

Piorun kulisty *in flagranti*

Pioruny kuliste są zjawiskami efemerycznymi, jak na razie skutecznie unikającymi ostatecznego wyjaśnienia ich natury. Jest kilka konkurencyjnych teorii. Wszystkie one mogą być poprawne, bo podobnie mogą wyglądać pioruny kuliste o różnych mechanizmach powstawania, ale równie dobrze wszystkie mogą być częściowo lub całkowicie chybione.

Najczęściej obserwowane są świecące kule o średnicy kilkudziesięciu centymetrów, ale widywano również kilkumetrowe pioruny kuliste. Zazwyczaj towarzyszą wyładowaniom atmosferycznym, ewentualnie wybuchom wulkanów. Kule te jaśnieją do kilku sekund, po czym gasną lub wybuchają. Unoszą się nad ziemią, poruszają się z wiatrem, ale czasem raportowane jest ich odmienne zachowanie.

W styczniu ukazała się praca [1] opisująca wyniki pierwszej rejestracji pioruna kulistego za pomocą kamer wyposażonych w spektrometry. Była to nieoczekiwana obserwacja wykonana w trakcie badań zwykłych wyładowań atmosferycznych, prowadzonych kilkadziesiąt kilometrów na północ od stolicy Xining prowincji Qinghai w zachodniej części Wyżyny Tybetańskiej (środkowe Chiny) i kilkadziesiąt kilometrów na wschód od największego (i bezodpływowego) jeziora Chin o tej samej nazwie co cała prowincja (nazwa oznacza *błękitne morze*).

Piorun kulisty powstał w miejscu uderzenia normalnego wyładowania tuż przed dziesiątą wieczorem 23 lipca 2012 roku, w odległości 900 metrów od kamer. Jedna z nich rejestrowała kolorowy film obejmujący całe, trwające 1,64 sekundy, zdarzenie (z częstotścią 50 klatek na sekundę). Druga kamera robiła 3000 czarno-białych zdjęć na sekundę, ale uwieczniła tylko drugą połowę zjawiska.

Oba urzędnicy wykonali pomiary spektroskopowe. Pierwsza była czuła w zakresie od 400 do 690 nm, natomiast druga w zakresie od 400 do 1100 nm.

Świecąca kula pojawiła się na skraju pola widzenia na tym samym zdjęciu, na którym zarejestrowano zwykły piorun, i była widoczna na kolejnych 81 klatkach. Dla obu kamer pojedynczy piksel rejestrował rzeczywisty obraz o rozmiarach około metr na metr. Kula początkowo miała prawie dziesięć metrów średnicy i była fioletowo-biała, ale w czasie pierwszych 160 ms jej rozmiar i jasność zmniejszyły się prawie dwukrotnie, a kolor zmienił się nieznacznie na pomarańczowo-biały.

Przez następne 900 ms obraz prawie się nie zmieniał. W tym czasie kula najpierw lekko zwiększała swój rozmiar (o około 1/5), osiągając lokalne maksimum około 800 ms od powstania, a następnie zaczęła się zmniejszać. Po tej w miarę stabilnej fazie kula zaczęła gasnąć, jednocześnie czerwieniejąc. W trakcie trwania całego zjawiska przesunęła się ona o około 10 metrów.

Analiza spektralna przeprowadzona za pomocą pierwszej kamery wykazała obecność linii odpowiadających obecności neutralnego krzemu, żelaza i wapnia, czyli pierwiastków dominujących w ziemi, w którą uderzył zwykły piorun.

Natomiast druga, ultraszybka kamera, wrażliwa również na podczerwień, dodatkowo wykryła oscylacje jasności o około 10% amplitudzie oraz częstotści 99,4 Hz, związane z cyklicznym uwidacznianiem się linii niezjonizowanego azotu i tlenu. Efekt ten może być związany z bliskim sąsiedztwem (20 metrów) linii wysokiego napięcia (35 kV, 50 Hz), ale ewentualny mechanizm nie został wskazany.

Wykrycie linii spektralnych krzemu, żelaza i wapnia wydaje się wskazywać na mechanizm zaproponowany w pracy [2]. Według niego uderzenie pioruna może spowodować stopienie ziemi, redukcję tlenków, które ją tworzą, oraz wyrzucenie ich części w powietrze. Materiał ten, na skutek gwałtownego chłodzenia, zastyga w postaci dendrytycznej sieci naładowanych nanocząstek, które zaczynają się stosunkowo wolno utleniać. Ten ostatni proces miałby być źródłem energii niezbędnej do świecenia pioruna kulistego.

Najbardziej znany alternatywny model został zaproponowany już sześćdziesiąt lat temu [3]. Zgodnie z nim pioruny kuliste to kule plazmy, które są podtrzymywane za pomocą rezonansowego pochłaniania energii stojących fal elektromagnetycznych o długości fali porównywalnej z rozmiarem kuli. Model pozwala na świecenie pioruna bez naruszania zasady zachowania energii, tłumaczy stałą wielkość kuli, niepodleganie wiatrowi oraz szereg innych własności piorunów kulistych. W oryginalnej publikacji nie jest opisany konkretny mechanizm generowania odpowiednich fal elektromagnetycznych.

Obydwa modele doczekały się wielu doświadczalnych potwierdzeń możliwości wygenerowania w warunkach laboratoryjnych czegoś zachowującego się podobnie do pioruna kulistego. Te sztuczne pioruny kuliste są raczej małe oraz przeważnie trwają krócej. Wydaje się to jednak potwierdzać pogląd o różnych mechanizmach prowadzących do podobnego zjawiska.

Obserwacja [1] dowodzi, że (przynajmniej niektóre) pioruny kuliste powstają w sposób zbliżony do zaproponowanego w pracy [2]. Wydaje się jednocześnie wskazywać na możliwość systematycznego badania piorunów kulistych w warunkach naturalnych. Nie jest to tak oczywiste. Badania wyładowań atmosferycznych prowadzone są w bardzo wielu miejscach, a piorun kulisty udało się zaobserwować dopiero teraz. Liczba takich zjawisk jest szacowana (na podstawie częstości wizualnych obserwacji) na 10^{-9} – 10^{-8} na kilometr kwadratowy na minutę. A rok ma tylko pół miliona minut.

Ciekawe, czy doczekamy się pełnego wyjaśnienia natury piorunów kulistych.

Piotr ZALEWSKI

- [1] Jianyong Cen, Ping Yuan, Simin Xue, *Observation of the Optical and Spectral Characteristics of Ball Lightning*, DOI: 10.1103/PhysRevLett.112.035001, 24 stycznia 2014.
- [2] John Abrahamson, James Dinniss, *Ball lightning caused by oxidation of nanoparticle networks from normal lightning strikes on soil*, Nature **403**(2000)519.
- [3] Пётр Капица, *О природе шаровой молнии*, ДАН СССР **101**(1955)245.