

# AERÓZOL MARYGENICZNY W STREFIE ARKTYCZNEGO FRONTU HYDROLOGICZNEGO

*Tomasz Petelski, Maria Chomka*

*Instytut Oceanologii PAN w Sopotcie*

## 1. Wstęp

Fenomen emisji kropeł z powierzchni morza jest nie tylko ważnym składnikiem wymiany masy między morzem i atmosferą, ale również aerozol morski ma istotny udział w kształtowaniu fizycznych właściwości atmosfery.

Ostatnio w związku z burzliwym rozwojem metod satelitażnych w badaniach oceanologicznych i meteorologicznych powstało duże zapotrzebowanie na informacje o spektralnych charakterystykach aerozolu morskiego. Dlatego też w pracach prowadzonych w ramach tematu polarnego Instytutu Oceanologii położono główny nacisk na badanie rozkładu rozmiarów aerozolu morskiego.

Badania prezentowane w niniejszej pracy są kontynuacją prac prowadzonych w latach osiemdziesiątych w ramach rejsów: NOSEX 86, Arex '87 i Arex '89 (Garbalewski i inni 1992) oraz na początku lat dziewięćdziesiątych Arex '91, '92, '93 (Petelski i Chomka 1994 a i b, 1995).

## 2. Rejon badań i metoda pomiaru

W trakcie wcześniejszych ekspedycji r/y "Oceanii" na morza arktyczne, trasa rejsu jedynie przecinała front hydrologiczny. Ponieważ jednak w rejonie tym zlokalizowano interesujące hydrologów zjawiska (Piechura i Walczowski 1995) od wyprawy w 1994 roku znaczną część czasu rejsu po-

# AEROSZÓŁ MARYGENICZNY W STREFIE ARKTYCZNEGO FRONTU HYDROLOGICZNEGO

*Tomasz Petelski, Maria Chomka*

*Instytut Oceanologii PAN w Sopotcie*

## 1. Wstępn

Fenomen emisji kropeł z powierzchni morza jest nie tylko ważnym składnikiem wymiany masy między morzem i atmosferą, ale również aeroszół morski ma istotny udział w kształtowaniu fizycznych właściwości atmosfery.

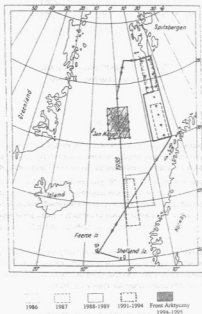
Ostatnio w związku z burzliwym rozwojem metod satelitażnych w badaniach oceanologicznych i meteorologicznych powstało duże zapotrzebowanie na informacje o spektralnych charakterystykach aeroszółu morskiego. Dlatego też w pracach prowadzonych w ramach tematu polarnego Instytutu Oceanologii położono główny nacisk na badanie rozkładu rozmiarów aeroszółu morskiego.

Badania prezentowane w niniejszej pracy są kontynuacją prac prowadzonych w latach osiemdziesiątych w ramach rejsów: NOSEX 86, Arex '87 i Arex '89 (Garbalewski i inni 1992) oraz na początku lat dziewięćdziesiątych Arex '91, '92, '93 (Petelski i Chomka 1994 a i b, 1995).

## 2. Rejon badań i metoda pomiaru

W trakcie wcześniejszych ekspedycji r/y "Oceanii" na morza arktyczne, trasa rejsu jedynie przecinała front hydrologiczny. Ponieważ jednak w rejonie tym zlokalizowano interesujące hydrologów zjawiska (Piechura i Walczowski 1995) od wyprawy w 1994 roku znaczną część czasu rejsu po-

święca się badaniom w rejonie występowania frontu hydrologicznego. Obszar ten pokazany na rycinie 1 (pole zakreskowane) zawarty jest między:  $002^{\circ}41'W$  i  $003^{\circ}05'E$  oraz  $70^{\circ}54'$  i  $72^{\circ}32'N$ .



Ryc. 1. Lokalizacja stacji hydrograficznych podczas rejsów r/y "Oceania" na Morzu Norweskim i Grenlandzkim w latach 1966-1995

Locations of the hydrographic stations examined during the cruises of r/y "Oceania" in Norwegian and Greenland Seas in summer period of the 1966-1995

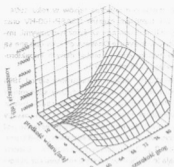
W badaniach aerozolu morskiego podczas rejsów w roku 1994 i 1995 posługiwano się laserowym licznikiem cząstek CSASP-100-HV oraz podobnie jak w poprzednich rejsach, impaktorami sześciokaskadowymi. Impaktory kaskadowe skonstruowane w Instytucie Oceanologii PAN opisane są przez Stramską (1978). Metoda poboru prób i obróbki danych impaktorowych zawarte są w pracy Petelskiego i Chomki (1994b).

Licznik cząstek CSASP-100-HV, którym posługujemy się od 1994 roku jest wyprodukowany przez firmę PMS. Jest to optyczny spektrometr aerozolu wykorzystujący laser He-Ne. Pomiar polega na rejestracji światła rozproszonego na cząstce oświetlonej promieniem lasera. Laser oświetla przestrzeń pomiarową o powierzchni  $0.384 \text{ mm}^2$ , przez którą przesysane jest powietrze. Licznik ten może liczyć cząstki w 4-ech przedziałach:  $0.5\text{--}8.0 \text{ }\mu\text{m}$ ,  $1.0\text{--}16.0 \text{ }\mu\text{m}$ ,  $2.0\text{--}32.0 \text{ }\mu\text{m}$  oraz  $2.0\text{--}47.0 \text{ }\mu\text{m}$ . Każdy z przedziałów dzielony jest na 16 kanałów. W sumie daje to możliwość pomiaru rozkładu rozmiarów cząstek od  $0.5 \text{ }\mu\text{m}$  do  $47 \text{ }\mu\text{m}$  w 36-ciu przedziałach wielkości. Pomiaru tym przyrządem obarczone są niewielkim błędem, na który głównie składa się błąd nieizokinetyczności. Błąd ten jest oceniany na  $\Delta N/N = \pm 5\%$ .

### 3. Wyniki

Zmiany tras i terminów rejsów z roku na rok utrudniają porównanie wyników z poszczególnych lat i uniemożliwiają określenie zmienności międzyrocznej aerozolowych charakterystyk badanych obszarów. Z drugiej strony generalne przesunięcie punktów pomiarowych na Nw jest zdecydowanie korzystne dla badań nad aerozolem marygenicznym ponieważ, jak to pokazują nasze pomiary, w obszarze tym dominującym składnikiem aerozolu jest składowa lokalna. Na rycinie 2 pokazano zależność koncentracji aerozolu marygenicznego od prędkości wiatru w funkcji szerokości geograficznej. Widać z niego, że dodatnia korelacja między prędkością wiatru i koncentracją aerozolu występuje w północnej części badanego obszaru.

W tabeli 1 podano koncentracje i stężenia soli morskiej w powietrzu uzyskane z pomiarów impaktorowych podczas rejsów w 1994 i 1995 roku. Tabela zawiera minimalne, maksymalne i średnie wartości z rejsu. Widać z niej, że oba rejsy prowadzone były w zbliżonych warunkach przy dość znacznej aktywności aerozolowej. Wielkości te są nieco wyższe od danych publikowanych przez innych autorów (Lovett 1978, Stramska 1983).



Ryc. 2

Koncentracja cząsteczek soli morskiej w jednostce objętości w zależności od prędkości wiatru i szerokości geograficznej

Concentration of sea-salt particles as a function of particles radius obtained from impactors and PMS

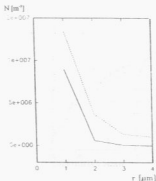
Koncentracje aerozolu morskiego otrzymane z pomiarów impaktorowych na ogół są nieco niższe niż otrzymywane z pomiarów licznikiem cząstek. Licznik, w przeciwieństwie do badacza analizującego próbę pod mikroskopem, nie odróżnia kryształków soli od innych aerozoli. W pomiarach prowadzonych na poligonach arktycznych otrzymaliśmy dużą zgodność między obiema metodami pomiaru co, podobnie jak dobra korelacja koncentracji z prędkością wiatru, świadczy o lokalnym morskim pochodzeniu badanego aerozolu. Rycina 3 pokazuje przykłady porównania rozkładów rozmiarów otrzymywanych z pomiarów dwoma metodami.

Tabela 1

Wielkości koncentracji i stężenia aerozolu morskiego uzyskane z dwóch rejsów: Anax94 i Anax95

Number and mass concentration of aerosol per cubic meter of air obtained from two experiments: Anax94 i Anax95

Koncentracja i stężenie	Anax94	Anax95
N min [ $m^{-3}$ ]	5 100 000	5 300 000
N śr. [ $m^{-3}$ ]	9 700 000	7 800 000
N max [ $m^{-3}$ ]	14 000 000	9 900 000
M min [ $\mu g m^{-3}$ ]	6,65	14,5
M śr. [ $\mu g m^{-3}$ ]	20,18	23,3
M max [ $\mu g m^{-3}$ ]	38,03	41,7



Ryc. 3

Koncentracja cząstek soli morskiej w zależności od rozmiaru cząstek dla wyników uzyskanych z pomiarów impaktorowych i licznikiem cząstek PMS

Concentration of sea-salt particles as a function of particles radius obtained from impactors and PMS

Na rycinie 4 przedstawiony jest przykład widma rozkładu rozmiarów cząstek otrzymany w rejsie *Arex 95*. W literaturze używa się dwóch wielkości charakteryzujących aerozol: całkowitej liczby cząstek o promieniu mniejszym niż  $r$   $N(r)$  i gęstości widmowej rozkładu rozmiarów  $n(r)$ , czyli liczby cząstek zawartych w przedziale  $r \pm dr$ . Wielkości te związane są w następujący sposób:

$$N(r) = \int_0^r n(r) dr \quad (1)$$

Przy opracowywaniu danych z licznika PMS stosowano szerokość przedziału  $dr = 0.25 \mu\text{m}$ .

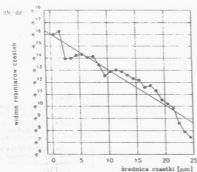
Na rycinie 4 skala pionowa jest skalą logarytmiczną o podstawie naturalnej.

Z rysunku 4 widać, że przedstawioną na nim funkcję  $n(r)$  z dużą dokładnością można przybliżyć linią prostą na płaszczyźnie wyznaczonej przez osie  $\ln(n(r))$  i  $r$ , czyli  $\ln(n(r)) = ar + b$ . Oznacza to, że otrzymany rozkład rozmiarów możemy przybliżyć funkcją eksponencjalną:

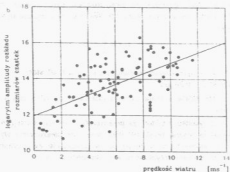
$$n(r) = \exp(ar + b) = Be^{ar} \quad (2)$$

gdzie:

$$B = \exp(b)$$



Ryc. 4. Widmo rozmiarów cząstek w zależności od średnicy cząstki  
Relation between spectrum of particles size and particles diameter



Ryc. 5. Logarytm amplitudy rozkładu rozmiarów cząstek w funkcji prędkości wiatru  
The logarithm of size distribution amplitude as a function of wind speed

Okazało się, że wszystkie uzyskane widmowe gęstości rozkładu rozmiarów, dają się z dużą dokładnością przybliżyć wzorem (2). Otrzymywane współczynniki korelacji między  $\ln(n(r))$  i  $r$  przy wyznaczaniu prostych regresji liniowej były większe od 0.9. Przy czym współczynnik  $b$  ze wzoru (2) okazał się być zależny od prędkości wiatru. Rycina 5 pokazuje zależność współczynnika  $b$  od prędkości wiatru.

Na rycinie 5 widać dość znaczny rozrzut punktów jednakże, korelacja między  $b$  i  $U_{10}$  jest dość wyraźna, współczynnik korelacji wynosi 0,87. Prosta regresji wyznaczona dla  $b$  i  $U_{10}$  określona jest równaniem:

$$b = 0.29 \cdot U_{10} + 11.93 \quad (3)$$

Przebadano również, zależność współczynnika  $b$  od innych parametrów meteorologicznych i od położenia geograficznego. Okazało się, że jedynie zależność  $b$  od wiatru posiada słabszą korelację (współczynnik korelacji równy 0,5). Nie ma natomiast żadnej korelacji między  $b$  i pozostałymi parametrami meteorologicznymi i położeniem geograficznym. Współczynnik  $a$  natomiast jest wielkością prawie stałą. Nie znaleziono korelacji między  $a$  i żadną inną wielkością. Tak więc, jako wartość  $a$  możemy przyjąć średnią wartość ze wszystkich pomiarów:

$$a = -0.24949 \quad (4)$$

Po wstawieniu wzorów (3) i (4) do (2) otrzymano wzór na widmową gęstość rozmiarów o postaci:

$$n(r) = e^{(0.29 \cdot U_{10} + 11.93)} \cdot e^{-0.24949 \cdot r} \quad (5)$$

Na obecnym etapie badań można przyjąć, iż wzór (5) dobrze opisuje widmową gęstość rozmiarów aerozolu morskiego nad Atlantykiem w strefie Arktycznego Frontu Hydrologicznego.

#### 4. Podsumowanie

Analiza danych z arktycznych rejsów r/y Oceanii w 1994 i 1995 roku potwierdziła wyniki uzyskane w rejsach poprzednich. To zanaczy: dominację składowej lokalnej w składzie aerozolu morskiego w badanym rejonie i za-



leżności koncentracji aerozolu od prędkości wiatru. Pozwoliła jednocześnie na wyznaczenie funkcji widmowej gęstości rozmiarów aerozolu morskiego w postaci równania (5). Wyniki te stanowią ważny krok w badaniach aerozolu marygenicznego i skłaniają do twierdzenia o konieczności kontynuacji badań nad aerozolem morskim w tym rejonie.

#### Literatura

- Garbalewski C., Chomka M., Petelski T., 1992, Wymiana masy i energii między morzem i atmosferą w arktycznej strefie Atlantyku. *Problemy Klimatologii Polarnej* 2, s.138-143.
- Lovett R., 1978, Quantitive measurement of airborne sea-salt in the North Atlantic. *Tellus*, Nr 30.
- Piechura J., Wałczowski W., 1995, The Arctic Front: structure and dynamics. *Oceanologia*, Nr 37, s.48-73.
- Petelski T., Chomka M., 1994a, Strumienie emisji aerozolu morskiego w rejonie Szeffu Spitsbergeńskiego. *Problemy Klimatologii Polarnej* 4, s.145-154.
- Petelski T., Chomka M., 1994b, Aerozol marygeniczny w rejonie Szeffu Spitsbergeńskiego. *Problemy Klimatologii Polarnej* 3, s.145-154.
- Petelski T., Chomka M., 1995, Marine aerosol in Spitsbergen region. Symposium "Nordic Seas" Hamburg, *Extended Abstracts*, s.153-156.
- Stramska M., 1983, Wodność i zasolenie powietrza przywodnego w funkcji prędkości wiatru. *Przegląd Geofizyczny* 1, s.105-111.
- Stramska M., 1987, O metodzie pomiaru stężenia i rozkładu rozmiarów cząstek aerozolu morskiego przy zastosowaniu impaktora. *Studia i Materiały oceanologiczne*, Nr 53, s.247-268.

## MARINE AEROSOL IN THE HYDROGRAPHIC ARCTIC FRONT

### Summary

This paper presents the data obtained during the polar research of the r/y "Oceania" in years 1994-1995. During these measurements the mass concentration of marine aerosol ranged between  $6.6 \mu\text{g m}^{-3}$  and  $41.7 \mu\text{g m}^{-3}$ . The size spectral density of marine aerosol was found as a function:  $n(r) = \exp(a \cdot r)$ , where:  $a = -0.249$  and  $b$  is a function of wind velocity:

$$b = 0.29U_{10} + 11.93.$$