

# CIEKAWE ZJAWISKA ATMOSFERYCZNE

📍 Olga Michniewicz

**Głównym zadaniem stacji Polish Fireball Network (PFN) jest detekcja meteorów i bolidów nad Polską. Mimo tego, stacje są częstymi świadkami innych, fascynujących zjawisk.**

**P**ołożenie kamer i wysoka czułość pozwalające na obserwację całego horyzontu umożliwiają detekcję nawet bardzo odległych meteorów i zjawisk meteorologicznych. Skutkuje to rejestracją, często w pięknych klipach, ukazującą różne formacje chmur i efekty świetlne, takie jak błyskawice. Jednak możliwa jest też detekcja zjawisk zachodzących w atmosferze, ponad warstwą chmur burzowych, które normalnie są bardzo rzadko obserwowane.

Od reaktywacji Stacji Bolidowej w Zielonej Górze (PFN14) w lutym 2022 r., kamery dokonały kilku detekcji rzadkiego fenomenu meteorologicznego, który przez wiele lat stanowił zagadkę dla środowiska naukowego. Przykład detekcji został przedstawiony na ryc. 1, a przewi-

dywane miejsce wystąpienia zjawiska pokazano na ryc. 2.

Zjawiska te zyskują różne nazwy, najczęściej inspirowane różnymi baśniowymi stworzeniami, co obrazuje ich enigmatyczny charakter. Od świetlnych duszków (*lighting sprites*) przez błękitne strumienie (*blue jets*) do gnomów i elfów. Na podstawie ich różnic w wyglądzie, kształcie i wielkości istnieją różne klasyfikacje i podziały. Pierwsze udokumentowane obserwacje zjawisk występujących nad warstwą chmur burzowych sięgają XVIII w. Wspominali je też piloci podczas II wojny światowej, ale przez długi czas zdarzenia te, przez swoją ulotną naturę, były lekceważone przez naukowców. Z powodu swojej krótkotrwałości duszki przez długi czas były nieuchwytnie na fil-

mach i zdjęciach. Zmieniło się to jednak w lipcową noc 1989 r., gdy amerykański fizyk i profesor z University of Minnesota, John R. Winckler przypadkowo złapał ulotne zjawisko podczas testu kamery pracującej przy niskim poziomie oświetlenia. Duszki zostały zaklasyfikowane jako jedne z Przejściowych Zdarzeń Świetlnych (Transient Luminous Events).

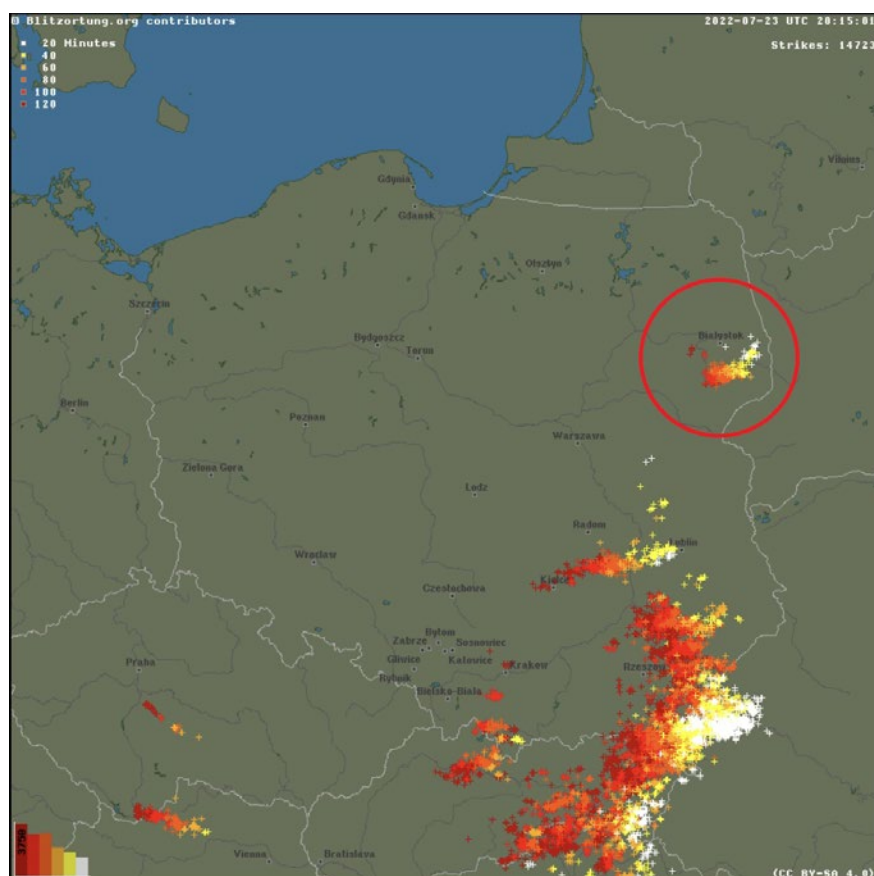
Najczęstszymi przedstawicielami zjawisk optycznych w górnych warstwach atmosfery są Czerwone Duszki (*Red Sprites*). Wyróżniają się one wielkością i najczęściej czerwoną barwą (w wypadku dużych rozmiarów końcówki ich strug mogą być niebieskie, a nawet fioletowe). Zazwyczaj są rejestrowane w jednym z trzech kształtów: „meduzy”, „marchewki” lub „kolumny”. Najliczniej obserwo-



Ryc. 1. Detekcja PFN14 z 23.07.2022. Duszki (ang. *Sprites*) pojawiły się nad zespołem komórek burzowych nad obszarem województwa podlaskiego

wanym kształtem jest meduza, która może osiągać wysokość nawet 50 km, a szerokość największych z nich nie przewyższa 100 km. Proces powstawania polega na szybkich zmianach pozycji elektronów w jonosferze. Ta warstwa atmosfery składa się głównie z jonów dodatnich. Podczas formowania się chmury burzowej swobodne elektrony są odciągane w kierunku dodatnio naładowanych górnych warstw chmury. Ładunki elektryczne ponad warstwą chmur ulegają rozdzieleniu, a pola elektryczne powstałe nad i pod chmurą osiągają przeciwne kierunki. Gdy ostatecznie dochodzi do pozytywnego wyładowania doziemnego (+CG *positive polarity cloud-ground*), swobodne elektrony gwałtownie przemieszczają się w górną warstwę atmosfery, co prowadzi do jonizacji znajdujących się tam cząsteczek azotu i tlenu. Cząsteczki powietrza zderzają się z podążającymi w górę elektronami i tym samym są wzbudzone do świecenia. W wyższych warstwach atmosfery (powyżej 50 km) emitowane jest światło z zakresu 580–780 nm, co odpowiada barwom czerwonej i pomarańczowej. Poniżej 50 km światło emitowane przez strugi mieści się w zakresie 300–480 nm, dlatego górna część zjawiska jest najbardziej widoczna. Najrzadszym przypadkiem jest obserwacja sprite'ów poprzedzanych przez CG o ujemnej polaryzacji. Duszki są zjawiskami tworzonymi z zimnej plazmy (cold plasma), dlatego nie osiągają temperatur występujących w gorących kanałach przy regularnych wyładowaniach atmosferycznych, które mogą wynosić nawet 30 000°C.

Czas trwania zjawiska ocenia się na kilkanaście milisekund, jednak zdarzają się detekcje przekraczające 100 ms. Z powodu bardzo niskiej jasności udało się je uwiecznić jedynie podczas nocnych obserwacji. Przeważnie duszki ukazują się w skupiskach przekraczających liczbę trzech strug (*streamers*), które są uprzedzane trwającym ok. 2 ms, rozprzestrzeniającym się na maksymalnie 100 km halo, często mylnym z elfami (ELVES). Elfy są rozciągającymi się na odległość kilkuset kilometrów dyskami świetlnymi, powstającymi na skutek rozchodzenia się impulsu elektromagnetycznego w jonosferze. Są jedynym



Ryc. 2. Mapa przedstawiająca aktywność burzową 23.07.2022 o 20:15 UTC. Czerwonym okręgiem zostały oznaczone wyładowania, których pozycja i czas zgadzają się z detekcją PFN14

przejściowym zjawiskiem świetlnym, które zostało przewidziane przez naukowców, zanim dokonano ich obserwacji. Różnica między halo a elfami polega głównie na wysokości ich występowania i rozmiarze. Elfy są zazwyczaj obserwowane na wysokości 80–100 km, natomiast halo nie występują wyżej niż 85 km.

Duszki występują ponad warstwą troposfery, zazwyczaj na wysokości 30–85 km. Ich powstawanie jest bezpośrednio związane z obszernymi i aktywnymi zespołami chmur burzowych typu cumulonimbus, dlatego najczęściej obserwowane są nad mezoskalowym układem konwekcyjnym (MCS), czyli burzami wielokomórkowymi.

Ostatnim odkryciem związanym z duszkami była detekcja „duchów” (ghosts) w 2019 r. przez amerykańskich łowców burz. Duchy powstają na samym szczycie duszków, na wysokości przekraczającej zakres 90 km, gdzie prawdopodobnie do świecenia zostają pobudzone

cząsteczki tlenu emitujące światło o zielonej barwie.

Z powodu ograniczonej możliwości detekcji z powierzchni planety często są prowadzone obserwacje satelitarne w celu detekcji tych zjawisk. Pierwszym satelitą prowadzącym eksperymenty i obserwacje w zakresie zjawisk optycznych w górnej warstwie atmosfery był tajwański satelita FORMOSAT-2, obsługiwany przez National Space Organization (NSPO). Badania prowadzone przez satelitę pozwoliły na określenie globalnego układu zjawisk i powszechności ich występowania. Najliczniej występują nad kontynentalnymi obszarami strefy podrównikowej, gdzie najczęściej dochodzi do formacji dużych systemów komórek burzowych.

Nawet gdy nie ma odpowiednich warunków pogodowych do obserwowania meteorów i innych zjawisk astronomicznych, Stacje Bolidowe mogą uzyskiwać dane na inne tematy związane z rzeczami, które często uykają ludzkiej percepcji. ■