

WYMIANA MASY I ENERGII MIĘDZY MORZEM I ATMOSFERĄ W ARKTYCZNEJ STREFIE ATLANTYKU.

1. WSTĘP.

Aerozol morski ma znaczący wpływ na wymianę masy i energii między morzem i atmosferą. Ostatnio w literaturze pojawiły się oszacowania pól W-stopnia pokrycia oceanów grzywaczami (Spillane in., 1986), a także koncentracji cząstek soli morskiej w powietrzu przywodnym. Uzyskano je dla wszechoceanu na podstawie wieloletnich danych wiatrowych z atlasów morskich. Obliczone miesięczne izolinie wraz z danymi strumieni emisji F_o i koncentracji cząstek soli morskiej mogą służyć jako kryteria oceanicznych stref energetycznych w tym pól natężenia strumieni wymiany energii i masy w układzie ocean-atmosfera. Zatem mogą być to istotne charakterystyki przy określaniu aktywności klimatycznej obszarów oceanicznych.

2. PODSTAWOWE ZAŁOŻENIA.

Dzięki intensywnym badaniom (Monahan, 1969; Toba i Chaen 1973; Wu, 1979) potwierdzona została słuszność stosowania teoretycznego modelu $W(U)$ w postaci:

$$W = a U^\lambda$$

gdzie U - prędkość wiatru mierzona na wysokości ok. 10m nrm. Obliczeń (Monahan i O'Muirchairtaigh, 1980) W -stopnia pokrycia grzywaczami w fazie rozwijającej się (aktywnej) można dokonać przy pomocy współczynników $a=2.95 \cdot 10^{-6}$ i $\lambda=3.52$, zaś przy wartościach $a=3.86 \cdot 10^{-6}$ i $\lambda=3.4$ szacować można W -stopień pokrycia grzywaczami w fazie rozwiniętej (biernej).

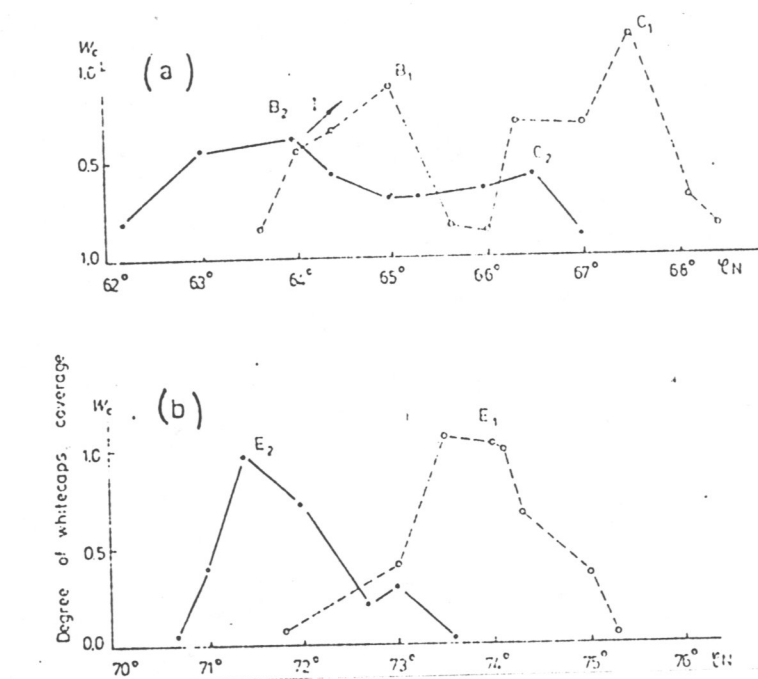
Wielkości strumienia F_s zasilającego powietrze przywodne wynoszonym z morza aerozolem można określić na podstawie pomiarów stężenia zapylenia powietrza cząsteczkami soli morskiej. Brano pod uwagę M_o -stężenie masy soli w początkowym momencie pomiarów (na wysokości ok. 6m nrm.), M - w końcowym, a także czas t , jaki między tymi momentami upłynął. Wtedy wprowadzając τ -średni czas zawieszenia cząstek soli morskiej w przywodnej warstwie atmosfery strumień ich emisji można opisać równaniem:

$$F_s = \frac{M - M_o e^{-t/\tau}}{\tau - e^{-t/\tau}}$$

Z własnych wyników uzyskanych podczas AREX-u dotyczących arktycznych obszarów oceanicznych stwierdzono, że wartość $\tau = 9h$ najlepiej odpowiada warunkom eksperymentu.

3. WYNIKI.

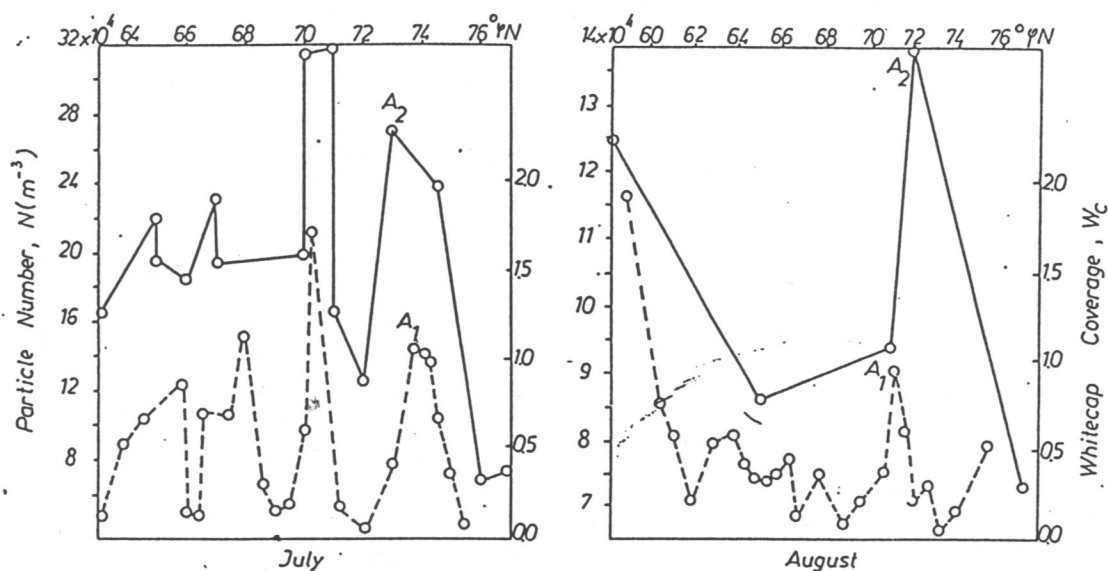
Uzyskane w pracy rozkłady W_c - względnej wartości spienienia w funkcji szerokości geograficznej charakteryzują się występowaniem powtarzających się maximów stopnia pokryci morza pianą. Maxima W_c w lipcowym profilu, na przykład B_1 i C_1 (rys.1a), odpowiadają B_2 i C_2 w profilu sierpniowym. Rozpoznanie obu profili pozwoliło zakładać istnienie związków między występowaniem quasi-stabilnych max W_c , szczególnie w sektorze E_1 i E_2 (rys.1b), a stacjonowaniem w badanej strefie nad oceanem quasi-stacjonarnego frontu arktycznego. Wpływ frontu arktycznego na wzrost W_c wskazuje rozmieszczenie aktywnych obszarów z grzywaczami na oceanie i ich przesuwanie się wraz z frontem na południe. Z przesunięcia max W_c obliczono, że średnio w okresie wyprawy prędkość przemieszczania się na południe frontu arktycznego wynosiła $C_f = 0,24-0,45 \text{ km h}^{-1}$ (Tablica 1).



Rysunek 1.a,b. Wahania W -stopień pokrycia morza grzywaczami na różnych szerokościach geogra. $^{\circ}\varphi$ dla lipca ---- i sierpnia —

Tablica 1

odcinek profilu	kierunek transpozycji $^{\circ}\varphi$	C_f [kmh^{-1}]
E_1-E_2	74-72	0.45
$B_1C_1-B_2C_2$	66-65	0.25
$B_1E_1-B_2E_2$	(61-75)-(62-74)	0.29



Rysunek 2. Wahania stopnia pokrycia morza grzywaczami-W (Krzywa przerywana) i liczby cząstek soli morskiej w powietrzu przywodnym (Krzywa ciągła) w zależności od szerokości geograficznej.

Tablica 2

Okres	T_w °C	$\bar{U}$ ms ⁻¹	średnie zmierzone w ramach AREX		średnia klimatyczna
			F_s $\mu\text{g m}^{-2} \text{s}^{-1}$	F_c $\mu\text{g m}^{-2} \text{s}^{-1}$	F_w $\mu\text{g m}^{-2} \text{s}^{-1}$
1987 lipiec 60°15' - 77°00'	9,2	6,0	3457	42480	32040
sierpień 77°00' - 60°30'	9,8	6,4	2925	26280	31680

Tablica 3

okres	°φ	Średnie z profilu				Średnie klimatyczne	
		F_s	H_s	F_c	H_c	F_w	H_w
lipiec	60°15' - 77°00'	0,96	0,61	11,80	0,11	8,9	0,08
sierpień	77°00' - 60°30'	0,81	0,55	7,30	0,07	8,8	0,09

Zwykle południowe peryferie quasi-stacjonarnego frontu arktycznego sięgają latem (lipiec) 70:75°N. Prędkość przemieszczania się ku południowi jest wypadkową dwóch składowych jego ruchu, a mianowicie sezonowego przesunięcia frontu z typową prędkością ok. 0,15 km h⁻¹ i falowego ruchu powierzchni frontalnej. Biorąc więc pod uwagę odchylenia średnich z poszczególnych krótkich okresów od średnich klimatycznych, można uznać, że uzyskane z przesunięć max Wc obliczone wartości odpowiadają wypadkowej ruchu frontu arktycznego w obrębie sezonu. Zakłada się tożsamość max Wc lipca i sierpnia świadcząc o występowaniu w polarnej strefie Atlantyku jednego quasi-stacjonarnego obszaru o znacznie podwyższonej aktywności aerohydrodynamicznej i zwiększonego pokrycia oceanu grzywaczami jako wyniku oddziaływania frontu arktycznego.

Z analizy porównawczej (rys.2.) zebranego materiału wynika, że spośród wszystkich znaczniejszych wahań w czasie charakterystyk aerozolowych blisko 3/4 przypadków wykazuje przybliżoną korelację zmian całkowitej liczby N i masy M cząstek soli morskiej w powietrzu przywodnym z wahaniami Wc. Natomiast resztę przypadków cechują różnego stopnia odchylenia od tej zbieżności. Istotny wpływ na te odchylenia i odpowiednio na współczynniki w równaniach regresji zmiennych powinny wywoływać zwłaszcza ciągle zmiany kierunku adwekcji aerozolu w badanym obszarze (Marks i Monahan, 1989). Interesujące jest także, porównanie quasi-południkowych profili N i M dla lipca i sierpnia z lat 1987-1989 (rys. 3.), które dowodzi o wyraźnym wpływie frontu arktycznego na formowanie się na szerokościach ok. 70-72°N quasi-stacjonarnej "plamy" z grzywaczami. Wpływ ten utrzymywał się stale w okresie 1987-1989.

4. AEROZOLOWE STRUMIENIE WILGOCI I CIEPŁA.

W tablicy 2 dokonano porównania uzyskanych z pomiarów średnich wartości strumienia Fs z wartościami Fc - strumienia emisji pyłu wodnego z grzywaczy na oceanie. Wartości Fs obliczono biorąc za podstawę zmierzone koncentracje cząstek soli morskiej w powietrzu przywodnym. Wyniki świadczą o wystąpieniu spadku Fs i Fc w sierpniu, w stosunku do lipca. Na tendencję takiego spadku wskazują również średnie klimatyczne dane o strumieniu wodności Fw wynoszonej z grzywaczy na badanym obszarze. Wartości Fw można było obliczyć, korzystając z wieloletnich średnich danych o wielkości W uzyskanych przez (Spillane' ai innych, 1986) dla wszechoceanu.

Uzyskano, iż generalnie w średnich warunkach aerohydrodynamicznych, jakie podczas wypraw dominowały, wielkość powierzchni oceanu pokrytej grzywaczami wahała się w pobliżu 1% . Dla lipca i sierpnia 1987 uzyskane średnie miesięczne wartości W równe 1,05% i 0,64% . Odpowiadają one średnim klimatycznym, odpowiednio 0,85% i 0,84% (Spillane ,1986) charakterystycznym dla danego obszaru.

Dane z AREX-u pozwoliły obliczyć, że współczynnik aerozolowej produktywności wodnej od grzywaczy i powierzchni morza wynosi:

$$em = \frac{Fs - 0.01Fc}{Fc}$$

przy średnich prędkościach wiatru ok. 6ms⁻¹, stanowi w przybliżeniu 1/10 produktywności aerozolowej grzywaczy na oceanie. Biorąc pod uwagę uzyskane wartości W= 1%, można otrzymać, że średnia

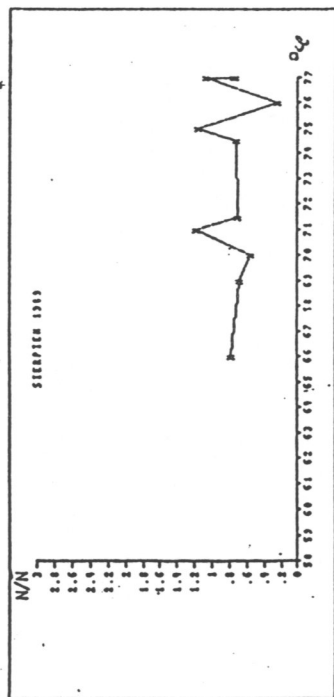
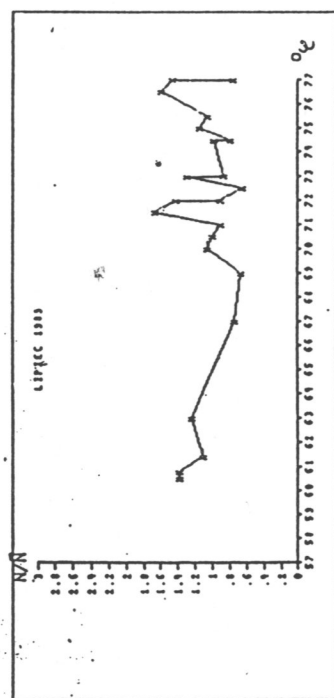
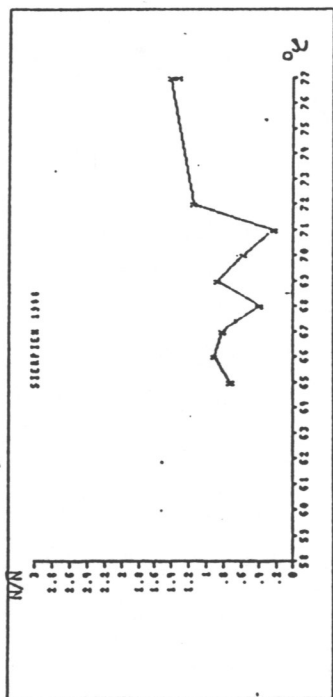
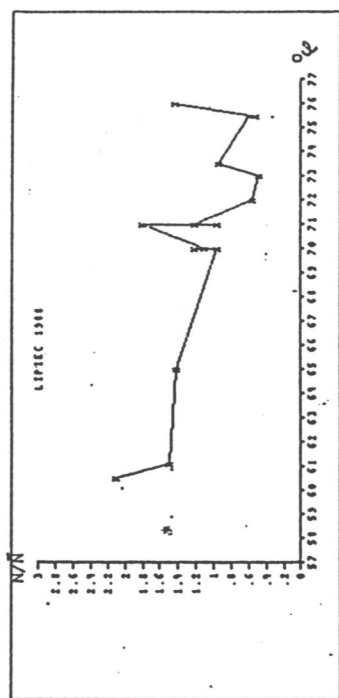
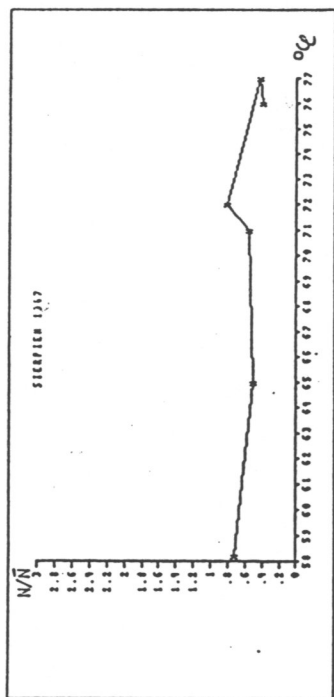
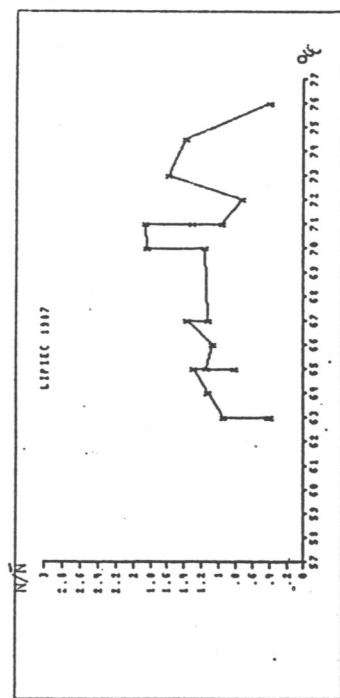


Fig. 4 a Quasi-latitudinal profile of sea-salt particle concentration over ocean in July

Fig. 4 b Quasi-latitudinal profile of sea-salt particle concentration over ocean in August

całkowita efektywność aerozolowej produkcji badanego obszaru była w przybliżeniu tylko dwa razy wyższa od produkcyjności grzywaczy.

Obliczoną odpowiednio do liczby cząstek soli morskiej liczbę kropel i wodność marygeniczną wzięto za podstawę do obliczeń Hs-strumienia ciepła parowania bryzgów morskich nad oceanem. Wartości Hs wraz z ocenami Hc i Hw-strumienia ciepła odczuwalnego z grzywaczy, uzyskanych odpowiednio z danych AREX-u i z danych klimatycznych, przytoczono w tablicy 3. Obliczono je, opierając się na zebranych materiałach obserwacyjnych charakterystyk $\Delta T = T_w - T_a$, i Wc zaś średnie dane wieloletnie W dla Atlantyku Północnego z pracy (Spillane i in. 1986).

5. PODSUMOWANIE.

Prezentowane w pracy wyniki wyjaśniają rolę grzywaczy i emitowanych bryzgów morskich w arktycznej strefie Atlantyku jako jednego z ważnych czynników określających klimatyczną aktywność wysokoenergetycznych obszarów oceanicznych. Można zakładać, że średnie miesięczne wartości strumieni emitowanych z grzywaczy wilgoci i ciepła uzyskane w ramach AREX-u dla lipca i sierpnia odpowiednio $11,8$ i $7,3 \mu\text{gm}^{-2}\text{s}^{-1}$ i $0,11$ i $0,07 \text{ mcalm}^{-2}\text{s}^{-1}$ są bliskie ocenom średnich klimatycznych odpowiednio $8,9$ i $8,8 \mu\text{gm}^{-2}\text{s}^{-1}$ i $0,08$ i $0,09 \text{ mcalm}^{-2}\text{s}^{-1}$). Przy tym nasze oceny odpowiadają warunkom średnich prędkości wiatru. W warunkach sztormowych, aerozolowe strumienie ciepła odczuwalnego wynoszone z całkowitej powierzchni morza powinny być znacznie wyższe. Jednak w okresie 1986-1989 międzyroczne wahania anemometrycznych i aerozolowych wartości lipca i sierpnia były na ogół nieduże i porównywalne do ich różnic międzymiesięcznych.

LITERATURA

- Bortkovskii, R. S., 1987 : Air-sea exchange of heat and moisture during storms. D.Reidel Pub. Co. Dortrecht, The Netherland, 194
- Erickson, D.J., J.T. Merrill, R.A. Duce, 1986: Seasonal estimates of global atmospheric sea-salt distributions. J.Geophys. Res., 91, D1, 1067 - 1072.
- Garbalewski, C. i R. Marks, 1985: Dynamics of sea-spray populations in the lower air - Polar Res., 6, 4, 415-436.
- Garbalewski, C., 1988 : The characteristics of aerosol formation over the sea as an index of climatic activity of ocean. Oceanolog, 26, 3-17
- Garbalewski, C. i J. Klajnert, 1989 : Synoptic variability of characteristics of aerosol formation factors in the Norwegian Sea. Oceanologia, 27, 3-20
- Khromov, S., 1984: Osnovy sinopticheskoy meteorologii. Gidrometizdat, Leningrad.
- Martell, E.A., 1970 : Adv. in Chem. Series, 93, 138.
- Monahan, E.C. i G. O'Muircheartaigh, 1980 : Optimal power law description of oceanic whitecap coverage dependence on wind speed J. Phys. Oceanogr., 10, 2094 - 2099.
- Staben, 1986: Whitecaps and global fluxes. Publ.Comp.Dordrech 209
- Toba, Y. i M. Chaen, 1973: Quantitative expression of the breakin of wind waves of the sea surface. Rec. Oceanogr. Works Japan 1