

**UJEMNY TREND ROCZNYCH SUM OPADOWYCH  
NA STACJI IM. H. ARCTOWSKIEGO  
(WYSPA KRÓLA JERZEGO, SZETLANDY PD., ANTARKTYKA ZACH.)**

**Andrzej A. Marsz**

Wyższa Szkoła Morska, Wydział Nawigacyjny,  
Katedra Meteorologii i Oceanografii Nautycznej, Gdynia

**Sformułowanie zagadnienia**

Zagadnienia stosunków opadowych rejonu Polskiej Stacji Antarktycznej im. H. Arctowskiego nie były do tej pory zbyt szczegółowo omawiane w literaturze. Charakterystyki sum i rozkładu opadów opracowane na podstawie zaledwie 4-letniej serii obserwacyjnej przedstawiała praca Marsza i Suszczewskiego (1987). Podstawowe dane o opadach notowanych na Stacji Arctowskiego z lat 1978–1987 przyniosła praca Rakusy-Suszczewskiego, Miętusa i Piaseckiego (1992). Opracowanie stosunków opadowych, nawiązujące do bilansu zlodowacenia w rejonie Stacji Arctowskiego, oparte na nieciągłej serii pomiarów opadów z lat 1978–1990, w której jednak pełne roczne pomiary stanowiły tylko 11 lat, dał Marsz (1994).

W okresie od początku funkcjonowania stacji meteorologicznej na Polskiej Stacji Antarktycznej im. H. Arctowskiego (rok 1977) do momentu pisania tej pracy (rok 1997) pełne serie roczne pomiarów sum opadowych obejmują tylko 16 lat. Są to lata 1978–1983, 1985–1989, 1991–1993 i 1995–1996. Tak krótki i nieciągły okres obserwacji nie upoważnia do wyciągania dalej idących wniosków natury klimatycznej.

Tym niemniej opady stanowią na tym obszarze jeden z istotniejszych elementów klimatycznych, choćby ze względu na fakt, że wywierają one bezpośrednio i pośrednio wpływ na szereg dalszych cech

środowiska. Kształtują one wielkość bilansu wodnego na obszarze rejonu Zatoki Admiralicji, mają wpływ na wielkość wymiany ciepłej między podłożem a atmosferą na obszarach lądowych, kształtowanie się temperatury podłoża (gruntu), regulują w dużej części wielkość albedo powierzchni itd. Przede wszystkim jednak opady stanowią jeden z najistotniejszych elementów bilansu masy zlodowacenia, a w otoczeniu Stacji Arctowskiego dominują obszary zlodowaczone. Bilans masy obszarów zlodowaczonych kształtuje z kolei szereg krótko i długookresowych procesów fizyczno-geograficznych, mających podstawowe znaczenie dla rozwoju środowiska i krajobrazu tego obszaru, co z kolei przenosi się na procesy biotyczne. Wymienione fakty stają się argumentami przemawiającymi za potrzebą scharakteryzowania choćby niektórych właściwości warunków opadowych występujących w rejonie Stacji Arctowskiego, mimo wszystkich zastrzeżeń co do materiałów obserwacyjnych. Celem przedstawionej pracy jest zwrócenie uwagi na występowanie w okresie pomiarów meteorologicznych prowadzonych na Stacji Arctowskiego (20 lat) ujemnego trendu rocznych sum opadowych.

### **Ogólna zmienność rocznych sum opadowych w latach 1978–1996**

W okresie lat 1977–1996, czyli w okresie prowadzenia na Stacji Arctowskiego obserwacji meteorologicznych, zauważa się skokowe obniżanie się rocznych sum opadowych. Bieg rocznych sum opadowych wykazuje, że w analizowanym okresie lat 1978–1996 można wydzielić trzy okresy. Są to lata 1978–1985 (I okres), 1986–1989 (II okres) i 1990–1996 (III okres).

W pierwszym okresie średnie roczne sumy opadowe wynosiły około 560 mm ( $\sigma_n = 26$  mm) i mieściły się w granicach od 529 do 592 mm. W ciągu tego okresu kilkakrotnie (5 razy) miesięczne sumy opadowe przekraczały 100 mm (patrz tab. 1, ryc. 1).

Drugi okres, który nastąpił w latach 1986–1989 (4 lata) charakteryzował się bardzo dużą zmiennością opadów, z czego pierwsze trzy lata (1986, 1987 i 1988) odznaczały się bardzo niskimi, gwałtownie malejącymi sumami opadowymi (od 456 do 377 mmy), a ostatni – 1989 rok – gwałtownym wzrostem rocznej sumy opadowej, która osiągnęła 630 mm i stanowi najwyższą do tej pory zmierzoną roczną

*Ujemny trend rocznych sum opadowych na Stacji im. H. Arctowskiego*

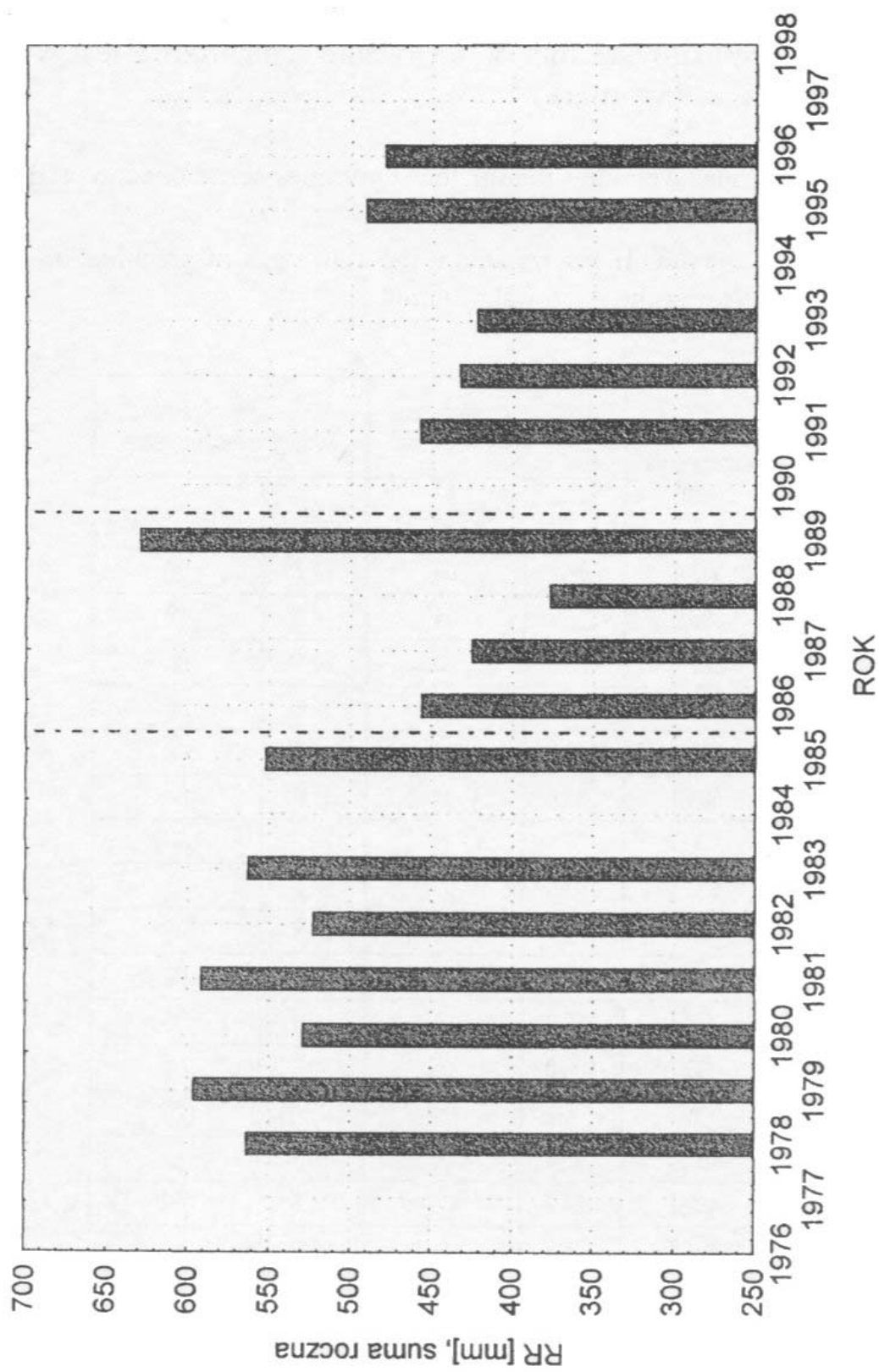
sumę opadów na Stacji Arctowskiego. Średnia suma opadowa drugiego okresu wynosi 472,3 mm, a odchylenie standardowe jest wyjątkowo duże ( $\sigma_n = 95,4$  mm).

Tabela 1. Roczne, maksymalne i minimalne sumy miesięczne opadów w danym roku na Stacji Arctowskiego

Table 1. Annual, maximum and minimum monthly sums of precipitation in a given year at the Arctowski Station

Rok Year	Suma roczna Annual sum (mm)	Maks. suma miesięczna Maximum monthly sum		Min. suma miesięczna Minimum monthly sum	
		(mm)	mies./month	(mm)	mies./month
1978	563,4	87,7	03	14,7	07
1979	596,0	123,9	04	10,9	12
1980	529,1	75,3	02	25,1	06
1981	591,8	145,3	11	17,6	05
1982	522,9	149,6	04	7,6	08
1983	563,2	85,9	03	15,9	04
1984	*	*	*	12,1(?)	05(?)
1985	552,3	105,8	09	10,9	05
1986	456,5	77,9	06	21,8	05
1987	425,4	82,4	11	14,2	09
1988	377,1	55,8	06	6,3	08
1989	630,1	106,0	05	10,3	01
1990	*	*	*	9,3(?)	12(?)
1991	457,4	98,0	06	10,1	12
1992	433,2	84,9	04	6,8	06
1993	422,3	76,3	11	5,1	10
1994	*	*	*	3,9	12
1995	490,8	80,2	10	19,3	06
1996	479,2	62,6	07	15,3	05

Uwaga do tabeli 1: \* – brak serii pomiarów sum opadowych obejmujących pełen rok.



Ryc. 1. Bieg sum opadów rocznych na Stacji Arctowskiego (1978–1996)  
 Fig. 1. The course of annual precipitation sums at the Arctowski Station (1978–1996)

Trzeci okres charakteryzuje się zmniejszeniem zmienności i względnym ustabilizowaniem sum opadowych na niższym poziomie. Średnia z okresu 1991–1996 (5 lat obserwacji) wynosi 456.6 mm ( $\sigma_n = 26,1$  mm) i jest o 100 mm niższa (!) od średniej sumy w pierwszym okresie. Zakres zmienności rocznych sum opadowych mieści się w granicach od 490,8 mm (maksimum, rok 1995) do 422 mm (minimum, rok 1993).

Trzeba zwrócić uwagę na fakt, że maksymalna suma roczna w trzecim okresie jest niższa od minimalnej sumy, jaka wystąpiła w okresie pierwszym. Dla trzeciego okresu charakterystyczne jest ponadto częstsze niż poprzednio występowanie miesięcznych sum opadu mniejszych od 10,0 mm (!). Jak na klimat cechujący się skrajnym oceanizmem nie jest to wiele.

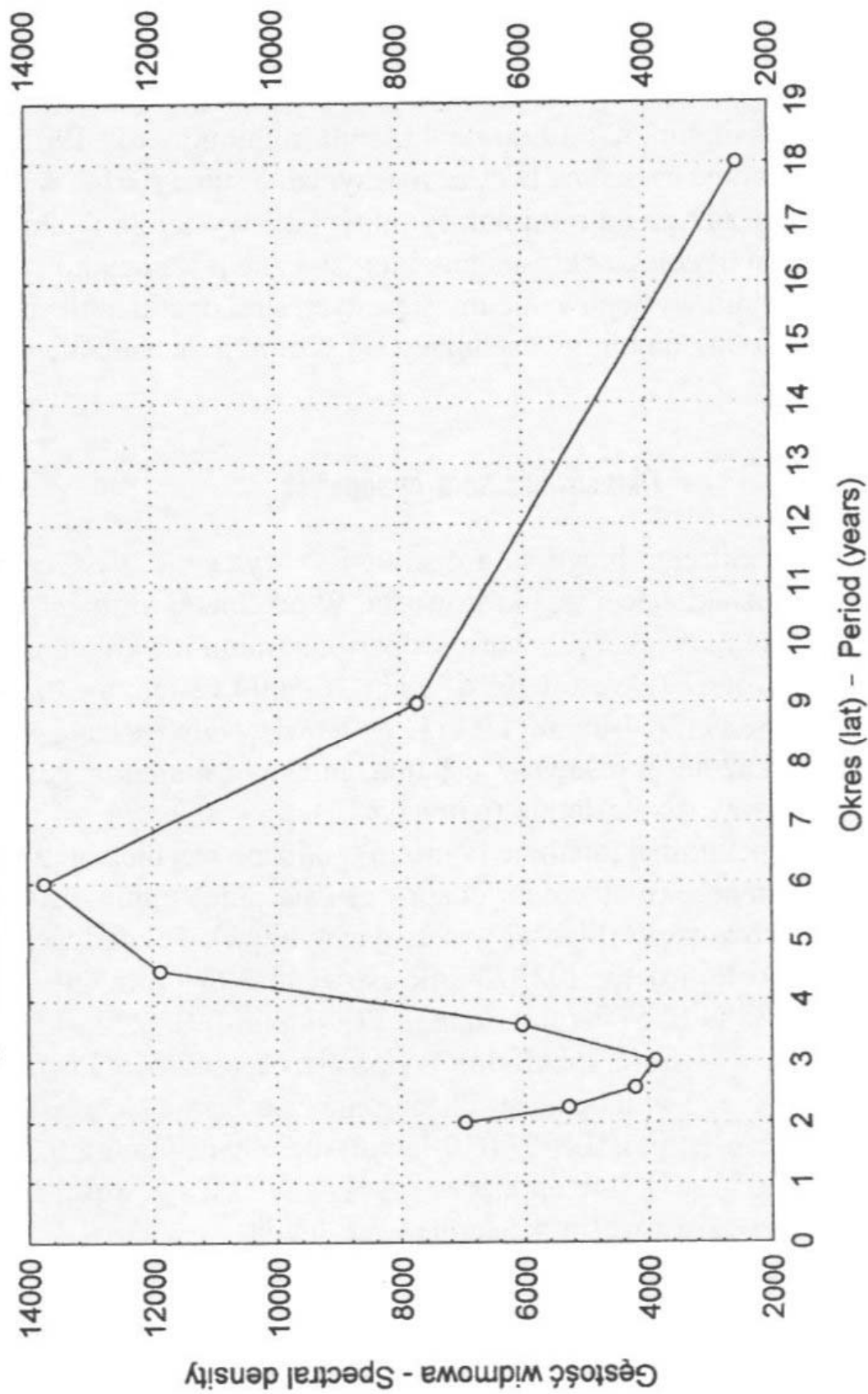
### **Okresowość sum opadowych**

Analiza spektralna biegu sum opadowych wykazuje występowanie wyraźnie zaznaczającej się okresowości. W przebiegu rocznych sum opadowych pięć największych wartości periodogramu ma kolejno częstotliwości: 0,16667 (okresowość 6-letnia), 0,5000 (2-letnia), 0,2222 (4,5-letnia), 0,3889 (2,57-letnia) i 0,1111 (9-letnia). Największą gęstość spektralną wykazuje okresowość 6-letnia, niewiele mniejszą gęstość wykazuje okresowość 4,5-letnia (patrz ryc. 2).

Analizie spektralnej (analizie Fouriera) poddano również bieg sum opadowych w marcu (maksimum opadowe) i sierpniu (minimum opadowe). Dla marca częstotliwości wykazujące największe wartości periodogramu (kolejno) to: 0,2778 (okresowość 3,6-letnia), 0,1667 (6,0-letnia), 0,3889 (2,57-letnia), 0,3333 (3,0-letnia) i 0,2222 (4,5-letnia). Największą gęstość spektralną wykazuje okresowość 3,6-letnia i 4,5-letnia. W biegu sum opadowych sierpnia zaznaczają się częstotliwości 0,2778 (3,6-letnia), 0,1667 (6,0-letnia), 0,5000 (2-letnia), 0,2222 (4,5-letnia) i 0,0556 (18,0-letnia), przy czym największe gęstości spektralne wykazują okresowości 4,5-letnia i 3,6-letnia.

Przeprowadzona analiza wykazuje, że podstawowymi składowymi, wspólnymi dla całego rytmu zmian opadowych, są okresowości 2,0, 3,6, i 6,0-letnie. Suma harmonik okresowości 3,6 i 6,0-letniej daje pojawiającą się (choć wcześniej nie wymienioną) okresowość 2,25-letnią, różnica daje okresowość 9,0-letnią. Różnica częstotliwości 0,5000 (okresowość 2-letnia) i 0,2778 (3,6-letnia) daje okresowość 4,5-letnią.

Wagi Hamminga: Hamming weight: ,0357 ,2411 ,4464 ,2411 ,0357



Ryc. 2. Okresowość biegu rocznych sum opadów na Stacji Arctowskiego (gęstość spektralna)

Fig. 2. Periodicity of the course of annual precipitation sums at the Arctowski Station (spectrum density)

Trudno tutaj odnieść się do przyczyn tak wyraźnie pojawiającej się okresowości w występowaniu wielkości opadów. Wobec krótkiego ciągu obserwacyjnego, wyciąganie dalej idących wniosków nie wydaje się uzasadnione, zwłaszcza że w tym przypadku brak możliwości analizy cykliczności długookresowej (ponad 10-letniej). Warto jednak zwrócić uwagę na pojawiającą się tutaj okresowość około 2,6-letnią znaną również z wielu zjawisk natury hydroklimatycznej obszaru Północnego Atlantyku i jego otoczenia (Sukhovej 1977).

### Trend długookresowy

Porównanie amplitud i faz występujących okresowości nie wyjaśnia tak wyraźnego i silnego spadku sum opadowych w analizowanym okresie. Analiza wykazuje, że ciąg pomiarów sum opadowych rejestruje występowanie długookresowego trendu spadkowego (patrz ryc. 3), który można opisać jako:

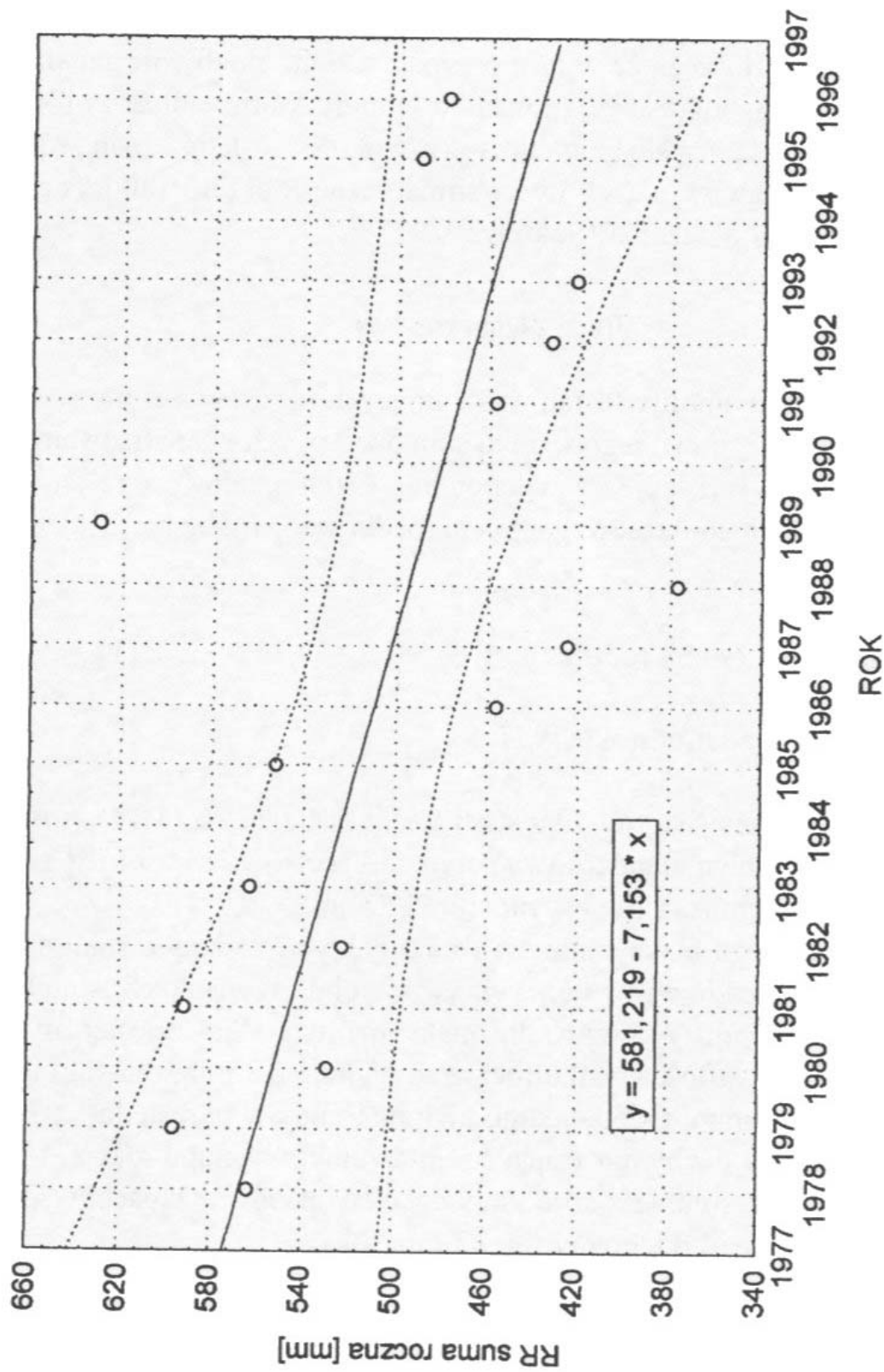
$$RR \text{ (suma roczna, mm)} = 581,2 - 7,15 * x, \quad [1]$$

gdzie:  $x$  – liczba lat od roku 1977.

Trend ten jest istotny statystycznie ( $p < 0,023$ ,  $F(1;14) = 6,5$ ;  $r = -0,56$ ), zaś błąd standardowy estymacji (BSE) wielkości RR szacowanych zależnością [ 1 ] wynosi  $\pm 63,2$  mm.

Analiza biegu maksymalnych i minimalnych w danym roku sum miesięcznych opadów również wykrywa w obu przypadkach istnienie trendów ujemnych. W przypadku maksymalnych sum miesięcznych w danym roku wartość spadku rocznego wynosi 2,3 mm, dla sum minimalnych  $-0,4$  mm. Odpowiednio ujemne trendy w okresie lat 1978–1996 wykazują liczby dni z opadem mierzalnym w ciągu roku ( $-1,22$  dnia na rok) oraz średnie roczne sumy dobowe opadów w dniach, w których wystąpił opad mierzalny ( $-0,22$  mm/rok).

Trendy ujemne zaznaczają się w biegu 8 sum miesięcznych, z tego 4 miesiące wykazują wartości trendu ujemnego przekraczającego 1 mm/rok. Są to sumy opadów lutego ( $-2,2$  mm/rok – trend istotny statystycznie na poziomie 3%), marca ( $-2,7$  mm, nieistotny), kwietnia ( $-1,8$  mm/rok, nieistotny) i grudnia ( $-1,3$  mm, nieistotny).



Ryc. 3. Trend rocznych sum opadów na Stacji Arctowskiego. Oznaczony poziom ufności 95%

Fig. 3. The trend of annual precipitation sums at the Arctowski Station. The 95% confidence band marked



Dotychczas w literaturze dotyczącej obszarów Morskiej Antarktyki nie opisywano występowania ujemnego trendu sum opadowych, faktem jest jednak, że prac poświęconych analizom opadów z tego rejonu jest mniej niż niewiele, badacze skupiają uwagę głównie na zagadnieniach termiki. Występowanie przeciwnego, bo dodatniego trendu sum opadowych jest sygnalizowane na zachodnich wybrzeżach Półwyspu Antarktycznego (Ackley, Bentley, Foldvik i in. 1996).

Szereg badaczy (przegląd literatury: patrz Smith i Sterns 1993, i syntetyczna, przeglądowa praca Ackleya, Bentleya, Foldvika i in. 1996) wiąże występowanie niektórych procesów atmosferycznych w rejonie Subantarktyki i Antarktyki z kształtowaniem się wartości wskaźnika SOI (Oscylacji Południowej – SOI: Southern Oscillation Index). Wykazano istnienie takich związków między SOI a kształtowaniem się ciśnienia atmosferycznego i temperaturą powietrza w różnych przekrojach czasowych.

Analiza związków między rocznymi sumami opadów na Stacji Arctowskiego a rocznymi wartościami wskaźnika Oscylacji Południowej<sup>1</sup> (wg Ropelewskiego i Jonesa 1987) nie wykazała występowania zależności istotnych pod względem statystycznym. Można sądzić, iż przyczyna tego może leżeć w zbyt krótkiej i nieciągłej serii pomiaru opadu na Stacji Arctowskiego. Zależności, które się rysują, wskazują jednak, że:

- a) Zarówno trend rocznych sum opadów, jak i rocznego wskaźnika SOI w latach 1978–1996 jest ujemny (zgodność znaków).
- b) Najsilniejszy związek między roczną sumą opadów a wartościami rocznych wskaźników SOI występuje z przesunięciem czasowym. Bieg zmian SOI wyprzedza o rok bieg zmian rocznych sum opadów i wielkość maksimum opadowego w tym samym roku (zgodność znaku), a o trzy lata wyprzedza wielkość minimum opadowego w tym roku (patrz tab. 2).
- c) Mimo tego, że żaden ze współczynników korelacji zawartych w tabeli 2 nie przekracza progu  $p < 0,05$  obraz rozkładu wskaźników korelacji zdaje się wskazywać na występowanie tu pewnego porządku.
- c) W krótszych przekrojach czasowych (wartości średnie miesięczne indeksu SOI, miesięczne sumy opadów) związki synchroniczne nie zaznaczają się. Występują natomiast związki istotne pod względem statystycznym ( $p < 0,05$ ) między sumami opadów w styczniu i lu-

<sup>1</sup> Wartości wskaźnika SOI uzyskano z NASA (Climate Research–Unit Southern Oscillation Index; Lee Kyle).

tym a wartościami wskaźnika SOI z końca zimy i miesięcy wiosennych (08–12). Zależność ta dla stycznia ma charakter odwrotny (ujemne wskaźniki korelacji), dla lutego – zgodny (dodatnie współczynniki korelacji – patrz ryc. 4). Dla opadów występujących w pozostałych miesiącach zależności takich nie stwierdzono. Opady stycznia (RR01) można aproksymować jako funkcję SOI:

$$RR_{01} = 30,48 - 11,94 \cdot SOI_{11rp} + 4,63 \cdot SOI_{04rp}, [2],$$

(przy  $R = 0,82$ ,  $adj. R^2 = 0,62$ ,  $F(2;14) = 13,99$ ,  $p < 0,00046$ ,  $BSE = \pm 9,9$  mm),

zaś opady lutego ( $RR_{02}$ ):

$$RR_{02} = 57,90 + 29,75 \cdot SOI_{09rp} - 16,36 \cdot SOI_{08rp}, [3],$$

(przy  $R = 0,81$ ,  $adj. R^2 = 0,59$ ,  $F(2;13) = 12,04$ ,  $p < 0,00111$ ,  $BSE = \pm 14,2$  mm),

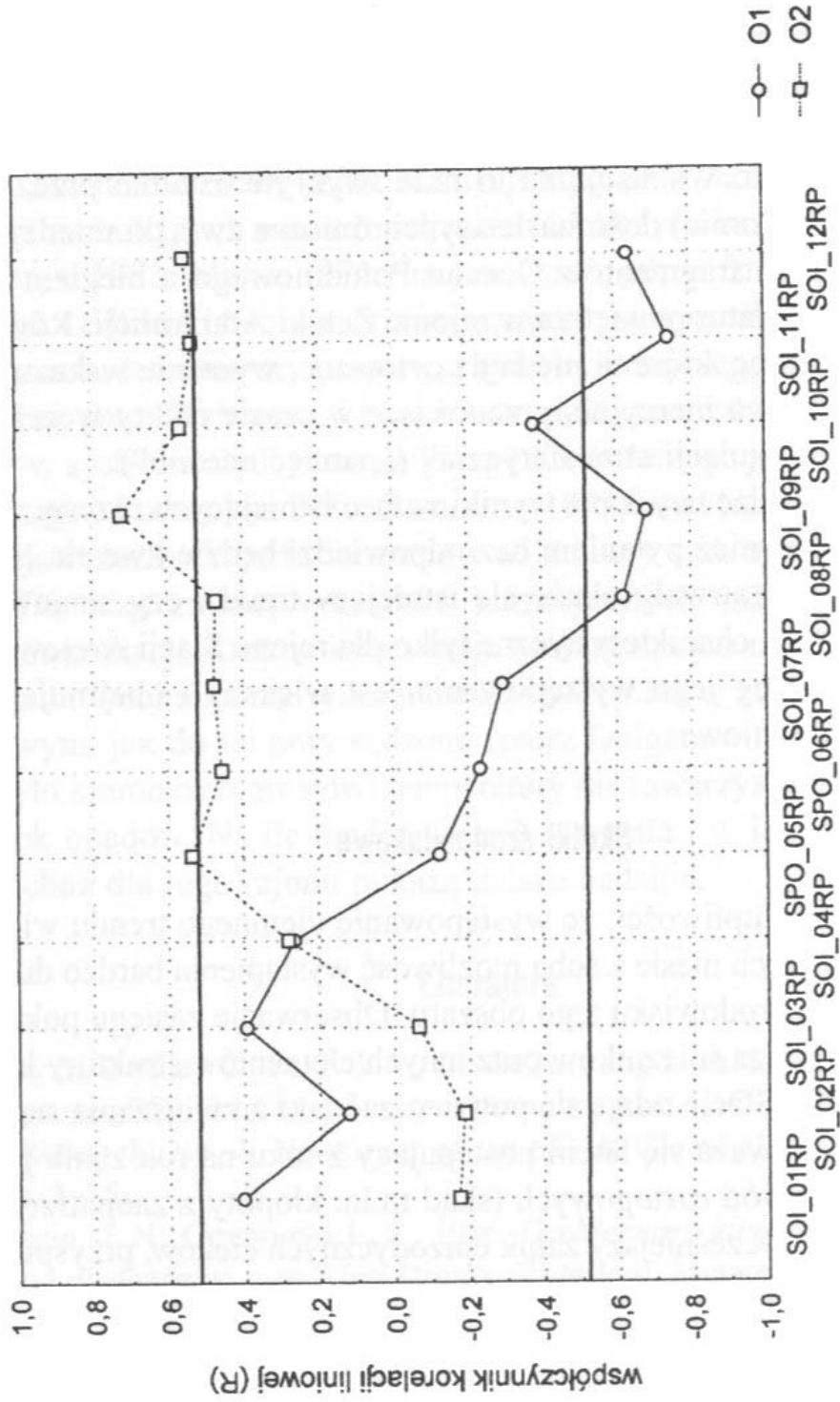
gdzie:  $SOI_{11rp}$ ,  $SOI_{04rp}$ ,  $SOI_{09rp}$ ,  $SOI_{08rp}$  – odpowiednio wskaźniki SO dla miesięcy: 11, 04, 09 i 08 roku poprzedniego.

Tabela 2. Wielkość współczynników korelacji między wartościami wskaźnika SOI w roku bieżącym i latach poprzedzających a wielkością rocznych sum opadów i wielkościami minimum i maksimum miesięcznego w tym samym roku na Stacji Arctowskiego

Table 2. The values of correlation coefficient between the values of SOI in the present year and the preceding years and the values of annual precipitation sum and the monthly minimum and maximum in the same year at the Arctowski Station

Opady na stacji Arctowskiego w tym samym roku Precipitation sum at the Arctowski Station at the same year	Wskaźnik roczny SOI – Annual SOI				
	rok bieżący present year	lat wcześniej – years ago			
		1	2	3	4
Suma roczna; annual sum	0,34	0,45	-0,25	-0,06	0,23
Max roczne; annual max	-0,06	0,50	0,02	0,16	0,06
Min. roczne; annual min.	0,09	0,13	0,16	-0,46	-0,41

Oznaczone wsp. korelacji są istotne z  $p < ,05000$



Ryc. 4. Kształtowanie się współczynników korelacji między miesięcznymi sumami opadów w styczniu (I) i lutym (II) na Stacji Arctowskiego a miesięcznymi wskaźnikami SO roku poprzedniego. Oznaczony poziom istotności 0,05  
 Fig. 4. The formation of coefficients of correlation between monthly precipitation sum of January (I) and February (II) at the Arctowski Station and monthly SO indices of the previous year. The 0,05 significant marked

Opisane wyżej fakty zdają się wskazywać, że związki, między wielkościami opadów<sup>2</sup> na King George Island a kształtowaniem się cyrkulacji atmosferycznej w strefie równikowej Pacyfiku winny być poważnie brane pod uwagę. Występowanie związków asynchronicznych wskazuje na występowanie między tymi zjawiskami ogniw pośrednich o charakterze inercyjnym. Takim ogniwem pośrednim może być stan termiczny oceanu. Wskazują na to m.in. wykryte ostatnio przez Styszynską (w tym tomie) dość ściśle asynchroniczne związki między stanem termicznym fragmentów Oceanu Południowego a biegiem miesięcznych temperatur powietrza w rejonie Zatoki Admiralicji. Również szereg innych prac, które tu nie będą cytowane, wyraźnie wskazuje na ocean jako ogniwo inercyjne, przenoszące w czasie efekty wcześniejszych zmian cyrkulacji atmosferycznej („pamięć oceanu”).

Trudno oceniać uzyskane wyniki wobec istniejących przerw w obserwacjach. Również pytaniem bez odpowiedzi będzie kwestia określenia, na ile długotrwały okaże się istniejący trend i czy stanowi on zjawisko lokalne, charakterystyczne tylko dla rejonu Stacji Arctowskiego, czy też zasięg jego występowania jest większy i obejmuje całe Szetlandy Południowe.

### **Skutki środowiskowe**

Nie ulega wątpliwości, że występowanie ujemnego trendu wielkości sum opadowych niesie z sobą możliwość wystąpienia bardzo dużych zmian w całym środowisku tego obszaru. Obserwacje zasięgu pokrywy śnieżnej, zwłaszcza śnieżników oraz innych elementów struktury krajo-brazowej okolic Stacji, zdają się potwierdzać fakt zmniejszania się sum opadowych. Zauważa się latem postępujący z roku na rok zanik jezior i rozlewisk wód roztopowych (skąd m.in. kłopoty z zaopatrzeniem Stacji w wodę), wcześniejszy zanik epizodycznych cieków, przyspieszenie procesów ablacji czystego lodu na lodowcach w stosunku do okresu wcześniejszego, osuszanie powierzchni terasy nadmorskiej, na której znajduje się Stacja itd. Stwierdzenia te oparte są na obserwacjach auto-

---

<sup>2</sup> Praktycznie cyrkulacją atmosferyczną nad tym obszarem. Zmiany sum opadów i zmiany ich rozkładu w czasie stanowią jeden z efektów zmian cyrkulacji atmosferycznej.

ra poczynionych w trakcie letnich pobytów na Stacji Arctowskiego w latach 1977/1978, 1978/1979, 1984/1985 i 1987/1988. Podobne fakty potwierdzają obserwacje G. Kruszewskiego z roku 1995 (inf. ustna) oraz S. Rakusy-Suszczewskiego z roku 1997/1998 (inf. ustna).

Silna ablacja brzeżnych partii lodowców kończących się na lądzie, jak i intensywne cofanie się klifów lodowych w rejonie Zatoki Admiralicji, wzmiankowane przez licznych autorów i możliwe do prześledzenia na kolejnych mapach, zdjęciach lotniczych i satelitarnych (Furmańczyk 1983; Marsz 1996 i in.) również, jak można sądzić stanowi w części odbicie istotnego zmniejszania się sum opadowych, a nie tylko wzrostu temperatury powietrza (nie wykazującego istotności statystycznej, patrz Rodriguez, Llasat i Rakusa-Suszczewski 1996). Wymiana masy w systemie zlodowacenia Wyspy Króla Jerzego jest bardzo szybka (Bryazgin, Govorukha 1986; Zamoruev 1972), stąd też szybka jest także reakcja brzeżnych partii lodowców na zmiany sum opadowych.

Tak więc zmiany warunków klimatycznych, jakie obserwuje się w rejonie Stacji Arctowskiego mają szersze spektrum niż do tej pory sądzono. Obejmują nie tylko termikę i zachodzą w zdecydowanie nietypowym, jak do tej pory sądzono (patrz Dolganov 1986), dla Subantarktyki kierunku; wzrostowi temperatury nie towarzyszy tu wzrost, lecz spadek opadów. Na ile tendencja ta jest trwała i w jakim stopniu powszechna dla tego rejonu pokażą dalsze badania.

## Literatura

- Ackley S., Bentley C., Foldvik A., Clarke A., King J., Priddle J., 1996, *A summary of Global Change in the Antarctic*, ANTARCTIC Global Change Research, No. 2, Newsletter of the SCAR Global Change Programme, s. 3–15.
- Bryazgin N. N., Govorukha L. S., 1986, *Osobiennosti klimata i sovremenno-go oledeneniya o-va King Dzordz (Waterloo)*, Meteorologičeskie issledovaniya v Antarktikie, z. II, AANII, Leningrad, s. 31–36.
- Dolganov L. V., 1986, *Atmosferynye usloviya Jużnoj polyarnoj oblasti*, Gidrometeoizdat, Leningrad, ss. 175.
- Furmańczyk K., 1983, *Prace fotointerpretacyjne w Polskiej Stacji Antarktycznej im. H. Arctowskiego w sezonie badawczym 1978/79*, [w:] *Teledetekcja w badaniach środowiska geograficznego*, Prace Naukowe Uniwersytetu Śląskiego w Katowicach, nr 575, s. 179–188.

- Marsz A., 1994, *Opady na Stacji Arctowskiego*, Problemy Klimatologii Polarnej 4, s. 65–75.
- Marsz A., 1996, *Procesy kształtujące morfologię brzegów współcześnie rozwijających się fiordów (na przykładzie Hornsundu i Zatoki Admiralicji)*, Prace Wydziału Nawigacyjnego WSM w Gdyni 3, s. 83–141.
- Marsz A., Rakusa-Suszczewski S., 1987, *Charakterystyka ekologiczna rejonu Zatoki Admiralicji (King George Island, South Shetland Islands)*, I: *Klimat i obszary wolne od lodu*, Kosmos 36 (1), s. 103–127.
- Rakusa-Suszczewski S., Miętus M., Piasecki J., 1992, *Pogoda i klimat*, [w:] *Zatoka Admiralicji*, red. S. Rakusa-Suszczewski, Oficyna Wydawnicza IE PAN, Dziekanów Leśny, s. 41–50.
- Rodriguez R., Llasat C. M., Rakusa-Suszczewski S., 1996, *Analysis of the mean and extreme temperature series of the Arctowski Antarctic Base*, Problemy Klimatologii Polarnej 6, s. 191–212.
- Ropelewski C. F., Jones P. D., 1987, *An extension of the Thaiti-Darwin Southern Oscillation Index*, Monthly Weather Review 115, s. 2161–2165.
- Smith S. R., Stearns Ch. R., 1993, *Antarctic climate anomalies surrounding the minimum in the Southern Oscillation index*, Antarctic Research Series, vol. 61: *Antarctic Meteorology and Climatology; Studies Based on Automatic Weather Stations*, ed. D. H. Bromwich, Ch. R. Stearns, Washington, D. C., s. 149–174.
- Styszyńska A., 2002, *Związki między temperaturą wody w energoaktywnej strefie Morza Bellingshausena a temperaturą powietrza na Stacji Arctowskiego*, Problemy Klimatologii Polarnej 8, Toruń.
- Sukhovej V. F., 1977, *Izmenčivost' gidrologičeskikh uslovij Atlantičeskogo okeana*, Naukova Dumka, Kiev, ss. 215.
- Zamoruev V. V., 1972, *Rezultaty glaciologičeskikh nabludenij na Stancii Bellingshauzen v 1968 g.*, Trudy SAE, t. 55, s. 135–144.

**THE NEGATIVE TREND OF ANNUAL PRECIPITATION SUM  
AT THE ARCTOWSKI STATION  
(KING GEORGE ISLAND, SOUTH SHETLAND ISLANDS, WEST ANTARCTICA)**

**Summary**

The paper treats variability of annual precipitation sum registered at the Arctowski Station for the 1978–1996 time period. The annual sum of precipitation show a big variability, its to possible to distinguish three periods in their course. For the period 1978–1985 mean annual precipitation sum amounted 560 mm ( $\sigma_n = 26$  mm), for the next period (1986–1989) precipitation sum was characterised by a very strong variability (min = 377, max = 630 mm) mean precipitation sum amounted 472 mm, where  $\sigma_n = 95.4$  mm. For the last, third

### *Ujemny trend rocznych sum opadowych na Stacji im. H. Arctowskiego*

period (1990–1996) mean precipitation sum amounted 456 mm ( $\sigma_n = 26.1$  mm) (tab. 1, fig. 1). Occurrence of strong periodicity every 6.0, 2.0, 4.50, 2.57 and 9.0 years has been found for the course of annual precipitation sum (fig. 2). Also, the spectrum analysis of a course of monthly precipitation sum in March (maximum of precipitation) and August (minimum of precipitation) has been led. Analysis showed the existence strong common periodicity (for annual and month sum: maximum and minimum) every 2.00, 3.60 and 6.00 years.

Analysis of amplitudes and phases of periodicity do not explain the occurrence of so big variability of observed precipitation sum. The strong negative trend of annual precipitation sum, significant from the statistic point of view occurs here (fig. 3, formula 1). Negative trends were also found in: the course of mean monthly precipitation sum for 8 from 12 months of a year (the strongest and significant in February), in the course of number of days with measurable precipitation, in the mean annual twenty-four-hours precipitation sum. The negative trend of precipitation sum at Arctowski Station is not conformable to signalised (Ackley S., Bentley C., Foldvik A., Clarke A., King J., Priddle J. 1996.) positive trend of precipitation sum, which appears on the west coast of the Antarctic Peninsula.

The examination of relation between precipitation sum at the Arctowski Station with values of SOI shows, that the strongest relations between annual and maximum precipitation sum in a given year appears with one year delay (SOI of the previous year  $\rightarrow$  precipitation of the present year), whereas in case of minimum sum the strongest relation appears with three years delay (tab. 2). The significant relation between monthly precipitation sum at the Arctowski Station and values of SOI appears in January and February (fig. 4, the strongest correlation with values of SOI are the end of winter and spring of the previous year). The negative trend of SOI correspond with the negative annual precipitation sum at the Arctowski Station.

The observed environmental results, which confirms decrease of precipitation sum at the Arctowski Station has been shortly discussed (decrease of fields of permanent snow, disappearance of lakes and seasonal streams, drying of seashore terraces, hastening of ablation of glacier's ice from a surrounding glaciers, hastening of deglaciation processes).