

**ZWIĄZKI MIĘDZY TEMPERATURĄ WODY
W ENERGOAKTYWNEJ STREFIE MORZA BELLINGSHAUSENA
A TEMPERATURĄ POWIETRZA NA STACJI ARCTOWSKIEGO**

Anna Styszyńska

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

Sformułowanie zagadnienia

Prowadząc badania nad związkami zachodzącymi między temperaturą wody i rozkładem przestrzennym lodów morskich na obszarze wód oceanicznych znajdujących się w otoczeniu Szetlandów Południowych a elementami klimatycznymi na Stacji Arctowskiego w latach 1987 i 1988 (Styszyńska 1997), wykryto pewne rejony wód Oceanu Południowego, w których występujące korelacje między średnimi miesięcznymi temperaturami powietrza na Stacji Arctowskiego a temperaturą wody powierzchniowej były szczególnie wysokie.

Były to dwa akweny – jeden znajdujący się na Morzu Bellingshousena, którego współrzędne można określić ogólnie jako 65,5–55,5°S, 85,5–80,5°W, drugi – znajdujący się na Południowym Atlantyku, którego orientacyjne współrzędne określić można jako 55,5–50,5°S, 60,5–55,5°W. Uzyskane wyniki były na tyle interesujące, że postanowiono rozszerzyć i zmodyfikować zakres badań.

Badania nad współoddziaływaniem oceanu i atmosfery prowadzone w latach 70. i 80. pozwoliły na wykrycie istnienia i funkcjonowania tak zwanych „energoaktywnych stref oceanu”. Strefy energoaktywne oceanu można zdefiniować jako akweny o szczególnie wysokim przekazie ciepła z oceanu do atmosfery. Przekaz ciepła jest tam o jeden – dwa rzędy wielkości większy od akwenów otaczających.

Reżim termodynamiczny tych stref w decydujący sposób określa rozwój długookresowych zmian termicznych w atmosferze. Jaki jest mechanizm wpływu zwiększonego przekazywania ciepła z oceanu do atmosfery na kształtowanie długookresowych zmian termicznych na rozległych i odległych obszarach nie jest jeszcze obecnie jasne. Szereg prac (m.in. Ugryumov 1981; Ugryumov i Kupyanskaya 1975) pozwala przypuszczać, że zlokalizowane w określonych rejonach „ogniska” przekazu ciepła mają wpływ na amplitudę (liczba falowa) i lokalizację (stabilizacja dolin) fal długich¹ w środkowej troposferze.

Jeśli przyjmie się ten punkt widzenia za prawdziwy, to staje się oczywiste, że wpływ stref energoaktywnych na kształtowanie termiki powietrza nie może być wpływem bezpośrednim. Realizuje się on poprzez zmiany cyrkulacji atmosferycznej nad rozległymi obszarami.

Savčenko i Nagurnyj (1987) wyróżniają na Półkuli Północnej cztery strefy energoaktywne oceanu. Są nimi:

- 1) rejon Zatoki Gwinejskiej, od równika do brzegów Afryki i dalej w ocean do 30°W i 10°N,
- 2) rejon Nowofundlandzki Atlantyku – między 30 a 50°N, od 35°W na wschodzie po 70°W do rejonu C. Hatteras i dalej wzdłuż linii brzegowej, jednak bez strefy wód przybrzeżnych (szelfowych i stokowych),
- 3) rejon „Morza Norweskiego” – 61–80°N, od linii brzegowej Płw. Skandynawskiego po 25°E do 80°N, W granica 25°W. „Jądro” tego rejonu znajduje się w polu 65–75°N, 10°E–10°W,
- 4) rejon „Kuro-Siwo”: S granica – 30°N, N granica – 50°N, E granica 165°E, W granica – 145 °E.

Na Półkuli Południowej do tej pory podobnych badań nie prowadzono. Można wstępnie założyć, że silne i istotne korelacje, jakie zachodzą między zmianami temperatury powierzchni oceanu a temperaturą powietrza w znacznie oddalonej od tych rejonów Stacji Arctowskiego, mogą wskazywać na występowanie w tym rejonie podobnych/ /podobnej strefy energoaktywnej oceanu. Celem tej pracy jest zaprezentowanie wyników przeprowadzonej analizy, zmierzającej do wyjaśnienia, czy w pobliżu Szetlandów Południowych i Półwyspu Antark-

¹ Lub inaczej „górnjej planetarnej strefy frontalnej” według Zwieriewa i prac innych autorów.

tycznego znajduje się strefa energoaktywna oceanu, sterująca zmianami cyrkulacji atmosferycznej w tym rejonie.

Dane źródłowe

Do dalszych badań wykorzystano zbiór danych o średnich miesięcznych temperaturach wody powierzchniowej (dalej TPO) i anomaliach TPO o średnim stopniu rozdzielczości (gridy $2 \times 2^\circ$). Dane te stanowią wyniki pomiarów radiometrycznych z satelitów (AVHR) poruszających się po orbitach polarnych, kalibrowane pomiarami TPO *in situ*. Zestaw danych (GEDEX) otrzymano bezpłatnie z NASA – Goddard Space Flight Center, Distributed Archive Center.

Dane o średnich temperaturach powietrza ze Stacji Arctowskiego pochodzą z roczników meteorologicznych Stacji Arctowskiego i poznańskiej bazy danych (Zwoliński i in.). Brakujące dane dla miesięcy, w których występowały przerwy w obserwacjach (luty i marzec 1990 r.) obliczono metodą regresji z danych Stacji Bellingshausen. Dla badań z przesunięciem czasowym wykorzystano dodatkowo dane o temperaturach średnich miesięcznych ze Stacji Arctowskiego z roku 1993.

Wspólne dane opisujące TPO i temperatury średnie miesięczne na Stacji Arctowskiego obejmowały okres od stycznia 1982 do lutego 1992, czyli dla miesięcy od maja do grudnia pełne 10-lecie, zaś dla okresu styczeń–kwiecień – 11 lat. Nie jest to okres wystarczający w sensie klimatologicznym, lecz już wystarczająco długi, aby uzyskane wyniki traktować jako „próbkę” pozwalającą na postawienie hipotezy o dużym stopniu prawdopodobieństwa o występowaniu lub niewystępowaniu na analizowanym obszarze strefy energoaktywnej oceanu.

Metoda analizy TPO i jej wyniki

Marsz (1999), analizując cechy reżimu termicznego powierzchni oceanu, opracował metodykę wykrywania tak zwanych „gridów aktywnych”, czyli powierzchni wskaźnikowych, charakteryzujących zwiększony wpływ powierzchni oceanu na reżim termiczny odległych obszarów. Metodyka ta jest prosta.

Pierwszym etapem jest analiza zmienności pola temperatury na powierzchniach oceanu, charakteryzujących się względną jednorodno-

ścią cech hydrodynamicznych (ruch, względny bezruch wód). Do dalszej analizy zostają wytypowane te gridy, które charakteryzują się największą zmiennością temperatury w poszczególnych miesiącach z roku na rok w obrębie danej powierzchni. Drugim etapem jest wyznaczenie do dalszych analiz tych gridów, między którymi współczynniki korelacji osiągają minimalne wartości (niższe niż $\pm 0,32$), natomiast eliminacja pozostałych.

Temperatura wody w tak wytypowanych gridach, charakteryzujących jednorodnie pod względem dynamicznym powierzchnie oceanu, cechuje się na ogół silnymi lub bardzo silnymi związkami z temperaturą powietrza na oddalonych obszarach. Związki te mają głównie charakter asynchroniczny. W ten sposób wyznaczone fragmenty powierzchni oceanu odpowiadają w części (rozwój długookresowych zmian termicznych w atmosferze) definicji „energoaktywnych stref oceanu”.

Posługując się tą metodyką i kierując wynikami wcześniej przeprowadzonych analiz (Styszyńska 1997), przeprowadzono analizę zmienności temperatury na powierzchni fragmentu Oceanu Południowego, obejmującego Morze Bellingshausena, Cieśninę Drake’a, Morze Scotia i pogranicze Morza Scotia z Morzem Weddella.

Akweny znajdujące się na pograniczu Morza Weddella i Morza Scotia, oraz na Morzu Scotia, wykryte wcześniej (Styszyńska 1997), nie spełniły kryteriów siły związków i występowania związków asynchronicznych.

W wyniku prowadzonej analizy ustalono, że najsilniejsze związki z biegiem temperatury powietrza na Stacji Arctowskiego (i Stacji Bellingshausen) wykazują trzy gridy położone na tej samej długości geograficznej – południku 80°W : 56°S , 60°S i 64°S . Gridy te tworzą południkowy profil o niewielkiej rozciągłości (10°).

Położony najdalej na północ grid 56°S , 80°W znajduje się w osi Dryfu Wiatrów Zachodnich (Prądu Wokółpolarnego), który schodzi tutaj dość daleko na południe, omijając ląd Ameryki Południowej. Najdalej na południe położony grid 64°S , 80°W znajduje się w północnej części Morza Bellingshausena. W jego obrębie odbywa się przenos chłodnych wód z SW, stanowiący zamknięcie cyrkulacji cyklonalnej Morza Bellingshausena. W okresie zimowym (lipiec–wrzesień) w pobliżu południowej granicy tego gridu (65°S) przebiega wieloletnia granica pokrywy lodów morskich. Grid 60°S , 80°W reprezentuje strefę wód

przejściowych, oddzielających wody Morza Bellingshausena od wód niesionych przez Dryf Wiatrów Zachodnich. W przypadku nasilenia Prądu Wokółpolarnego, w tej strefie (60°S) znaleźć się mogą relatywnie ciepłe wody tego prądu.

Korelacje synchroniczne i asynchroniczne zachodzące między temperaturą powietrza na Stacji Arctowskiego a anomaliami TPO w wyznaczonych gridach aktywnych

W biegu temperatury powietrza i w biegu TPO zaznacza się dwójakiego rodzaju zmienność – okresowa i nieokresowa. Zmienność okresowa ma charakter sezonowy, związany z charakterystycznym rozkładem w czasie dopływu energii promienistej Słońca. Ponieważ zmienność sezonowa jest czynnikiem występującym w obu szeregach, przyczynia się do powstania silnych i istotnych korelacji. Korelacje natury sezonowej nie wchodzi w zakres badań nad wpływem zmian termicznych, mogących zachodzić między temperaturą wody a temperaturą powietrza.

Aby wyeliminować wpływ zmienności sezonowej i zająć się wyłącznie analizą związków o charakterze nieokresowym, polegających na występowaniu odchylenia (dodatnich lub ujemnych) w obu szeregach, wystarczy z jednego z szeregów wyeliminować składową okresową. W związku z tym, do badań korelacji synchronicznych i asynchronicznych posłużono się surowymi wartościami temperatury średniej miesięcznej na Stacji Arctowskiego i wielkościami anomalii TPO. Anomalie TPO, definiowane jako odchylenie temperatury średniej miesięcznej TPO w danym gridzie od temperatury średniej miesięcznej wieloletniej w tym samym gridzie, znajdowały się w danych źródłowych (GEDEX).

Między anomaliami temperatury wody w wytypowanych gridach a temperaturą powietrza na Stacji Arctowskiego zachodzą korelacje synchroniczne i korelacje asynchroniczne. Wyniki analizy korelacji synchronicznych zestawione są w tabeli 1.

Jak widać z przedstawionych w tabeli 1 danych, korelacje synchroniczne, które wykazują istotność statystyczną ($p < 0,05$), są bardzo rzadkie. Zachodzą jedynie w lutym i kwietniu, i wykazują zgodną zależność – wystąpieniu dodatnich anomalii odpowiadają wzrosty średniej miesięcznej temperatury powietrza na Stacji Arctowskiego.

Tabela 1. Wielkości współczynników korelacji liniowej między średnią miesięczną temperaturą powietrza na Stacji Arctowskiego a średnimi miesięcznymi anomaliami TPO w wybranych gridach na profilu 80°W (1982–1992). Korelacje istotne statystycznie ($p < 0,05$) podkreślono

Table 1. Quantities of Pearson's correlation coefficients – correlation between mean monthly air temperature at the Arctowski Station and mean monthly SST anomalies in nominated grids at 80°W (1982–1992). Correlations which are significant from the statistics point of view ($p < 0.05$) have been marked

	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12
N	11	11	11	11	10	10	10	10	10	10	10	10
56°S	0,38	0,39	-0,26	<u>0,90</u>	0,18	-0,29	-0,06	-0,16	-0,20	-0,39	0,43	0,52
60°S	0,33	0,52	0,01	0,46	0,21	-0,43	0,55	-0,14	0,56	0,25	0,46	0,50
64°S	0,18	<u>0,71</u>	0,31	0,23	0,21	-0,35	0,63	0,13	0,49	0,42	0,33	0,35

Korelacje asynchroniczne mają skomplikowany charakter i rozkład. Występowanie korelacji asynchronicznych było badane w różnych przekrojach, które można określić jako proste i zespolone.

Pod mianem korelacji prostych rozumie się dalej badanie związków między miesięcznym biegiem anomalii w danym gridzie a kolejno następującymi po sobie biegami temperatur miesięcznych z opóźnieniami 1, 2, 3, ..., 12, 13, 14 i więcej miesięcznymi.

W wyniku badań prostych korelacji asynchronicznych stwierdzono, że najliczniejsze korelacje, wykazujące istotność $p < 0,05$, zaznaczają się między temperaturą na Arctowskim a anomaliami TPO w gridzie [80, 64]. Stwierdzono wystąpienie 16 przypadków przypuszczalnie istotnych związków. Najliczniej zaznacza się skorelowanie anomalii występujących w tym gridzie w sierpniu i październiku (po trzy przypadki). Anomalie te charakteryzują stan termiczny wód po zakończeniu sezonu zimowego. Najsilniejsze korelacje między anomaliami TPO a temperaturą powietrza na Arctowskim zaznaczają się jednak z anomaliami występującymi w miesiącach letnich (styczeń, luty, marzec, R od $\pm 0,78$ do $0,83$). Charakterystyczną cechą anomalii występujących w tych miesiącach jest to, że znajdują one odbicie w termice powietrza z opóźnieniem 11–13 miesięcznym. Wyższa niż

Związki między temperaturą wody w energoaktywnej strefie...

zazwyczaj temperatura wód w tym gridzie w marcu, skutkuje wzrostem temperatury powietrza w marcu roku następnego ($R = +0,80$), wyższa temperatura wód w lutym podobnie skutkuje wzrostem temperatury powietrza w marcu następnego roku na Stacji Arctowskiego ($R = +0,78$).

Najmniejsza liczba korelacji, bo tylko 7, zaznacza się z anomaliami w gridzie [80, 56]. Korelacje tu występujące wskazują, że silne oddziaływanie zmian TPO ograniczone jest w czasie do miesiący końca lata – jesieni (marzec–czerwiec) i końca zimy (sierpień–wrzesień). Korelacje następują z przesunięciem 6-miesięcznym i 11–13-miesięcznym. Zmiany w kształtowaniu się anomalii TPO, jakie zaznaczają się w końcu lata i jesienią znajdują swoje odbicie w zmianach temperatury powietrza na Arctowskim na wiosnę następnego roku i z początkiem lata. Zmiany w biegu TPO, jakie następują w tym gridzie w okresie od października do lutego nie znajdują czytelnego odbicia w biegu temperatury na Stacji Arctowskiego. Związki zachodzące między TPO w gridzie [80, 60] mają podobny charakter, jak w gridzie omówionym poprzednio.

Korelacje zespolone to korelacje wielokrotne między równaniem regresji opisującym związek synchronicznie występujących anomalii (AN) we wszystkich trzech gridach a temperaturą powietrza na Stacji Arctowskiego (ARC) w kolejnych miesiącach (1, 2, 3, ..., n, n + 1, n + 2):

$$ARC_n = a + b AN[80,56]_n + c AN[80,60]_n + d AN[80,64]_n.$$

Zestawienie współczynników korelacji wielokrotnych, z zaznaczeniem tych, które są prawdopodobnie istotne, zawiera tabela 2.

Analiza danych zawartych w tej tabeli uzupełnia i rozszerza wyniki analizy korelacji prostych. Zauważyć można, że w lutym, kwietniu, maju, czerwcu, listopadzie i grudniu nie występują korelacje między anomaliami TPO a temperaturą powietrza na Stacji Arctowskiego, które przekroczyłyby próg istotności statystycznej. Wyróżniają się natomiast dwa miesiące – marzec i październik, których oddziaływanie zmienności TPO na kształtowanie temperatury powietrza na Szetlandach jest szczególne.

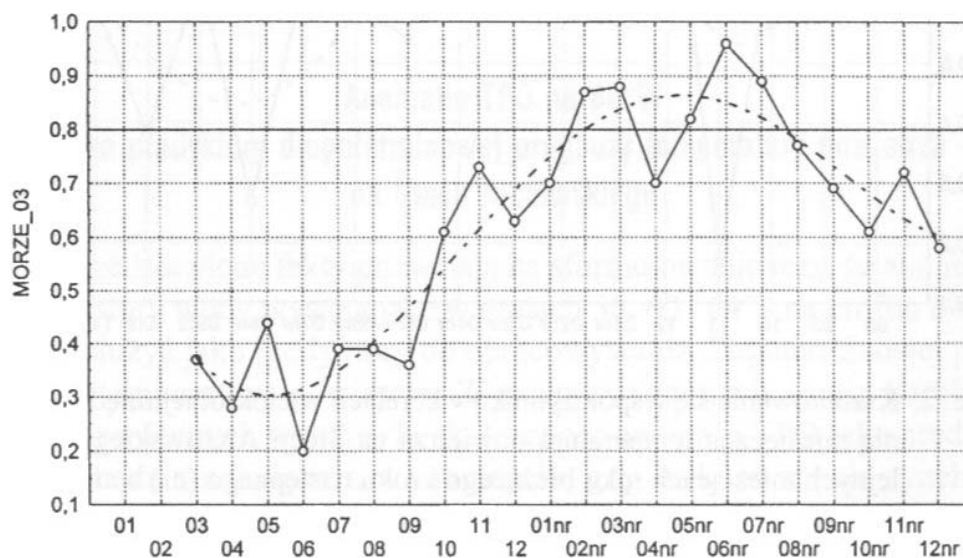
Tabela 2. Korelacje wielokrotne synchroniczne i asynchroniczne między średnimi miesięcznymi temperaturami powietrza na Stacji Arctowskiego (I 1982 – IV 1992) a anomaliami TPO w gridach 56, 60, 64°S na południku 80°W. Korelacje $(ARC_n = a + b AN[80,56]_n + c AN [80,60]_n + d AN[80,64]_n)$ istotne na poziomie $p < 0,05$ podkreślono

Table 2. Synchronic and Asynchronic multiple correlations between mean monthly air temperature at the Arctowski Station (January 1982 – April 1992) and SST anomalies in grids 56°, 60° and 64°S and 80°W. Correlations $(ARC_n = a + b AN[80.56]_n + c AN [80.60]_n + d AN[80.64]_n)$ which are significant at level $p < 0.05$ have been marked

MORZE	ARCTOWSKI – ROK BIEŻĄCY												ARCTOWSKI – ROK NASTĘPNY											
	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12
01	0,41	<u>0,86</u>	0,29	0,64	0,73	0,59	0,57	0,28	0,54	0,46	0,41	0,13	0,35	0,61	0,59	0,47	0,59	<u>0,81</u>	0,52	0,61	0,58	0,45	<u>0,83</u>	
02		0,74	0,72	0,74	0,74	0,72	0,31	0,33	0,24	0,40	0,32	0,13	0,55	0,60	0,78	0,76	0,33	0,39	0,29	0,76	0,20	0,38	0,77	
03			0,37	0,28	0,44	0,20	0,39	0,39	0,36	0,61	0,73	0,63	0,70	<u>0,87</u>	<u>0,88</u>	0,70	<u>0,82</u>	<u>0,96</u>	0,77	0,69	0,61	0,72	0,58	
04				<u>0,91</u>	0,69	0,69	0,59	0,46	0,74	0,62	0,36	0,69	0,56	0,35	0,38	0,54	0,30	0,45	0,38	0,31	0,56	0,61	0,62	
05					0,22	0,17	0,50	0,37	0,75	0,49	0,40	0,77	0,61	0,67	0,83	0,53	0,68	0,71	0,72	0,46	0,79	0,69	0,60	
06						0,48	0,33	0,43	0,82	0,43	0,30	0,83	0,78	0,75	0,70	0,57	0,59	0,55	0,81	0,31	0,59	0,54	0,60	
07							0,76	0,80	<u>0,87</u>	0,49	0,55	0,72	0,68	0,74	0,72	0,56	0,47	0,56	0,36	0,28	0,48	0,64	0,68	
08								0,30	0,50	0,48	0,27	0,69	0,81	0,79	0,80	0,72	0,81	<u>0,92</u>	0,63	0,58	0,20	0,59	0,81	
09									0,58	0,60	0,60	<u>0,92</u>	0,66	0,41	0,43	0,46	0,32	0,58	0,60	0,42	0,73	0,18	0,60	
10										0,69	0,17	<u>0,93</u>	<u>0,97</u>	0,61	<u>0,91</u>	<u>0,90</u>	0,54	0,60	0,64	0,27	0,64	0,38	0,60	
11											0,47	0,34	0,27	0,87	0,76	0,79	0,83	0,63	0,62	0,43	0,40	0,51	0,58	
12												0,57	0,29	0,68	0,65	0,76	0,71	0,82	0,60	0,70	0,39	0,55	0,69	

Związki między temperaturą wody w energoaktywnej strefie...

Anomalie TPO na 80°W z marca silnie korelują z miesięcznymi temperaturami powietrza końca lata następnego roku na Stacji Arctowskiego (luty i marzec, $R = 0,87-0,88$, $p < 0,015$) oraz z temperaturami początku i środka zimy następnego roku (maj, czerwiec, lipiec, łącznie 5 miesięcy). Szczególnie silna jest korelacja wielokrotna anomalii TPO z biegiem temperatury powietrza w czerwcu następnego roku ($R = 0,956$, $p < 0,00041$), korelacja z biegiem temperatury lipca jest nieco słabsza ($R = 0,886$, $p < 0,0098$). Marcowa zmienność anomalii TPO na omawianym profilu objaśnia od 88 do 69% wariacji zmienności temperatury powietrza w czerwcu i lipcu następnego roku (patrz ryc. 1).

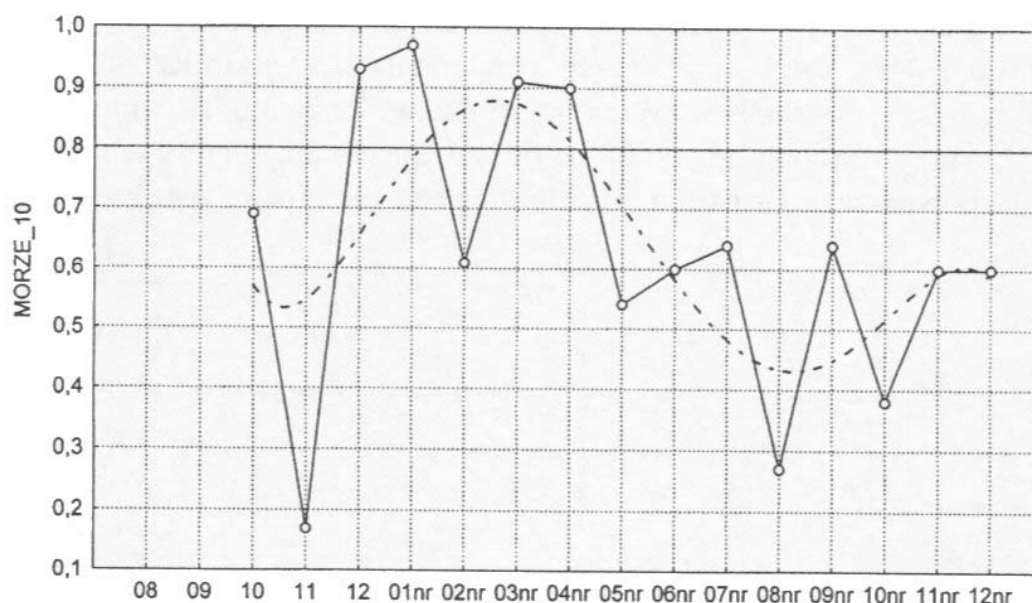


Ryc. 1. Kształtowanie się współczynników korelacji wielokrotnej między średnią miesięczną temperaturą powietrza na Stacji Arctowskiego w kolejnych miesiącach roku bieżącego i roku następnego (nr) a anomaliaми TPO na M. Bellingshausena w marcu

Fig. 1. Plot of coefficients of multiple correlation between mean monthly air temperature at the Arctowski Station in consecutive months of the present and the following year and SST anomalies in the Bellingshausen Sea (80°W) in March

Anomalie TPO z października na omawianym profilu również wykazują silne działanie zespolone, lecz o odmiennym charakterze. Reakcja temperatury powietrza na ich występowanie jest znacznie szybsza – istotne korelacje występują z opóźnieniami od miesiąca do 5 mie-

sięcy. Silne skorelowanie temperatur powietrza na Stacji Arctowskiego z anomaliami TPO zaznacza się już z grudniem tego samego roku oraz styczniem, marcem i kwietniem roku następnego (ryc. 2). Wszystkie współczynniki korelacji są tu wysokie ($R \geq 0,9$, $p < 0,0009$).



Ryc. 2. Kształtowanie się współczynników korelacji wielokrotnej między średnią miesięczną temperaturą powietrza na Stacji Arctowskiego w kolejnych miesiącach roku bieżącego i roku następnego (nr) a anomaliaми TPO na M. Bellingshausena w marcu

Fig. 2. Plot of coefficients of multiple correlation between mean monthly air temperature at the Arctowski Station in consecutive months of the present and the following year and SST anomalies in the Bellingshausen Sea (80°W) in October

Anomalie TPO z marca opisują stan termiczny wód oceanu z końca lata, informując pośrednio o nagromadzonych w wodach zasobach ciepła. Występujące korelacje wskazują, że zasoby ciepła nagromadzone w wodach mogą oddziaływać z opóźnieniem 11–16 miesięcy. Anomalie TPO z października opisują stan termiczny oceanu z końcem zimy, w momencie, w którym zasoby ciepła w wodach są minimalne. Występowanie tego rodzaju anomalii zaznacza się w biegu temperatury powietrza na Szetlandach stosunkowo szybko – regulują one bieg temperatury powietrza w ciągu najbliższego lata.

Związki między temperaturą wody w energoaktywnej strefie...

Występują również pojedyncze istotne korelacje między anomalia-
mi TPO z lipca, sierpnia i września, nie będziemy się jednak nimi da-
lej zajmować.

Przedstawione fakty pozwalają wysnuć wniosek, że rozkład pola
temperatury wody nie oddziałuje na bieg temperatury powietrza w spo-
sób ciągły. O zmienności temperatury powietrza w przyszłości decy-
dują stany pola temperatury wody z momentów przełomowych (koniec
lata, koniec zimy). Stan pola temperatury wody z momentów przełom-
owych jest tym stanem, który w późniejszym czasie ulega powolnej
modyfikacji pod wpływem procesów dopływu–odpływu radiacji, wy-
chłodzenia wiatrowego i procesów dynamicznych, zachodzących w oce-
anie (adwekcja ciepła wraz z adwekcją masy).

Anomalie TPO na 80°W jako predyktory długoterminowej prognozy temperatury powietrza na Stacji Arctowskiego

Przedstawione fakty pozwalają na sformułowanie tezy, że anomalie
temperatury wody występujące w gridach 56, 60 i 64°S na profilu 80°W
mogą służyć jako predyktory do opracowywania długoterminowej pro-
gnozy temperatury powietrza. Z przeprowadzonych analiz korelacji
asynchronicznych wynika, że skuteczność anomalii TPO jako predyk-
torów będzie największa w momencie, gdy wykorzystana się synchro-
niczne (z tego samego momentu) anomalie ze wszystkich trzech gri-
dów. Równanie prognostyczne będzie w takim przypadku równaniem
regresji wielokrotnej. Parametry takich równań (wyraz wolny, współ-
czynniki kierunkowe poszczególnych składowych) oszacowano z da-
nych empirycznych za pomocą programu statystycznego.

Przedstawione równania regresji najprawdopodobniej nie będą
równaniami stabilnymi, z tego względu, iż przy trzech zmiennych nie-
zależnych potrzeba, przy szacowaniu parametrów, nie mniej niż 15 przy-
padków (5 przypadków na jedną składową). Należy się więc liczyć
z tym, że przyszłe badania mogą zmienić wartości współczynników kie-
runkowych. Istnieje jednak znikomo małe prawdopodobieństwo zmia-
ny znaków stojących przy kolejnych składowych. Jednakże układ zna-
ków i nawet orientacyjna wielkość współczynnika regresji pozwalają
już na scharakteryzowanie działania rozkładu anomalii i ich jednocze-
snego wpływu na bieg temperatury w przyszłości.

Prognozy średniej miesięcznej temperatury powietrza na Stacji Arctowskiego można podzielić na prognozy „bliskie”, o wyprzedzeniu 2–6 miesięcznym i prognozy „odległe”, o wyprzedzeniu 11–18 miesięcznym. Prognozy bliskie charakteryzować będą warunki termiczne miesięcy letnich (z wyjątkiem lutego), prognozy „odległe” miesiące schyłku lata/początku antarktycznej jesieni (luty–marzec) i okresu początku zimy (maj–lipiec).

Zestaw równań prognostycznych prognozy bliskiej, bazującej na rozkładzie anomalii TPO na 80°W z października jest następujący:

— dla grudnia bieżącego roku (wyprzedzenie jednomiesięczne):

$$\text{ARC}_{12} = 1,72 + 0,98\text{AN}[80,56]_{10} - 1,77\text{AN}[80,60]_{10} + 1,95\text{AN}[80,64]_{10}, \quad [1]$$

którego $R = 0,925$, $\text{adj. } R^2 = 0,784$, $F(3,6) = 11,90$, $p < 0,0062$, $\text{BSE} = 0,41^\circ\text{C}$,

— dla stycznia następnego roku (wyprzedzenie 2-miesięczne):

$$\text{ARC}_{01\text{nr}} = 1,43 + 0,16\text{AN}[80,56]_{10} + 2,64\text{AN}[80,60]_{10} - 1,49\text{AN}[80,64]_{10}, \quad [2]$$

którego $R = 0,969$, $\text{adj. } R^2 = 0,907$, $F(3,6) = 30,30$, $p < 0,0005$, $\text{BSE} = 0,20^\circ\text{C}$,

— dla marca następnego roku (wyprzedzenie 4-miesięczne):

$$\text{ARC}_{03\text{nr}} = 1,71 - 1,68\text{AN}[80,56]_{10} - 1,35\text{AN}[80,60]_{10} + 2,66\text{AN}[80,64]_{10}, \quad [3]$$

którego $R = 0,883$, $\text{adj. } R^2 = 0,669$, $F(3,6) = 7,08$, $p < 0,0213$, $\text{BSE} = 0,72^\circ\text{C}$,

i kwietnia roku następnego (wyprzedzenie 5-miesięczne):

$$\text{ARC}_{04\text{nr}} = -1,19 + 3,77\text{AN}[80,56]_{10} - 3,98\text{AN}[80,60]_{10} - 1,19\text{AN}[80,64]_{10}, \quad [4]$$

Związki między temperaturą wody w energoaktywnej strefie...

którego $R = 0,902$, $\text{adj. } R^2 = 0,719$, $F(3,6) = 8,71$, $p < 0,0132$,
 $\text{BSE} = 0,98^\circ\text{C}$.

Zestaw równań prognostycznych prognozy odległej, bazującej na rozkładzie anomalii TPO na profilu 80°W z marca bieżącego roku jest następujący:

— dla marca następnego roku (wyprzedzenie 11-miesięczne):

$$\text{ARC_03nr} = 1,63 + 1,30\text{AN}[80,56]_03 - 3,17\text{AN}[80,60]_03 + \\ + 2,70\text{AN}[80,64]_03, \quad [5]$$

którego $R = 0,877$, $\text{adj. } R^2 = 0,671$, $F(3,7) = 7,8$, $p < 0,0123$,
 $\text{BSE} = 0,68^\circ\text{C}$,

— dla maja następnego roku (wyprzedzenie 13-miesięczne):

$$\text{ARC_05nr} = -5,93 + 6,21\text{AN}[80,56]_03 - 19,80\text{AN}[80,60]_03 + \\ + 6,35\text{AN}[80,64]_03, \quad [6]$$

którego $R = 0,816$, $\text{adj. } R^2 = 0,524$, $F(3,7) = 4,7$, $p < 0,0429$,
 $\text{BSE} = 1,96^\circ\text{C}$,

— dla czerwca następnego roku (wyprzedzenie 14-miesięczne):

$$\text{ARC_06nr} = -7,07 + 4,47\text{AN}[80,56]_03 - 18,86\text{AN}[80,60]_03 + \\ + 5,98\text{AN}[80,64]_03, \quad [7]$$

którego $R = 0,956$, $\text{adj. } R^2 = 0,878$, $F(3,7) = 25,05$, $p < 0,0004$,
 $\text{BSE} = 0,80^\circ\text{C}$,

i lipca następnego roku (wyprzedzenie 15-miesięczne):

$$\text{ARC_07nr} = -8,96 + 7,92\text{AN}[80,56]_03 - 30,46\text{AN}[80,60]_03 + \\ + 6,34\text{AN}[80,64]_03, \quad [8]$$

którego $R = 0,886$, $\text{adj. } R^2 = 0,692$, $F(3,7) = 8,5$, $p < 0,0098$,
 $\text{BSE} = 1,98^\circ\text{C}$.

Przedstawione równania prognostyczne objaśniają od 91 do 52% zmienności temperatury średniej miesięcznej na Stacji Arctowskiego w wymienianych miesiącach. Różnice dokładności prognozy bliskiej i odległej są zastanawiająco małe, średni współczynnik determinacji (adj. R^2 , poprawiony ze względu na liczbę stopni swobody R^2) dla prognozy bliskiej wynosi 0,77, dla prognozy odległej – 0,69. Dalsze badania, na obfitszym materiale statystycznym pozwolą zapewne wyjaśnić, czy rzeczywiście prognoza odległa jest tak dokładna.

Przypuszczalny mechanizm działania strefy energoaktywnej oceanu na Morzu Bellingshausena

Przedstawione fakty wskazują, że na Morzu Bellingshausena rzeczywiście funkcjonuje strefa energoaktywna oceanu. Powstaje problem, jak wielkie ilości ciepła ten wyjątkowo chłodny akwen może przekazywać do atmosfery. Dalsze rozważania mają charakter hipotetyczny.

W przypadku wybrzeży Zachodniej Antarktydy (rejon 80°W) energoaktywność może być rozumiana i tłumaczona podobnie jak w przypadku stowarzyszenia – Morza Labrador i rejonu Nowo-Fundlandzkiego (Marsz 1997):

1. Istnieją warunki do intensywnego wypływu silnie wychłodzonych i suchych mas powietrza kontynentalnego znad Antarktydy (PAnk) nad otwarte wody w szerokości 64–56°S. Szczególnie zimą, gdy granica lodów morskich sięga na N od 68°S, proces transformacji mas na odcinku od brzegów lądolodu do granicy „czystej” wody praktycznie nie zachodzi. Pozwala to na utrzymanie kilkunastostopniowej różnicy temperatury między wodą ($t_w \sim 0 \div -0,5^\circ\text{C}$) a powietrzem ($-20 \div -15^\circ\text{C}$) i powstania bardzo silnego strumienia ciepła z oceanu do atmosfery. Dużą rolę w strumieniu ciepła odgrywać musi utajone ciepło parowania (powietrze Ank jest bardzo suche, przy jego ogrzewaniu się deficyt wilgotności osiąga ogromne rozmiary). Intensywny pobór ciepła z powierzchni oceanu powoduje szybki spadek temperatury powierzchni wody i wzrost jej gęstości.
2. Wody tej części Oceanu Południowego nie wykazują występowania stratyfikacji halicznej (brak na powierzchni warstwy wód wysłodzonych), w związku z czym procesy konwekcji, spowo-

Związki między temperaturą wody w energoaktywnej strefie...

dowane wzrostem gęstości wychłodzonych wód powierzchni oceanu, mogą obejmować całą miąższość kolumny wody. Niedobór ciepła w warstwie powierzchniowej uzupełniany jest wynoszeniem ciepła wraz z wodami głębinowymi do powierzchni. Nie zezwala to na zamarznięcie akwenu, a powstałe zimą ujemne anomalie temperatury wody powierzchniowej nie mają szans na długotrwałe utrzymywanie się, jeśli nie zachodzą częste adwekcje mas powietrza kontynentalnego znad Antarktydy. Amplituda temperatury wody powierzchniowej jest w związku z tym niewielka i jej wartości roczne w gridzie [80,64] oscylują około 3 deg. Zlodzenie, które ewentualnie może wystąpić w strefie 64°S może mieć jedynie charakter napływowy, nie jest to lód autochtoniczny ani zwarty.

Na północ od strefy wód chłodnych występuje strefa wód cieplejszych, związana z Prądem Wiatrów Zachodnich. Powoduje to utrzymywanie się stałych gradientów poziomych (południkowych) temperatury wody. Zasób ciepła w tych wodach jest odpowiednio większy [grid 80,56].

3. Silny przepływ ciepła do atmosfery, występujący w każdym przypadku adwekcji chłodnego powietrza z południa, powodować będzie występowanie równie silnej baroklinowości atmosfery w strefie 64–56°S. W rezultacie wystąpią spadki ciśnienia i ożywiona cyklonogeneza.

4. Zmiany temperatury wody w strefie północnej granicy akwenu (56°S) mogą osiągnąć znacznie większe rozmiary. Każda dodatnia anomalia temperatury wody w rejonie północnej granicy akwenu powoduje dodatkowy wzrost poziomych gradientów termicznych, potęgujących baroklinowość. Szybkim adwekcjom powietrza z S, którego proces transformacji nie został zakończony, towarzyszyć będzie dalszy proces spadku ciśnienia. Układy niżowe zwiększają swoją średnicę. Rośnie tym samym poziomy gradient termiczny między strefą wyżu subtropikalnego i rozpoczyna się proces „zasysania” dołem powietrza morskiego, bogatego w parę wodną, z subtropików. W układach niskiego ciśnienia tworzących się nad Morzem Bellingshausena występują potężne kontrasty temperatury powietrza. Procesy kondensacji pary wodnej, jak można przypuszczać pochodzącej głównie z tropików i subtropików, dostar-

czają energii potencjalnej, która zostaje zamieniona w energię kinetyczną układu (pęd).

Na to, że tak właśnie może wyglądać proces, zdaje się wskazywać analiza synchronicznych zależności statystycznych między temperaturą powietrza na Stacji Arctowskiego, a rozkładem wartości anomalii temperatury wody na profilu 80°W. Opierając się między innymi na wynikach pracy Kejny (1994) i analizach dolnych map synoptycznych (powierzchniowych, 850 hPa) można przyjąć, że ożywieniu cyklonogenezy w rejonie położonym na zachód od Stacji Arctowskiego odpowiadać będzie zwiększona częstość adwekcji mas powietrza z NW i N nad Szetlandy Południowe. Tym samym, należy liczyć się z częstszymi wzrostami temperatury powietrza, które znajdą odbicie w temperaturze średniej miesięcznej. Wzrosty te powinny szczególnie silnie zaznaczyć się w miesiącach jesiennych i zimowych.

Najsilniejsze kontrasty temperatury powietrza występują na omawianym obszarze jesienią. W kwietniu, na powierzchni kontynentu Antarktydy dochodzi już do bardzo silnego wychłodzenia radiacyjnego powietrza. Rozpoczyna się również formować strefa lodów morskich, których północna granica na Morzu Bellingshausena leży z reguły na N od 70°S. W tym samym czasie utrzymuje się jeszcze stosunkowo wysoka temperatura wody morskiej na północnej granicy omawianego akwenu (około 6–8°C). Temperatura wody i powietrza w strefie subtropikalnej SE Pacyfiku jest również jeszcze wysoka.

Właśnie w kwietniu zależności między średnią miesięczną temperaturą powietrza na Stacji Arctowskiego (ARC_04) a anomaliami temperatury wody (AN) są najsilniejsze. Zależność statystyczna (regresja wielokrotna) jest następująca (ryc. 3):

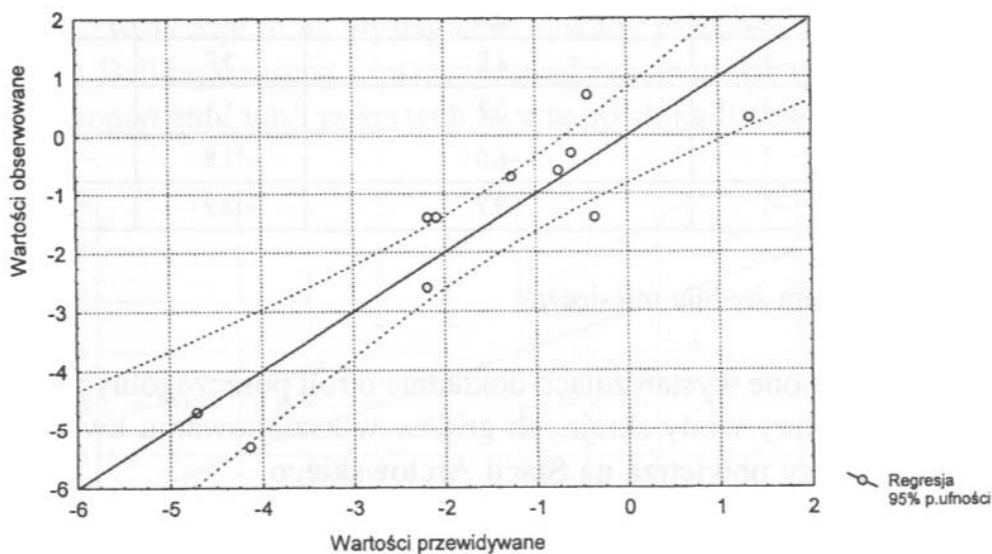
$$\text{ARC_04} = -2,19 + 6,70\text{AN}[80,56]_04 - 0,57\text{AN}[80,60]_04 + \\ + 0,56\text{AN}[80,64]_04, \quad [9]$$

której: $R = 0,91$, $\text{adj } R^2 = 0,75$, $F(3,7) = 10,91$, $p < 0,00497$, $\text{BSE} = 0,96^\circ\text{C}$.

Analiza równania regresji wskazuje wyraźnie, że występowaniu dodatnich anomalii temperatury wody na północnej granicy akwenu (56°S) odpowiada wzrost temperatury powietrza na Stacji Arctowskiego

Związki między temperaturą wody w energoaktywnej strefie...

(dodatni znak stojący przy składowej). W wyższych szerokościach (64°S) muszą wystąpić dodatnie anomalie termiczne (znak plus przed składowymi), aby nastąpił wzrost temperatury powietrza na Stacji Arctowskiego, lecz sądząc o wielkości współczynnika regresji (0,56), wielkość anomalii dodatnich odgrywa rolę niewielką w kształtowaniu temperatury powietrza na Stacji Arctowskiego. Sądząc po wielkości współczynników regresji główną rolę odgrywa tu wielkość anomalii na północnej granicy obszaru strefy energoaktywnej.



Ryc. 3. Związek anomalii TPO na M. Bellingshausena (na 80°W) ze średnią miesięczną temperaturą powietrza na Stacji Arctowskiego w kwietniu
Fig. 3. Correlation between SST anomalies in the Bellingshausen Sea (80°W) and mean monthly air temperature at the Arctowski Station in April

Oznacza to, że wzrostowi temperatury podłoża (powierzchni oceanu) w kwietniu odpowiada wzrost temperatury powietrza na Stacji Arctowskiego. Redukując liczbę zmiennych w równaniu [9] do dwóch, otrzymuje się:

$$\text{ARC_04} = -2,39 + 6,21 \text{ AN}[80,56]_04 + 0,63 \text{ AN}[80,64]_04, \quad [10]$$

której: $R = 0,90$, $\text{adj } R^2 = 0,77$, $F(2,8) = 17,7$, $p < 0,00116$, $\text{BSE} = 0,92^\circ\text{C}$.

Przyjmując równanie [10] za modelowe, i podstawiając wartości anomalii równe 0, 1 i -1 deg, otrzymuje się następujące wyniki.

Anomalie tw w gridach SST Anomalies in grids		Obliczona tsm kwietnia na Stacji Arctowskiego Calculated mean monthly air temperature at Arctowski Station in April	Granice 95% przedziału ufności Limits of 95% confidence interval	
AN[80,56]_04	AN[80,64]_04	[°C]	od	do
0	0	-2,4	-3,3	-1,5
1	1	4,5	1,6	7,3
1	-1	3,2	-1,1	7,5
-1	1	-8,0	-11,8	-4,2
-1	-1	-9,2	-13,2	-5,2

tsm – temperatura średnia miesięczna

Informują one wystarczająco dokładnie o roli poszczególnych anomalii temperatury wody skrajnych gridów w kształtowaniu kwietniowej temperatury powietrza na Stacji Arctowskiego.

Dla „środka zimy” (lipiec), podobna zależność nie jest już istotna statystycznie ($R = 0,76$, $\text{adj. } R^2 = 0,37$, $F(3,7) = 2,8$, $p < 0,131$, $\text{BSE} = 2,9^\circ\text{C}$), ale obraz, jaki przedstawia jest wymowny (ryc. 4). Ma ona postać:

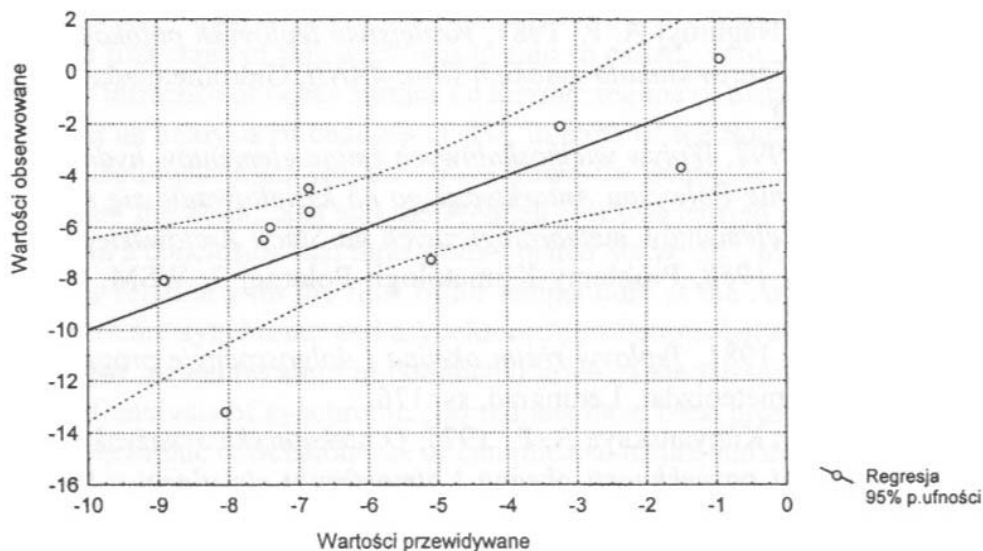
$$\text{ARC}_{07} = -6,00 - 7,25\text{AN}[80,56]_{07} + 0,23\text{AN}[80,60]_{07} + 7,12\text{AN}[80,64]_{07}, \quad [12]$$

z której wynika, że aktywniejszą niż poprzednio rolę odgrywa wystąpienie dodatniej anomalii temperatury wody bezpośrednio w pobliżu granicy lodów pływających (grid 64°S). Duża wartość współczynnika regresji (7,12) wskazuje, że nawet niewielka anomalia dodatnia w gridzie 64°S w znaczący sposób wpływa na temperaturę powietrza na Arctowskim. Pozwala to sądzić, że cyklonogeneza w lipcu przenosi się na tym obszarze w strefę bezpośrednio bliską granicy lodów pływających.

Omawiana zależność sygnalizuje, że dla wystąpienia wzrostu temperatury powietrza w lipcu na Arctowskim, w strefie szerokości umiar-

Związki między temperaturą wody w energoaktywnej strefie...

kowanych (56°S) na profilu 80°W winny występować ujemne anomalie temperatury. Fizyczny sens tego nie jest jasny. Nie można wykluczyć, że zależność ta rejestruje nie przyczynę, lecz statystyczny skutek ożywionej cyrkulacji atmosferycznej – wzrost prędkości wiatru i adwekcji chłodnego powietrza doprowadza do zwiększonego poboru ciepła z wody i pojawiają się słabe anomalie ujemne w tej strefie. Zakładając, że wystąpiłby odwrotny rozkład anomalii temperatury wody – ujemne w szerokościach wysokich (-1 deg, 64°S) i dodatnie ($+1$ deg) na szerokości 56°S , temperatura lipca na Stacji Arctowskiego winna wynosić około -20°C . Wskazuje to na wystąpienie blokady przenosu zachodniego na Morzu Bellingshausena i intensywną adwekcję powietrza z S lub SW, znad kontynentu lub/i pokrytych zwartą powłoką lodową mórz.



Ryc. 4. Związek anomalii TPO na M. Bellingshausena (na 80°W) ze średnią miesięczną temperaturą powietrza na Stacji Arctowskiego w lipcu
Fig. 4. Correlation between SST anomalies in the Bellingshausen Sea (80°W) and mean monthly air temperature at the Arctowski Station in July

Przedstawione rozważania dotyczą jasnych i zrozumiałych sytuacji związków synchronicznych. Działanie strefy energoaktywnej Morza Bellingshausena, opisywane przez rozkład anomalii TPO w danym okresie, rozciąga się znacznie w czasie, dając czytelne skutki jeszcze po upływie niemal półtora roku. Jaki jest mechanizm fizyczny tego rodzaju zależności inercyjnych – nie wiadomo.

Literatura

- 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 rozprawy doktorskiej.
- Marsz A., 1997, *Współoddziaływanie klimatyczne między strefą tropikalną a północną częścią strefy umiarkowanej, strefą subarktyczną i arktyczną wzdłuż brzegów zachodniej części Północnego Atlantyku*, Problemy Klimatologii Polarnej 7, WSM, Gdynia, s. 167–234.
- Marsz A., *Zagadnienie długoterminowej prognozy termicznego charakteru sezonu zimowego na obszarze Bałtyku Południowego i Polski Północno-Zachodniej*, WSM, Gdynia, s. 223–238.
- Savčenko V. G., Nagurnyj A. P., 1987, *Vozdejstvie teplovykh potokov iz okeana na kolebaniya klimata vysokikh šerot. AANII, Gidrometeoizdat, Leningrad*, ss. 199.
- Styszyńska A., 1997, *Wpływ wielkoskalowych zmian elementów hydrologicznych w rejonie Półwyspu Antarktycznego na kształtowanie się rocznych przebiegów elementów meteorologicznych na Stacji Arctowskiego w latach 1987 i 1988*, Problemy Klimatologii Polarnej 7, WSM, Gdynia, s. 143–166.
- Ugryumov A. J., 1981, *Teplovyj režim okeana i dolgosročnyje prognozy pogody*, Gidrometeoizdat, Leningrad, ss. 176.
- Ugryumov A. J., Kupyanskaya A. P., 1975, *O niekotorykh svyazyakh meždu temperaturaj poverkhnosti okeana i atmosferycznej cirkulacej v Severnoj Atlantike. Glavnoe Upravlenie Gidrometeorologičeskoj Služby pro Sove- te Ministrov SSSR, Gidrometeorologičeskij Naučno-Issledovatielskoj Služby SSSR, Trudy, vyp. 147. Gidrometeoizdat, Leningrad*, s. 4–5.

Dane źródłowe

- GEDEX (Greenhouse Effect Detection Experiment) Disc 1. Temperature, Clouds and Radiation. CD-ROM No. 994800, 1992, NASA.
- Rocznik meteorologiczny Arctowski, 1982–1993, IMGW Gdynia.
- Baza danych meteorologicznych. Polska Stacja Antarktyczna im. H. Arctowskiego (01 IV 1990 – 22 I 1994). KGI Poznań (Zwoliński i in.) – Internet.

**CORRELATIONS BETWEEN THE WATER TEMPERATURE
IN ENERGY-ACTIVE ZONE OF THE BELLINGSHAUSEN SEA
AND THE AIR TEMPERATURE AT THE ARCTOWSKI STATION**

Summary

The main task of this paper is to explain if there is an energy-active sea zone in the vicinity of the South Shetland Islands and the Antarctic Peninsula which controls changes in atmospheric circulation in this area.

The analysis made by use of the data comprising information about mean monthly sea surface temperatures (later SST) and SST anomalies in $2 \times 2^\circ$ grids – GEDEX and data about mean monthly air temperatures taken at the Arctowski Station (Meteorological Yearbooks of the Arctowski Station). Common data spanned the period from January 1982 to April 1992.

The first stage of this work was to find so called „active grids”, i.e. grids of bigger influence of ocean surface on thermic regime of distant areas. In order to do that an analysis of changes in SST in parts of the South Ocean comprising the Bellingshausen Sea, the Drake Strait, the Scotia Sea and the boundary between the Scotia Sea and the Weddell Sea was carried out. The analysis resulted in a conclusion that three grids situated 80°W : 56° , 60° and 64°S show the larger relation with the flow of air temperature at the Arctowski Station.

There are synchronic and asynchronic correlations between SST anomalies and the air temperature in nominated grids of the Arctowski Station. The results of analysis of synchronic correlations have been presented in table 1.

Asynchronic correlations are of complicated nature and distributions. Most numerous simple correlations were reported to occur between the temperature at the Arctowski Station and SST Anomalies in grids [80°W , 64°S]. The largest correlations are those with anomalies occurring in January, February and March. They can be observed in the air temperature with 11–13 months delay.

The combined correlations are multiple correlations between regression equation of synchronically occurring anomalies (AN) in those grids and the air temperature at the Arctowski Station (ARC) in consecutive months (1, 2, 3, ..., n, n + 1, n + 2):

$$\text{ARC}_n = a + b \text{AN}[80.56]_n + c \text{AN}[80.60]_n + d \text{AN}[80.64]_n.$$

Table 2 contains set of multiple correlation coefficients and those which are likely to be significant have been marked.

It has been stated that SST anomalies at 80°W in March correlate with monthly air temperatures at the end of summer the following year (February

and March) at the Arctowski Station and with temperatures of the early and mid-winter of the following year (May, June, July). The variation in SST anomalies in March explains 88% – 69% of variance of variation in the air temperature in June and in July of the following year at the Arctowski Station (fig. 1).

The response of the air temperature to the occurrence of SST anomalies in October at 80°W is much faster – from one to five months. Large correlation between the air temperatures at the Arctowski Station and SST anomalies can be observed already in December of the same year and in January, March and April in the following year (fig. 2).

The above stated facts lead to conclusion that the distribution of SST does not influence the flow of the air temperature in a continuous way. Future variations in the air temperature are influenced by the states of thermal field of water measured at crucial moments (the end of summer and the end of winter). They are the states, which later on are slowly modified by processes of radiation in- and off flow, wind chilling and dynamic processes active in the ocean (heat advection following the mass advection).

Thus a thesis can be stated that the SST anomalies occurring in grids 56°, 60° and 64°S, 80°W may serve as predictive values to work out long term prognosis of the air temperature at the Arctowski Station. These prognosis can be divided into „early” prognosis with 2–6 months’ advance (equations 1–4) and „distant” prognosis with 11–18 months’ advance (equations 5–8). The above mentioned equations explain about 91% to 52% of variations in the mean monthly air temperature at the Arctowski Station.

The presented facts indicate that there really is energy-active zone in the Bellingshausen Sea. Chapter 6 in 4 points shows how the hypothetical mechanism works. It can be understood and explained in a similar way as in case of the Labrador Sea and the New Foundland region (Marsz 1997).

The analysis of synchronic statistical correlations between the air temperature at the Arctowski Station and the distribution of SST anomalies at 80°W indicates, among others, the presence of the mechanism described in Chapter 6. Such correlations have been analysed and discussed in a detailed way for April (fig. 3, equations 9 and 10) and for July (fig. 4, equation 11).