

ZMIANY CYRKULACJI ATMOSFERYCZNEJ W REJONIE PÓŁWYSPU ANTARKTYCZNEGO I MORZA WEDDELLA W ŚWIETLE KSZTAŁTOWANIA SIĘ PRZESTRZENNYCH ZMIAN WSKAŹNIKA OCEANIZMU

Anna Styszyńska

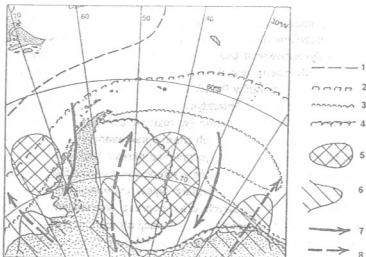
Katedra Meteorologii i Oceanografii Nautycznej Wydziału Nawigacyjnego
Wyższej Szkoły Morskiej w Gdyni

Sformułowanie zagadnienia

Jak wynika z badań wielu autorów, rejon Półwyspu Antarktycznego i Morza Weddella charakteryzuje się dużą różnorodnością i zmiennością typów pogody. Podstawową przyczyną tych zmian jest przemieszczanie się w tym rejonie licznych układów barycznych. W wyniku tego dochodzi do częstych zmian kierunków adwekcji mas powietrza o różnych właściwościach (m.in. Astapenko 1960, Atlas Antarktyki 1969, Miłaśenko 1976, Voskresenski i Čukanin 1980, Schwerdtfeger 1984). Po analizie 80-letniej serii pomiarowej temperatury powietrza na stacji Orcadas, Voskresenski, Ljubarski i Subotin (1986) uznali rejon Półwyspu Antarktycznego i Morza Weddella za obszar o największej zmienności temperatury w całej Antarktyce. Średnia roczna temperatura powietrza waha się na tej stacji od -1.4°C w 1956 do -7.1°C w 1945 roku, a średnia dla czerwca od -18.5°C w 1945 do -0.7°C w 1956. Jako podstawową przyczynę tej bardzo dużej międzyrocznej zmienności temperatury powietrza autorzy ci wymieniają właśnie zmiany cyrkulacji atmosferycznej.

W Subantarktyce, latem (12-02), przy małych międzyszerokościowych gradientach temperatury (przy zaniku pokrywy lodowej mórz następuje wyrównanie temperatury podłoża), przeważa cyrkulacja strefowa. Niżej tworzą się głównie na froncie polarnym i przemieszczają się wzdłuż zachodnich peryferii wyzów subtropikalnych z przeważającą składową równoleżnikową. Jeżeli wkraczą na kontynent Antarktydy, to przynoszą stosunkowo chłodne masy powietrza polarnego i subantarktycznego i tylko niewielkie, w porównaniu zimą, ocieplenia (Sipoš 1976, Schwerdtfeger 1984). W końcu jesieni i zimą, gdy wskutek wychłodzenia Antarktydy wzrasta kontrast termiczny pomiędzy kontynentem, a ciepłym oceanem (zwłaszcza na N od konwergencji antarktycznej), dochodzi do powstawania częstych sytuacji blokujących i przeważać zaczyna cyrkulacja południkowa (Voskresenski i Lysakov 1976, Trenberth 1985). Dodatkowymi czynnikami zakłócającymi strefowy ruch mas powietrza w rejonie Półwyspu Antarktycznego i Morza Weddella są wyciągnięte południkowo wysokie góry Ziemi Grahama (1500-2000 m n.p.m.) i Palmera (2000-3000 m n.p.m.) oraz podlegający dużym zmianom w ciągu roku, zwłaszcza na Morzu Weddella (do 15°φ), obszar lodów morskich (patrz: Jacka 1983 i Monthly Average Polar Sea-Ice Concentration 1995). Intensywne adwekcje ciepłych mas powietrza w ciepłych wycinkach niżów mogą powodować, że w miesiącach zimowych na wielu stacjach, leżących zarówno na Półwyspie Antarktycznym jak i na wybrzeżach Morza Weddella, średnie miesięczne temperatury powietrza mało będą się różnić między sobą. Jest to znany w literaturze efekt zim bezjadrowych.

Osobliwością cyrkulacji atmosfery w omawianym rejonie jest istnienie dwóch klimatycznych obszarów niskiego ciśnienia - aktywnych centrów działalności atmosfery jak je nazywa Tauber (1964). Jeden znajduje się w centralnej części Morza Weddella, a drugi po zachodniej stronie Półwyspu Antarktycznego - na Morzu Bellingshausena. Powodują one funkcjonowanie dwóch głównych strumieni napływu ciepłego powietrza do wybrzeży Antarktydy Zachodniej i trzech podstawowych stref wynosu zimnego powietrza - w klinach wyżu antarktycznego (Astapenko 1960, Dydina 1976). Wyróżnione strefy napływu ciepła i chłodu, choć zmieniają nieco swoją intensywność i położenie w ciągu roku i z roku na rok, widoczne są dobrze na codziennych mapach synoptycznych (Rabe 1987, Kejna 1994). Średnie położenie tych stref według Atlasu Antarktyki (1969) wraz ze zmianami w wielkości pokrywy lodowej mórz oraz położenie strefy konwergencji antarktycznej (za: Južnoe polušarie. Spravočnaja karta 1984) pokazuje rycina 1.



Ryc. 1. Położenie konwergencji antarktycznej (1), maksymalnego (2), średniego (3) i minimalnego (4) zasięgu lodów morskich, klimatycznych niżów (5) i klinów wysokiego ciśnienia (6) oraz kierunki adwekcji ciepłego (7) i zimnego (8) powietrza

Position of antarctic convergence (1), maximum (2), mean (3) and minimum (4) sea-ice limit, climatic low (5) and ridge (6) also direction of advection of warm (7) and cold (8) air

Sezonowe przesunięcia trajektorii niżów, spadek powtarzalności niżów na danej trajektorii lub w ogóle słabsza intensywność (lub długotrwałość poszczególnych sytuacji) cyrkulacji południkowej w kolejnych latach, powodują znaczne różnice w wielkości średniej temperatury powietrza tych samych miesięcy, przekraczające kilka, a nierzadko - głównie zimą - nawet kilkanaście stopni. Sytuacje takie powstają gdy w wyniku przesunięcia trajektorii niżów, dana stacja zamiast znajdować się w strefie przenosu ciepłego powietrza zostanie w danym roku (miesiącu) objęta częstym oddziaływaniem klinów wyżu antarktycznego, którym towarzyszy spływ silnie wychłodzonego powietrza znan Antarktydy lub pokrytych zimą zwartym lodem mórz Weddella czy Bellingshausena. Sądząc po wielkości międzyrocznych zmian średnich temperatur miesięcznych na wielu stacjach, należy przypuszczać, że takie sytuacje mogą występować dość często. Pogląd ten potwierdza analiza map miesięcznych, sezonowych i rocznych odchyżeń temperatury i ciśnienia powietrza na półkuli południowej (w okresie 1854-1989) opracowanych dla gridów ($5^{\circ} \times 5^{\circ}$), a zamieszczonych w Atlas of Global Instrumental Climate Data.

Choć najpewniejszym źródłem informacji o zmienności układów barycznych są codzienne mapy synoptyczne, to niestety, do tej pory możliwość swobodnego dysponowania pełnymi zestawami takich map, obejmującymi dłuższe przedziały czasu, jest dla obszarów antarktycznych mocno ograniczona. Dla rejonu Szetlandów Południowych, gdzie na Wyspie Króla Jerzego znajduje się Polska Stacja Antarktyczna im. Henryka Arctowskiego prowadząca obserwacje meteorologiczne (w różnym zakresie) od kwietnia 1977 roku, względnie ciągly zestaw takich map, opracowanych przez Argentyńską Służbę Meteorologiczną, zebrano jedynie dla okresu 1986-1989. Na ich podstawie Kejna (1994) określił częstość występowania ośrodków cyklonalnych i antycyklonalnych, opracował kalendarz typów cyrkulacji atmosferycznej w rejonie Szetlandów Południowych oraz poprzez wyznaczenie termicznych sektorów adwekcyjnych wyjaśnił rolę cyrkulacji atmosferycznej w kształtowaniu warunków termicznych na Stacji Arctowskiego. Z powodu braku materiałów źródłowych nie ma podobnego opracowania dla lat wcześniejszych i późniejszych.

Jeżeli wziąć pod uwagę fakt szczególnie wyraźnego odbijania się zmian cyrkulacji atmosferycznej w warunkach termicznych, a wyniki pomiarów tego elementu meteorologicznego są łatwo dostępne, wyznaczenia kierunków adwekcji można dokonać drogą pośrednią. Jak wykazała autorka (1995) jedną z możliwych metod badania tak rozumianej zmienności warunków cyrkulacyjnych (i pogodowych) jest określenie przestrzennej zmienności wskaźnika oceanizmu (O_c) Marsza.

Wskaźnik ten pozwala na wyróżnienie 5 kategorii klimatu (Marsz 1995). Klimatu ultraoceanicznego ($O_c > 3.99$) - w sytuacji gdy na danym obszarze prawie wyłącznie występuje powietrze morskie świeże. Klimatu oceanicznego ($3.00 \leq O_c < 3.99$) - gdy dominują nieprzetransformowane masy morskie, a masy kontynentalne mogą pojawić się jedynie epizodycznie. Klimatu suboceanicznego ($2.00 \leq O_c < 2.99$) - gdy przeważają masy powietrza morskiego, przy czym powietrze morskie stare występuje najczęściej, a masy powietrza pochodzenia kontynentalnego występują głównie latem. Klimatu kontynentalnego ($1.00 \leq O_c < 1.99$) - gdy, zwłaszcza w chłodnej porze roku, przeważają masy powietrza kontynentalnego i klimatu ultrakontynentalnego - gdy masy pochodzenia kontynentalnego występują wyłącznie.

Dysponując zatem dłuższymi ciągami obserwacji temperatury powietrza można wyróżnić okresy występowania danej kategorii klimatu, a więc określić przeważające w poszczególnych latach, na danych stacjach,

maszy powietrza. Analiza przestrzennej zmienności wielkości amplitudy rocznej, a zwłaszcza zmienności występowania najwyższej i najniższej średniej miesięcznej temperatury powietrza, w połączeniu z podobną analizą rozkładu wskaźnika oceanizmu, powinna pozwolić na wyróżnienie kierunków adwekcji dominujących w danych sezonach (miesiącach) mas powietrza i tą drogą odtworzyć w pewnym zakresie przestrzenną i międzyroczną zmienność cyrkulacji atmosfery. Jak wyjaśniono wcześniej (Styszyńska 1995), w granicach badanego rejonu największą zmienność wykazują, mocno skorelowane z oceanizmem, temperatury najchłodniejszego miesiąca, stanowiące dobry wskaźnik międzystrefowej adwekcji powietrza z obszarów chłodu. Analiza przestrzenna pory występowania najniższych temperatur miesięcznych wraz z oceną ich wielkości, w porównaniu do średniej wieloletniej danych miesięcy i sąsiednich lat, winna dać odpowiedź na pytanie gdzie (obszar), jak długo i na ile intensywnie są adwekcje ciepła i chłodu. Na tej samej podstawie można określić kiedy (w jakiej porze roku, w jakim miesiącu) i gdzie dochodzi do rozwoju cyrkulacji południkowej, a kiedy i gdzie dominuje przenos strefowy.

Niniejsza praca stanowi dalszy ciąg badań autorki nad oceanizmem / kontynentalizmem klimatu obszarów antarktycznych (1988, 1993, 1995). Celem tej pracy jest zastosowanie wskaźnika oceanizmu do wyjaśnienia niektórych cech charakteru i zmienności cyrkulacji atmosferycznej występującej w rejonie Morza Weddella i Półwyspu Antarktycznego w okresie pracy Polskiej Stacji Antarktycznej im. Henryka Arctowskiego, w latach 1978-1993. Jako podstawowe zadanie przyjęto wyjaśnienie zmienności kierunków adwekcji ciepła i chłodu oraz obszarów ich występowania.

Dane i metoda

W opracowaniu wykorzystano dane ze wszystkich stacji meteorologicznych pracujących w rejonie Półwyspu Antarktycznego i Morza Weddella w okresie 1978-1993, dla których dysponowano danymi - średnimi miesięcznymi temperaturami powietrza poszczególnych lat. Podstawowym materiałem źródłowym były prace Jacke'go, Christou i Cooka (1984), Jonesa i Limberta (1987) oraz "Antarctic Automatic Weather Station Data ...". Dla stacji nieautomatycznych, dane dotyczące ostatnich 7 lat (1987-1993) uzyskano z różnych baz danych poprzez sieć Internet. Dla stacji Neumayer wykorzystano materiały zawarte w kolejnych numerach *Berichte zur Polarforschung* (30, 38, 64, 116, 187). Dane dla Stacji Arctowskiego pochodziły z "Roczniki

ków meteorologicznych" tej stacji oraz z informacji od obserwatorów (Z. Zwoliński).

Liczba stacji, które uwzględniano przy konstrukcji map zmieniała się z roku na rok. Tylko dla 4 stacji udało się zebrać pełne ciągi danych (Arturo Prat, Faraday, Rothera i Halley Bay). Dla pozostałych liczba lat obserwacji waha się od roku do 15 lat. W sumie wykorzystano 36 stacji. Położenie większości z nich pokazuje rycina 2.



Ryc. 2. Lokalizacja stacji meteorologicznych.
Location of the meteorological stations

Dla wszystkich stacji obliczono wartość wskaźnika oceanizmu oraz wielkości jego odchyżeń od średniej wieloletniej. Podobne odchylenia obliczono dla średnich miesięcznych i rocznych temperatur powietrza. Wartości wskaźnika oceanizmu dla wybranych 6 stacji leżących po zachodniej stronie Półwyspu Antarktycznego i 6 stacji charakteryzujących warunki Morza Weddella zamieszczono w tabeli 1.

Stacje znajdujące się po zachodniej stronie Półwyspu Antarktycznego cechują się znacznie wyższymi wartościami wskaźnika oceanizmu niż te, które leżą nad Morzem Weddella. Poza Siple zlokalizowaną już w głębi kontynentu na płaskowyżu (1054 m n.p.m.) wszystkie pozostałe znajdują się w

strefie klimatu ultraoceanicznego i oceanicznego. Na stacjach tych zwraca uwagę bardzo duża zmienność wartości wskaźnika Oc z roku na rok (na Faraday od 8.25 do 2.39). Obserwuje się na nich lata, w których prawie wyłącznie występują masy powietrza morskiego świeżego i lata, w których wyraźnie wzrasta udział mas powietrza morskiego starego i kontynentalnego. Wskazuje to na dużą międzyroczną zmienność charakteru cyrkulacji atmosfery.

Tabela 1

Wartości wskaźnika oceanizmu w latach 1978-1993 na wybranych stacjach
Values of the oceanity index in given stations over the period 1978-1993

1 - Arctowski (62°10'S, 058°28'W), 2 - Bellingshausen (62°12'W, 058°54'W), 3 - Faraday (65°15'S, 064°16'W), 4 - Rothera (67°34'S, 068°08'W), 5 - Uranus (71°26'S, 068°55'W), 6 - Siple (75°54'S, 084°00'W), 7 - Orcadas (60°44'S, 044°44'W), 8 - Marambio (64°14'S, 056°43'W), 9 - Butler Island (72°12'S, 060°20'W), 10 - SANAE (70°19'S, 002°21'W), 11 - Neumayer (70°37'S, 008°22'W), 12 - Halley Bay (75°30'S, 026°36'W)

| Rok | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 1978 | 3.35 | 3.67 | 2.80 | 2.61 | | 2.09 | 3.10 | 2.58 | | 1.93 | | 2.43 |
| 1979 | 5.76 | 5.91 | 5.05 | 3.77 | | 2.05 | 3.70 | 2.59 | | 2.08 | | 1.84 |
| 1980 | 3.16 | 3.48 | 2.85 | 2.39 | | 2.87 | 2.37 | 2.58 | | 2.19 | | 2.20 |
| 1981 | 4.00 | 4.18 | 4.46 | 3.82 | | | 3.85 | 2.87 | | 2.36 | | 2.53 |
| 1982 | 4.33 | 4.98 | 4.06 | 3.14 | | 2.49 | 3.08 | 2.58 | | 2.21 | 2.07 | 2.30 |
| 1983 | 6.95 | 6.95 | 6.43 | 5.07 | | 2.37 | 4.97 | 3.43 | | 2.46 | 2.38 | 2.25 |
| 1984 | 5.43 | 6.06 | 6.51 | 4.61 | | 3.05 | 3.35 | 3.87 | | 1.98 | 2.21 | 2.04 |
| 1985 | 6.85 | 7.16 | 6.11 | 4.83 | | | 3.88 | 3.21 | | 2.43 | 2.58 | 2.47 |
| 1986 | 4.77 | 5.37 | 3.67 | 3.79 | | | 4.16 | 2.48 | 2.17 | 2.18 | 2.47 | 2.26 |
| 1987 | 3.09 | 3.17 | 2.39 | 2.30 | 2.55 | | 2.89 | | 2.10 | 2.19 | 2.25 | 2.22 |
| 1988 | 4.04 | | 4.63 | 3.82 | 3.60 | 2.35 | 3.06 | | | 1.86 | 2.31 | 2.07 |
| 1989 | 5.98 | 8.92 | 8.25 | 7.11 | 4.00 | 2.49 | 4.53 | | | 2.10 | 1.79 | 1.95 |
| 1990 | 5.14 | 5.56 | 5.10 | 3.88 | 2.92 | 2.23 | | | 2.29 | 2.07 | 2.30 | 2.25 |
| 1991 | 4.22 | 4.46 | 5.56 | 3.44 | | 2.25 | | | 2.33 | 2.44 | 2.58 | 2.44 |
| 1992 | | 4.22 | 3.90 | 3.24 | 3.49 | | | | 2.03 | 1.78 | 1.83 | 1.70 |
| 1993 | 7.50 | 7.50 | 6.69 | 4.57 | 4.09 | | | | 2.27 | | 2.51 | 2.14 |
| śr. | 4.97 | 5.44 | 4.90 | 3.90 | 3.44 | 2.42 | 3.58 | 2.91 | 2.20 | 2.15 | 2.27 | 2.19 |
| max | 7.50 | 8.92 | 8.25 | 7.11 | 4.09 | 3.05 | 4.97 | 3.87 | 2.33 | 2.46 | 2.58 | 2.53 |
| min | 3.09 | 3.17 | 2.39 | 2.30 | 2.55 | 2.05 | 2.37 | 2.48 | 2.03 | 1.78 | 1.79 | 1.70 |

W rejonie Morza Weddella, wszystkie stacje, poza Orcadas, znajdują się w strefie klimatu suboceanicznego. Międzyroczna zmienność wskaźnika oceanizmu jest tu znacznie mniejsza, co może wskazywać na większą stałość warunków cyrkulacyjnych lub mniejsze skonstrastowanie właściwości mas powietrza. Udział mas powietrza pochodzenia kontynentalnego wyraźnie wzrasta i są lata, w których masy te stają się dominujące.

Najwyższe i najniższe wartości wskaźnika oceanizmu po zachodniej i wschodniej stronie Półwyspu Antarktycznego występują w różnych latach co również wskazuje na regionalne osobliwości cyrkulacji atmosfery (różne kierunki adwekcji i różną intensywność procesów).

Wyznaczenia podstawowych kierunków adwekcji ciepła i chłodu, w poszczególnych latach badanego okresu, dokonano poprzez analizę rozkładu przestrzennego wartości wskaźnika oceanizmu oraz średnich temperatur miesięcznych, zwłaszcza tych miesięcy, w których osiągnęła ona najniższą i najwyższą wartość. Zwracano przy tym uwagę na wielkość odchyień wartości oceanizmu i temperatur miesięcznych od odpowiednich średnich wieloletnich oraz obszar cechujący się podobnym charakterem zmian. Powstało w ten sposób 16 map, na których, dla poszczególnych lat badanego okresu, zaznaczono główne kierunki adwekcji w okresie lata i zimy (ryc. 3). W sytuacjach gdy któryś z kierunków adwekcji dał się szczególnie dobrze wyróżnić w określonych miesiącach, na mapie podawano ich numery.

Kierunki adwekcji ciepła i chłodu

Rok 1978

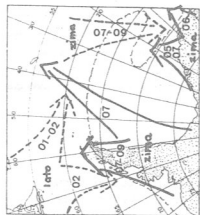
Zarówno po zachodniej jak i po wschodniej stronie Półwyspu Antarktycznego roczne amplitudy temperatur były duże i wskaźnik oceanizmu był niski (2-3). Zimą, temperatury powietrza były znacznie niższe od średniej wieloletniej. Obszar ten stanowił więc strefę silnego wynosu mas powietrza antarktycznego na północ (ryc. 3a). Nad Morzem Bellingshausena wiązać ją należy z rozwojem w lipcu, sierpniu i wrześniu długotrwałych układów wysokiego ciśnienia, których wschodnie peryferie obejmowały Półwysep. Jednocześnie, w wyniku rozwoju blokującego wyżu na południe od Afryki ($\sim 000^\circ$), nad Morzem Weddella rozwijały się (głównie w lipcu i sierpniu) aktywne ukła-

Ryc. 3.

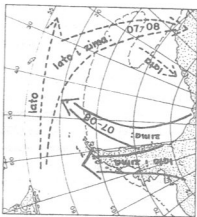
Kierunki adwekcji ciepłego (linia przerywana) i zimnego (linia ciągła) powietrza w poszczególnych latach okresu 1978-1993

Direction of advection warm (dashed line) and cold (solid line) air in each years 1978-1993

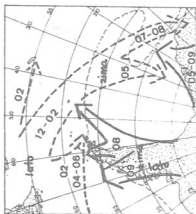
a - 1978, b - 1979,
c - 1980, d - 1981.



c



a



d



b

dy niskiego ciśnienia przynoszące w rejon SANAE masy ciepłego powietrza. W tylnych częściach tych niżów, wzdłuż wschodniego wybrzeża Półwyspu Antarktycznego, dochodziło do gwałtownych adwekcji zimna sięgających daleko na północ (S. Orkady - S. Georgia).

Latem (1977-78 i 1978-79) dominowała cyrkulacja strefowa. Niże tworzące się w rejonie Ziemi Ognistej, przed wejściem na Morze Weddella, swoimi ciepłymi wycinkami obejmowały Szetlandy Południowe. W E części Morza Weddella adwekcje ciepła docierały głównie w rejon SANAE. W grudniu (na początku lata 1978-79), kiedy niże zalegały nad środkową i zachodnią częścią Morza Weddella, adwekcje ciepła skierowane były głównie w rejon Halley Bay, a Półwysep Antarktyczny wraz z Szetlandami znajdował się często, choć na krótko, w strefie wynosu zimnego powietrza na północ.

Na Arctowskim zima tego roku była mroźna (temperatura lipca była o 5 deg niższa od średniej). W wyniku dominacji mas powietrza antarktycznego kontynentalnego opady były bardzo małe. Z kolei lato, kiedy w rejonie Arctowskiego zalegały głównie świeże masy powietrza morskiego, było ciepłe i wilgotne, z dużymi opadami.

Rok 1979

W zachodniej i północnej części badanego obszaru najniższe i najwyższe (choć nieco mniej niż w roku poprzednim) średnie miesięczne temperatury powietrza wszędzie były wyższe od odpowiednich średnich wieloletnich. W rezultacie, wskaźnik oceanizmu osiągnął tam wysokie wartości. Taki rozkład temperatur wskazuje na przewagę w ciągu całego roku adwekcji ciepła, najprawdopodobniej w licznych niżach cyrkulacji strefowej, z których większość tworzyła się na W od Falklandów i stacjonowała później w rejonie Szetlandów Południowych (ryc. 3b).

Jednocześnie, w SE części badanego rejonu, najniższe i najwyższe średnie miesięczne temperatury powietrza były niższe od średnich wieloletnich. Te silne adwekcje chłodu spowodowane były, jak należy sądzić, dużą aktywnością klinów wyżu antarktycznego w rejonie Halley Bay - SANAE (000 -030°W). Na przewagę wiatrów z sektora południowego w tym rejonie wskazuje również rozwój lodów morskich (czytelne na mapach miesięcznych przybrzeżne polynie i wyraźnie mniejsza zwartość lodów - Monthly Average Polar Sea-Ice ... 1995). Przy dobrze wykształconym, równoleżnikowo wyciągniętym wyżu w rejonie S Afryki, po którego południowej stronie wędro-

wały liczne niżę, opisane wyżej adwekcje zimnego powietrza nie sięgały na ogół zbyt daleko na północ, choć rozwój blokad musiał być dość częsty. W efekcie, zimą 1979 roku, doszło do znacznej aktywizacji trajektorii niżów w środkowej części Morza Weddella (od Falklandów, przez Orkady, do około 70-73°S). Częste stacjonowanie zimą niżów w zachodniej części Morza Weddella musiało wywoływać z jednej strony silny wynos chłodu wzdłuż E wybrzeża Półwyspu Antarktycznego (wiatr barierowy, Schwerdtfeger 1984), a z drugiej, rozwój (głównie w sierpniu) klinów wyżu antarktycznego nad Morzem Bellingshausena (z rejonu stacji Siple).

Taki rozwój cyrkulacji atmosferycznej, na Arctowskim, zaowocował wyrównanym przebiegiem temperatur średnich miesięcznych i wysoką średnią roczną (-0.9°C). Zarówno lato jak i zima były tego roku bardzo ciepłe i wilgotne. Najwyższe opady, zanotowane w lutym, marcu i kwietniu, przypadały na okres stacjonowania niżów w rejonie Szetlandów Południowych, kiedy to w chłodnych ich wycinkach (w masie powietrza antarktyczno-morskiego), nad ciepłą powierzchnią wody (maksimum temperatury wody) dochodziło do intensywnej konwekcji.

Rok 1980

Z kolei zimą 1980 roku, na całym obszarze, a zwłaszcza na stacjach Orcadas i Rothera (ponad 8 deg), Arctowski i Faraday (ponad 6 deg), temperatura najchłodniejszego miesiąca była poniżej normy. Na wszystkich stacjach w tej części badanego rejonu wskaźniki oceanizmu są bardzo niskie (duży udział mas powietrza o cechach kontynentalnych). Wskazywałoby to na długotrwałe (07-09) zaleganie nad całym Półwyspem i zachodnią częścią Morza Weddella dobrze rozbudowanych na północ (w lipcu aż po Georgię Południową) antarktycznych wyżów blokujących (ryc. 3c). W rezultacie nastąpiło przesunięcie niżu Morza Weddella na wschód i główny strumień ciepłego powietrza z północy skierowany został w rejon SANAE, a nie Halley Bay, gdzie od maja do lipca rozwijają się lokalne kliny wyżu antarktycznego. Taki rozwój sytuacji synoptycznych potwierdza, rozwinięta w tym czasie wyjątkowo daleko na północ, pokrywa lodów morskich (Cieśnina Drake'a, Morze Scotia).

Latem dominuje przenos strefowy. Większość niżów przemieszcza się po trajektoriach równoleżnikowych, leżących na N od 57°S. Jedyne w styczniu (w mniejszym stopniu) i w lutym, niżę powstałe na peryferiach wyżu

wschodniopacyficznego, schodzą bardziej na południe (do 65-70°S) i wypełniają się po zachodniej stronie Półwyspu Antarktycznego.

Zima 1980 roku (06-09), zwłaszcza lipiec i sierpień, jest na Arctowskim bardzo mroźna. Przeważają masy powietrza antarktycznego kontynentalnego i w mniejszym stopniu (jesienią, przy rozwoju wyżu na Morzu Bellingshausena - 03, 04) morskiego. Jest to rok, w którym zanotowano najniższą, w okresie pracy stacji, średnią roczną temperaturę powietrza (-3.6°C). Lato, przy dominującym przemieszczaniu strefowym, nie odbiega od normy.

Rok 1981

Lato 1980-81 (12-01) na Szeftlandach Południowych jest chłodne. Jest to okres, w którym ze względu na dużą aktywność wyżu subtropikalnego w sektorze zachodnioatlantyckim (niżej wędrują głównie wzdłuż trajektorii Falklandy - S Orkady i dalej na SE), w strefie Półwyspu Antarktycznego dochodzi do częstych, acz krótkotrwałych, adwekcji chłodu. W lutym, jesienią i na początku zimy (04-06) wzrasta aktywność wyżu wschodniopacyficznego. Wzdłuż jego SE peryferii dochodzi do intensywnego przemieszczania ciepła w rejon Archipelagu Palmera i Wyspy Adelajdy (ryc. 3d). Blokują one rozwój pokrywy lodowej w Cieśninie Bransfielda (Monthly Average Polar Sea-Ice ... 1995). Duży kontrast termiczny w podłożu pomiędzy wodami Cieśniny Bransfielda, a obszarem zlodzonym położonym bardziej na S i SE powoduje, że niżej tej depresji końcowej są bardzo aktywne. Na jej zapleczu, w rejonie Wyspy Aleksandra, tworzy się klin wyżu antarktycznego (wynoszący chłód).

Mniej więcej w tym samym czasie, w maju, czerwcu i lipcu, zwarłość lodów w NW i środkowej części Morza Weddella nie przekracza 6-7/10 (Monthly Average Polar Sea-Ice ... 1995). Taki obraz sytuacji lodowej jest efektem bardzo dużej aktywności niżów na trajektorii Falklandy - S Orkady - rejon Halley Bay (05) i SANAE (07-08). W lipcu i sierpniu, wyż na S od Afryki ustawia się południkowo i swoim klinem sięga prawie bieguna. Do rejonów Halley Bay, Neumayer i SANAE dopływ ciepła jest na tyle duży, że średnie temperatury powietrza tych dwóch miesięcy są tam o 6-10 deg wyższe od normy. Wskaźniki oceanizmu, bliskie maksymalnym (Halley Bay - 2.53, SANAE - 2.36), oddają ten duży udział mas powietrza morskiego w kształtowaniu pogód na wymienionych stacjach w 1981 roku.

Na Arctowskim, wskaźnik oceanizmu jest również, w porównaniu z rokiem poprzednim, wysoki, choć niższy od średniego. Poza latem oraz

sierpniem i wrześniem, temperatury powietrza poszczególnych miesięcy są nieco wyższe od normy. Ochłodzenie tych ostatnich dwóch miesięcy wiązać należy z wynosem chłodu związanym z rozwijającymi się w tym czasie klimami wyżu antarktycznego nad Półwyspem Antarktycznym i NW częścią Morza Weddella. Sprawił on, iż na Stacji Arctowskiego, udział mas powietrza pochodzenia kontynentalnego w kształtowaniu warunków pogodowych był wyższy od przeciętnych. Na wiosnę (10-11), w rejon Stacji zaczęły napływać masy świeżego powietrza morskiego z sektora pacyficznego. Ten kierunek adwekcji okazał się dominującym również w czasie zbliżającego się lata 1981-82.

Rok 1982

Pierwsza połowa tego roku to okres dominacji przenosu strefowego (ryc. 3e). Układy wysokiego ciśnienia zalegają równoleżnikowo, pomiędzy 40 a 60°S, z osią przebiegającą najczęściej w pobliżu 55°S (północny skraj Cieśniny Drake'a - Falklandy - S Georgia). W środkowych częściach Morza Bellingshausena oraz w środkowej i wschodniej części Morza Weddella nieustannie tworzą się płytkie niże. Przy takim układzie cyrkulacji, w północnej części Półwyspu Antarktycznego dominują adwekcje ciepła, odbijające się bardzo wyraźnie w średnich miesięcznych temperaturach powietrza na stacjach położonych w tym rejonie.

Jedynie w lipcu dochodzi do powstania dużego i głębokiego, quasi-stacjonarnego niżu Morza Weddella. Z funkcjonowaniem tego układu należy wiązać gwałtowne adwekcje chłodu obejmujące cały Półwysep Antarktyczny, a zwłaszcza jego część wschodnią. W następnym miesiącu sytuacja zbliżona jest do tej, jaka panowała w pierwszej połowie roku (strefowo ułożone wyże na północy, z centrum nad Morzem Bellingshausena), choć w efekcie wyraźniejszego rozwoju niżu w rejonie 000-020°W, większemu uaktywnieniu podlega strefa wynosu chłodu w rejonie Halley Bay.

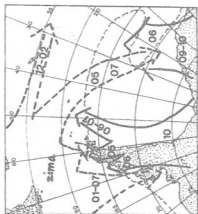
Na Arctowskim lato jest bardzo ciepłe. Styczeń tego roku ma najwyższą w badanym okresie średnią miesięczną temperaturę powietrza (3.6°C). Wyższe od normy są również temperatury lutego, marca, kwietnia, a zwłaszcza maja i czerwca. Częste napływy powietrza morskiego świeżego sprzyjają intensywnym opadom (suma opadowa marca dwukrotnie wyższa od średniej). Zimą, masy powietrza spływające w rejon Stacji, najczęściej od strony Półwyspu Antarktycznego, w wyniku działania procesów adiabatycznych są niezbyt mroźne, ale za to bardzo suche (minimalne sumy opadowe).

Rok 1983

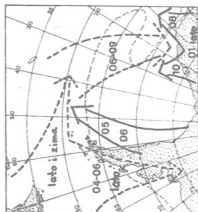
W 1983 roku, zarówno latem jak i zimą, przeważa cyrkulacja astrowa (ryc. 3f). Południkowo najczęściej ustawiony jest wyż południowoatlantycki (jego oś bardzo często przechodzi przez S Orkady). Rezultatem tej blokady przenosu strefowego są niezwykle dobrze rozwinięte niższe Morza Bellingshausena i Amundsena. Adwekcje ciepła obejmują zwłaszcza Morze Bellingshausena. Na wszystkich stacjach położonych po zachodniej stronie Półwyspu Antarktycznego notuje się średnie miesięczne temperatury powietrza (zwłaszcza zimą) wyższe od normy. Nic więc dziwnego, że wskaźniki oceanizmu są na tych stacjach bardzo wysokie (tab. 1). Drugi, choć nieco mniej intensywny, napływ ciepła do wybrzeży Antarktydy, odbywa się wzdłuż toru Falklandy - S Orkady - Halley Bay. Jest on przerywany przez adwekcje chłodu związane z okresową rozbudową klinów wyżu antarktycznego występujących u S i SE wybrzeży Morza Weddella. W rejonie Półwyspu Antarktycznego wyraźnie widoczny w poprzednich latach wyrzut chłodu na północ, w 1983 roku zaznacza się jedynie we wrześniu, po jego wschodniej stronie. Tę adwekcję chłodu wiązać należy z większą aktywnością w tym miesiącu niżów depresji końcowej Morza Weddella i rozwijających się na ich zapleczeniu klinów wyżu antarktycznego.

Potwierdzeniem opisanego rozwoju cyrkulacji atmosfery może być analiza sytuacji lodowej. Rok 1983 jest tym, w którym (poza wrześniem), w całym badanym rejonie obserwuje się słabszy rozwój lodów na morzu (zwarłość, obszar zajęty lodami). Cieśnina Bransfielda i NW część wybrzeży Półwyspu Antarktycznego wolna jest od lodów morskich, a w S części Morza Weddella lód morski ma o wiele mniejszą zwarłość niż normalnie (Monthly Average Polar Sea-Ice ... 1995).

Na Arctowskim - poza styczniem i lutym - we wszystkich pozostałych miesiącach średnie miesięczne temperatury powietrza są wyższe od normy (w lipcu o 1.7 deg). Wskaźnik oceanizmu jest bardzo wysoki (6.95). Na dominację w chłodnej porze roku świeżych mas powietrza pochodzenia morskiego wskazują wysokie sumy opadowe notowane w tych miesiącach. Bardzo niskie sumy opadowe zanotowane w kwietniu tego roku wiążą się z napływem wzdłuż peryferii wyżu subtropikalnego, ciepłego, ale bardziej kontynentalnego powietrza z Ameryki Południowej.



g



h



e



f

Ryc. 3.

e - 1982, f - 1983,
g - 1984, h - 1985.

Jest to rok, w którym do sytuacji blokujących dochodzi głównie w czerwcu i lipcu, kiedy rozwijają się długotrwałe wyży na S od Afryki sięgające swoimi klinami do wybrzeży Antarktydy oraz w sierpniu, kiedy to w tym samym rejonie, intensyfikuje się wyż antarktyczny sięgający klinem aż pod Afrykę. W obydwu przypadkach nad Morzem Weddella rozwijają się depresje końcowe doprowadzające do powstania wyraźnych stref wynosu zimnego powietrza w tylnej częściach niżów - wzdłuż Półwyspu Antarktycznego oraz w rejonie wybrzeży Ziemi Coatsów i Ziemi Księżniczki Marty (Halley Bay - SANAE). Ta druga strefa adwekcji chłodu funkcjonuje również, choć z nieco mniejszym natężeniem, we wrześniu (ryc. 3g) - kiedy związana jest z przednią częścią wyżu, którego centrum znajduje się w rejonie S Georgii i w październiku - kiedy wyż antarktyczny obejmuje całą południową część Morza Weddella i Półwyspu Antarktycznego.

W pozostałych miesiącach 1984 roku dominuje przenos strefowy, z tym, że latem 1983-84 (12-02) główna trajektoria niżów, powstających na SW peryferiach wyżu atlantyckiego, leży w pobliżu 55°S, zaś na przełomie jesieni i zimy (05, 07) niże te skracają bardziej na SE, przynosząc w rejon Halley Bay (05) lub SANAE (07) ciepłe, choć już przetransformowane nad powłoką lodową Morza Weddella, powietrze morskie.

Niże tworzące się w sektorze pacyficznym, latem kierują się wzdłuż zachodniego wybrzeża Półwyspu Antarktycznego na południe wnosząc tam masy powietrza ciepłego, zaś w pozostałych okresach roku, niże te głównie stagnują w rejonie Szetlandów Południowych lub Archipelagu Palmera. W ciepłych wycinkach tych niżów dociera w wymienione rejony powietrze ciepłe, a w ich tylnych częściach dochodzi do adwekcji chłodu. W maju obejmują one Szetlandy, w czerwcu głównie Archipelag Palmera i Wyspy Biscoe, a w lipcu - rejon Wyspy Aleksandra i Ziemię Palmera. Ruch układów niskiego ciśnienia na SE wymuszony jest barierą orograficzną jaką stanowi Półwysep Antarktyczny i zmieniającą się sytuacją lodową Morza Bellingshausena, a nie występowaniem sytuacji blokujących, gdyż w ciągu całego 1984 roku, bardzo często nad Ziemią Ognistą i w N części Cieśniny Drake'a obserwuje się strefowo wyciągnięte, na ogół niezbyt wielkie, układy wyżowe.

Na Stacji Arctowskiego, wyraźne adwekcje ciepłego powietrza morskiego, związane z wyżej opisanymi sytuacjami, obserwowano w 02 i 03 oraz w 07-09, a adwekcje chłodu przede wszystkim w 01, 05 i 10.

Rok 1985

Charakter cyrkulacji atmosferycznej tego roku jest zbliżony do roku poprzedniego. Również w 1985 roku do rozwoju sytuacji blokujących dochodzi zimą. W maju i czerwcu rozbudowują się wyże o południkowo wyciągniętej osi, obejmujące obszar od Falklandów przez Półwysp Antarktyczny po SE część Morze Bellingshausena. Doprowadzają one do intensywnego napływu bardzo ciepłego powietrza na południe, po zachodniej stronie Półwyspu Antarktycznego i równie silnego wyrzutu chłodu na północ, po wschodniej stronie Półwyspu. Drugą, słabszą blokadę dla strefowego ruchu niżów stanowią rozwijające się w marcu (w rejonie Szetlandów - S Orkadów) i sierpniu (rejon SANAE), kliny wyżu antarktycznego.

W pozostałych okresach, latem i zimą, wzdłuż południowych peryferii równoleżnikowo rozciągniętych wyżów szerokości umiarkowanych, dominuje przenos strefowy. Niże wędrujące po tych trajektoriach skręcają na SE tworząc nad Morzami Weddella i Bellingshausena dobrze rozwinięte depresje końcowe. Obszary i kierunki adwekcji ciepła i chłodu są zgodnie z modelem Astapenki (ryc. 1).

Na Stacji Arctowskiego, która znajduje się pod dominującym wpływem świeżych mas powietrza polarnego i subpolarnego morskiego, podobnie jak w 1983 roku, średnie miesięczne temperatury powietrza, zwłaszcza zimą są wyższe od normy (w lipcu aż o 4.1 deg). Tak znaczne, dodatnie, zimowe anomalie temperatury powietrza wyraźnie odbiły się w bardzo wysokiej wartości wskaźnika oceanizmu (6.85). Nieco mniejsza wartość Oc w 1985 roku, w porównaniu do roku 1983 (6.95), wynika z cieplejszego lata. W 1985 roku jedynie marzec był chłodniejszy od normy (o 1.5 deg). Przeważający w tym miesiącu napływ chłodu w rejon Stacji wiązać należy z adwekcjami zimnego powietrza antarktycznego za frontem chłodnym, w tylnych częściach niżów przemieszczających się w strefie 50-60°S. Podobne cechy termiczno-wilgotnościowe miały masy powietrza napływające w rejon Stacji Arctowskiego w maju i czerwcu, kiedy to doszło do rozwoju opisanej wyżej sytuacji blokującej. Sumy opadów zanotowane w tych miesiącach na Stacji są znacznie niższe od wielkości średniej. W świetle przeprowadzonej analizy zarówno rok 1985 jak i 1983 uznać należy za lata charakteryzujące się bardzo dużą jednorodnością mas powietrza napływających w rejon Szetlandów Południowych i Stacji Arctowskiego.

Rok 1985

Charakter cyrkulacji atmosferycznej tego roku jest zbliżony do roku poprzedniego. Również w 1985 roku do rozwoju sytuacji blokujących dochodzi zimą. W maju i czerwcu rozbudowują się wyże o południkowo wyciągniętej osi, obejmujące obszar od Falklandów przez Półwysp Antarktyczny po SE część Morze Bellingshausena. Doprowadzają one do intensywnego napływu bardzo ciepłego powietrza na południe, po zachodniej stronie Półwyspu Antarktycznego i równie silnego wyrzutu chłodu na północ, po wschodniej stronie Półwyspu. Drugą, słabszą blokadę dla strefowego ruchu niżów stanowią rozwijające się w marcu (w rejonie Szetlandów - S Orkadów) i sierpniu (rejon SANAE), kliny wyżu antarktycznego.

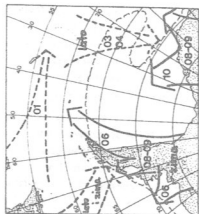
W pozostałych okresach, latem i zimą, wzdłuż południowych peryferii równoleżnikowo rozciągniętych wyżów szerokości umiarkowanych, dominuje przenos strefowy. Niże wędrujące po tych trajektoriach skręcają na SE tworząc nad Morzami Weddella i Bellingshausena dobrze rozwinięte depresje końcowe. Obszary i kierunki adwekcji ciepła i chłodu są zgodnie z modelem Astapenki (ryc. 1).

Na Stacji Arctowskiego, która znajduje się pod dominującym wpływem świeżych mas powietrza polarnego i subpolarnego morskiego, podobnie jak w 1983 roku, średnie miesięczne temperatury powietrza, zwłaszcza zimą są wyższe od normy (w lipcu aż o 4.1 deg). Tak znaczne, dodatnie, zimowe anomalie temperatury powietrza wyraźnie odbiły się w bardzo wysokiej wartości wskaźnika oceanizmu (6.85). Nieco mniejsza wartość Oc w 1985 roku, w porównaniu do roku 1983 (6.95), wynika z cieplejszego lata. W 1985 roku jedynie marzec był chłodniejszy od normy (o 1.5 deg). Przeważający w tym miesiącu napływ chłodu w rejon Stacji wiązać należy z adwekcjami zimnego powietrza antarktycznego za frontem chłodnym, w tylnych częściach niżów przemieszczających się w strefie 50-60°S. Podobne cechy termiczno-wilgotnościowe miały masy powietrza napływające w rejon Stacji Arctowskiego w maju i czerwcu, kiedy to doszło do rozwoju opisanej wyżej sytuacji blokującej. Sumy opadów zanotowane w tych miesiącach na Stacji są znacznie niższe od wielkości średniej. W świetle przeprowadzonej analizy zarówno rok 1985 jak i 1983 uznać należy za lata charakteryzujące się bardzo dużą jednorodnością mas powietrza napływających w rejon Szetlandów Południowych i Stacji Arctowskiego.

Zarówno lato 1985-86 jak i lato 1986-87 to okresy dominacji cyrkulacji strefowej. Od Cieśniny Drake'a do Morza Łazariewa oś trajektorii niżów przypada na 58-60°S. Szetlandy Południowe znajdują się w strefie napływu chłodnego powietrza znad Morza Bellingshausena, Cieśniny Bransfielda i Półwyspu Antarktycznego do tych układów (w tylnych częściach niżów). W marcu i kwietniu, w rejonie Morza Łazariewa, rozbudowuje się klin wyżu antarktycznego, który w maju i czerwcu wyraźnie się intensyfikuje i obejmuje swym zasięgiem środkową i wschodnią część Morza Weddella (ryc. 3i). Jest to okres, w którym, w tym rejonie następuje szybki rozrost pokrywy lodowej. Druga strefa wnosu zimnego powietrza antarktycznego kształtuje się w rejonie Półwyspu Antarktycznego i związana jest z rozbudowującym się nad Morzem Bellingshausena i Amundsena rozległym wyżem. Po jego E peryferii następuje wnoszenie zimnego powietrza antarktycznego, początkowo morskigo, a później, po pokryciu się mórz zwartym lodem -kontynentalnego.

Od lipca do września, w wyniku rozbudowy klinów wysokiego ciśnienia na S od Afryki, niże powstające w okolicach Falklandów kierują się na SE, w stronę Halley Bay, przynosząc nad środkową i SE część Morza Weddella, częste, choć krótkotrwałe ocieplenia. W tym samym czasie, w rejonie Półwyspu Antarktycznego następuje intensywny wnos zimnego powietrza, zarówno w tylnych częściach tych niżów, jak i wzdłuż wschodnich peryferii wyżów zalegających nad południową i środkową częścią Morza Bellingshausena (Rabe 1987). Zanik klina na S od Afryki, przy jednoczesnej rozbudowie klina wyżu antarktycznego we wschodniej części Morza Łazariewa, prowadzi do przesunięcia depresji końcowej znad E części Morza Weddella bardziej na wschód (09-10), w wyniku czego na wybrzeżach Ziemi Coatsów dochodzi do rozwoju klina wyżu antarktycznego z silnymi adwekcjami chłodu (ryc. 3i).

Na Stacji Arctowskiego, po chłodnym lecie, od maja do września - gdy Stacja znajduje się w strefie splotu zimnego powietrza wzdłuż wschodnich peryferii wyżu Morza Bellingshausena - średnie miesięczne temperatury powietrza są od 1.1 do 4.4 deg niższe od normy. Na większy udział w tym czasie zimnych mas powietrza pochodzenia kontynentalnego wskazują również bardzo niskie sumy opadowe. W rezultacie wskaźnik oceanizmu, choć w dalszym ciągu wskazuje na klimat ultraoceaniczny, obniża się do 4.77, a roczna temperatura powietrza do -2.8°C (1.1 deg poniżej średniej z okresu 1977-1993).



K



I



J



K

Ryc. 3.

i - 1966, j - 1967,

k - 1988, l - 1989,

Rok 1987

Latem 1986-87 aktywne były dwie trajektorie niżów. Pierwsza związana była z południowymi peryferiami subtropikalnego wyżu atlantyckiego i przebiegała od Falklandów, dalej na S od Georgii Południowej w stronę Morza Łazariewa, skręcając czasami nieco bardziej na SE - w stronę Halley Bay. Gdy niże rozwijały się na tej trajektorii, to nad Szetlandami Południowymi zalegały masy powietrza subantarktycznego morskiego wchodzące w tylne części tych niżów. Druga trajektoria niżów, funkcjonująca w lecie 1987 roku, związana była z południowymi peryferiami wyżu pacyficznego. Dobrze wykształcone kliny tego wyżu, obejmujące Cieśninę Drake'a i N część Półwyspu Antarktycznego, powodowały dość znaczne przesunięcie trajektorii tych niżów na południe. W swojej drodze na wschód, przemieszczały się one teraz wzdłuż 65-67°S, przekraczały często Półwysep Antarktyczny i w rejonie Dolleman Island i Larsen Ice przynosiły silne adwekcje ciepła (ryc. 3j).

Zimą największą aktywnością cechowały się wyże Morza Bellingshausena. Centrum tych wyżów, normalnie położone w środkowej i południowej części morza, przemieszczało się czasami w stronę Półwyspu Antarktycznego. W takich sytuacjach (lipiec), związane ze wschodnimi i północno-wschodnimi peryferiami tych wyżów intensywne adwekcje chłodu zamiast obejmować Półwysep Antarktyczny, przesuwały się bardziej na wschód. Należy sądzić, iż natężenie wymienionych adwekcji chłodu było bardzo duże i były one długotrwałe, gdyż lipiec i sierpień 1987 roku charakteryzują się we wschodniej części Morza Bellingshausena i zachodniej części Morza Weddella najdalej na północ wysuniętą granicą zasięgu lodów morskich ze wszystkich lat badanego okresu.

Na Stacji Arctowskiego minimum średniej miesięcznej temperatury powietrza przypada na lipiec - okres, w którym do Stacji docierały, głównie z sektora południowego, masy suchego i silnie wychłodzonego nad powierzchnią lodową mór powietrza antarktycznego morskiego i antarktycznego kontynentalnego. Wiosna i początek lata 1987-88, gdy nad Morzem Bellingshausena często dochodziło do rozwoju niżów, to na Stacji Arctowskiego okres dużych adwekcji ciepła. Powstała duża amplituda roczna temperatury powietrza spowodowała, że 1987 rok charakteryzuje się najniższą wartością wskaźnika oceanizmu (3.09).

Rok 1988

Czaso-przestrzenne zróżnicowanie kierunków adwekcji ciepła i chłodu jest zbliżone do tego jakie wystąpiło w 1981 roku. Latem dominuje przenos strefowy. Początkowo (12-01), bardziej aktywna jest trajektoria niżów związana z wyżem zachodnioatlantyckim. Szetlandy Południowe i S Orkady znajdują się wtedy na linii przepływu chłodnego powietrza subantarktycznego i antarktycznego morskiego wchodzącego w tylne części niżów wędrujących od Falklandów przez Georgię Południową na stronę Morza Łazariewa.

W lutym, kwietniu i na początku zimy (05-06) wzrasta aktywność wyżu wschodniopacyficznego. Przesuwa się on bardziej na południe (55-65°S) i wschód (Cieśnina Drake'a). Wzdłuż S peryferii tego wyżu dochodzi do intensywnego napływu ciepłego powietrza polarno-morskiego w rejon Szetlandów, Archipelagu Palmera i Wysp Adelajdy (ryc. 3k). Rozwój pokrywy lodowej Cieśnina Bransfielda ulega zahamowaniu (Monthly Average Polar Sea-Ice ... 1995). Powstaje kontrast termiczny w podłożu pomiędzy wodami Cieśniny Bransfielda, a obszarem złodzionym, położonym bardziej na S i SE, co powoduje, że niże depresji końcowej Morza Bellingshausena są bardzo aktywne. Na jej zapleczu, w rejonie Wyspy Aleksandra, tworzy się klin wyżu antarktycznego (wynos chłodu z rejonu stacji Siple). W tym samym czasie (02-06) wzrasta nieco (choć nie tak bardzo jak w 1981 roku) aktywność niżów na trajektorii Falklandy - Orkady - wybrzeże Ziemi Coatsów (Halley Bay - SANAE). We E części Morza Weddella wywołą to adwekcje ciepła, a w zachodniej - wzdłuż Półwyspu Antarktycznego - wzmocniony efektem wiatru barierowego wynos chłodu.

W sierpniu i wrześniu nad Morzem Bellingshausena zalegają wyżę, co prowadzi to silnego wynosu chłodu na północ w rejonie Półwyspu Antarktycznego. Drugi obszar intensywnych adwekcji chłodu tworzy się w okolicach SANAE. Związany on jest w sierpniu z niżem Morza Łazariewa, a we wrześniu z wyżem zalegającym w południowej części Morza Weddella.

W 1988 roku Stacja Arctowskiego znajduje się pod większym wpływem mas powietrza pochodzenia morskiego niż w roku poprzednim (wskaźnik oceanizmu wzrasta do 4.04). Ze względu na słabsze złodzenie Morza Bellingshausena zarówno latem jak i zimą możliwy jest napływ świeżych mas powietrza polarnego lub subantarktycznego morskiego. Nie zawsze znajdzie on swoje odbicie w wielkości sum opadów, gdyż na Stacji Arctowskiego przy wiatrach z sektora północnego tworzy się cień opadowy.

Rok 1989

W ciągu całego 1989 roku dochodzi do intensywnego napływu do Antarktydy ciepłych mas powietrza po zachodniej stronie Półwyspu Antarktycznego. Zarówno latem jak i zimą (podobnie jak miało to miejsce w latach 1983 i 1985) w rejon Morza Bellingshausena napływają głębokie niży z sektora pacyficznego. Na wschodzie tego morza rozwija się depresja końcowa. Adwekcje ciepła są w tym rejonie na tyle częste i duże, że uniemożliwiają aż do kwietnia włącznie wykształcenie zwartej powłoki lodowej nawet na południu tego morza. Jedynie w kwietniu Morze Bellingshausena obejmuje wyż i wtedy wzdłuż jego wschodnich peryferii - nad Półwyspem Antarktycznym - dochodzi do intensywnych adwekcji zimnego powietrza antarktycznego na północ. Obejmują one rejon od Szetlandów po S Orkady. Część z niżów rozwijających się wzdłuż trajektorii pacyficznej, po przejściu Cieśniny Drake'a, regeneruje się na SW peryferiach wyżu atlantyckiego i wchodzi na Morze Weddella (ryc. 3I) przynosząc tam duże ocieplenia. Maksimum rozwoju tego typu cyrkulacji atmosfery przypada na lipiec, sierpień i wrzesień kiedy to południkowe ustawienie wyżu zachodnioatlantyckiego, z osią w pobliżu $040^{\circ}W$, sprzyja zatrzymywaniu się niżów w NW części Półwyspu Antarktycznego.

Wyż zachodnioatlantycki - z centrum w pobliżu Falklandów, równoleżnikowo wyciągnięty na początku lata 1988-89 (12-01), w lutym i marcu przesuwana się na wschód. Klin tego wyżu rozbudowuje się na SE od Georgii Południowej. Adwekcje ciepła związane z południowymi peryferiami tego układu obejmują wschodnią część Morza Weddella. W miarę rozwoju klina tego wyżu na południe (07-08), adwekcjami ciepła objęta zostaje zachodnia część Morza Weddella, zaś na wschodzie tego morza dochodzi do intensywnego wynosu zimnego powietrza na północ.

Opisane zmiany cyrkulacji atmosfery na Stacji Arctowskiego zaznaczyły się niecodziennym rozkładem temperatur powietrza. Średnie temperatury miesięczne na ogół były na tyle wyższe od normy, że średnia roczna osiągnęła wartość dodatnią ($0.1^{\circ}C$). Najwyższe średnie miesięczne ($3.2^{\circ}C$) zanotowano w lutym i marcu, a najniższą w kwietniu ($-4.7^{\circ}C$). Dodatnie średnie miesięczne zanotowano ponownie w maju ($0.1^{\circ}C$) i lipcu ($0.5^{\circ}C$). W tych ostatnich miesiącach, częstym adwekcjom ciepłych mas powietrza polarnomorskiego towarzyszyły intensywne opady.

Rok 1990

Również i w tym roku bardzo aktywny jest sektor pacyficzny. Latem i na początku zimy (05-07) większość niżów powstałych na peryferiach wyżu wschodniopacyficznego dociera aż do Wyspy Aleksandra, przynosząc tam częste i duże ocieplenia (ryc. 3f). Natomiast w odróżnieniu od poprzedniego roku (1989), trajektoria prowadząca przez Cieśninę Drake'a czynna jest jedynie latem. Wyż zachodnioatlantycki najaktywniejszy jest zimą (06-07) i na wiosnę (10-12). Na jego południowo-zachodniej peryferii tworzą się niży, które dalej przemieszczają się na SE, wchodzą nad Morze Weddella i przynoszą do jego wschodniej części masy powietrza polarnego dość mocno przetransformowanego nad lodami pokrywającymi zwartą powłoką powierzchnię morza. Nad Półwyspem Antarktycznym rozwijają się quasistacjonarne kliny wysokiego ciśnienia. Związane z nimi adwekcje chłodu szczególnie daleko na północ sięgają w maju i czerwcu. W pełni zimy (07-08) i na początku lata 1990-91 (11-12) kliny te dobrze rozwinięte są tylko w południowej części Półwyspu.

Jednoczesny wzrost aktywności klinów wysokiego ciśnienia nad Półwyspem Antarktycznym i zanik trajektorii niżów przechodzących przez Cieśninę Drake'a, na Stacji Arctowskiego odbił się wzrostem frekwencji zimnych mas powietrza antarktycznego pochodzenia morskiego i kontynentalnego. Od kwietnia do sierpnia średnie miesięczne temperatury powietrza były nieco poniżej normy. Szczególnie duży spadek temperatur miał miejsce w maju i czerwcu. Chłodniejszy był również początek lata 1990-91 (11-12) kiedy to główny strumień ciepła skierowany był do wschodniej części Morza Weddella. Natomiast lato 1989-90 było na Szetlandach Południowych bardzo ciepłe, z najwyższymi temperaturami w lutym.

Rok 1991

Latem 1990-91 (01-02), przeważał przenos strefowy. Na Pacyfiku, adwekcje ciepła związane były z niżami poruszającymi się wzdłuż trajektorii położonej na 60-62°S. Po dotarciu do Szetlandów Południowych powoli wypełniały się i zanikały. W marcu i kwietniu oś adwekcji ciepła przesunęła się bardziej na południowy-wschód i objęła SW wybrzeża Półwyspu Antarktycznego. Dużej aktywności niżów na tej trajektorii sprzyjał całkowity brak

pokrywy lodów morskich na wodach Morza Bellingshausena (Monthly Average Polar Sea-Ice ... 1995).

Druga trasa napływu ciepłego powietrza na południe leżała w E części Morza Weddella. Związana z wyżem południowoatlantyckim była ona szczególnie aktywna od czerwca do września (ryc. 3m).

W chłodnej porze roku, choć dominował przenos strefowy, dużą aktywność przejawiały kliny wyżu antarktycznego. Od marca do maja największe adwekcje chłodu miały miejsce na Wybrzeżu Coatsów (Belgrano - Halley Bay). Maj, a zwłaszcza czerwiec, to okres częstego rozwoju w rejonie Półwyspu Antarktycznego, sięgających daleko na północ, klinów wyżu antarktycznego. W pełni zimy, kliny te, rozwijające się w południowej części Półwyspu oraz w rejonie Halley Bay - SANAE, na ogół nie sięgały zbyt daleko na północ (do 70-68°S). Również i zimą tego roku dominujący był przenos strefowy.

Na Stacji Arctowskiego jedynie styczeń 1991 roku jest ciepły. Średnie miesięczne pozostałych miesięcy lata są niższe od normy. W maju i czerwcu, miesiącach dużej aktywności klinów znad Półwyspu Antarktycznego, średnie miesięczne temperatury powietrza były o ponad 3.5 deg niższe od odpowiednich średnich wieloletnich. Wskaźnik oceanizmu (4.22) był zdecydowanie niższy niż w roku poprzednim.

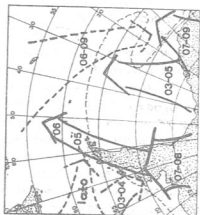
Rok 1992

Rozwój cyrkulacji atmosferycznej, zwłaszcza w zachodniej części badanego obszaru, był dość podobny do tej jaka wystąpiła w 1987 i 1991 roku. Na początku lata 1991-92 (12-01) ponownie najbardziej aktywny był sektor pacyficzny, gdzie w strefie 65-70°S dominowały adwekcje ciepła. Druga trasa napływu ciepłego powietrza na południe leżała bardziej na północ od poprzedniej (ryc. 3n). Niżej poruszające się wzdłuż tej trasy, w odróżnieniu od roku poprzedniego, nie zatrzymywały się w rejonie Szetlandów Południowych, lecz wkraczały nad północną część Morza Weddella. W drugiej połowie lata (02-03) bardziej aktywny był sektor zachodnioatlantycki. Adwekcje ciepła następowały głównie wzdłuż linii: Falklandy - S Orkady - Wybrzeże Księżniczki Marty.

W miesiącach zimowych, gdy w środkowej części Morza Weddella zalegał niż (05-08), większość adwekcji chłodu związana była z rozwijają-



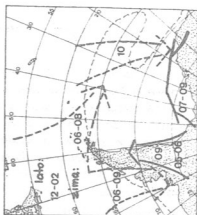
1



2



3



4

Ryc. 3.

1 - 1990, m - 1991,
n - 1992, o - 1993

cym się nad Półwyspem Antarktycznym klinem wyżu antarktycznego. W sierpniu i wrześniu, kiedy okresowo nad Morzem Weddella dochodziło do rozwoju układu wysokiego ciśnienia - podstawowa strefa wynosu zimnego powietrza na północ obejmowała Wybrzeże Księżniczki Marty i wschodnią część Morza.

Sądząc po rozkładzie temperatur powietrza na stacjach Bellingshausen i Arturo Prat, gdyż dla Arctowskiego brak danych, najcieplejszy na Szetlandach Południowych był styczeń, a najchłodniejszy maj i czerwiec. Zimą, masy powietrza pochodzenia kontynentalnego występowały jeszcze częściej niż w roku 1991.

Rok 1993

W 1993 roku nastąpił powrót do tego typu cyrkulacji atmosfery jaki dominował w 1989 roku. Intensywna działalność cyklonalna w rejonie Cieśniny Drake'a zaznaczała się zarówno latem jak i zimą. Latem przeważa cyrkulacja strefowa. Zimą (06-09), do SE części Morza Bellingshausena napływają głębokie niższe powstałe na południowo-zachodniej peryferii wyżu wschodniopacyficznego, przynoszące do wybrzeży Antarktydy bardzo ciepłe i wilgotne powietrze polarnomorskie. Część z niżów rozwijających się wzdłuż trajektorii pacyficznej, przechodzi przez Szetlandy Południowe i wkracza nad Morze Weddella. Ten typ cyrkulacji przypada rozwija się głównie w okresie od czerwca do sierpnia (ryc. 3o).

Wzdłuż południowych peryferii wyżu zachodnioatlantyckiego (z centrum w pobliżu Georgii Południowej) dochodzi (głównie w październiku) do adwekcji ciepła we wschodniej części Morza Weddella. Nieco wcześniej, zimą, w południowej i zachodniej części tego morza tworzą się słabe kliny wyżowe, z którymi związane są adwekcje chłodu.

Na Arctowskim, rok 1993 jest nieco chłodniejszy (średnia roczna -0.5°C) od roku 1989 (średnia roczna 0.1°C). Średnie miesięczne wahają się od 2.9°C w lutym do -3.4°C w czerwcu i z wyjątkiem stycznia i marca wyższe są od normy. Tak niewielka roczna amplituda temperatury powoduje, że w 1993 roku, wartość wskaźnika oceanizmu jest najwyższa ze wszystkich badanych lat (7.50). Obliczona wielkość wskaźnika wskazuje, iż na Stacji Arctowskiego, w 1993 roku występowały prawie wyłącznie występowały masy powietrza morskiego świeżego.

Uwagi końcowe

ET 0013817

Na Stacji Arctowskiego najniższe wartości Oc (odpowiadające klimatowi oceanicznemu) obliczono dla lat: 1987 - 3.09, 1980 - 3.16 i 1978 - 3.35. Były to lata, w których, nad Półwyspem Antarktycznym zimą, dochodziło do silnej rozbudowy klinów wyżu antarktycznego prowadzących do długotrwałych adwekcji chłodu w rejonie Szetlandów Południowych. W tych samych latach, w rejonie Szetlandów, latem, przeważał przenos strefowy.

Najwyższe wartości Oc (klimat ultraoceaniczny) obliczono na Stacji Arctowskiego w latach: 1993 - 7.50, 1983 - 6.93 i 1985 - 6.85. Były to lata, w których zarówno latem jak i zimą, w rejonie Stacji przeważały adwekcje ciepła z NW i N. Klin wyżu antarktycznego przesunięty znad Półwyspu Antarktycznego bardziej na wschód wyraźniej widoczny był jedynie na początku zimy (05-06) i pod jej koniec (09). Jednocześnie przesunięciu na wschód ulegał też niż Morza Weddella co skutkowało adwekcjami ciepła w rejonie SANAE.

Po zachodniej stronie Półwyspu Antarktycznego przy przenosie południkowym, adwekcje ciepła dominowały w 1984 (jedynie zimą), 1980 i 1985 (jedynie latem) oraz w 1983, 1989, 1990 i 1993 (zarówno latem jak i zimą). Adwekcje chłodu związane z rozwojem wyżu antarktycznego nad Morzem Bellingshausena miały miejsce głównie zimą. W 1979 roku sytuacje takie miały miejsce jedynie latem, a w latach 1978, 1981 i 1990 zarówno latem jak i zimą.

W świetle przeprowadzonej analizy map rozkładu głównych kierunków adwekcji ciepła i chłodu, po porównaniu uzyskanych wyników z wrywkowymi mapami synoptycznymi, szczegółową analizą typów sytuacji synoptycznych przeprowadzoną przez Kejnę (1994), mapami zmienności zasięgu lodów morskich (Monthly Average Polar Sea-Ice ... 1995) i mapami odchyień temperatury powietrza i ciśnienia od średniej (Atlas of Global Instrumental Climate Data), można stwierdzić, że międzyroczne zmiany wskaźnika oceanizmu Marsza wraz z analizą czaso-przestrzennych zmian średniej miesięcznej temperatury powietrza, dają wyniki, pozwalające w prosty sposób rozwiązywać zagadnienie jakościowej oceny częstości pojawiania się mas powietrza o właściwościach morskich i kontynentalnych. Ma to szczególne znaczenie dla obszarów, dla których pozbawieni jesteśmy bieżącej informacji synoptycznej oraz materiałów historycznych.

Literatura:

- Antarctic Automatic Weather Station data for the calendar year 1984, 1986, 1987, 1988, 1989, 1990, 1991, 1992 i 1993. Dep. of Atmospheric and Oceanic Sciences, University of Wisconsin, Madison.
- Astapenko P.D., 1960, Atmosferne processy v vysokich širotach južnogo polušarija. Izd. AN SSSR, Moskva.
- Atlas Antarktiki, 1969, t.2, GUGiK, Moskva.
- Atlas of Global Instrumental Climate Data. CD-ROM. Version 1.0. Climatology Lab, Department of Geology and Geography, University of Massachusetts, Amherst.
- Dydina L.A., 1976, Formy cirkulacii atmosfery južnogo polušarija. Trudy AANII, t. 330.
- Jacka T.H., 1983. A Computer Data Base for Antarctic Sea Ice Extent. ANARE Research Notes 13, Antarctic Division, Dep. of Science and Technology, Kingston, Tasmania.
- Jacka T. H., Christou L., Cook B. J., 1984, A data of Mean Monthly and Annual Surface Temperatures for Antarctica, the Southern Ocean and South Pacific Ocean. ANARE Research Notes 22, Antarctic Division, Dep. of Science and Technology, Kingston, Tasmania.
- Jones P. D., Limbert D. W. S., 1987, A Data Bank of Antarctic Surface Temperature and Pressure Data. Rep. DOE/ER/60397-H2, Dist. Category UC-11, U.S. Dep. of Commerce, Springfield, Va.
- Južnoe polušarie. Spravočnaja karta, 1984, 1 : 25 000 000, Glavnoe Upravlenie Geodezii i Kartografii pri Sovete Ministrov SSSR, Moskva.
- Kejna M., 1994. Temperatura powietrza w regionie Zatoki Admiralicji (Wyspa Króla Jerzego, Szetlandy Południowe, Antarktyka) na tle cyrkulacji atmosferycznej w świetle danych ze Stacji H. Arctowskiego w latach 1985-1989. UMK Toruń. Maszynopis pracy doktorskiej.
- Marsz A., 1995. Wskaźnik oceanizmu jako miara klimatycznego współdziałania w systemie ocean - atmosfera - kontynenty. WSM Gdynia.
- Milašenko G. P., 1976, Traektorii oblačnych vichrej v južnych sektorach Atlantičeskogo i Indyjskiego okeanov. Trudy AANII, t.327.
- Monthly Average Polar Sea-Ice Concentration, 1995. CD-ROM, U.S. Geological Survey, Digital Data series DDS-27.

- Rabe W., 1987. Weather and Synoptic Situation during Winter Weddell Sea project 1966 (ANT V/2) July 16 - September 10, 1986. Ber. Polarforsch. 40 (1987).
- Schwerdtfeger W., 1984, Weather and Climate of the Antarctic. Elsevier, Amsterdam-Oxford-New York-Tokio.
- Sipoš N. V., 1976, Anomalii temperatury v troposfere Antarktity. Trudy AANII, t.327.
- Stepko W., Wielbińska D., 1981, Mean pressure field over the South-West Atlantic from March to December 1979. Pol. Polar Research, No 2.
- Styszyńska A., 1988. Kształtowanie się wskaźnika kontynentalizmu termicznego według Górczyńskiego na obszarze mórz wokółantarktycznych. Zeszyty Naukowe WSM nr 17, Gdynia.
- Styszyńska A., 1993 (w druku). Wskaźnik oceanizmu termicznego na obszarze Antarktyki. Problemy Klimatologii Polarnej 3, UMK, Toruń.
- Styszyńska A., 1995, Kształtowanie się wskaźnika oceanizmu w rejonie Półwyspu Antarktycznego i Morza Weddella. [w:] XXII Sympozjum Polarne. Jedność środowiska przyrodniczego Arktyki i Antarktyki. Zamek Książ, 27-28 X 1995.
- Tauber G.M., 1964. Okeaničeskie centry dejstvija atmosfery v južnom polušarii. Izd. AN SSSR, Moskva.
- Trenberth K.E., 1985. Blocking in the Southern Hemisphere. Monthly Weather Rev., Vol. 113, No 1.
- Voskresenskij A. I., Čukanin K. I., 1980, Osnovnye čerty cirkuljacii atmosfery nad Antarktidoj. [w:] Issledovanija klimata Antarktity. Gidrometeoizdat, Leningrad.
- Voskresenskij A. I., Ljubarskij V. V., Subotin V. V., 1986, Osnovnye tendencii mnogoletnich izmenenij termičeskogo režima Antarktity. [w:] Meteorologičeskie issledovanija v Antarktike. Sbornik dokladov na II Vsesojuznom simpoziumie (Leningrad, 19-22 oktjabrja 191 g.), čast' I, Gidrometeoizdat, Leningrad.
- Voskresenskij A., Lysakov E., 1976, Nekotorye zakonomernosti mehanizma meridionalnoj cirkuljacii vozducha nad Antarktidoj. Trudy AANII, t.327.

CHANGES IN ATMOSPHERICAL CIRCULATION IN THE AREA OF ANTARCTIC PENINSULA AND WEDDELL SEA AS A RESULT OF FORMING SPATIAL CHANGES OF INDEX OF OCEANITY

Summary

The paper presents the application of Marsz's index of oceanity (1995) to explain the character of atmospheric circulation's changeability existing in the region the Antarctic Peninsula and Weddell Sea. For 16 years of activity of Polish Antarctic station H. Arctowski (1978-1993) maps showing directions of advection of warmth and coolness had been drawn (fig. 3).

On Arctowski station the lowest values of Oc (coresponding with oceanic climate) were counted for years: 1987 - 3.09, 1980 - 3.16 and 1978 - 3.35. In those years strong expansion of wedges of antarctic high-pressure occurred, causing the term advectons of coolnes in the region of South Shetlands. In the same years during summer in the region of Shetlands a zonal transer prevailed.

The highest values of Oc (ultraoceanic climate) for Arctowski station were counted in years: 1993 - 7.50, 1983 - 6.93 and 1985 - 6.85. In those years both in summer and winter, advectons of warmth from NW and N in the region of station prevailed. Ridge of antarctic high-pressure moved more to East from above the Antarctic Peninsula was distincly visible only at the begining (05-06) and at the end (09) of winter. At the same time the weddell Sea low-pressure was moved on the East what couosed advectons of warmth in SANAE region.

On the West side of the Antarctic Peninsula at meridional transfer, advectons of warmth dominated in 1984 (only in winter), 1980 and 1985 (only in summer) and in 1983, 1989, 1990, 1993 (both in winter and summer). Advection of coolnes connected with evolution of antarctic high-pressure took place mostly in winter. In 1979 situations like this took place only in summer, in 1978, 1981 and 1990, both in summer and winter.