

POMIARY AEROZOLOWE W HORNSUNDZIE W TRAKCIE XXIX WYPRAWY POLARNEJ PAN

AEROSOL MEASUREMENTS IN HORNSUND DURING XXIX PAS POLAR EXPEDITION

Anna Rozwadowska, Tomasz Petelski, Tymon Zieliński

Instytut Oceanologii PAN
ul. Powstańców Warszawy 55, 81–712 Sopot
ania@iopan.gda.pl, petelski@iopan.gda.pl, Tymon@iopan.gda.pl

Zarys treści. W pracy przedstawiono wyniki pomiarów przeprowadzonych na stacji Hornsund podczas międzynarodowego eksperymentu ASTAR 2007 (Arctic Study of Tropospheric Aerosol, Clouds and Radiation). Stwierdzono, że zjawisko zamglenia arktycznego (ang. *Arctic Haze*) wystąpiło w czasie kampanii pomiarowej ASTAR 2007 na południowym Spitsbergenie tylko jednego dnia. Przypuszcza się, że ograniczenie wystąpienia zamglenia arktycznego na południowym Spitsbergenie wiosną 2007 roku może być spowodowane m.in. przesunięciem się na północ granicy zamarzania morza.

Słowa kluczowe: aerozolowa grubość optyczna, zamglenie arktyczne, Hornsund.

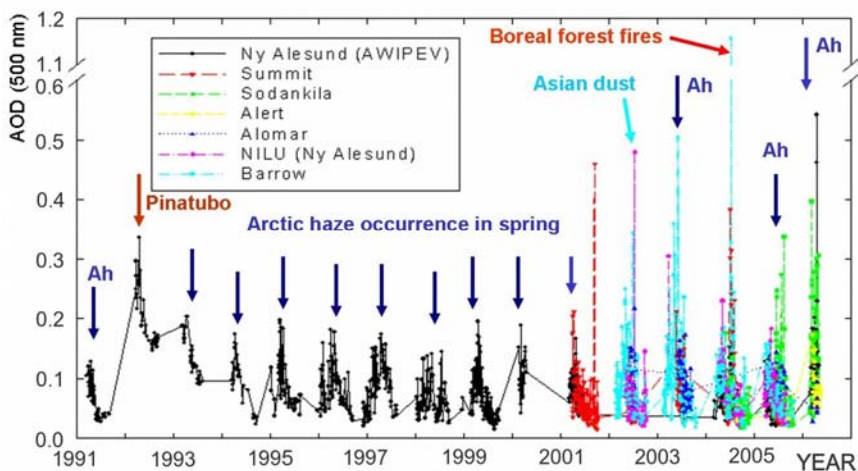
1. Wstęp

W trakcie XXIX wyprawy PAN (2006/2007) prowadzone były pomiary aerozolowe w ramach międzynarodowego projektu badawczego ASTAR – Arctic Study of Tropospheric Aerosol, Clouds and Radiation (<http://www.pa.op.dlr.de/aerosol/astar2007/>). Główne cele projektu to:

- zbadanie pionowej struktury fizycznych, chemicznych i optycznych właściwości aerozolu atmosferycznego w Arktyce i ich wpływu na radiację słoneczną (bezpośredni wpływ na klimat),
- zbadanie wpływu aerozolu troposferycznego na mikrofizyczne i optyczne właściwości chmur (pośredni wpływ na klimat),
- zbadanie regionalnego rozkładu przestrzennego aerozolu i chmur.

Kampanie pomiarowe eksperymentu ASTAR prowadzono m.in. wiosną 2004 i 2007 roku. Z punktu widzenia badań aerozolowych, wiosna w Arktyce jest porą najbardziej interesującą ze względu na występowanie o tej porze roku tak zwanego zamglenia arktycznego (ang. *Arctic Haze*). Zjawisko to pierwsi zauważyli piloci samolotów komunikacyjnych latających nad Arktyką w połowie ubiegłego wieku. Zamglenie arktyczne stanowi warstwa aerozoli, głównie aerozoli wtórnych, czyli powstałych w atmosferze z fazy gazowej. Koncentracja aerozoli w warstwie „mgiełki” może być tak wysoka, że przy bezchmurnym niebie i niewielkiej wilgotności widzialność może zmniejszyć się nawet dziesięciokrotnie.

Aerозole te powstają z zanieczyszczeń antropogenicznych transportowanych do Arktyki. W czasie zimy i wczesnej wiosny front arktyczny słabnie i cofa się na południe do około 50°N, co umożliwia wzmocniony transport mas powietrza z niższych szerokości geograficznych nad Arktykę. Po wschodzie Słońca, nad Arktyką, wskutek procesów fotochemicznych z zanieczyszczeń gazowych powstają aerозole wtórne. Dodatkowym czynnikiem sprzyjającym powstawaniu zamglenia arktycznego pod koniec zimy i wiosną jest osłabione, w stosunku do innych pór roku, oczyszczanie atmosfery przez chmury i opady (Tomasi i in. 2007). Zamglenie arktyczne powoduje wzrost aerозolowej grubości optycznej AOT(500 nm) (AOT – Aerosol Optical Thickness) do wartości powyżej 0.1, wartości zbliżonych do AOT typowych dla średnich szerokości geograficznych. Na rycinie 1 pokazano za Shiobara i in. (2006) wartości średniej dziennej aerозolowej grubości optycznej zmierzonej na siedmiu stacjach wchodzących w skład konsorcjum Polar AOD. Na wykresie widać wyraźnie wiosenny sezonowy wzrost grubości optycznej wywołany przez zamglenie arktyczne. Oczywiście zamglenie arktyczne nie jest jedynym zjawiskiem kształtującym aerозolową grubość optyczną atmosfery nad Arktyką. Na tym samym wykresie widać wpływ licznych przypadków adwekcji aerозolu nad Arktykę, np. znaczne podniesienie się poziomu wartości AOT po wybuchu wulkanu Pinatubo w 1991 roku oraz bardzo wysokie wartości aerозolowej grubości optycznej po adwekcji pyłu pustynnego z Azji w kwietniu 2002 r. i po pożarach lasów borealnych w lecie 2004 roku.



Ryc. 1. Średnie dzienne wartości aerозolowej grubości optycznej AOD(500nm) w Arktyce wg Shiobara i in. (2006)

Fig. 1. Daily mean values of Aerosol Optical Thickness AOD(500 nm) in the Arctic from Shiobara et al. (2006)

Złożoność czynników wpływających na skład aerозolu nad Arktyką powoduje, że zjawisko zamglenia arktycznego, aczkolwiek znane od półwiecza, jest ciągle nie do końca poznane. Stąd konieczność prowadzenia badań nad zamgleniem arktycznym i organizowania dużych regionalnych eksperymentów. W kampanii pomiarowej ASTAR 2007 brali udział naukowcy z 10 krajów, dwa samoloty i laboratoria naziemne. W pracy niniejszej przedstawia się tylko wyniki pomiarów prowadzonych w Hornsundzie, jednej ze stacji naziemnych eksperymentu.

2. Pomiar

Kampania pomiarowa ASTAR 2007 trwała od 28 marca do 16 kwietnia. W stacji Hornsund prowadzono następujące pomiary:

- rozkładu spektralnego grubości optycznej aerozolu (radiometer CIMEL – AERONET, Microtops II),
- koncentracji i rozkładów rozmiarów aerozolu (Classical Scattering Aerosol Spectrometer Probe CSASP-100-HV-SP, Handilaz Aerosol Particle Counter, Airnet 310 Particle Counter),
- strumieni odgórnych promieniowania słonecznego (UV, VIS, IR; Precision Spectral Pyranometer, Eppley),
- albedo powierzchni Ziemi (CNR-1 NET-radiometer, Kipp i Zonen),
- oddolnych i odgórnych strumieni promieniowania słonecznego i termicznego (strumieni krótko- i długofalowych; CNR-1 NET-radiometer, Kipp i Zonen),
- zawartości ozonu w słupie atmosfery (Microtops II Ozonometer).

Ponadto, w opracowaniu niniejszym wykorzystano również pomiary meteorologiczne ze stacji Hornsund. Opiekunem naukowym stacji sieci AERONET (Aerosol Robotic Network) wielokanałowych radiometrów skanujących typu CIMEL (Holben i in. 1998) w Hornsundzie jest Brent Holben z NASA, natomiast opiekunem z ramienia Instytutu Geofizyki PAN jest Piotr Sobolewski.

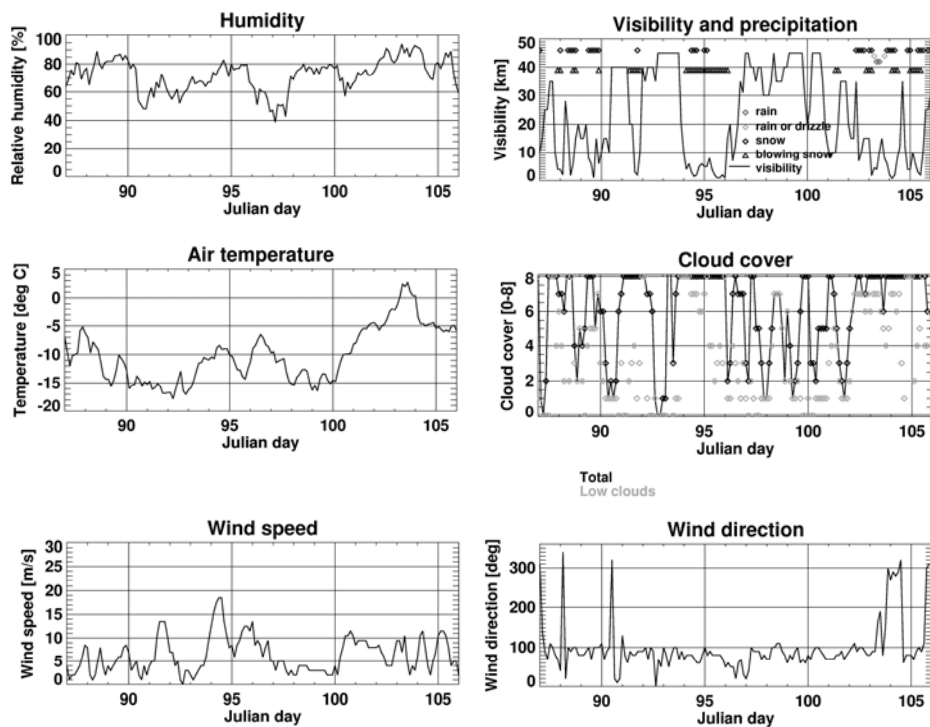
W pracy przedstawiono zarówno całkowitą aerolową grubość optyczną atmosfery AOT(500 nm), jak i składowe aerolowej grubości optycznej dla mody akumulacyjnej i wielkocząsteczkowej rozkładu rozmiarów. Metodę określania aerolowej grubości optycznej dla mody akumulacyjnej i wielkocząsteczkowej rozkładu rozmiarów na podstawie pomiarów rozkładów spektralnych aerolowej grubości optycznej przedstawiono w pracach O'Neill i in. (2001 i 2003). W niniejszej pracy wykorzystano wyłącznie dane, dla których $\text{TripletVar}(500) < 0.4$. Wielkość TripletVar określa zmienność AOT obliczonego na podstawie 3 pomiarów wykonanych w odstępie 30 s (Smirnov i in. 2000). Wartość prognozy wybrano tak, aby odrzucić przypadki o silnej zmienności czasowej AOT, szczególnie dla mody wielkocząsteczkowej. Odrzucone pomiary z dużym prawdopodobieństwem były „zanieczyszczone” przez bardzo cienkie chmury Cirrostratus lub Cirrus.

Charakterystykę licznika cząstek aerozolu CSASP-100-HV-SP wykorzystanego w eksperymencie przedstawiono w pracy T. Petelskiego (2005). Metodę pomiaru oświetlenia spektralnego omówiono w pracy A. Rozwadowskiej (2004).

3. Wyniki

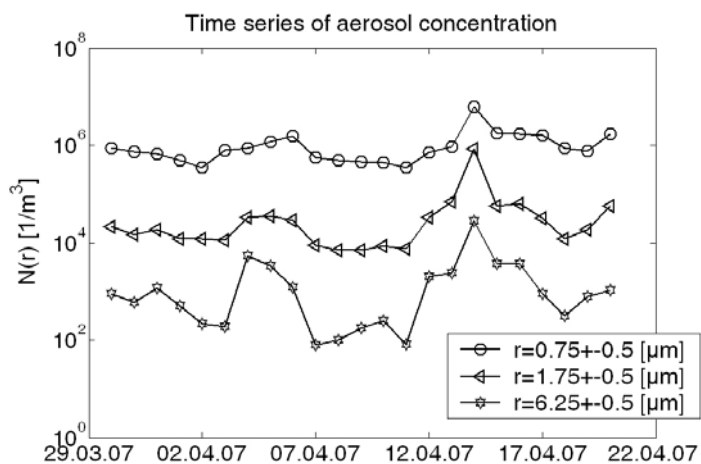
Na rycinie 2 przedstawiono przebieg warunków meteorologicznych w trakcie eksperymentu. Ryciny 3 i 4 zawierają wyniki przeprowadzonych pomiarów: przebieg zmian koncentracji aerozolu w czasie eksperymentu (ryc. 3) oraz czasową zmienność aerolowej grubości optycznej dla długości fali światła $\lambda = 500$ nm. Na oddzielnych wykresach przedstawiono AOT dla wszystkich optycznie czynnych cząstek aerozolu, dla cząstek submikronowych i dużych.

Koncentracje aerozolu mierzone laserowym licznikiem cząstek CSASP-100-HV-SP były niewielkie i wahały się w przedziale $10^3 - 10^6$ cząstek w m^3 . Jak widać z porównania przebiegów czasowych parametrów meteorologicznych z przebiegiem zmian koncentracji, większe wartości koncentracji związane były z wyższą wilgotnością i opadami. Porównując AOT mierzone w Hornsundzie z wartościami obserwowanymi w kwietniu na innych stacjach arktycznych (patrz ryc. 1 oraz Herber i in. 2002) można



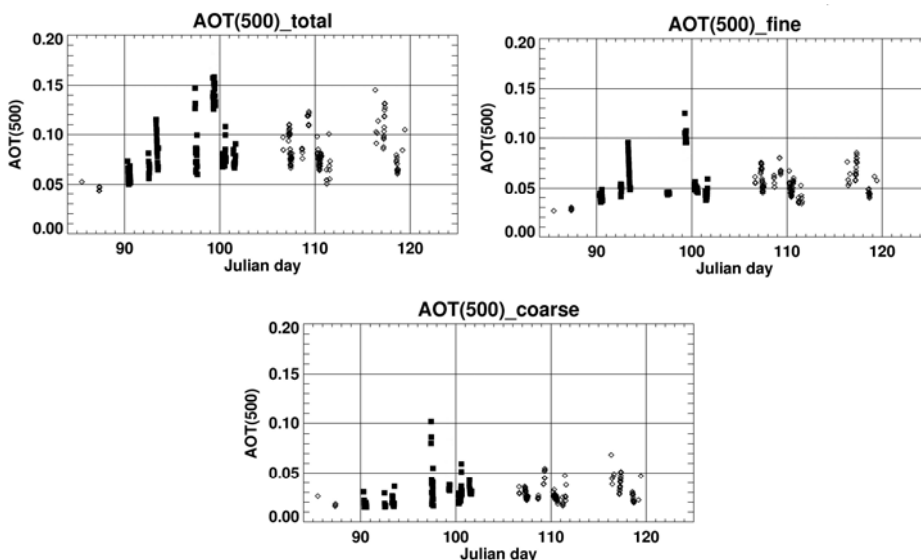
Ryc. 2. Warunki meteorologiczne w Hornsundzie podczas kampanii pomiarowej ASTAR 2007

Fig. 2. Meteorological conditions in Hornsund during the ASTAR 2007 campaign



Ryc. 3. Zmienność czasowa koncentracji aerozolu w czasie eksperymentu dla wybranych zakresów rozmiarów cząstek

Fig. 3. Temporal variability of aerosol concentration for selected bins of aerosol size distribution



Ryc. 4. Zmienność czasowa aerozolowej grubości optycznej całkowitej (AOT(500)_total), dla frakcji submikronowej (AOT(500)_fine) i dla dużych cząstek (AOT(500)_coarse). Dane ze stacji sieci AERONET w Hornsundzie. Czarne kwadraty oznaczają pomiary z okresu eksperymentu ASTAR 2007

Fig. 4. Temporal variability of aerosol optical thickness for total (AOT(500)_total), fine (AOT(500)_fine) and coarse (AOT(500)_coarse) aerosol particles. The data from AERONET station in Hornsund. Black squares denote the data from the ASTAR 2007 campaign

stwierdzić, że w czasie eksperymentu aerozolowa grubość optyczna (ryc. 4) również była niewielka jak na tę porę roku w Arktyce. Dla porównania, średnia grubość optyczna aerozolu troposferycznego $AOT_{trop}(532 \text{ nm})$ na stacji Ny Alesund obliczona dla sezonów wiosennych z lat 1991-1999 wynosiła 0.09 ± 0.03 (Herber i in. 2002), natomiast typowa grubość aerozolu stratosferycznego w rejonie Ny Alesundu jest rzędu 0.01. Zamglenie arktyczne w tym okresie i rejonie występowało w 40% przypadków (pomiarów). Niestety autorzy nie dysponują wystarczającą ilością danych ze stacji Hornsund, aby porównać pomiary z okresu eksperymentu z wiarygodną wieloletnią średnią wartością AOT(500 nm) dla kwietnia lub całego okresu wiosennego. W stacji Hornsund radiometr CIMEL działa od 2005 roku. Wiosną 2004 i 2007 roku autorzy prowadzili pomiary AOT za pomocą radiometrów Microtops II. Jednak specyfika pomiarów fotometrycznych sprawia, że danych z Hornsundu jest ciągle zbyt mało, aby móc określić wiarygodne średnie miesięczne warunki typowe dla tej stacji.

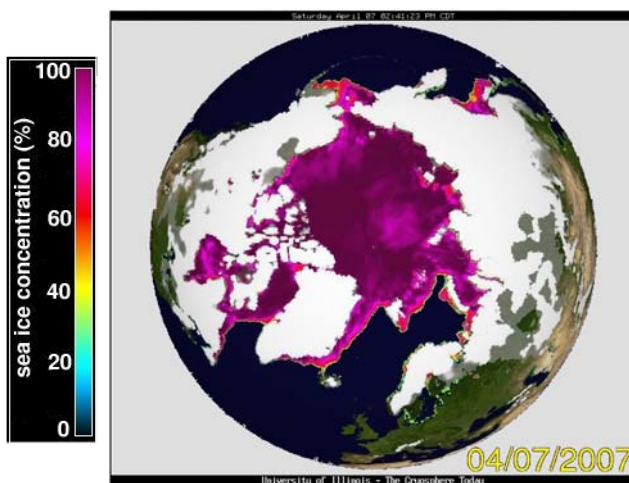
Zamglenie arktyczne choć jest zjawiskiem intensywnie badanym, nie ma zdefiniowanych ściśle parametrów fizycznych. Jedynym znanym autorom kryterium występowania zamglenia arktycznego jest wzrost AOT powyżej poziomu „tłowego” ocenionego na podstawie średniej grubości optycznej z lata. W pracy Herber i inni (2002) próg dla Ny Alesundu oceniono na 0.094 (średnia wartość $AOT_{trop}(532 \text{ nm})$ z miesięcy letnich + 2 * odchylenie standardowe) dla aerozolu troposferycznego, co po uwzględnieniu aerozolu stratosferycznego odpowiada wartości 0.10-0.11. Dla Hornsundu wartość progowa dla $\lambda=500 \text{ nm}$ obliczona w ten sposób na podstawie danych z okresów lipiec-wrzesień w latach 2005-2007 wynosi 0.110, czyli jest porównywalna z wartością dla Ny Alesundu. Autorzy nie

spotkali się z kryterium dotyczącym albedo pojedynczego rozpraszania czy wykładnika Angstroma. W wielu rzeczywistych przypadkach widmo AOT odbiega od prostej w skali log-log, co powoduje, że współczynnik Angstroma zależy od zakresu widmowego, dla którego jest liczony. W tej pracy zamiast współczynnika Angstroma wykorzystano rozkład widma AOT na składową pochodzącą od frakcji submikronowej i składową pochodzącą od frakcji wielkocząsteczkowej. Biorąc pod uwagę, że zamglenie arktyczne powodują głównie aerozole wtórne albo „stare” aerozole pierwotne, za zamglenie arktyczne autorzy uważają przypadki wzrostu AOT wskutek wzrostu składowej submikronowej. Wzrost składowej wielkocząsteczkowej z dużym prawdopodobieństwem jest wynikiem obecności chmur Cirrus, kryształów lodu zwianych z gór czy aerozolu morskiego (przy nie zamrożonym morzu).

W trakcie eksperymentu ASTAR 2007 w Hornsundzie jedynie 9 kwietnia (99 dzień roku) aerozolowa grubość optyczna osiągnęła wartości charakterystyczne dla zamglenia arktycznego, a 3 kwietnia osiągnęła wartości bliskie progowi.

4. Dyskusja

Przedstawione wyżej wyniki pomiarów pokazują, że w Hornsundzie wiosną 2007 r. koncentracje aerozoli submikronowych (ang. *fine mode*) były stosunkowo niskie. Podobnie niskie były też koncentracje dużych aerozoli (ang. *coarse mode*). Silna zależność koncentracji dużych aerozoli od wilgotności świadczy o dominacji w ich składzie higroskopijnych aerozoli morskich. Na rycinie 5 przedstawiona jest sytuacja lodowa w okolicy Svalbardu wiosną 2007 roku. Widać na niej, że w tym czasie wody w pobliżu archipelagu były w dużym stopniu wolne od lodu. Położenie stacji w Hornsundzie nad brzegiem fiordu sprawia, że dominują tu wiatry równoleżnikowe, czyli właściwości powietrza zależą od adwekcji znan Morza Barentsa lub znan Morza Grenlandzkiego. Wiosną 2007 roku zarówno Morze Grenlandzkie jak i duża część Morza Barentsa były wolne od lodu.



Ryc. 5. Zasięg lodu morskiego w czasie eksperymentu ASTAR 2007
(źródło: <http://igloo.atmos.uiuc.edu/cgi-bin/test/print.sh>, Uniwersytet Illinois)

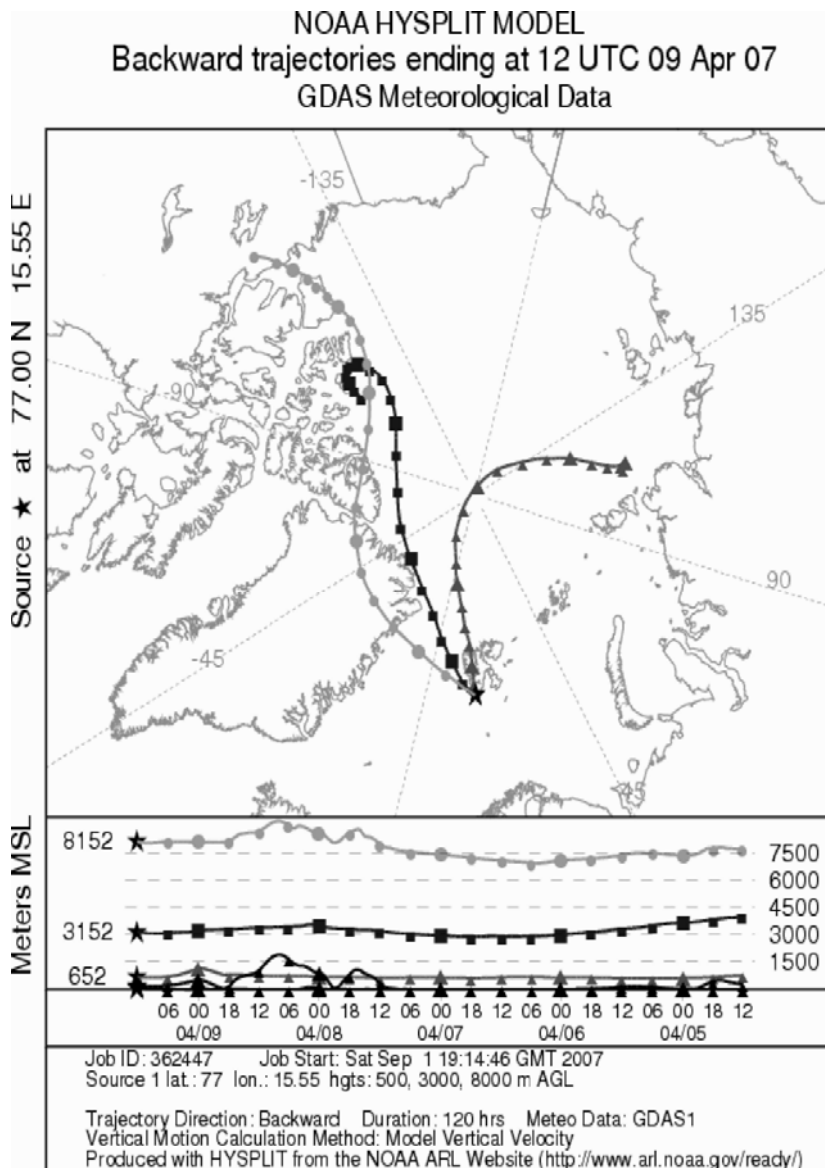
Fig. 5. Sea ice extent during the ASTAR 2007 campaign
(source: <http://igloo.atmos.uiuc.edu/cgi-bin/test/print.sh>, University of Illinois)

Zarówno obliczenia modelowe, jak i pomiary satelitarne, pokazują, że nad otwartymi morzami własności optyczne atmosfery są zdominowane przez aerozol morski (Haywood i in. 1999), a aerozolowa grubość optyczna atmosfery jest niższa dla aerozoli morskich niż dla lądowych. Przy adwekcji znad kontynentu właściwości optyczne atmosfery w strefie brzegowej morza określa aerozol kontynentalny (Zieliński i Petelski 2006). W miarę oddalania się od strefy brzegowej aerozol morski zaczyna dominować powodując jednocześnie oczyszczenie granicznej warstwy atmosfery z aerozoli kontynentalnych (Rosenfeld i in. 2002). Prędkości wiatru notowane w czasie eksperymentu w Hornsundzie były znaczne. Wahały się od 5 do 15 m/s. Przy takich prędkościach wiatru emisja aerozolu morskiego jest intensywna i waha się od 10^5 do 10^7 $m^{-2}s^{-1}$ (Petelski i Piskozub 2005). Autorzy przypuszczają, że tak znaczna emisja aerozolu morskiego utrudniała dotarcie zamglenia arktycznego do Hornsundu. Przy adwekcji zamglenia arktycznego do Hornsundu zarówno od zachodu, jak i od wschodu, powietrze musiało przejść nad wolnym od lodu, a co za tym idzie i cieplejszym od otoczenia morzem. W takim wypadku dochodziło do silnej emisji aerozoli morskich przy jednoczesnym niestabilnym uwarstwieniu granicznej warstwy atmosfery. Wytwarzał się silny mechanizm czyszczący planetarną warstwę graniczną. Jediną możliwością dotarcia zamglenia arktycznego do Hornsundu była adwekcja bezpośrednio z północy ponad lądową częścią Svalbardu oraz z NE – nad wyspami i zamrożoną częścią Morza Barentsa. Właśnie sytuacja napływu powietrza z północy miała miejsce 9 kwietnia, kiedy aerozolowa grubość optyczna atmosfery AOT(500 nm) wahała się od 0.12 do 0.16. Analiza trajektorii mas powietrza z 9 kwietnia (ryc. 6, model HYSPLIT, NOAA) potwierdziła przypuszczenie, że wysokie wartości AOT były związane z adwekcją powietrza znad obszarów Arktyki na północ od Svalbardu. Analizowano również trajektorie mas powietrza na trzech poziomach dla wszystkich pozostałych dni od marca do końca maja 2007 r. Trajektorija powietrza dochodzącego nad stację na wysokość 500 m przechodziła wyłącznie nad lodem i lądem jeszcze 2 i 3 kwietnia, przy czym tylko w drugim z wymienionych dni zaobserwowano wzrost AOT do wartości zbliżonej do wartości progowej. Sytuacje napływu powietrza z północy i północnego wschodu powtórzyły się również po zakończeniu eksperymentu 27 kwietnia oraz 5, 6 i 25 maja 2007 roku.

Północny kierunek adwekcji oznacza wiosną w Hornsundzie napływ powietrza znad zlodzonych obszarów, a więc powietrze suchsze niż w otoczeniu. Taki kierunek adwekcji wyklucza raczej powstanie mgielki adwekcyjnej. Położenie stacji względem gór powoduje, że przy północnym kierunku adwekcji nie powinna nad stacją tworzyć się mgielka orograficzna. Inną potencjalną przyczyną wzrostu AOT mogą być unoszące się w powietrzu kryształy śniegu zwiane z gór lub bardzo cienkie chmury Ci/Cs, jednak w tym przypadku wkład mody wielkocząsteczkowej w AOT byłby znacznie wyższy. Tak więc zwiększenie AOT 9 kwietnia 2007 r. z dużym prawdopodobieństwem możemy przypisać zamgleniu arktycznemu. Podwyższonej wartości AOT towarzyszyła wysoka wartość widzialności poziomej (45 km), jednakże widzialność nie jest wielkością w pełni równoważną aerozolowej grubości optycznej. Charakteryzuje ona przypowierzchniową warstwę atmosfery, podczas gdy AOT dotyczy całej warstwy atmosfery znajdującej się pomiędzy czujnikiem a Słońcem. Ponadto na stacji Hornsund przy braku mgły i opadu widzialność poziomą określa się na podstawie widoczności gór leżących wokół fiordu (w pozostałych kierunkach brak wystarczająco odległych „reperów”), czyli w kierunku wschodnim, natomiast podczas pomiarów wykonanych 9 kwietnia azymut Słońca wahał się od 110° do 150° .

Przypuszcza się, że mgielka arktyczna wystąpiła w Hornsundzie w czasie eksperymentu w 2007 roku jedynie raz, gdyż wolne od lodu morze przyczyniało się do oczyszczania atmosfery. Niestety trudno na to znaleźć jednoznaczne dowody, ponieważ autorzy nie dysponują pomiarami AOT z Hornsundu

z lat, w których morza otaczające Spitsbergen były pokryte lodem w większym stopniu niż w 2006 oraz 2007 roku. Wiosną w tych latach wolna woda na Morzu Barentsa sięgała aż do Nowej Ziemi, a na Morzu Grenlandzkim do północnych krańców Svalbardu, co czytelnik łatwo może sprawdzić na stronie <http://igloo.atmos.uiuc.edu/cgi-bin/test/print.sh>.



Ryc. 6. Sześciodniowe wsteczne trajektorie powietrza napływającego nad stację Hornsund 9 kwietnia 2007 roku (12 UTC) na wysokości 500, 3000 i 8000 m nad poziomem gruntu (model HYSPLIT, NOAA, <http://www.arl.noaa.gov>)

Fig. 6. 6-day backward trajectories ending on April 9, 2007 (12 UTC) at Hornsund at 500, 3000 and 8000 m AGL (NOAA HYSPLIT model, <http://www.arl.noaa.gov>)

5. Wnioski

Stwierdzono, że zjawisko zamglenia arktycznego (ang. *Arctic Haze*) wystąpiło w czasie kampanii pomiarowej ASTAR 2007 na południowym Spitsbergenie tylko jednego dnia. Przepuszcza się, że ograniczenie wystąpienia zamglenia arktycznego na południowym Spitsbergenie wiosną 2007 roku może być spowodowane m.in. przesunięciem się na północ granicy zamarzania morza. Skutek podobny do zmniejszenia się zasięgu pola lodowego mogłaby wywołać również zmiana dominującego charakteru cyrkulacji atmosferycznej, tak aby trajektorie powietrza rzadziej przechodziły nad obszarami zlodzonymi. Postawiona w tej pracy hipoteza zostanie zweryfikowana w trakcie dalszych badań.

Podziękowania

Badania były prowadzone podczas XXIX Wyprawy Polarnej PAN zorganizowanej przez Instytut Geofizyki PAN. Autorzy dziękują za umożliwienie im wzięcia udziału w tej wyprawie. Dziękujemy dr Brentowi Holbenowi i dr Piotrowi Sobolewskiemu za zgodę na wykorzystanie danych ze stacji AERONET-u w Hornsundzie w niniejszej publikacji.

Badania były częściowo prowadzone w ramach projektu badawczego ACCENT/SAFARI oraz Grantu na Badania Specjalne AERONET/59/2007.

Literatura

- Haywood J.M., Ramaswamy V., Soden B.J., 1999. Tropospheric Aerosol Climate Forcing in Clear-Sky Satellite Observations over the Oceans. *Science*, 283, 5406, 1299-1303, doi: 10.1126/science.283.5406.1299.
- Herber A., Thomason L. W., Gernandt H., Leiterer U., Nagel D., Schulz K. H., Kaptur J., Albrecht T., Notholt J., 2002. Continuous day and night aerosol optical depth observations in the Arctic between 1991 and 1999. *Journal of Geophysical Research*, 107, D10, 4097, doi:10.1029/2001JD000536.
- Holben B.N., Eck T.F., Slutsker I., Tanre D., Buis J.P., Setzer A., Vermote E.F., Reagan J.A., Kaufman Y.J., Nakajima T., Lavenue F., Jankowiak I., Smirnov A., 1998. AERONET – A federated instrument network and data archive for aerosol characterization. *Remote Sensing of Environment*, 66, 1: 1-16.
- O'Neill N.T., Dubovik O., Eck T.F., 2001. A modified Angstrom coefficient for the characterization of sub-micron aerosols. *Applied Optics*, 40, 15: 2368-2374.
- O'Neill N.T., Eck T.F., Smirnov A., Holben B.N., Thulasiraman S., 2003. Spectral discrimination of coarse and fine mode optical depth. *Journal of Geophysical Research*, 108, D17: 4559, doi:10.1029/2002JD002975.
- Petelski T., 2005. Coarse aerosol concentration over the north polar waters of the Atlantic. *Aerosol Science and Technology*, 39, 8: 695-700.
- Petelski T., Piskozub J., 2006. Vertical coarse aerosol fluxes in the atmospheric surface layer over the North Polar Waters of the Atlantic. *Journal of Geophysical Research*. Vol. 111, C06039, doi: 10.1029/2005JC003295.
- Rosenfeld D., Lahav R., Khain A., Pinsky M., 2002. The role of sea spray in cleansing air pollution over ocean via cloud processes. *Science*, 297, 1667, doi: 10.1126/science.1073869.
- Rozwadowska A., 2004. Optical thickness of stratiform clouds over the Baltic inferred from on-board irradiance measurements. *Atmospheric Research*, 72, 1-4: 129-147.
- Shiobara M., Stone R., Herber A., Vitale V., Tomasi C., Blindheim S., Gausa M., Ritter C., Graeser E., von Hoyningen-Huene W., Lupi A., Mazzola M., Aaltonen V., Ehrlich A., Petelski T., Zielinski T., Stebel K., O'Neill N., Freemantle J., Toledano C., Ortiz P., 2006. Polar-AOD Radiometer Inter-comparison Experiment at Ny-Alesund in the Arctic: Preliminary Result and Validation Analysis. *Proceedings of the 29th Symposium on Polar Meteorology and Glaciology Programme and Abstracts*, 29: 20-21.
- Smirnov A., Holben B. N., Eck T.F., Dubovik O., Slutsker I., 2000. Cloud-Screening and Quality Control Algorithms for the AERONET Database. *Remote sensing of environment*, 73, 3: 337-349 .

Tomasi C., Vitale V., Lupi A., Di Carmine C., Campanelli M., Herber A., Treffeisen R., Stone R. S., Andrews E., Sharma S., Radionov V., von Hoyningen-Huene W., Stebel K., Hansen G.H., Myhre C.L., Wehrli C., Aaltonen V., Lihavainen H., Virkkula A., Hillamo R., Strom J., Toledano C., Cachorro V. E., Ortiz P., de Frutos A.M., Blindheim S., Frioud M., Gausa M., Zielinski T., Petelski T., Yamanouchi T., 2007. Aerosols in polar regions: A historical overview based on optical depth and in situ observations. *Journal of Geophysical Research*, 112, D16205, doi:10.1029/2007JD008432.

Zielinski T., Petelski T., 2006. Studies of aerosol physical properties in the coastal area. *Optica Applicata*, 36, 4: 629-634.

Summary

Intensive measurement periods within the ASTAR Project were carried out in spring 2004 and 2007. Spring is the season in the Arctic when the so-called Arctic Haze phenomenon occurs. The ASTAR 2007 measurement period lasted from 28 March to 16 April. During the campaign at the station in Hornsund the following instruments were used: laser particle counter, sunphotometers, radiometers and pyranometers. Such instrumentation set-up facilitated the determination of the aerosol optical thickness, aerosol concentration and size distribution, upward and downward radiation fluxes. During the 2007 ASTAR campaign the Arctic Haze conditions were observed only one day in the southern Spitsbergen area. A hypothesis was set forth that due to higher up north shift of frozen sea surface areas marine aerosols may noticeably contribute to cleaning of the Arctic atmosphere.