

BURZE W HORNSUNDZIE (SW SPITSBERGEN)

THUNDERSTORMS AT HORNSUND (SW SPITSBERGEN)

Jakub Soroka, Marta Bania

Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej – Państwowy Instytut Badawczy, Oddział we Wrocławiu,
Stacja Hydrologiczno-Meteorologiczna w Gorzowie Wielkopolskim
ul. Sybiraków 10, 66-400 Gorzów Wielkopolski
jakubsoroka@gmail.com, martbania@gmail.com

Zarys treści. W pracy opisano przypadki burz zanotowane w Polskiej Stacji Polarnej w Hornsundzie w latach 1983-2012. W tym okresie zaobserwowano zaledwie siedem dni z burzą. Z każdym zaobserwowanym zjawiskiem wyładowań atmosferycznych powiązano przebieg wybranych elementów meteorologicznych oraz sytuację synoptyczną i typ cyrkulacji. Burze w Hornsundzie obserwowano jako epizody z co najwyżej kilkoma wyładowaniami atmosferycznymi. Zjawiska te związane były zazwyczaj z aktywnymi frontami chłodnymi napływającymi z południa i południowego-zachodu. Uzupełnieniem opisu burz są relacje osób, które przeżyły burze na Spitsbergenie.

Słowa kluczowe: burza, błyskawica, chmura burzowa, Polska Stacja Polarna w Hornsundzie, Spitsbergen.

1. Wstęp

Burza należy do zjawisk meteorologicznych z grupy elektrometeorów i powszechnie definiowana jest jako jedno lub kilka nagłych wyładowań elektryczności atmosferycznej. Burzy towarzyszą błyskawice – zjawiska świetlne podczas wyładowań międzyczmurowych lub doziemnych. Wraz z błyskawicami pojawiają się grzmoty – efekty akustyczne przypominające suchy trzask lub głuche dudnienie (Międzynarodowy Atlas Chmur 1987). W praktyce obserwacji meteorologicznych przyjęło się uważać, że burze występują wyłącznie w obrębie chmur z rodzaju *Cumulonimbus* (Tomasiewicz 2005).

Strefa polarna to obszar gdzie burze występują sporadycznie. Z tego powodu w literaturze klimatologicznej temat ten jest rzadko podejmowany. Jedną z pierwszych zanotowanych burz w regionie podbiegunowym były wyładowania atmosferyczne nad Morzem Karskim obserwowane w roku 1580 (Davis 1979). Pierwsze znane opracowanie o burzach w strefie polarnej opublikował H. Harries (1896). Szczegółową analizę rozkładu czasowego i przestrzennego burz nad Alaską w latach 1969-1974 przeprowadzili Grice i Comiskey (1976). Burze jako przyczyna pożarów tundry obejmujących ogromne obszary Alaski były przedmiotem zainteresowań Barney'a i Comiskey'ego (1973). Według Climate-Watch (2000) nad alaskańskim Barrow w okresie 1978-2000 wystąpiły trzy burze.

Polska Stacja Polarna w Hornsundzie, działająca regularnie od 1978 r., ma obszernie opracowaną literaturę klimatologiczną, jednak temat burz nie był dotychczas poruszany. Kompleksowa monografia klimatu Hornsundu (Marsz i Styszyńska 2013) nie zawiera wzmianki o wyładowaniach atmosferycznych w rejonie Polskiej Stacji Polarnej.

Celem opracowania jest analiza burz zaobserwowanych w Polskiej Stacji Polarnej w Hornsundzie w latach 1983-2012 wraz z opisem przebiegu warunków meteorologicznych i towarzyszącej sytuacji synoptycznej.

2. Materiały źródłowe

W pracy wykorzystano dane meteorologiczne z Polskiej Stacji Polarnej w Hornsundzie ($\varphi=77^{\circ}00'N$, $\lambda=15^{\circ}33'E$, $H=10$ m n.p.m.) z trzydziestolecia 1983-2012. W fazie wstępnej analizie poddano dane terminowe z ośmiu obserwacji na dobę (co trzy godziny). Wytypowano obserwacje, w których liczba klucza depešy SYNOP parametru „ww – pogoda bieżąca” stanowiła jedną z następujących wartości:

- 13 – błyskawica widoczna, lecz grzmotu nie słychać,
- 17 – burza bez opadu,
- 29 – burza bez opadu lub z opadem w ciągu ostatniej godziny, lecz nie w czasie obserwacji,
- 91-94 – burza w ciągu ostatniej godziny, lecz nie w czasie obserwacji,
- 95-99 – burza z opadem w czasie obserwacji.

Wyodrębniono ponadto terminy z parametrem „W₁ – pogoda ubiegła” równym liczbie klucza 9 oznaczającej burzę z opadem lub bez opadu w ciągu ostatnich 3 lub 6 godzin przed obserwacją. Natomiast z zestawień dobowych wybrano dni, w których w rubryce „czas trwania burzy” zanotowano jakąkolwiek wartość liczbowa, a parametr „dzień z błyskawicą” wskazywał na wystąpienie błyskawicy bez słyszalnego grzmotu. Jeśli wystąpienie wyładowań atmosferycznych znajdowało odzwierciedlenie w zestawieniach terminowych i dobowych, wówczas takie zjawisko wstępnie uznawano za wiarygodne. Ostateczną weryfikację wystąpienia burzy przeprowadzono na podstawie zapisów w dziennikach meteorologicznych z Hornsundu. Adnotacje w dziennikach zawierają bardziej szczegółowe informacje o burzy, takie jak godzina rozpoczęcia i zakończenia, natężenie, kierunek napływu oraz o towarzyszących jej zjawiskach. Powyższe dane pozyskano z platformy wymiany danych <http://www.glaciotopeclim.org/>.

Do zweryfikowanych przypadków wyładowań atmosferycznych wybrano mapy reanalizy pola ciśnienia i temperatury na poziomie morza, pola geopotencjału i temperatury na poziomach 850 hPa i 500 hPa oraz rozkładu opadów. Mapy te zostały opracowane przez National Centers for Environmental Prediction (NCEP) w ramach programu Climate Forecast System (CFS), a udostępnione przez portal <http://www.wetterzentrale.de>. Przeanalizowano również dane z sondaży aerologicznych ze stacji Bjørnøya oraz Ny-Ålesund wykonanych w okresach sąsiadujących z wystąpieniem burzy w Hornsundzie (<http://weather.uwyo.edu/upperair/sounding.html>). W opisie przypadku burzy nad Spitsbergenem w nocy z 2 na 3 lipca 2004 roku wykorzystano depešy synoptyczne ze stacji Svalbard-Lufthavn i Ny-Ålesund (<http://www.ogimet.com>).

Do analizy sytuacji synoptycznych sprzyjających występowaniu burz wykorzystano kalendarz typów cyrkulacji atmosfery dla Spitsbergenu opracowany przez T. Niedźwiedzia (2013).

Cennym uzupełnieniem danych meteorologicznych są relacje osób, które obserwowały burze na Spitsbergenie. Opis jednej z burz został opublikowany (Jasnorzewski 2009), pozostałe relacje zebrano w czasie przygotowywania niniejszej pracy.

Według Instrukcji dla stacji meteorologicznych (Janiszewski 1988) za początek burzy przyjmuje się moment usłyszenia pierwszego grzmotu, natomiast za jej koniec – moment usłyszenia ostatniego

grzmotu, po którym w ciągu następnych 15 minut nie słycać kolejnych grzmotów. Według Janiszewskiego (1988) ze względu na odległość wystąpienia burzy od stacji wyróżnia się:

- burze bliskie – od momentu dostrzeżenia błyskawicy do usłyszenia grzmotu upływa 10 sekund lub mniej (w odległości do 3 km od obserwatora); dźwięk grzmotu przypomina wówczas suchy trzask, a jeśli piorun uderzy blisko – wybuch bomby;

- burze odległe – od momentu dostrzeżenia błyskawicy do usłyszenia grzmotu upływa ponad 10 sekund (w odległości ponad 3 km od obserwatora); dźwięk grzmotu przypomina głuche dudnienie, odgłos toczących się kamieni;

- błyskawice (tzw. burze dalekie) – obserwator nie słyszy grzmotów, a jedynie widzi błyskawice.

Doświadczenie autorów w obserwacjach meteorologicznych pozwala stwierdzić, że wyładowania burz odległych są słyszalne dla człowieka, jeśli wystąpią w odległości do 15-20 km od obserwatora. Natomiast błyskawice bez słyszalnego grzmotu przy sprzyjających warunkach terenowych i dobrej przejrzystości powietrza mogą być widoczne z odległości nawet 200-300 km. W latach 1983-2012 w Hornsundzie obserwowano każdy z trzech powyższych rodzajów burz.

Burze można opisywać wieloma charakterystykami. Najczęściej spotykanym w literaturze klimatologicznej parametrem jest liczba dni z burzą. Wadą tego wskaźnika jest m.in. nieuwzględnienie liczby burz oraz czasu ich trwania w ciągu jednej doby. W badanym materiale obserwacyjnym tylko w jednym dniu wystąpiły dwie burze, w pozostałych przypadkach liczba dni z burzą tożsama była z liczbą burz.

W dzienniku meteorologicznym obserwator określa natężenie burzy na podstawie częstości wyładowań w trójstopniowej skali: słaba, umiarkowana, silna. W Hornsundzie większość burz miała natężenie słabe, w pozostałych przypadkach ze względu na zaobserwowanie tylko jednego wyładowania, nie określono natężenia. W razie wystąpienia burzy odległej, bądź błyskawic bez słyszalnego grzmotu, meteorolog notuje kierunek, w którym są obserwowane wyładowania.

3. Warunki obserwacji burz w Hornsundzie

Lokalizacja Polskiej Stacji Polarnej w Hornsundzie jest powszechnie znana i opisana (np. Marsz i Styszyńska 2013). Generalnie warunki do obserwacji chmur, a zarazem burz, są dobre. W większości kierunków horyzont jest przesłonięty do ok. 6°, co nie stanowi przeszkody do prowadzenia spostrzeżeń. Jedynie z kierunku od północno-zachodniego do północno-wschodniego, w odległości 2 km od stacji, nieboskłon jest przesłonięty do wysokości 10-14° przez grzbiet Fugleberget i Sofiekammen (Styszyńska 2013). W całej serii obserwacyjnej nie obserwowano jednak napływu burz w rejon stacji z sektora północnego.

Czynnikiem utrudniającym zaobserwowanie burzy może być silny wiatr. Stwierdzono, że wzrost średniej prędkości wiatru powyżej 20-25 m·s⁻¹ powoduje na tyle głośny szum i hałas wewnątrz budynku stacji, że może uniemożliwić usłyszenie grzmotów nawet burzy bliskiej. Trudna do stwierdzenia może być burza, której towarzyszy intensywny opad śniegu połączony z silną zamiecią śnieżną. W takich warunkach widzialność jest znacznie ograniczona, nieraz do zaledwie kilku metrów, co stanowi istotną przeszkodę w spostrzeżeniu błyskawic.

O tym, że wyżej wymienione czynniki mogą mieć istotny wpływ na częstość notowania burz na stacji w Hornsundzie świadczy fakt, że w analizowanym trzydziestoleciu zdecydowanie dominowały burze bliskie. W strefie umiarkowanej (np. w klimacie Polski) dla konkretnej stacji meteorologicznej udział burz odległych jest większy niż burz bliskich. Przypuszczać należy, że liczba burz w Hornsundzie

była większa niż wynikałoby to z danych meteorologicznych stacji. Weryfikacja rzeczywistej liczby burz jest mocno ograniczona, gdyż najbliższe stałe stacje obsługiwane przez człowieka znajdują w znacznej odległości od Hornsundu: około 140 km – Svalbard-Lufthavn, 250 km – Hopen, 300 km – Bjørnøya.

Obserwatorzy po raz pierwszy przebywający w Hornsundzie mogą łatwo pomylić z burzą odgłos cielącego się lodowca Hansa, którego czoło opada stromym klifem do fiordu, w odległości ok. 2 km od stacji. Obrywające się masy lodu lodowcowego powodują głuchy i przeciągły huk przypominający grzmoty burzy odległej.

4. Analiza przypadków burz zanotowanych w okresie 1983-2012

W latach 1983-2012 na stacji w Hornsundzie zaobserwowano zaledwie siedem dni z burzą. Z każdym z tych przypadków powiązano przebieg wybranych elementów meteorologicznych oraz sytuację synoptyczną i typ cyrkulacji. Jedynie w dwóch latach – 1985 oraz 1997 – wystąpiły po dwie burze w ciągu roku.

20 grudnia 1984 r.

Pierwsze wyładowanie zostało usłyszane o godzinie 05:30 i sklasyfikowano je jako burzę bliską, która po pół godzinie przeszła w burzę odległą, ostatni grzmot wystąpił o godz. 06:03. Łączny czas trwania burzy wyniósł 0,6 h. Początkowo burzy towarzyszyły opady gradu, następnie krupy śnieżnej, wreszcie przelotnego śniegu. Temperatura powietrza o godz. 06:00 wynosiła 0,8°C i była niższa niż w czasie poprzedniej i następnej obserwacji; wiatr wiał z kierunku zachodniego z prędkością 3 m·s⁻¹. Suma opadów do godz. 06 osiągnęła niecałe 2 mm. Porywy wiatru nie zostały odnotowane.

W tym czasie Hornsund znajdował się w zatoce niżowej związanej z rozległym i głębokim niżem z ośrodkiem ok. 965 hPa nad Islandią, który przemieszczał się w kierunku Spitsbergenu. Niż ten był również widoczny na poziomie 850 i 500 hPa.

5 marca 1985 r.

Był to jedyny dzień, w którym w Hornsundzie zanotowano dwie oddzielne burze. Pierwsza z nich wystąpiła tuż przed obserwacją o godz. 03 UTC, były to bliskie wyładowania o natężeniu słabym trwające zaledwie dwie minuty. Drugi epizod burzowy zanotowano godzinę później – z kierunku południowego zbliżała się burza odległa, która po przejściu w burzę bliską, oddaliła się w kierunku północnym. Zjawisko trwało godzinę i było najdłuższą trwającą burzą ze wszystkich obserwowanych w Hornsundzie. Burzy towarzyszyły przelotne opady śniegu o natężeniu umiarkowanym oraz niska zamieć śnieżna, a temperatura kształtowała się na poziomie ok. -2°C (to najniższa wartość temperatury powietrza odnotowana podczas wszystkich analizowanych burz).

Początkowo Spitsbergen znalazł się w zasięgu ustępującego klina wyżowego związanego z wyżem z centrum 1050 hPa nad północną Rosją. Następnie w bruzdzie obniżonego ciśnienia po burzy powstał płytki niż z ośrodkiem nad wyspą Jan Mayen przemieszczający się w kierunku Svalbardu. Przed burzą w profilu od powierzchni ziemi do poziomu 850 hPa obserwowano intensywną adwekcję cieplejszego powietrza z południa (do -5°C na poziomie 850 hPa). Zwiększył się pionowy gradient termiczny, co sprzyjało inicjacji konwekcji i powstaniu chmur kłębiastych. Chmury z rodzaju *Cumulonimbus* były obserwowane w Hornsundzie już na 12 godzin przed burzą.

9 września 1985 r.

Pierwszy grzmot usłyszano o godz. 16:31 UTC, a burza, sklasyfikowana jako bliska, trwała 15 minut. Przed wyładowaniami zanotowano wzrost temperatury do 5°C. Było to jedyne zjawisko burzowe w całej serii obserwacyjnej, podczas którego odnotowano silny wiatr z kierunku wschodniego.

Spitsbergen znalazł się na skraju zatoki niżowej związanej z niżem znad Estonii. Po jej wschodniej stronie napływało z południa bardzo ciepłe powietrze (do 5°C na poziomie 850 hPa), a po zachodniej – chłodne z północy. Wzdłuż osi zatoki przebiegał front atmosferyczny oddzielający obie masy powietrza. Wskutek zafalowania na froncie doszło do powstania płytkiego niżu w rejonie Wyspy Niedźwiedziej widocznego początkowo jedynie na mapach ciśnienia na poziomie morza. Ośrodek ten przemieszczał się w kierunku Spitsbergenu i w momencie wystąpienia burzy osiągał południowe krańce wyspy.

26 marca 1990 r.

O godz. 18:25 UTC usłyszano jeden grzmot i zaobserwowano jeden błysk. Chmura *Cumulonimbus* była wbudowana w rozległy układ chmur warstwowych. W ciągu 12 godzin poprzedzających burzę występowały opady o charakterze jednostajnym, początkowo był to śnieg, który przeszedł w deszcz. W momencie przejścia frontu chłodnego z wyładowaniem zaczął padać śnieg o charakterze przelotnym. Przejściowo przed burzą temperatura powietrza wzrosła do 2°C (ciepły wycinek niżu), a po przejściu frontu chłodnego spadła poniżej zera, wiatr zmienił kierunek z południowego na zachodni.

Rejon Hornsundu znajdował się w zasięgu głębokiego niżu, którego ośrodek (960 hPa) przemieszczał się znad wschodniej Grenlandii przez Cieśninę Frama ku północy. Silny gradient ciśnienia między tym niżem, a klinem wyżowym znad północnego Atlantyku powodował intensywną adwekcję ciepła z szerokości umiarkowanych. Za frontem chłodnym napłynęło arktyczne powietrze znad Grenlandii, temperatura spadła o ponad 10°C.

24 listopada 1993 r.

Tego dnia o godz. 16:30 UTC zanotowano również jeden grzmot i jeden błysk. Burzy towarzyszył słaby przelotny opad śniegu. Temperatura powietrza kształtowała się w okolicy 0°C. Nie zaobserwowano porywów wiatru, ani nagłych zmian innych parametrów meteorologicznych.

Początkowo pogodę kształtował rozległy wyż z centrum nad Moskwą. Następnie Spitsbergen znalazł się w zasięgu szybko pogłębiającego się niżu, który powstał nad wschodnim wybrzeżem Grenlandii i przemieszczał się na północ Cieśniną Frama. W profilu od powierzchni gruntu do poziomu 500 hPa nie wystąpiły istotne zmiany mas powietrza. Na mapie reanalizy pola opadów na kilka godzin przed burzą na południe od Spitsbergenu pojawiła się południkowo ułożona strefa opadów z obszarami konwekcji.

5 sierpnia 1997 r.

O godz. 08:17 UTC zaobserwowano jedno wyładowanie atmosferyczne w pobliżu stacji. Towarzyszył mu przelotny opad deszczu, nastąpił wzrost prędkości wiatru, a kierunek wiatru zmienił się z południowego na zachodni. Temperatura powietrza sięgnęła 6°C i była to najwyższa wartość temperatury towarzysząca wszystkim burzom jakie wystąpiły w Hornsundzie.

W tym dniu znad wschodniego wybrzeża Grenlandii w kierunku Spitsbergenu zbliżał się niż z ciśnieniem w centrum ok. 990 hPa, który minął wyspę od zachodu. Wraz z niżem napłynęła porcja chłod-

niejszego powietrza, ochłodzenie widoczne było zwłaszcza na poziomie 850 hPa – tu wystąpił spadek temperatury o blisko 15°C.

8 sierpnia 1997 r.

Tuż po obserwacji o godz. 09 UTC zanotowano słabą burzę odległą trwającą zaledwie kilka minut. Była ona wbudowana w rozległy układ chmur warstwowych. Burzy towarzyszyły słabe opady mżawki, a obserwator nie stwierdził zwiększenia dynamiki procesów meteorologicznych w chwili wystąpienia wyładowań – temperatura powietrza nie wykazywała istotnych zmian, a wiatr był bardzo słaby.

W chwili przejścia burzy Spitsbergen znajdował się na skraju zatoki niżowej związanej z niżem z ośrodkiem nad wyspą Jan Mayen, który pogłębiał się i przemieszczał w kierunku północno-wschodnim. Wraz z niżem napływało przejściowo chłodniejsze powietrze.

5. Pozostałe sytuacje burzowe

Dwa przypadki wystąpienia burzy na Spitsbergenie znane są z relacji osób przebywających wtedy na wyspie. Byli to: uczestnik Wyprawy Założycielskiej Jerzy Jasnorzewski oraz uczestniczka XVII Wyprawy Uniwersytetu Wrocławskiego na Spitsbergen Anna Kowalska. Dodatkowo opisano jedyny przypadek błyskawicy bez słyszalnego grzmotu zanotowany 17 grudnia 1990 r. w Hornsundzie.

28 lipca 1957 r.

Pierwsza opisana burza w rejonie stacji w Hornsundzie wystąpiła podczas polskiej wyprawy założycielskiej na Spitsbergen 1957-58. Umieścił ją we wspomnieniach „Spitsbergen bez retuszu” geodeta Jerzy Jasnorzewski (2009). Opis wyładowań autor zawarł w notatce z dnia 27 lipca, jednak informacja ta odnosi się najprawdopodobniej do nocy z 27 na 28 lipca. Autor relacjonuje: *„W nocy wiatr wzmógł się jeszcze, a o godzinie czwartej zaczął padać deszcz, który przerodził się w ulewę. (...) Nie zdążyłem zasnąć, kiedy zaczęły walić pioruny. To podobno ogromna rzadkość w tej szerokości geograficznej. Burza zdarza się przeciętnie raz na jedenaście lat. Wiatr i grzmoty powodowały ogromny huk”* (Jasnorzewski 2009). Ten epizod burzowy potwierdza Czesław Centkiewicz, który w swoim raporcie (1957) napisał: *„W parę dni po odplynięciu okrętów przeżyliśmy silną burzę z wyładowaniami atmosferycznymi – zjawisko niezmiernie rzadko spotykane w tych szerokościach geograficznych”*. Wspomniane odplynięcie statków miało miejsce 23 lipca.

Analiza map rozkładu ciśnienia 27 i 28 lipca dowodzi, że rejon Spitsbergenu znalazł się wówczas w słabogradentowym obszarze podwyższonego ciśnienia, w rozbudowującym się wyżu nad Nowej Ziemi. To jedyny przypadek, spośród wszystkich burz, aby wyładowania atmosferyczne wystąpiły przy typie cyrkulacji antycyklonalnej.

17 grudnia 1990 r.

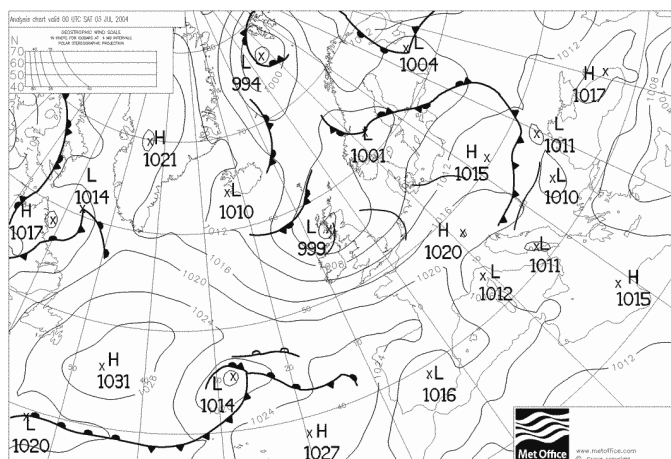
Tego dnia zaobserwowano pojedynczą błyskawicę bez słyszalnego grzmotu – to jedyny taki przypadek w całej serii obserwacyjnej z Hornsundu. Błyskawicy towarzyszył silny przelotny opad śniegu oraz silna zamieć śnieżna wysoka. Zjawiska te ograniczały widzialność do ok. 100 m, a niebo i chmury były niewidoczne; panowała ciemność, był to środek nocy polarnej. Zachodni wiatr osiągał średnią prędkość 15 m·s⁻¹, w porywach do 24 m·s⁻¹.

W tym dniu nad Grenlandią powstał szybko pogłębiający się niż, który przemieszczał się nad północny Spitsbergen. W przedniej części niżu napływała ciepła masa powietrza z południa (do -5°C na poziomie 850 hPa), następnie napłynęło chłodne powietrze znad Grenlandii.

2-3 lipca 2004 r.

Epizod burzowy z początku lipca 2004 r. wprawdzie nie był odnotowany przez meteorologów w Hornsundzie, jednak jest godny przybliżenia, gdyż wyładowania obserwowano w trzech różnych miejscach Spitsbergenu. Na podstawie depeszy synoptycznej z godz. 00 UTC dnia 3 lipca z lotniskowej stacji meteorologicznej Svalbard-Lufthavn ustalono, że między godzinami 21-23 UTC dnia 2 lipca 2004 r. burza przeszła w rejonie Longyearbyen. Następnie burzę obserwowano na stacji Ny-Ålesund, według depeszy SYNOP z godz. 06 UTC można wnioskować, że wyładowania wystąpiły między godzinami 00-05 UTC. Cennym uzupełnieniem tych informacji jest relacja geologa dr Anny Kowalskiej, która wraz z czeskim speleologiem Josefem Řehákiem w nocy z 2 na 3 lipca obserwowała sytuację pogodową z Lodowca Waldemara na zachodnim wybrzeżu Spitsbergenu. Dr Kowalska relacjonuje: „Nagle od południa nadszły ciemne chmury o bardzo niskiej podstawie, która zdawała się dotykać powierzchni wody Forlandsundet. Zerwał się szkwawowy wiatr z kierunku południowego, który w porywach mógł osiągać $20-25\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, zaczął padać deszcz ze śniegiem. W ciągu 30 minut wystąpiło pięć doziemnych wyładowań (chmura-woda). Po burzy wyraźnie się ochłodziło”.

W dniach 2-3 lipca 2004 r. znad Morza Norweskiego w kierunku północnym przemieszczał się płytki, dolny ośrodek niżowy, który minął Spitsbergen wzdłuż jego zachodniego wybrzeża (ryc. 1). Na podkreślenie zasługuje fakt intensywnego napływu ciepłego powietrza z południowo-wschodu w przedniej części niżu; na poziomie 850 hPa temperatura dochodziła do niemal 15°C , po przejściu niżu przejściowo ochłodziło się o ok. 10°C na tym poziomie. Na poziomie 500 hPa wspomniany niż nie był widoczny, na tej wysokości nie wystąpiła adwekcja ciepłego powietrza. Od południa wraz z niżem przemieszczała się strefa opadów, częściowo o charakterze konwekcyjnym.



Ryc. 1. Mapa synoptyczna dolna z dnia 3 lipca 2004 godzina 00 UTC
(źródło: <http://www.wetterzentrale.de/topkarten/fsfaxbra.html>, na podstawie Met Office)

Fig. 1. Sea level synoptic chart on July 3, 2004 at 00 UTC
(source: <http://www.wetterzentrale.de/topkarten/fsfaxbra.html>, based on Met Office).

6. Warunki meteorologiczne i sytuacje synoptyczne sprzyjające powstawaniu burz

W czasie obserwacji burz występowała stosunkowo wysoka temperatura powietrza jak na warunki Hornsundu, najczęściej było to kilka stopni powyżej 0°C. W większości przypadków wiatr z kierunków od południowego do zachodniego, a zaledwie jednemu przypadkowi wyładowań towarzyszył wiatr z sektora wschodniego. Zestawienie parametrów meteorologicznych towarzyszących burzom w Hornsundzie zawiera tabela 1.

Tabela 1. Burze w Hornsundzie w latach 1983-2012 wraz z wartościami wybranych elementów meteorologicznych

Table 1. Thunderstorms at Hornsund (1983-2012) including meteorological parameters.

Data Data	Godzina Time [UTC]	Czas trwania Duration [h]	Typ cyrkulacji Circulation type	Temperatura powietrza Air temperature [°C]	Kierunek wiatru Wind direction	Prędkość wiatru Wind speed [m·s ⁻¹]	Ciśnienie Pressure [hPa]
20.12.1984	05:30 - 06:03	0,6	Sc	1	W	3	999
05.03.1985	02:43 - 02:45 03:50 - 04:51	1,1	Sc	-2	S	8	1011
09.09.1985	16:31 - 16:45	0,3	Ec	5	ENE	10	1012
26.03.1990	18:25	0,0	SWc	1	S → SW	9	980
24.11.1993	16:30	0,0	SWa	0	SW → W	3-6	1008
05.08.1997	08:17	0,0	SWc	5	S	8	1000
08.08.1997	09:05 - 09:10	0,1	Sc	5	Cisza Calm	0	1010

Z analizy sytuacji barycznych towarzyszących siedmiu burzom w Hornsundzie wyłania się spójny obraz – wyładowania atmosferyczne pojawiały się, gdy nad obszar Spitsbergenu nadciągał niż z południa lub południowo-zachodu. Z rejonu Islandii i wschodniej Grenlandii nadciągały zazwyczaj głębokie ośrodki niżowe, natomiast z rejonu Wyspy Niedźwiedziej zbliżały się płytkie niży. Ich cechą charakterystyczną było dość szybkie pogłębianie się przed osiągnięciem Spitsbergenu. W przedniej części niżów następowała intensywna adwekcja ciepłego powietrza z sektora południowego zaznaczająca się szczególnie na poziomie 850 hPa. Burze tworzyły się w chwili ustępowania ciepłego powietrza, za którym z zachodu i północno-zachodu płynęło znacznie chłodniejsze powietrze (najczęściej z obszaru Grenlandii, bądź z nad akwenów okołobiegunowych).

Wstępnej analizie poddano wyniki sondaży aerologicznych z dwóch najbliższych stacji aerologicznych – Bjørnøya i Ny-Ålesund z terminów poprzedzających i następujących po burzy w Hornsundzie. Obie stacje aerologiczne dzieli od Hornsundu dość znaczna odległość (230-300 km), a burze zanotowane w Polskiej Stacji Polarnej nie były obserwowane na dwóch wspomnianych stacjach. Jedyne stacja Bjørnøya w niektórych przypadkach znajdowała się na drodze mas powietrza niosących burze w kierunku Polskiej Stacji Polarnej. Z kierunku południowo-zachodniego, skąd napływała większość stref opadów konwekcyjnych, najbliższa stacja aerologiczna znajduje się na wyspie Jan Mayen, jednak ze względu na znaczną odległość blisko 1000 km od Hornsundu, nie można jej uwzględnić w analizie. Stan atmosfery według diagramów aerologicznych w żadnym z terminów sąsiadujących

z wystąpieniem burzy nie wykazuje klasycznych cech chwiejności. Gdyby odnieść stan atmosfery obserwowany na stacjach Bjørnøya i Ny-Ålesund do szerokości umiarkowanych to stwierdzić należy, że zdecydowanie nie są to warunki sprzyjające powstaniu burz. Większość burz w Hornsundzie była związana z wyraźną cyrkulacją cyklonalną, której towarzyszy silna turbulencja i znaczny kontrast termiczny mogące inicjować i wydatnie wspomagać konwekcję. Czynnikiem wzmacniającym konwekcję i sprzyjającym tworzeniu się wypiętrzonych chmur kłębiastych w rejonie Spitsbergenu mogą być warunki orograficzne oraz ciepły Prąd Zachodniospitsbergeński opływający wyspę wzdłuż zachodniego wybrzeża.

7. Wnioski

Jak wynika z przeprowadzonej analizy, w strefie polarnej burze występują sporadycznie. Wszystkie zaobserwowane w Hornsundzie burze wystąpiły tylko w pierwszej części omawianego wielolecia – 7 burz w ciągu 15 lat (1983-1997). Na Spitsbergenie burze ograniczają się zazwyczaj do pojedynczych błyskawic z grzmotem. Trwają bardzo krótko, zazwyczaj kilka-kilkanaście minut, a tylko jeden epizod trwał godzinę.

Nie stwierdzono zależności między występowaniem wyładowań atmosferycznych, a porą roku oraz porą doby, co dowodzi, że dobowa i roczna zmienność dopływu energii słonecznej nie warunkuje występowania burz w strefie polarnej.

Można przypuszczać, że powstanie burzy w strefie polarnej nie musi być uwarunkowane obecnością silnie rozbudowanej chmury z rodzaju *Cumulonimbus*. Co więcej, szczegółowe badania Rakova i Umana (2005) dowodzą, że pojedyncze wyładowania atmosferyczne mogą pojawić się również w obrębie silnie skonstrastowanych termicznie frontów atmosferycznych, w chmurach z rodzaju *Stratus*, *Stratocumulus* i *Nimbostratus*. Nie można wykluczyć, że niektóre z epizodów burzowych obserwowanych w Hornsundzie wystąpiły właśnie w obrębie chmur warstwowych.

Podziękowania

Autorzy dziękują mgr Tomaszowi Wawrzyniakowi z Zakładu Badań Polarnych Instytutu Geofizyki PAN za trud w poszukiwaniach i udostępnienie archiwalnych dzienników meteorologicznych z wypraw polarnych do Hornsundu. Unikatowymi wspomnieniami z przeżytych na Spitsbergenie burz podzielili się: dr Anna Kowalska z Instytutu Nauk Geologicznych Uniwersytetu Wrocławskiego i prof. dr hab. Tadeusz Niedźwiedz z Katedry Klimatologii Uniwersytetu Śląskiego. Wyrazy podziękowania składamy mgr Dawidowi Szymczakowi za wskazówki w interpretacji map synoptycznych oraz mgr Annie Haczek za pomoc w analizie diagramów aerologicznych.

Literatura

- Barney R. J., Comiskey A. L., 1973. Wildfires and thunderstorms on Alaska's north slopes. USDA Forest Service Pacific Northwest Forest and Range Experiment Station, Research Note PNW-212: 8. [dostęp w serwisie <http://book.google.pl>].
- Centkiewicz Cz., 1957. Polska wyprawa na Spitsbergen 1957-58. Gazeta Obserwatora PIHM, 12 (120), PIHM, Warszawa: 5-9.
- Climate-Watch, 2000. National Oceanic and Atmospheric Administration - National Climate Data Center, June 2000, [dostęp: <http://www.ncdc.noaa.gov/oa/climate/extremes/2000/june/extremes0600.html>].

- Davis T. N., 1979. Arctic Thunderstorms. Alaska Science Forum, August 11, 1979, Article #325, [dostęp: <http://www2.gi.alaska.edu/ScienceForum/ASF3/325.html>].
- Grice G.K., Comiskey A.L., 1976. Thunderstorm climatology of Alaska. NOAA Technical Memorandum NWS AR-14, Weather Service Regional Headquarters Anchorage [dostęp: http://docs.lib.noaa.gov/noaa_documents/NWS/TM_NWS_AR/TM_NWS_AR_14.PDF]
- Harries H., 1896. Arctic hail and thunderstorms. Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society, vol. 22: 251-267. [dostęp częściowy: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/qj.49702210003/abstract>]
- Janiszewski F., 1988. Instrukcja dla stacji meteorologicznych. Wydawnictwa Geologiczne, Seria: Instrukcje i Podręczniki, Warszawa: 262 s.
- Jasnorzewski J., 2009. Spitsbergen bez retuszu. Wydawnictwo PremiumPartner, Kraków: 142 s.
- Marsz A.A., Styszyńska A. (edit.), 2013. Climate and Climate Change at Hornsund, Svalbard. The publishing house of Gdynia Maritime University, Gdynia: 402 s.
- Międzynarodowy Atlas Chmur, 1987. Atlas skrócony, według wydania z 1956 roku. Seria A, Instrukcje i podręczniki, nr 42, Wyd. Geologiczne, IMGW, Warszawa: 71 s.
- Niedźwiedz T., 2013. Kalendarz typów cyrkulacji atmosfery dla Spitsbergenu - zbiór komputerowy, Uniwersytet Śląski, Katedra Klimatologii, Sosnowiec.
- Rakov V.A., Uman M.A., 2005. Lightning – Physics and Effects. Cambridge University Press, Cambridge: 687 s.
- Styszyńska A., 2013. Duration of day and night. [w:] A.A. Marsz & A. Styszyńska (edit.), Climate and Climate Change at Hornsund, Svalbard, The publishing house of Gdynia Maritime University, Gdynia: 21-24.
- Tomasiewicz K., 2005. Klucze i przepisy stosowane w PSHM. Wybrane zagadnienia. Seria: Instrukcje i podręczniki, IMGW, Warszawa: 67 s.

Wpłynęło: 6 lipca 2013 r., poprawiono: 21 września 2013 r., zaakceptowano: 25 października 2013 r.

Summary

The thunderstorms are very rare phenomena in polar regions. This paper present an analysis of occurrence of atmosphere lightning observed at Polish Polar Station Hornsund (Spitsbergen) over the last 30 years (1983-2012). During this period only seven thunderstorms occurred (20 December 1984, 5 March 1985, 9 September 1985, 26 March 1990, 24 November 1993, 5 and 8 August 1997). For each cases a course of meteorological parameters, synoptic situations and type of circulation were described. Thunderstorms at Hornsund are in most cases a short event with a few lightning. This phenomena were usually caused by strong cold front, which comes from south and southwest.

Key words: thunderstorm, lightning, thundercloud, Polish Polar Station at Hornsund, Spitsbergen.