkulacji - Circulation type,

ANTY - wszystkie sytuacje antycyklonalne (wyżowe) - all anticyclonic situations,

CYKL - wszystkie sytuacje cyklonalne (niżowe) - all cyclonic situations

Przez 55.8% dni w roku, pogoda i klimat Spitsbergenu kształtowane są przez dużą aktywność cyklonalną. Najczęściej układy niskiego ciśnienia przemieszczają się nad badanym obszarem w listopadzie (65.8%), grudniu (64.4%) oraz w styczniu (63.8%). Od września do lutego częstość niżów przekracza 60%. Pozostaje to w zgodzie z wynikami badań charakterystyki sytuacji synoptycznych w Basenie Arktycznym (1979-1985), które wykazały szczególnie częste pojawianie się niżów pomiędzy Svalbardem a Skandynawią (Serreze i Barry 1988, Barry 1989). Łącznie wszystkie typy sytuacji wyżowych występowały przez 41.3% dni w roku. Jedynie w maju częstość sytuacji wyżowych (59.1%) jest większa niż niżowych. W tym miesiącu centra wysokiego ciśnienia i kliny wyżowe ($C_a + K_a$), sprzyjające tworzeniu się lokalnych różnic klimatycznych pod wpływem czynników radiacyjno-insolacyjnych, występują niemal przez 18.5% dni. Taki wynik wiąże się z pojawianiem się drugorzędowego wyżu wiosennego na północ od Nowej Ziemi i na wschód od Svalbardu (Serreze i Barry 1988).

Częstość występowania poszczególnych kierunków adwekcji mas powietrza nad Spitsbergenem, niezależnie od rodzaju układu barycznego zestawiono w tabeli 2. W skali rocznej kierunek wschodni występuje najczęściej, bo przez 17.4% dni. W przebiegu rocznym częstość tego kierunku jest wyższa od 20% w okresie od listopada do marca, osiągając w tym ostatnim miesiącu najwyższą wartość 24.6%. W lipcu adwekcja ze wschodu stanowi zaledwie 10.5%. Drugi pod względem częstości jest kierunek NE (16.2%), osiągający maksimum występowania w grudniu (23.6%) i styczniu (23.3%) oraz minimum w lipcu (6.2%). Jako trzeci wyróżnia się kierunek SE (9.8%), z maksimum występowania we wrześniu i październiku (11.0%), a minimum w maju (7.2%).

Najrzadziej występuje nad Spitsbergenem adwekcja powietrza z NW (4.0%), z maksimum w sierpniu (7.3%) i minimum w styczniu (zaledwie 1.8%). Podobnie rzadko zdarza się adwekcja powietrza z zachodu (4.4%). Jednak w lipcu ten kierunek napływu mas powietrza kształtuje pogodę Spitsbergenu przez 10.5% dni. Minimum częstości pojawiania się kierunku W przypada na listopad (1.9%) i marzec (2.0%).

Istotne różnice widoczne są w przebiegu rocznym częstości występowania wyżów (tabela 3) jak też określonych grup wskaźników cyrkulacji, zwłaszcza adwekcji mas powietrza z poszczególnych sektorów. Sytuacje niżowe dominują wśród innych typów cyrkulacji (55.8%), najbardziej w okresie od września do marca, z maksimum w listopadzie (65.8%) i minimum w maju (38.9%). Sytuacje wyżowe zdarzają się rzadziej (41.3%), z

maksimum w maju (59.1%) a minimum w listopadzie (31.9%). Warunki pogody lokalnej, kształtujące się w obrębie centrum wyżu lub w klinie wyżowym (C_a+K_a) zdarzają się na Spitsbergenie niezbyt często, bo tylko przez 11.5% dni w roku, z maksimum w maju (18.5%) i minimum w grudniu (6.5%).

Tabela 2 - Table 2

Częstości poszczególnych kierunków adwekcji mas powietrza nad Spitsbergenem
(1951-1995)

Frequency (in %) of particular directions of air mass advection above Spitsbergen
(1951-1995)

D	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I-XII
N	8.2	8.2	7.3	10.4	12.3	9.4	6.5	7.2	11.1	10.8	9.4	8.1	9.1
NE	23.3	18.9	21.4	20.6	13.6	11.2	6.2	6.7	10.8	18.0	20.2	23.6	16.2
E	21.9	20.1	24.6	18.5	14.5	12.1	10.5	12.3	16.3	15.5	20.4	21.5	17.4
SE	10.8	8.8	9.3	11.9	7.2	7.4	9.6	10.7	11.0	11.0	10.2	10.2	9.8
S	6.3	5.7	4.8	5.1	4.8	3.5	6.5	6.8	6.9	5.8	5.9	5.1	5.6
SW	5.1	7.9	6.4	5.4	7.0	8.5	11.5	9.4	6.2	4.9	6.7	5.3	7.0
W	3.2	2.2	2.0	2.1	5.7	7.8	10.5	8.0	4.1	2.8	1.9	2.7	4.4
NW	1.8	3.4	2.0	2.5	4.7	6.9	5.7	7.3	4.9	4.1	2.2	2.4	4.0
ZM	19.4	24.7	22.3	23.4	30.2	33.0	33.1	31.6	28.6	27.1	22.9	21.1	26.5

Objaśnienia - Explanations:

D - kierunek - Direction,

ZM - brak adwekcji lub kierunki zmienne - lack of advection or variable directions

Składowa wschodnia adwekcji powietrza (tabela 3), tak charakterystyczna dla Spitsbergenu, jest obserwowana najczęściej w okresie od listopada do marca, kiedy częstość jej występowania przekracza 50%, osiągając maksimum w styczniu (56.0%) oraz wysokie wartości w grudniu i marcu (55.2%). Minimalna częstość przepływu powietrza z sektora wschodniego przypada na lato (lipiec - 26.3%).

Adwekcja z sektora zachodniego zdarza się najrzadziej, bo tylko przez 15.4% dni w roku. Maksimum występowania osiąga w lipcu (27.7%) a minimum w kwietniu (10.0%) i w styczniu (10.1%).

Tabela 3 - Table 3

Częstość (w %) wybranych grup cyrkulacji atmosfery nad Spitsbergenem (1951-1995)
 Frequency (in %) of selected groups of atmospheric circulation above Spitsbergen
 (1951-1995)

Grupa Group	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I-XII
ANTY	34.1	36.0	38.5	48.9	59.1	50.2	45.3	48.7	34.6	36.1	31.9	32.8	41.3
CYKL	63.8	61.1	59.3	48.6	38.9	46.9	50.7	47.8	61.0	61.0	65.8	64.4	55.8
Ca+ Ka	7.2	7.9	7.7	10.1	18.5	17.3	16.3	17.0	11.3	10.8	6.8	6.5	11.5
Cc+ Bc	10.1	13.8	12.3	10.9	9.6	13.0	12.7	11.0	13.0	13.3	13.9	11.8	12.1
W +NW +SW	10.1	13.5	10.4	10.0	17.4	23.2	27.7	24.7	15.2	11.7	10.8	10.4	15.4
S +SE +SW	22.2	22.4	20.4	22.4	19.0	19.4	27.6	26.9	24.1	21.7	22.8	20.6	22.5
E +NE +SE	56.0	47.8	55.2	51.0	35.3	30.7	26.3	29.8	38.1	44.5	50.9	55.2	43.4
N +NE +NW	33.3	30.5	30.7	33.5	30.7	27.5	18.4	21.3	26.8	32.9	31.8	34.1	29.3

Objaśnienia - Explanations:

ANTY - wszystkie sytuacje antycyklonalne (wyżowe); all anticyclonic situations,

CYKL - wszystkie sytuacje cyklonalne (niżowe); all cyclonic situations,

Ca+Ka - sytuacje wyżowe bezadwekcyjne; nonadvective anticyclonic situations,

Cc+Bc - sytuacje niżowe o zróżnicowanej adwekcji; cyclonic situations with variable advection,

W+NW+SW - adwekcja z sektora zachodniego; advection from western sector,

S+SE+SW - adwekcja z sektora południowego; advection from southern sector,

E+NE+SE - adwekcja z sektora wschodniego; advection from eastern sector,

N+NE+NW - adwekcja z sektora północnego; advection from northern sector

Przy napływach powietrza z kierunków południkowych, charakterystyczna jest przewaga występowania form cyrkulacji z sektora północnego (29.3%) nad adwekcją z sektora południowego (22.5%). Tylko w lipcu i sierpniu obserwuje się sytuację odwrotną. Maksimum adwekcji powietrza z sektora północnego przypada na grudzień (34.1%), a z sektora południowego na lipiec (27.6%).

Podsumowanie

Na kształtowanie pogody i klimatu Spitsbergenu znaczny wpływ mają czynniki cyrkulacyjne. Sytuacje wyżowe bezadwekcyjne, sprzyjające powstawaniu różnic klimatycznych w wyniku czynników lokalnych, pojawiają się bardzo rzadko, bo tylko przez 11.5% dni, z maksimum w maju (18.5%).

Przez niemal cały rok, za wyjątkiem maja, przeważają układy niżowe (55.8%), osiągając maksimum częstości w listopadzie (65.8%).

Dla Spitsbergenu charakterystyczne jest występowanie adwekcyjnych sytuacji synoptycznych. Zdecydowaną przewagę ma adwekcja z sektora wschodniego (43.4%), obserwowana najczęściej w okresie od listopada do marca, kiedy częstość jej występowania przekracza 50%, osiągając maksimum w styczniu (56.0%). Adwekcja z sektora zachodniego zdarza się najrzadziej, bo tylko przez 15.4% dni w roku.

Przy napływach powietrza z kierunków południkowych, charakterystyczna jest przewaga występowania form cyrkulacji z sektora północnego (29.3%) nad adwekcją z sektora południowego (22.5%). Tylko w lipcu i sierpniu obserwuje się sytuację odwrotną.

Literatura

Barry R.G., 1989. The Present Climate of the Arctic Ocean and Possible Past and Future States. In: Herman Y. (ed.), The Arctic Seas. Climatology, Geology and Biology. Van Nostrand Reinhold Company. New York: 1-45.

Dydina L.A., 1982. Osobennosti razvitija sinopticeskich processov v Arktike i ispolzovanije v prognozach na sredneje sroki. Gidrometeoizdat, Leningrad, s. 224.

Dzardzeevskii B.L., 1975. Cirkulacionnyje schemy v troposferie centralnoj Arktiki (The circulation patterns on the troposphere of the central Arctic), w: Izbrannyje Trudy, Izd. Nauka, Moskwa.

Europäischer Wetterbericht, 1976-1995. Offenbach a. Main.

Girs A.A., 1977. Osobennosti projavlenija cirkulacionnych epoch i ich stadia mesiacach goda. Trudy AANII, vyp. 339: 5-25.

Niedźwiedź T., 1981. Sytuacje synoptyczne i ich wpływ na zróżnicowanie przestrzenne wybranych elementów klimatu w dorzeczu górnej Wisły (Synoptic situations and its influence on spatial differentiation of selected climatic elements in upper Vistula basin), *Rozprawy Habilitacyjne UJ*, nr. 58, Kraków, s. 165.

Niedźwiedź T., 1987. Wpływ cyrkulacji atmosfery na temperaturę powietrza w Hornsundzie, Spitsbergen (Influence of atmospheric circulation upon the air temperature in Hornsund, Spitsbergen), XIV Sympozjum Polarne, Lublin 7-8 maja 1987: 174-180.

Niedźwiedź T., 1992. Wybrane problemy klimatologii synoptycznej Spitsbergenu (Selected Problems of Synoptic Climatology in Spitsbergen). *Problemy Klimatologii Polarnej 2*, Gdynia: 77-84.

Niedźwiedź T., 1993. The main Factors Forming the Climate of the Hornsund (Spitsbergen). *Zeszyty Naukowe UJ - Prace Geograficzne*. Kraków, z. 94: 49-63.

Przybylak R., 1992. Stosunki termiczno-wilgotnościowe na tle warunków cyrkulacyjnych w Hornsundzie (Spitsbergen) w okresie 1978-1983. *Dokumentacja Geograficzna*, z. 2, s. 105.

Przybylak R., 1996. Zmienność temperatury powietrza i opadów atmosferycznych w okresie obserwacji instrumentalnych w Arktyce. Uniwersytet M. Kopernika, Toruń, s. 280.

Serreze M.C., Barry R.G., 1988. Synoptic Activity in the Arctic Basin, 1979-85. *Journal of Climate*, vol. 1: 1276-1295.

Tägliche Wetterbericht, 1951-1975. Deutsche Wetterdienst.

Wangengeim G.J., 1961. O stepeni odnorodnosti atmosferycznej cirkulacji razlicnych castej severnogo polusarija pri osnovnych formach W, E i C. Trudy AANII, vyp. 240: 4-23.

FREQUENCY OF CIRCULATION PATTERNS ABOVE SPITSBERGEN (1951-1995)

SUMMARY

Frequencies of the occurrence of all the distinguished circulation types above Spitsbergen, was elaborated for the 45-years period of 1951-1995. For that purpose the mesoscale original calendar of circulation types was created (Niedźwiedź 1981). Twenty circulation types have been distinguished. The advection directions are marked by the capital letters while the

anticyclonic situations by the subscript "a" and the cyclonic ones by the subscript "c"; for example, W_a and W_c denote the anticyclonic and cyclonic situations, respectively, with the air advection from the East. Thus, there are 16 circulation types with definite directions of the air masses. The other four situations are characterised either by the lack of advection or by very variable directions of the air masses incoming to the Spitsbergen: C_a - central anticyclonic situation, K_a - anticyclonic wedge, C_c - central cyclonic situation, B_c - cyclonic trough, and x col and situations which cannot be classified.

On the average, the anticyclonic wedge (K_a - 10.3 %) and situation E_c (10.0%) are the most frequent in the Spitsbergen. The third NE_c type occurs during 8.8 % of the days. The largest frequency of the cyclonic situations with advection from sector N-NE-E-SE during a year is in the period from September to April with the distinct maximum in December (41.6%) and November (39.2 %). The centre of high pressure over Spitsbergen (1.1 % of the days) and the NW_a situation (1.5 % of the days) are the least frequent. Weather and climate of Spitsbergen are modelled by the intensive cyclonic activity during 55.8 % of the days in a year. The largest frequency of the occurrence of low pressure systems is characteristic for November (65.8 %), December (64.4%) and January (63.8 %). It agrees with investigations of synoptic activity in the Arctic Basin (1979-1985) which shows high frequencies of the winter cyclone pattern between Svalbard and Scandinavia (Serreze and Barry 1988, Barry 1989). Anticyclonic situations were observed during 41.3% of the days in a year. The number of days with high pressure systems exceeds 50 % only in May (59.1 %), when systems without the definite advection ($C_a + K_a$) which favour a formation of the local climatic differences under the influence of the insolation - radiation factors amounts to 18.5 %. Such result is connected with a secondary spring maxima of anticyclone frequencies found slightly north of Novaya Zemlya and east of Svalbard (Serreze and Barry 1988).

Among the advective synoptic situations, the highest frequency has airflow from the eastern sector (43.4%). Mostly they occurred in the period from November to March, where the frequency exceeds 50%, with the maximum in January (56.0%). Airflow from the western sector is lasting for only 15.4% days during year. From the meridional directions, domination of the northern sector above the southern one is observed (29.3% and 22.5% respectively. Only in July and August the opposite relation is notified.