

Uderzające pioruny

PIOTR BARAŃSKI

Instytut Geofizyki

Polskiej Akademii Nauk, Warszawa

baranski@igf.edu.pl

Czy kiedyś ujarzmimy moc pioruna?

Pewnie tak, lecz najpierw musimy znaleźć odpowiedzi na kilka podstawowych pytań, ponieważ dopiero zaczynamy zgłębiać sekrety atmosferycznej elektryczności

Większość z nas nie zdaje sobie sprawy z faktu, że oddychamy powietrzem zawierającym tysiące naładowanych cząstek aerozolu w centymetrze sześciennym, ani że żyjemy w stałym, naturalnym polu elektrycznym wytwarzającym napięcie ponad 200 woltów pomiędzy poziomami naszych stóp i naszych głów, nawet podczas ładnej pogody. W 1920 roku C.T.R. Wilson wysunął hipotezę, z której później wynikało, że stały potencjał elektryczny 250 tys. woltów pomiędzy wysoką, przewodzącą warstwą atmosfery (jonosferą) a powierzchnią ziemi jest podtrzymywany przez ogólnoswiatową aktywność burzową – w każdej chwili istnieje tysiąc burz, które przenoszą ujemne ładunki do ziemi, a dodatnie do przewodzącej jonosfery. Dziś naukowcy

Nathan Lounds, stockexchange@nathanlounds.com



Gdy wyładowanie zostanie zainicjowane, często pobiera ładunek z wielu miejsc chmury burzowej

Procesy elektryczne w atmosferze Ziemi



Kawery Słupski

Widowskowe wyładowanie doziemne sfotografowane w lipcu 2005 roku

wiedzą, że ten mechanizm jest dalece bardziej skomplikowany, a ważne role odgrywają w nim dodatkowe czynniki, takie jak chociażby wiatr słoneczny, który modyfikuje globalny obwód elektryczny oraz bezpośrednio wpływa na mikrofizykę chmur i inne dynamiczne procesy zachodzące w warstwie atmosfery, w której żyjemy.

Błyskające chmury

Jednym z najstarszych nierozwiązanych zagadnień w fizyce atmosfery jest to, jak właściwie zaczyna się wyładowanie doziemne, czyli piorun. Choć niektóre eksperymenty wskazują, że wyładowania atmosferyczne mogą być zapoczątkowywane przez tzw. ucieczkowe elektrony, generowane w atmosferze Ziemi przez promieniowanie kosmiczne, uważa się, że główną rolę inicjującą odgrywają niejednorodności w rozkładzie ładunku elektrycznego w chmurze burzowej. Gdy co najmniej dwa przeciwnie naładowane rejony chmury rozwiną się blisko siebie, powstają krótkie przebiecia elektryczne, które w ciągu kilkadziesiąt mikrosekund uruchamiają kaskadę coraz silniejszych tzw. wyładowań strimerowych. Zmiana pola elektrycznego wskutek wydłużania się kanału początkowego wyładowania sprzyja kontynuacji tego procesu. Gdy na czole takiego kanału zgromadzi się wystarczająco duży ładunek, „wychodzi” on z chmury w kierunku ziemi w postaci tzw. lidera krokowego, który stanowi wstęp do wyładowania doziemnego. Samo wyładowanie doziemne jest zazwyczaj serią wyładowań (zaobserwowano ich nawet kilkanaście) wykorzystujących kanał plazmowy wytworzony przez lidera. Większość piorunów przenosi dodatni ładunek

z ujemnie naładowanej podstawy chmury burzowej do ziemi, lecz zdarzają się i takie, które rozwijają się z obszaru zawierającego duży ładunek dodatni, np. z „kowadła” w górnej części Cumulonimbusa. Są to tzw. gorące wyładowania, mające dużo większą moc, a więc i bardziej niebezpieczne. W sporadycznych przypadkach takie gorące, dodatnie wyładowanie może nastąpić w serii wyładowań ujemnych. Tego typu wyładowania wielokrotne, zwane bipolarnymi, są obecnie przedmiotem badań w Instytucie Geofizyki PAN w ramach programu COST P18 pt. *Fizyka wyładowania atmosferycznego i jego skutków*.

Mechanizm powstawania ładunku w początkowo obojętnej elektrycznie chmurze wciąż jest bardzo mało znany. Zaproponowano dwie różne hipotezy. Zgodnie z hipotezą konwekcyjną, dodatnio naładowane powietrze zalegające przy ziemi jest zasysane do chmury przez prądy wstępujące. Z kolei hipoteza opadowa zakłada, że cząstki tworzące chmurę (kropelki wody, igiełki lodu itp.) zyskują dodatni lub ujemny ładunek w wyniku wzajemnych zderzeń, a następnie są separowane grawitacyjnie w silnych prądach powietrza (nawet 180 km/h) wewnątrz chmury. W chmurach burzowych opad często bierze udział w powstawaniu znacznych, lokalnych ładunków. Duże krupy lodowe lub gradziny są w stanie zakumulować na sobie duży ładunek i przenieść go do podstawy, wytwarzając centrum dodatniego ładunku w ujemnie naładowanym otoczeniu, co ułatwia inicjację wyładowania doziemnego w tym rejonie. Świadczą o tym obserwacje radarowe, z równoczesną lokalizacją źródeł radiotrzasków generowanych wewnątrz chmury w okresie jej wysokiej aktywności elektrycznej.

Szwedzkie superkomórki

Nasze badania elektryczności burzowej opierają się na pracach Stanisława Michnowskiego, który zajmował się w Instytucie zagadnieniami z tego zakresu od wczesnych lat 50. Zaproponował on m.in. teorię pozwalającą opisać zmiany pola elektrycznego zachodzące po nagłym rozładowaniu punktowego źródła ładunku elektrycznego w niejednorodnym ośrodku, takim jak ziemska troposfera. Jego kolejnym osiągnięciem było przeprowadzenie kompleksowych obserwacji i badań procesu dynamicznej i elektrycznej ewolucji chmur burzowych w konwekcyjnych układach mezoskalowych, jakie utworzyły się nad południową Szwecją 18 maja 1982 roku. Układy takie w większej skali mogą tworzyć groźne struktury zwane zwyczajowo superkomórkami (ang. *supercells*). Zjawiska te są obecnie intensywnie badane w USA, gdzie często występują i mogą manifestować się bardzo niszczycielskimi tornadami. Jednak mniejsze konwekcyjne układy mezoskalowe tworzą się również w Skandynawii, gdzie ciepłe masy powietrza związane z Gólsztrömem spotykają się z zimnym powietrzem arktycznym. Wykorzystując dane z systemu lokalizacji wyładowań działającego w Instytucie Wysokich Napięć w Uppsali, a także rutynowe obserwacje meteoro-

logiczne, aerologiczne, radarowe i satelitarne, Michnowski i jego zespół jako jedni z pierwszych udowodnili, że mogą istnieć pewne dodatkowe możliwości monitorowania i krótkoterminowego prognozowania stadiów ewolucyjnych mezoskalowych układów burzowych.

W związku z prowadzonymi w Wietnamie obserwacjami wyładowań atmosferycznych Stanisław Michnowski, wraz z Nguyenem Manh Duc z wietnamskiego Instytutu Fizyki Atmosfery, badał słabo poznane procesy inicjacji wyładowania w samej chmurze burzowej, wysuwając hipotezę kolektywnych wyładowań krótkiego zasięgu między cząstkami chmury, która częściowo wyjaśnia to zjawisko i jest obecnie rozwijana.

Pracownia Elektryczności Atmosfery IGF PAN, z inicjatywy Stanisława Michnowskiego, w latach 1994–1996 uczestniczyła w międzynarodowym programie naukowym pt. „CESAR”, którego celem było zaprojektowanie i zbudowanie prototypu detektora wyładowań atmosferycznych, który mógłby pracować na pokładzie sztucznego satelity krążącego po niskiej orbicie. Prace nad skonstruowaniem nowych rejestratorów cyfrowych, wykorzystywanych w naziemnych urządzeniach do pomiaru pola elektrycznego pod kątem wykrywania wyładowań, są kontynuowane we współpracy z Centrum Badań Kosmicznych PAN.

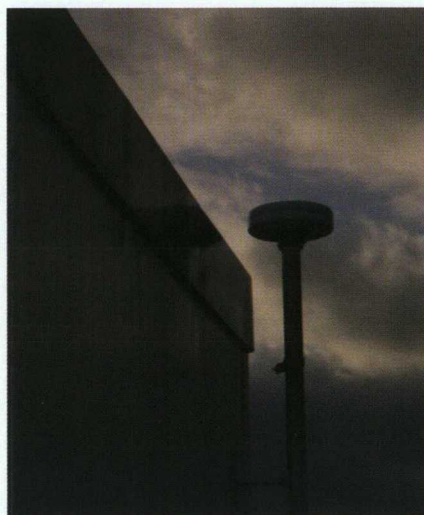
Weryfikacja piorunów

Pioruny są nie tylko spektakularnym i zadziwiającym, ale również i groźnym zjawiskiem, którego znajomość ma duże znaczenie praktyczne. Od jesieni 2001 roku dane dotyczące przestrzenno-czasowego rozkładu wyładowań atmosferycznych na całym terytorium Polski oraz niektórych



Ante Vesić, ante.vesic@gmail.com

Wyładowania doziemne są zazwyczaj serią wyładowań składowych wykorzystujących ten sam kanał plazmowy



Piotr Barański

Stacja referencyjna dla systemu SAFIR, znajdująca się na budynku Instytutu Geofizyki PAN

ich parametrów są gromadzone przez polski system SAFIR (interferometryczną sieć dwuwymiarowej detekcji i lokalizacji wyładowań). Polski system SAFIR, obecnie noszący nazwę PERUN, obsługuje Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej. Aby zweryfikować oferowaną przez niego skuteczność detekcji wyładowań, potrzeba co najmniej jednej dodatkowej stacji referencyjnej, która dostarczyłaby niezależne pomiary zmian pola elektrycznego i prądu związane z monitorowanymi wyładowaniami atmosferycznymi.

Naszym obecnym celem jest uzyskanie możliwości prowadzenia takiej weryfikacji danych systemu SAFIR dla rejonu Warszawy (kwadrat 100 na 100 km) za pomocą stacji referencyjnej działającej w Instytucie Geofizyki PAN. Mamy nadzieję, że nasze jednoczesne obserwacje wyładowań doziemnych pozwolą poprawić niektóre algorytmy działania systemu SAFIR w Polsce, jak również umożliwią bardziej wiarygodną detekcję wyładowań bipolarnych. Metoda ciągłego monitoringu ogólnej aktywności burzowej może być użyta do krótkoterminowego prognozowania nagłych i intensywnych opadów (ulew nawalnych połączonych z gradobiciem) oraz nagłych i silnych uderzeń wiatru pod chmurą burzową (ang. *microburst*), a więc zjawisk o fundamentalnym znaczeniu dla lotnictwa. Są one charakterystyczne dla konkretnych etapów rozwoju burzy i występują na ogół w określonych obszarach układu burzowego, zwłaszcza w przypadku konwekcyjnych układów mezoskalowych. Badania nad tymi niewątpliwie groźnymi i ważnymi zjawiskami oraz ich wzajemnymi relacjami pragniemy kontynuować i stopniowo rozwijać. ■

Chcesz wiedzieć więcej?

Barański, P., Bodzak, P., Maciążek, A. (2003). *The complex discharge lightning events observed simultaneously by the SAFIR, radar, field mill and Maxwell current antenna during thunderstorms near Warsaw*. Proceedings of the 12th ICAE Conference, 9–13 June 2003, Versailles, France, 1, s. 161–164.