

ZMIENNOŚĆ OPADÓW ATMOSFERYCZNYCH W HORNSUNDZIE (SPITSBERGEN) W OKRESIE 1978-2000

Ewa Łupikasza

Uniwersytet Śląski, Wydział Nauk o Ziemi, Katedra Klimatologii
elupikas@wnoz.us.edu.pl

1. Wstęp

Opady atmosferyczne w obszarach polarnych są składową jednego z najistotniejszych procesów związanych z bilansem masy lodowców, mianowicie z akumulacją i ablacją. Poprzez akumulację rozumie się wszystkie procesy, w wyniku których materiał jest dodawany do lodowca, pola śnieżnego lub ich części (Jania 1993). Szczególne znaczenie w tym wypadku przypisuje się wysokości opadów w miesiącach zaliczanych do sezonu chłodnego.

W literaturze dotyczącej rozpatrywanego w niniejszym artykule problemu, można odnaleźć opracowania, w których poruszano kwestie związane z ogólnymi warunkami klimatycznymi na Spitsbergenie, zaś opad atmosferyczny był jednym z wielu analizowanych elementów meteorologicznych (Baranowski 1977, Markin 1975, Steffensen 1982, Pereyma 1983, Rodzik i Stepko 1985, Kierzkowski 1996, Głowacki i Niedźwiedź 1997).

Szeroką analizę wieloletniej zmienności opadów atmosferycznych, bądź opadów wraz z temperaturą powietrza w okresie obserwacji instrumentalnych w Arktyce, a tym samym również na Spitsbergenie zawierają opracowania R. Przybyłaka (1996, 1997). Kolejną grupę stanowią pozycje, w których dynamikę opadów atmosferycznych na Spitsbergenie starano się wyjaśnić cyrkulacją atmosferyczną (Niedźwiedź i Ustrnul 1988, Przybylak i Marciniak 1992, Łupikasza i Niedźwiedź 2002), ponieważ odgrywa ona kluczową rolę w kształtowaniu pogody na Spitsbergenie, gdzie ustabilizowane przez większą część roku czynniki radiacyjne pozostają na dalszym planie (Niedźwiedź 1993, 2001).

Ponadto Førland i in. (1997) zajmowali się badaniem jednorodności opadów na Svalbardzie, natomiast Hansen-Bauer i Førland (1998) omawiali kwestie związane z istnieniem trendów w wieloletnim przebiegu opadów w Arktyce.

Niniejsze opracowanie jest kontynuacją badań nad wieloletnią zmiennością opadów atmosferycznych w Hornsundzie na podstawie uzupełnionego do czerwca 2000 roku ciągu obserwacyjnego oraz próbą zebrania i podsumowania wyników zawartych w dotychczasowych opracowaniach.

2. Metody i materiały

Podstawę opracowania stanowiły dobowe sumy opadów atmosferycznych za okres od lipca 1978 do czerwca 2000 roku, które zaczerpnięto z Roczników Meteorologicznych IMGW Oddziału Morskiego w Gdyni (2000). Okresy z brakiem danych (1981.07.01-26, 1983.08.31, 1990.07.30) nie były uwzględniane w trakcie analiz. W pracy omówiono wieloletnią zmienność miesięcznych, sezonowych i rocznych sum opadów liczonych dla lat kalendarzowych (I-XII). Dla procesu akumulacji śniegu decydujące znaczenie posiada ilość opadów pojawiająca się w sezonie chłodnym. W obszarach polarnych do sezonu chłodnego zalicza się część roku przypadającą na miesiące od września do maja. S. Baranowski (1977) oraz V.A. Markin (1975) okres ten (IX-V) nazywają okresem akumulacyjnym. W niniejszej pracy wrzesień oraz maj uznano za miesiące przejściowe i scharakteryzowano zmienność opadów w czasie od października do kwietnia, który również określono okresem akumulacyjnym. Ponadto omówiono wieloletnią zmienność częstości występowania dni z opadem (≥ 0.0 mm), dni z opadem śladowym (= 0.0 mm) oraz dni z opadem ≥ 0.1 mm, ≥ 1.0 mm, ≥ 5.0 mm, ≥ 10.0 mm, ≥ 20.0 mm) w skali roku, sezonów oraz okresu X-IV. Opady śladowe notowane w dziennikach jako 0,0 mm uwzględniono w związku ze znanym zaniżeniem mierzonych sum opadowych na Spitsbergenie spowodowanym dużymi prędkościami wiatru.

3. Średnie wieloletnie i ekstremalne wartości sum opadów oraz liczby dni z opadem

Rok

W związku z małą zawartością pary wodnej w powietrzu uwarunkowaną niskimi temperaturami (Przybylak, Marciniak 1992) obszary polarne są bardzo ubogie w opady. Rejon Hornsundu odznacza się stosunkowo wysokimi opadami jak na warunki arktyczne. Stacje położone w głębi wyspy notują zaledwie połowę opadów stwierdzonych na wybrzeżu zachodnim. Na przykład na stacji Longyearbyen zlokalizowanej w głębi wyspy, roczna suma opadów za okres 1976-1985 wynosiła 208 mm (Markin 1975), podczas gdy w Hornsundzie (zachodnie wybrzeże) opady roczne osiągały 406 mm. Jak podaje Steffensen (1982) oraz Niedźwiedz i Ustrnul (1988), spośród stacji położonych na zachodnim wybrzeżu wyższe opady aniżeli w Hornsundzie notowała jedynie stacja Isfjord Radio (435 mm – na podstawie danych z okresu 1978-1986).

Średnia roczna suma opadów w Hornsundzie za okres 1978-2000 wynosiła 421.7 mm. Najwyższy roczny opad odnotowano w 1996 roku (635.9 mm) i stanowił on około 151% opadu średniego, zaś najniższy (230.2 mm) stanowiący około 55% opadu średniego w 1987 roku. Równie niską sumę roczną opadu stwierdzono w 1979 roku (260.3 mm).

Średni opad dla okresu akumulacyjnego (X-IV) osiąga wartość 218.8 mm, wahając się od 110.6 mm w 1988 do 307.5 mm w 1984 roku.

Sezony i miesiące

Istotną charakterystyką opadów jest ich przebieg w ciągu roku. Na zachodnim wybrzeżu Spitsbergenu najwyższe opady pojawiają się w okresie jesienno-zimowym, co można wyjaśnić wzrostem częstości występowania sytuacji cyklonalnych w tym okresie (Przybylak i Marciniak 1992). Natomiast małe opady w maju wynikają z dużej częstości występowania sytuacji wyżowych w tym miesiącu (Niedźwiedz i Ustrnul 1988). Badania Marciniaka i Przybylaka (1992) dowodzą, że na zachodnim wybrzeżu Spitsbergenu przebieg roczny opadów jest nietypowy dla obszarów polarnych ponieważ

wyraźnie uwidaczniają się 2 maksima opadowe. Ten bimodalny rozkład opadów zaznacza się również w Hornsundzie. Z kolei jak twierdzi Kierzkowski (1996) roczny przebieg miesięcznych sum opadów nawiązuje do wielkości zachmurzenia.

Tabela 1 – Table 1

Średnie sezonowe, najwyższe oraz najniższe sezonowe sumy opadów wraz z rokiem wystąpienia w Hornsundzie w okresie lipiec 1978 - czerwiec 2000 (mm)

The seasonal averages, the highest and the lowest seasonal sums of precipitation and the year of its occurrence in Hornsund during the period July 1978 - June 2000 (mm).

Elementy – Elements	Rok – Year	III-V	VI-VIII	IX-XI	XII-II
Średnia – Average	421.7	71.9	123.0	138.0	88.8
% R	100	17.0	29.2	32.7	21.0
Maksimum – Maximum	635.9	153.7	316.0	311.9	226.5
Rok – Year	1996	1982	1994	1999	1995
Minimum – Minimum	230.2	37.4	42.9	70.9	21.4
Rok – Year	1987	1999	1985	1983	1987
Zakres zmian – Range	405.7	116.3	273.1	241.0	205.0
Wsp. zmienności. – Variability coefficient	24.7	38.9	58.6	45.5	46.5

Jak wynika z uśrednionych wartości dla okresu 1978-2000 w Hornsundzie najwyższa część opadów przypada na sezon jesienny (32.7% sumy rocznej), nieco mniej na letni (29.3% sumy rocznej). Najmniejsza część opadów rocznych stanowiąca 17.0% pojawia się na wiosnę, natomiast zimą spada 21.0% sumy rocznej (tab. 1).

Miesiące na przełomie lata i jesieni są wyraźnie uprzywilejowane pod względem wysokości opadów. Zdecydowanie najwyższymi opadami odznacza się wrzesień (14.6 % sumy rocznej, czyli 61.4 mm). Wysokie sumy pojawiają się również w sierpniu (12.2 % sumy rocznej, czyli 51.4 mm – patrz tabela 2). Niedźwiedź i Ustrnul (1988) podają natomiast, na podstawie danych z lat 1978-1987, że najwięcej opadów w Hornsundzie spada w sierpniu (51 mm), a także we wrześniu i lutym (45 mm). Podobne wyniki uzyskali Pereyma (1983) oraz Rodzik i Stepko (1985). Wspomniane wcześniej dwa maksima opadowe w przebiegu rocznym zdaniem Przybyłaka i Marciniaka (1992) przypadają na okresy II-III i VIII-X.

Najniższe opady miesięczne przypadają na koniec zimy i wiosnę ze szczególnie niskimi sumami w maju (4.7% sumy rocznej, czyli 19.7 mm) i kwietniu (5.4% sumy rocznej, czyli 22.6 mm – tabela 2). O majowym minimum opadowym piszą również Niedźwiedź i Ustrnul (1988) dodając przy tym, że miesiącami równie ubogimi pod względem opadów jest grudzień i styczeń (23 mm) co potwierdzają badania Pereymy (1983) oraz Rodzika i Stepko (1985). Przybylak i Marciniak (1992) okres od XI do I nazywają drugorzędym minimum opadowym w Hornsundzie, zaś jako minimum pierwszorzędne wskazują, podobnie jak Łupikasza i Niedźwiedź (2002), okres wiosenno-letni. Od początku lata do września włącznie obserwuje się stopniowy ale bardzo wyraźny wzrost sum opadów miesięcznych. W pozostałych miesiącach jesiennych i przez dłuższą część zimy utrzymują się one na w miarę wyrównanym poziomie, po czym od końca zimy i wiosną maleją. Regularny spadek sum opadowych od lutego do maja zaburzają nieco wyższe opady marca (Łupikasza i Niedźwiedź 2002).

Tabela 2 – Table 2

Średnie miesięczne, najwyższe oraz najniższe miesięczne sumy opadów w raz z rokiem wystąpienia w Hornsundzie w okresie lipiec 1978 - czerwiec 2000 (mm)

The monthly averages, the highest and the lowest monthly sums of precipitation and the year of its occurrence in Hornsund during the period July 1978 - June 2000 (mm).

Elementy Elements	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Średnia Average	29.7	28.2	29.5	22.6	19.7	31.7	40.0	51.4	61.4	38.5	38.1	30.9
% R	7.0	6.7	7.0	5.4	4.7	7.5	9.5	12.2	14.6	9.1	9.0	7.3
Maksimum Maximum	83.7	61.5	72.6	89.4	48.1	107.1	136.5	121.5	230.0	87.4	111.7	125.4
Rok – Year	1996	1984	1986	1982	1995	1988	1994	1994	1999	1989	1993	1995
Minimum (Minimum)	4.7	0.3	10.6	2.1	5.2	1.4	1.5	4.7	2.6	6.2	7.0	3.5
Rok – Year	1994	1988	1979	1985	1989	1987	1998	1982	1982	1981	1983	1987
Zakres zmian Range	79.0	61.2	62.0	87.3	42.9	105.7	135.0	116.8	227.4	81.2	104.7	121.9
Współ. zmien. Variability coeff.	55.0	67.8	53.9	83.1	59.8	85.5	82.6	68.7	83.2	55.4	66.6	90.3

Średnie, najwyższe oraz najniższe miesięczne sumy opadów wraz z rokiem ich wystąpienia zawiera tabela 2. Spośród wszystkich miesięcy badanego okresu najwilgotniejszym był wrzesień 1999 roku (230.0 mm), zaś najsuchszym luty 1988 roku (0.3 mm), podczas gdy najniższa suma opadów wrzesniowych wynosiła tylko 2.6 mm (1982) to najwyższy opad w lutym osiągnął 61.5 mm (1984). Podane wartości wskazują na dużą zmienność miesięcznych sum opadów w wieloleciu.

Jako dodatkową charakterystykę przeanalizowano częstości dni z opadem o założonych progach wysokości. Średnie, najwyższe oraz najniższe częstości dni z opadem śladowym (= 0.0 mm), dni z opadem (≥ 0.0 mm) oraz dni z opadem ≥ 0.1 , ≥ 1.0 oraz ≥ 5.0 mm wraz z rokiem wystąpienia w skali roku, okresu X-IV i poszczególnych sezonów przedstawiono w tabeli 3.

Tabela 3 – Table 3

Średnie częstości (%) występowania dni z określonymi wartościami progowymi opadów w Hornsundzie w okresie lipiec 1978-czerwiec 2000

The average frequencies (%) of the occurrence of the days with defined thresholds of precipitation sums Hornsund during the period July 1978 - June 2000.

Okres Period	Dni z opadem Days with precipitation	Dni z opadem śladowym Days with trace precipitation	Dni z opadem Days with precipitation ≥ 0.1 mm	Dni z opadem Days with precipitation ≥ 1.0 mm	Dni z opadem Days with precipitation ≥ 5.0 mm
Wiosna – Spring	63.0	19.6	43.1	18.7	4.5
Lato – Summer	60.2	17.5	43.8	25.0	8.2
Jesień – Autumn	71.1	21.3	50.2	26.7	9.6
Zima – Winter	67.7	17.7	49.9	21.3	5.1
X-IV	67.5	18.8	48.7	22.7	5.9
Rok – Year	65.7	18.8	46.9	23.0	6.8

W Hornsundzie opady pojawiają się średnio przez około 66 % dni w roku (tab. 3). W analizowanym wieloleciu częstość dni z opadem zmieniała się od 56% w 1982 roku do 75% w 1990 roku. W skali sezonowej najwięcej dni z opadem notuje się jesienią, zaś najmniej latem, natomiast w sezonie akumulacyjnym osiągają one wyższe częstości niż rocznie, podobnie jak dni z opadem ≥ 0.1 mm. Jesienią najczęściej odnotowuje się również dni z opadem śladowym, dni z opadem ≥ 0.1 i ≥ 5.0 mm. Sezonami wyróżniającymi się pod względem częstości najniższych jest wiosna oraz lato. Na wiosnę przypadają najniższe częstości dni z opadem ≥ 0.1 mm, dni z opadem ≥ 1.0 i ≥ 5.0 mm, zaś na lato najniższe częstości dni z opadem oraz dni z opadem śladowym. Dni z opadem ≥ 0.1 mm w sezonie letnim pojawiają się tylko nieznacznie częściej niż wiosną (tab. 3).

4. Wieloletnia zmienność sum opadowych oraz liczby dni z opadem

Rok

W przebiegu wieloletnim rocznych sum opadów w Hornsundzie można wyróżnić dwa okresy. Pierwszy obejmuje lata od początku obserwacji do 1988 roku. Wówczas wysokość rocznych opadów oscylowała wokół 300 mm z wyjątkiem lat 1980, 1984 i 1986, w których osiągały one blisko 450 mm. W drugim okresie – to jest od 1989 roku do końca okresu badawczego – opady zwykle przekraczały 400 mm. Jedynie w 1998 r. roczna suma opadów tylko nieznacznie przewyższyła 300 mm. Z kolei w najwilgotniejszych latach spadało ponad 500 mm (1990, 1999), a nawet ponad 600 mm rocznie (1994, 1996). Generalnie opady w Hornsundzie wykazywały tendencję wzrostową od początku okresu obserwacji aż do około 1995 roku. W drugiej połowie lat 90-tych mimo wysokich sum rocznych charakteryzowały się one tendencją spadkową, która jak się wydaje powodowana była wspomnianymi już niskimi opadami w 1998 roku (rys. 1).

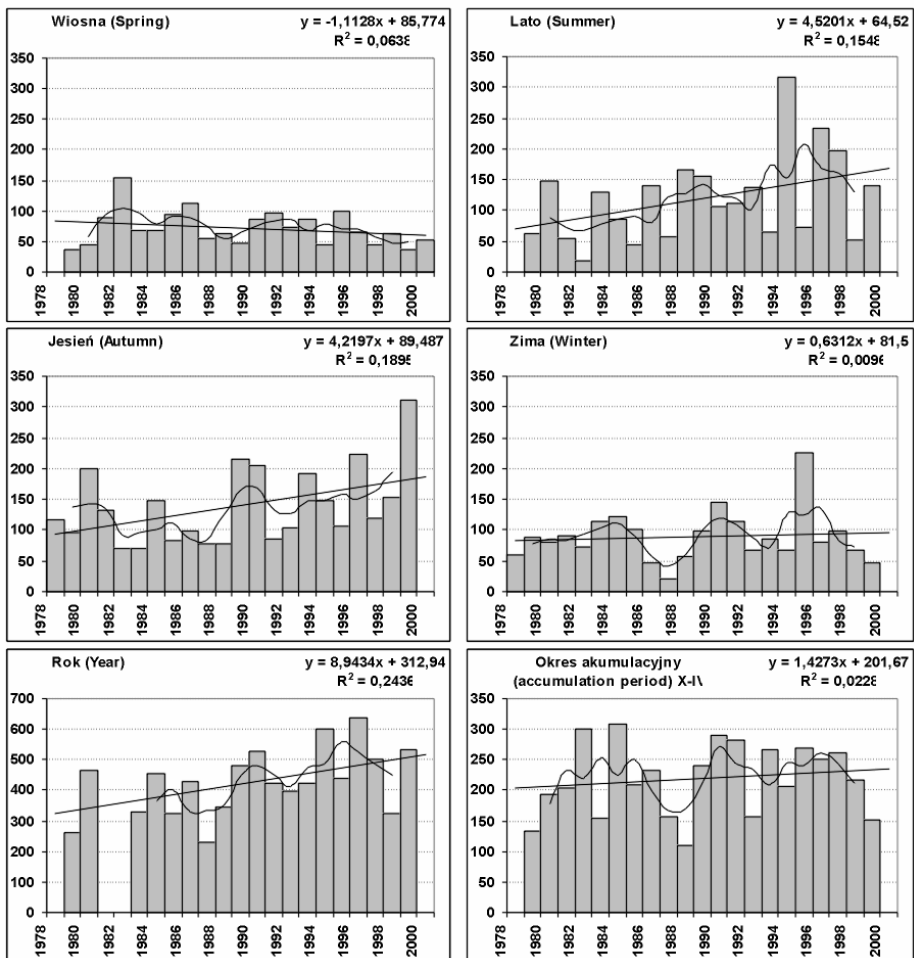
Okres akumulacyjny (X-IV)

W przebiegu wieloletnim opadów okresu akumulacyjnego wyróżnić można dwa przedziały czasowe o różnym charakterze zmian. Od początku okresu obserwacji do 1982 roku sumy opadowe odznaczały się wyraźną tendencją rosnącą, zaś od 1984 do 1988 roku malejącą. W 1983 roku w okresie od października do kwietnia spadło tylko nieco ponad 150 mm opadu. Po 1988 roku sumy opadowe utrzymywały się na w miarę wyrównanym poziomie, wahając się w przedziale od około 250 do prawie 300 mm. W ciągu 11 lat (od 1989 roku do końca analizowanego okresu) sumy opadowe okresu X-IV tylko 4 razy (1992, 1994, 1998, 1999) były nieznacznie wyższe lub wyraźnie niższe od 200 mm. W ostatnich trzech badanych latach okresu akumulacyjnego ponownie zaznaczała się wyraźna tendencja malejąca sum opadowych (rys. 1).

Sezony

Przebieg wieloletni (1978-2000) wykazuje w zależności od sezonu pewne charakterystyczne cechy. Sezon wiosenny, na który jak wynika z danych uśrednionych przypada najmniejsza część opadów rocznych, odznacza się zarazem najmniejszą zmiennością z roku na rok (współczynnik zmienności 38.9%). Najwyższy opad wiosenny wynosi 153.7 mm (1982), zaś najniższy 37.4 mm (1999) – co daje zakres zmienności wynoszący 116.3 mm. W przypadku pozostałych sezonów różnice pomiędzy najwyższym i najniższym opadem przekraczają 200 mm (lato: 273.1 mm, jesień: 241.0 mm, zima: 205 mm – tab. 1). W wieloletnim przebiegu opadów wiosennych zarysowuje się

bardzo delikatna tendencja spadkowa od około 100 mm na początku okresu badawczego do około 50 mm pod koniec XX wieku (wartości oszacowane na podstawie średnich ruchomych 3-letnich). W przypadku opadów sezonu letniego i jesiennego dominuje tendencja wzrostowa. Zarówno w sezonie jesiennym od 1989 roku jak i letnim od 1988 roku do końca okresu badawczego opady były wyższe niż w okresie wcześniejszym. Najbardziej mokrym sezonem było lato 1994 roku (316.0 mm) oraz jesień 1999 roku (311.9 mm). Oba te sezony odznaczały się wysokimi opadami w 1996 roku (lato – 233.9 mm, jesień – 221.9 mm), co zdecydowało o najwyższej rocznej sumie opadów. Warto jeszcze zwrócić uwagę na fakt, że w przebiegu opadów letnich od około 1994 roku zaznaczała się tendencja malejąca mimo, iż ich sumy w poszczególnych latach były znacznie wyższe niż w latach wcześniejszych (rys. 1).



Rys. 1. Wieloletnia zmienność opadów rocznych, sezonowych oraz opadów okresu akumulacyjnego X-IV w Hornsundzie w okresie 1978-2000

Fig. 1. The long-term variability of the annual and seasonal sums of precipitation and the precipitation of the accumulation period in Hornsund in the period 1978-2000.

Dosyć ciekawie przedstawia się wieloletni przebieg opadów zimowych. Krzywa średnich ruchomych 3-letnich wskazuje na ich słabą tendencję wzrostową od początku analizowanego okresu do 1984 roku. W drugiej połowie lat 80-tych odnotowano wyraźny spadek wysokości opadów sezonu zimowego. Szczególnie niskie ich sumy pojawiały się w ciągu 3 kolejnych lat: 1986, 1987 i 1988 z najniższym odnotowanym opadem zimy wynoszącym 21.4 mm (1987 rok). Po 1990 roku zimowe opady wahały się w granicach 50-100 mm, natomiast stwierdzony na podstawie średnich ruchomych 3-letnich ich trend rosnący spowodowany był wyjątkowo wysokimi opadami w zimie 1995 roku (226.5 mm – jest to zarazem najwyższa suma opadów zimy odnotowana w okresie obserwacji – rys. 1).

Miesiące wiosenne (III, IV, V)

Charakterystyczną cechą przebiegu wieloletniego opadów w marcu jest występowanie zdecydowanie wyższych sum i tendencja wzrostowa w okresie od początku obserwacji do 1986 roku, w którym odnotowano najwyższy opad marcowy (72.6 mm). Po 1986 roku sumy opadów przyjmowały wartości od około 20 do około 40 mm. Opady kwietniowe od początku lat 90-tych wykazują wyraźną tendencję spadkową od około 50 mm w 1990 roku do około 10 mm w roku 2000 i odznaczają się największą, spośród miesięcy wiosennych, zmiennością z roku na rok (tab. 2). Opady majowe charakteryzują się najniższym zakresem zmian (42.9 mm) i nie wykazują wyraźniejszych tendencji.

Miesiące letnie (VI, VII, VIII)

Od początku okresu obserwacji do 1988 roku w przebiegu wieloletnim opadów czerwcowych zaznacza się tendencja wzrostowa, natomiast od roku 1988 tendencja zniżkowa. W 1988 roku spadła najwyższa odnotowana ilość opadów czerwcowych (107.1 mm). Najistotniejszą cechą przebiegu wieloletniego opadów lipcowych jest tendencja malejąca w latach 1986-1993 oraz wyższe ich sumy w drugiej połowie lat 90-tych w porównaniu z okresem wcześniejszym. Najwyższy opad lipca (136.5 mm) odnotowano w roku 1994, zaś najniższy wynoszący zaledwie 1.5 mm w roku 1998. Opady sierpnia w drugiej połowie lat 90-tych są wyraźnie wyższe niż w latach wcześniejszych. Wyjątkowo wilgotnym był sierpień w 1994 i 1996 roku osiągając nieco ponad 120 mm. Z kolei w latach 80-tych opady sierpniowe były wyjątkowo niskie z sumą najniższą w 1982 roku (4.7 mm).

Miesiące jesienne (IX, X, XI)

Spośród wszystkich miesięcy jesiennych wrzesień odznacza się największym zakresem zmian oraz największym współczynnikiem zmienności (tab. 2). Niemalże w całym okresie badawczym (od około 1982 do 2000 roku) opady wrześniowe charakteryzują się tendencją rosnącą, za co wydaje się odpowiadać wyjątkowo duży opad we wrześniu 1999 roku wynoszący aż 230.0 mm. Warto dodać, że najniższa odnotowana w badanym wieloleciu roczna suma opadów w 1987 roku również wynosiła 230.0 mm.

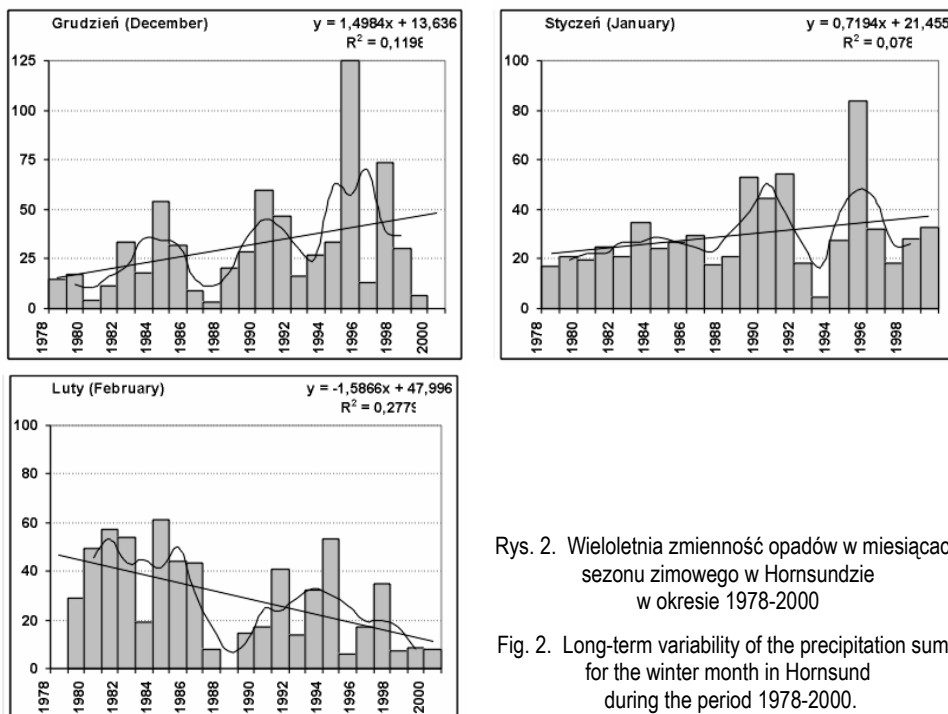
W przebiegu wieloletnim opadów listopadowych uwidacznia się trend rosnący w latach 90-tych z najwyższą sumą w 1993 roku (111.7 mm). Najwyższe opady października występowały na przełomie lat 80-tych i 90-tych osiągając 87.4 mm w 1989 roku.

Miesiące zimowe (XII, I, II)

Najbardziej zbliżonym do przebiegu opadów w sezonie zimowym jest ich przebieg w grudniu. Opady grudnia od początku analizowanego okresu do 1995 roku wykazują tendencję rosnącą.

Opady styczniowe w latach 1989, 1991 i 1995 odznaczają się wyższymi sumami (ponad 50 mm) w porównaniu z większością lat wielolecia (zwykle wahają się w granicach 20-30 mm).

W wieloletnim przebiegu opadów lutego dominuje tendencja spadkowa. Po okresie względnie wysokich opadów (40-60 mm) trwającym od początku ciągu obserwacyjnego do 1986 roku włącznie nastąpił okres zdecydowanie suchszy. Po 1986 roku opady lutego zwykle nie przekraczają 20 mm za wyjątkiem 4 lat (1991, 1993, 1994 i 1997 – rys. 2).

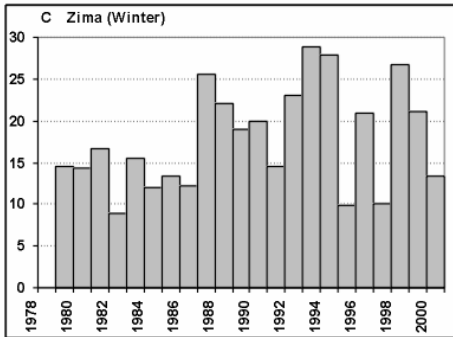
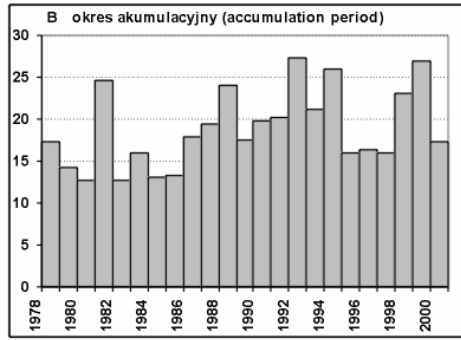
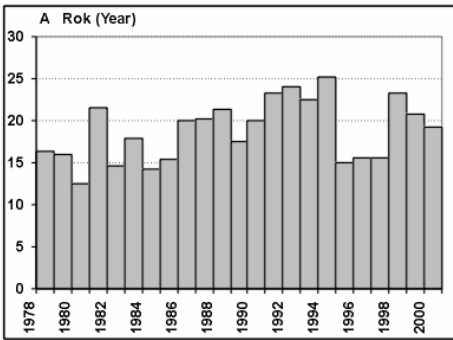


Rys. 2. Wieloletnia zmienność opadów w miesiącach sezonu zimowego w Hornsundzie w okresie 1978-2000

Fig. 2. Long-term variability of the precipitation sums for the winter month in Hornsund during the period 1978-2000.

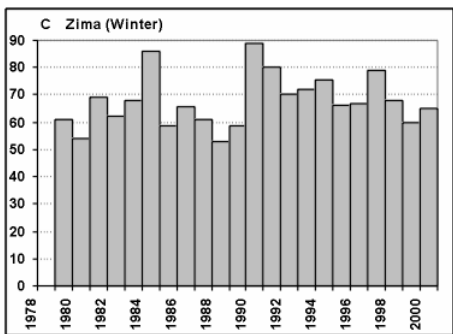
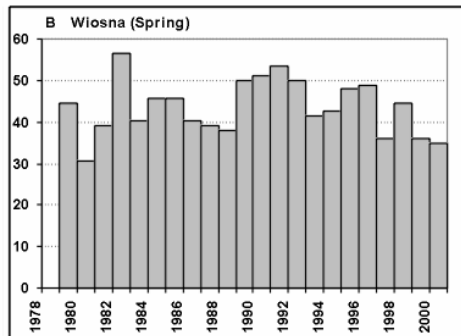
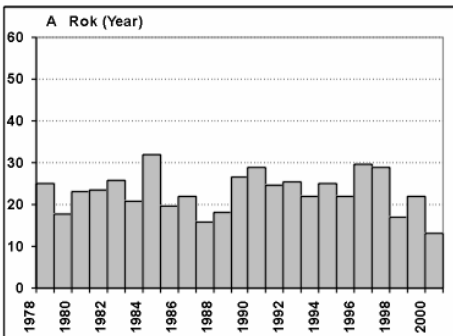
Wieloletni przebieg częstości dni z opadem

Częstości dni z opadem powyżej założonych progów wysokości wykazują duże zróżnicowanie przebiegu wieloletniego w zależności od rozpatrywanej skali czasowej (rok, okres akumulacyjny, sezony). Nie mniej jednak można w niektórych przypadkach dostrzec ogólne, lecz wyraźnie zarysowujące się tendencje. Ciekawym z punktu widzenia zmian czasowych wydaje się być okres przypadający na przełom lat 80-tych i 90-tych. W skali roku, okresu X-IV oraz wiosną, na przełomie lat 80-tych i 90-tych odnotowano najwyższe w całym analizowanym wieloleciu częstości dni z opadem. Podobną sytuację zauważa się w przypadku dni z opadem ≥ 0.1 mm wiosną (rys. 4B), przy czym w okresie późniejszym częstość ich pojawiania się wykazuje wyraźną tendencję spadkową. Dotyczy to również częstości dni z opadem w skali roku. Na nieco dłuższy okres, obejmujący drugą połowę lat 80-tych i pierwszą połowę lat 90-tych przypadają wyższe, w stosunku do pozostałych lat analizowanego okresu, częstości pojawiania się dni z opadem śladowym dla roku, okresu akumulacyjnego oraz zimy (rys. 3).



Rys. 3. Częstości dni z opadem śladowym dla roku (A), okresu akumulacyjnego (B) oraz zimy (C) w Hornsundzie w okresie lipiec 1978 - czerwiec 2000

Fig. 3. The frequencies of the days with trace precipitation for year (A), accumulation period (B) and for winter (C) in Hornsund during the period July 1978 - June 2000.



Rys. 4. Częstości dni z opadem ≥ 1.0 mm w skali roku (A) i wiosną (B) oraz dni z opadem w zimie (C) w Hornsundzie w okresie lipiec 1978 - czerwiec 2000

Fig. 4. The frequencies of the days with precipitation ≥ 1.0 mm in the scale of year (A) and in the scale of spring (B) and days with precipitation during winter (C) in Hornsund during the period July 1978 - June 2000.

Wyznaczone dla roku (rys. 4A), wiosny (rys. 4B) oraz jesieni częstości dni z opadem ≥ 1.0 mm od końca lat 80-tych oraz częstości dni z opadem dla zimy (rys. 4C) od początku lat 90-tych wykazują wyraźny trend spadkowy.

Podobnym spadkiem częstości, z tym że już tylko w drugiej połowie lat 90-tych, odznacza się wieloletni przebieg dni z opadem ≥ 1.0 mm i ≥ 5.0 mm w okresie akumulacyjnym. Charakterystyczną cechą wieloletniego przebiegu częstości dni, dla większości badanych progów wysokości opadów w sezonie wiosennym (dni z opadem, dni z opadem ≥ 0.1 mm, ≥ 1.0 mm, ≥ 5.0 mm i ≥ 10.0 mm) oraz dla dni z opadem ≥ 10.0 mm w roku i dni z opadem jesienią jest ich częstsze pojawianie się w drugiej połowie lat 90-tych. Ostatnia dekada XX wieku cechuje się częstszym aniżeli w okresie wcześniejszym (1978-1989) występowaniem dni z opadem ≥ 0.1 w skali roku, dni z opadem ≥ 5.0 mm w skali roku i jesienią, dni z opadem ≥ 10.0 mm jesienią, dni z opadem śladowym wiosną oraz dni z opadem w okresie akumulacyjnym. Wspólną cechą w przypadku dni z opadem ≥ 0.1 mm, ≥ 1.0 mm i ≥ 5.0 mm w sezonie zimowym są niższe częstości ich występowania w drugiej połowie lat 80-tych. Warto również zwrócić uwagę, że wiosną w całym analizowanym okresie zarysowuje się delikatna tendencja spadkowa pojawiania się dni z opadem ≥ 5.0 mm, z kolei latem częstość dni z opadem śladowym wzrastała do końca lat 80-tych, natomiast w drugiej połowie lat 90 (szczególnie w latach 1996 i 1997) dni takie pojawiały się stosunkowo rzadko.

5. Wnioski

Przeprowadzone badania wskazują, że średnia roczna suma opadów w Hornsundzie za okres 1979-2000 wynosiła około 421.7 mm, wahając się od 230.2 mm w 1987 do 635.7 mm w 1996 roku. Roczne sumy opadów w Hornsundzie wykazywały tendencję wzrostową od początku okresu obserwacji aż do około 1995 roku. W drugiej połowie lat 90-tych mimo wysokich sum charakteryzowały się one tendencją spadkową. W Hornsundzie najwyższa część opadów rocznych przypada na jesień (32.7% sumy rocznej) i nieco mniejsza na lato (29.3%). Najniższe opady pojawiają się wiosną (17%), zaś zimą spada około 21% sumy rocznej. W przebiegu wieloletnim opadów sezonu wiosennego zarysowuje się słaba tendencja spadkowa i wykazują one, w porównaniu z innymi sezonami, najmniejszą zmienność z roku na rok. W przypadku opadów sezonu letniego i jesiennego dominuje tendencja wzrostowa. Zarówno w sezonie jesiennym od 1989 roku jak i letnim od 1988 roku do końca okresu badawczego opady były wyższe niż w okresie wcześniejszym. W przebiegu opadów letnich od około 1994 roku zaznaczała się tendencja malejąca.

Biorąc pod uwagę wartości miesięczne stwierdzono, że zdecydowaną przewagą pod względem wysokości opadów odznacza się wrzesień (14.6% sumy rocznej), wysokie opady pojawiają się również w sierpniu (12.2% sumy rocznej). Najniższe opady miesięczne przypadają z kolei na koniec zimy i wiosnę, ze szczególnie niskimi sumami w maju (4.7 % sumy rocznej) i kwietniu (4.5 % sumy rocznej). Przebieg wieloletni opadów w poszczególnych miesiącach jest zróżnicowany, wykazując indywidualne cechy, z których do najistotniejszych zalicza się:

- tendencję wzrostową opadów marca w okresie od początku obserwacji do 1986 roku,
- wyraźną tendencję spadkową opadów kwietnia od początku lat 90-tych do końca okresu badawczego,
- tendencję wzrostową opadów czerwcowych od początku okresu obserwacji do 1988 roku, i zniżkową od roku 1988,

- wyższe sumy opadów lipcowych i sierpniowych w ostatniej dekadzie XX wieku w stosunku do lat wcześniejszych,
- rosnący trend opadów listopadowych w latach 90-tych,
- wysokie sumy opadów października na przełomie lat 80-tych i 90-tych,
- tendencję rosnącą opadów grudnia od początku analizowanego okresu do 1995 roku,
- tendencję spadkową w wieloletnim przebiegu opadów lutego.

Częstości dni z opadem powyżej założonych progów wysokości wykazują duże zróżnicowanie przebiegu wieloletniego w zależności od rozpatrywanej skali czasowej (rok, okres X-IV, sezony). Ciekawym, z punktu widzenia zmian czasowych wydaje się być przełom lat 80-tych i 90-tych, kiedy występowały najwyższe częstości opadów powyżej analizowanych wartości progowych.

Literatura

- Baranowski S., 1977, The subpolar glaciers of Spitsbergen seen against the climate of this region. Acta Univ. Vratisl. 410, Results of Investigations of the Polish Scientific Spitsbergen Expeditions, vol. III, Wrocław: 94.
- Førland E. J., Hanssen-Bauer I., Nordli P. Ø, 1997, Climate statistic and long-term series of temperature and precipitation at Svalbard and Jan Mayen, norwegian Meteorol. st, Report 21/97 KLIMA: 72 s.
- Głowacki P., Niedźwiedź T., 1997, Climatological conditions in Hornsund (Spitsbergen) during succeeding Polish Polar Expeditions. Polish Polar Studies, 24 Polar Symposium, Warszawa: 81-94.
- Hanssen-Bauer I., Førland E. J., 1998, Long-term trends in precipitation and temperature in the Norwegian Arctic: Can they be explained by changes in atmospheric circulation patterns?, Clim. Res. 10: 143-153.
- Jania J., 1993, Glaciologia, PWN, Warszawa: 359 s.
- Kierzkowski T., 1996, Cechy klimatu lokalnego stacji w Hornsundzie w oparciu o materiał z lat 1978-1995. Problemy Klimatologii Polarnej, 6, WSM Gdynia: 67-1995.
- Łupikasza E., Niedźwiedź T., 2002, Wpływ cyrkulacji na opady atmosferyczne w Hornsundzie (w:) Kostrzewski A., Rachlewicz G (red.), Polish Polar Studies, Funkcjonowanie i monitoring Geoekosystemów obszarów polarnych, Poznań 2002: 203-216.
- Markin V. A., 1975, Klimat oblasti sovremennogo oledeneniya, (w:) Oledeneniye Spitsbergena (Svalbard), Rezul'taty Issledovaniy po Meždunarodnym Geofizicheskim Projektam, Izd. "Nauka", Moskwa: 42-105.
- Niedźwiedź T., Ustrnul Z., 1988, Wpływ sytuacji synoptycznych na stosunki opadowe w Hornsundzie (Spitsbergen), XV Sympozjum Polarne, Wydawnictwo Uniwersytetu Wrocławskiego, Wrocław: 196-202.
- Niedźwiedź T., 1993, The main factors forming of the climate of the Hornsund (Spitsbergen), Zeszyty Naukowe UJ, Prace Geograficzne, 94, Kraków: 49-63.
- Niedźwiedź T., 2001, Zmienność cyrkulacji atmosfery nad Spitsbergenem w drugiej połowie XX wieku. Problemy Klimatologii Polarnej, 11, WSM Gdynia: 7-26.
- Pereyma J., 1983, Climatological problems of the Hornsund area, Spitsbergen, Acta Univ. Vratisl. 714, Results of Investigations of the Polish Scientific Expeditions, vol. V, Wrocław: 134 s.
- Przybylak R., Marciniak K., 1992, Opady a cyrkulacja atmosferyczna na zachodnim wybrzeżu Spitsbergenu w okresie 1979-1985. Problemy Klimatologii Polarnej, 2, WSM Gdynia: 84-95.
- Przybylak R., 1996, Zmienność temperatury powietrza i opadów atmosferycznych w okresie obserwacji instrumentalnych w Arktyce. Toruń: 279 s.
- Przybylak R., 1997, Związki przestrzenne opadów atmosferycznych w Arktyce w okresie 1951-1990. Problemy Klimatologii Polarnej, 7, WSM Gdynia: 41-54.

Roczniki Meteorologiczne, Hornsund od 1978/1979 do 1999/2000, 2000, M. Miętus (red.) Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej, Gdynia.

Rodzik J., Stepko W., 1985, Climatic conditions in Hornsund (1978-1983), Pol. Polar Res., 6, 4: 561-576.

Steffensen E. L., 1982, The climate at Norweg Arctic Stations, KLIMA, Det Norske Meteorologiske Institutt, 5, Oslo: 44 s.

THE VARIABILITY OF THE ATMOSPHERIC PRECIPITATION IN HORNSUND (SPITSBERGEN) IN THE PERIOD 1978-2000

Summary

In the polar area, the precipitation is a component of one of the most important processes connected with the glacier mass balance – accumulation and ablation. In this case particular significance is attributed to the height of the precipitation for a month of a cool season. The aim of this study is to examine the long-term variability of the atmospheric precipitation in Hornsund by the analysis of the monthly, seasonal and annual sums of precipitation and the sums of the precipitation for the accumulation season. Moreover, the long-term variability of the frequency of the days with precipitation (≥ 0.0 mm), of the days with trace precipitation ($= 0.0$ mm), of the days with the precipitation ≥ 0.1 mm, ≥ 1.0 mm, ≥ 5.0 mm, ≥ 10.0 mm, ≥ 20.0 mm was discussed in the scale of the year, seasons and the accumulation period.

The investigation of long-term variability of the precipitation in Hornsund that was carried out indicated that annual sums of precipitation amount to 421.7 mm. The annual sums of the precipitation are distinguished by the rising tendency showing up from the beginning of the measurement period to 1995. In the second half of the 90-ties, despite of high sums, annual precipitation is characterised by decreasing tendency that is connected with the low sums of precipitation in 1998. The highest part of annual precipitation falls in autumn and slightly less in summer. The lowest precipitation sums appear in spring. A slightly decreasing tendency is visible in the long-term course of spring precipitation. Both the autumn and the summer precipitation is characterised by the higher sums in the last decade of the 20th century than in the earlier period. Moreover, the autumn sums of precipitation are distinguished by an increasing trend in the last decade of the 20th century while the course of summer precipitation shows the decreasing tendency from 1994.

Taking into consideration the monthly values it was stated that September predominates in respect of the height of precipitation. High precipitation also occurs in August. The lowest sums of the monthly precipitation occur in the end of winter and in spring, with especially low sums in May and April. The long-term course of precipitation in particular months is diverse and exhibits specific features. The frequency of the days with defined thresholds of precipitation sums exhibits a great diversity of long-term course in the considered scales of time. The period in the turn of the 80-ties and 90-ties is interesting from the point of view of temporary variability of the frequency of precipitation. In this period the highest frequencies of the days with defined thresholds of precipitation sums often occurred or the change of tendencies direction took place.