

ZJAWISKA OPTYCZNE W ATMOSFERZE I ICH INTERPRETACJA

Niezwykłe zjawiska świetlne, ich spostrzeganie i poznawanie

"Tymczasem rozwidniało się coraz bardziej, niebo z bladego stawało się zielone i złote, a ów punkt na widnokregu począł tak błyszczeć, że oczy mrużyły się od tego blasku.

...Dziwo czy co?... Toć tam zachód, a jakby słońce wschodziło?

Istotnie, owo światło rośło w oczach, z punktu uczyniło się kołem, z koła kolistkiem – z dala rzekłbyś, że ktoś zawiesił nad ziemią olbrzymią gwiazdę siejącą blaski niezmiernie.

Kmicic i jego ludzie patrzyli ze zdumieniem na owo zjawisko świetliste, drgające, promienne, nie wiedząc, co mają przed oczyma.

...Chłopie? – spytał pan Andrzej – a co się to tak świeci?

– Kościół jasnogórski!...

....A kościół lśnił się coraz bardziej, jakby wszystko światło słoneczne w siebie zabrał..."

(H. Sienkiewicz, *Potop*, tom II, PIW, str. 169)

Liczne, intrygujące zjawiska świetlne na niebie, obserwowane od wieków przez ludzi, budziły sprzeczne odczucia. Wzbudzały zachwyt, ale także grozę, szczególnie gdy poprzedzały niebezpieczne zjawiska przyrodnicze: burze z piorunami, nawałnice, wichury, jak również zdarzenia dziejowe: wielkie wojny czy epidemie. Gdy po śmierci Juliusza Cezara w 44 r. p.n.e. do Rzymu wkraczał wódz Oktawian, obserwowano wokół słońca wielki krwisty krąg świetlny, który miał być przepowiednią czekających go niekorzystnych zdarzeń (Stenz 1956).

Taka interpretacja niezwykłych zjawisk nie ominęła również chrześcijaństwa i wiele ich opisów zawiera wyjaśnienia odnoszące się do boskiej interwencji. Wyobraźnia ludzka dopomogła ich tłumaczeniom, które miały dalekosiężne skutki. Obserwowane o zachodzie słońca barwne słupy świetlne – nad tarczą słoneczną i po jej obu stronach sprawiały wrażenie pojawienia się trzech krzyży, co według legendy stało się przyczyną zbudowania Kalwarii Zebrzydowskiej w pierwszej połowie XVII w. Kult maryjny w tym miejscu trwa do dnia dzisiejszego.

Opisywanym i uznanym (a także nieuznanym) przez Kościół rzymskokatolicki objawieniom towarzyszyły niekiedy wspaniałe i jednocześnie przerażające zjawiska świetlne, które oglądało wiele osób, nie tylko te, które widziały Boskie Istoty. Najbardziej znany jest opis zjawiska w Fatimie z dnia 13 października 1917 r., które zostało określone jako taniec słońca. Świecąca tarcza słoneczna wirowała wokół własnej osi, wysyłając przy tym różnokolorowe promienie. Po kilku minutach kula świetlna obniżyła się i zaczęła spadać w stronę ziemi. Zjawisko trwało około 10 minut i nic nikomu się nie stało, ale wzbudziło powszechne zatrwożenie (Jackowski et al. 1999).

Często opisywanemu objawieniu się Matki Boskiej sześciorgu dzieciom w Medjugorje na obszarze obecnej Bośni i Hercegowiny, w dniu 24 czerwca 1981 r. miały towarzyszyć niezwykle świetlne zjawiska na niebie. Objawienia mają trwać do dnia dzisiejszego i niektórzy wizjonerzy opisują pojawianie się ruchomych plam świetlnych, „tańca” słońca oraz wielkich napisów na niebie (Jackowski et al. 1999).

Młodziutka, 14-letnia pasterka Marysia Murzańska, w lecie 1860 r. na Polanie Rusinowej w Tatrach, w gęstej mgle straciła z oczu stado owiec, którymi miała się opiekować. Przestraszona dziewczynka wezwała imienia Matki Bożej i wówczas na jednym z drzew ujrziała wielki blask, a w nim „piękną Panią...”, która obiecała jej, że owce wkrótce się odnajdą... (*Królowa Tatr* 1988). Zjawisko to i wzruszający przekazywany epizod z życia Marysi dały początek kultowi Matki Boskiej Jaworzyńskiej na polanie Wiktorówki w polskich Tatrach.

Naturalny sceptycyzm uczonych i wnikliwych obserwatorów przyrody, ich powątpiewanie w nadnaturalność świetlnych zjawisk na niebie, od stuleci były bodźcami do rozumowego wyjaśnienia przyczyn pojawiania się na niebie świetlnych – kolorowych i białych – obręczy, wieńców, plam, łuków, wtórnych tarcz słonecznych i wielu innych. Dociekliwi obserwatorzy stosunkowo długo dochodzili do wyjaśnienia natury tych zjawisk, ale już w starożytności, a potem w średniowieczu, pojawiły się pierwsze naukowe ich wytłumaczenia.

Próby naukowego podejścia do tych zjawisk pojawiały się zatem już w starożytności. Uważni obserwatorzy wyjaśniali, że tęcza powstaje od promieni słonecznych odbitych na kropkach deszczu. Badania nad powstawaniem tęczy prowadził ok. 1280 r. Witelo (Erazm Ciołek), filozof, matematyk i przyrodnik z śląskiej ziemi. W 1311 r. Niemiec Theodorich z Freiburga próbował przedstawić teorię przechodzenia promieni świetlnych przez krople deszczu. Uważa się, że pierwszym uczonym, który właściwie wyjaśnił zjawisko tęczy był, René Descartes (Kartezjusz) w 1637 r. Przypuszczalnie korzystał on z wcześniejszych

prac holenderskiego uczonego Willeborda Snella, znanego w fizyce jako Snelius, który badał załamanie światła na pograniczu dwóch ośrodków – powietrza i wody (Greenler 1998).

Oświecenie przyniosło dalsze naukowe dociekania dotyczące optycznych właściwości promieni słonecznych przechodzących przez atmosferę. Polski astronom Jan Śniadecki, pierwszy dyrektor krakowskiego Obserwatorium Astronomicznego, od pierwszego dnia wykonywanych przez siebie obserwacji pogody, tj. od 1 maja 1792 r.: zapisywał widoczne na niebie piękne zjawiska *Meteora et phenomena memorialis signa* (Archiwum Zakładu Klimatologii IGiGP UJ). Do zapisania zjawiska tęczy, halo słonecznego i księżycowego używał piktogramów, które stosowali jego następcy i które mają zastosowanie do dnia dzisiejszego. Tęcze, świetlne kręgi i słupy wokół słońca często były wpisywane do dzienników obserwacyjnych z początkowych lat XIX w. Warto przytoczyć interesujący opis zjawisk świetlnych z dni 30 i 31 grudnia 1820 r.: „Do rzadkich zjawisk przyrodniczych należą słupy tęczowe, które przy wschodzie słońca dnia 30 i 31.12 podczas wielkiego mrozu i czystego nieba uważane były w Krakowie. Stały one po obu stronach słońca w odległości 22°22' w kształcie piramidy wys. 12° spiczasto zakończona i kolorem czerwonym do słońca obrócona; teży samej wys. wychodziła piramida od samego słońca, lecz nie w kolorach tęczy, tylko w świetle słonecznym coraz bardziej ku spiczastości słabiejącym”. I jeszcze jeden opis: „Dnia 29. 12. 1822 przy wschodzie słońca widać było bardzo wyraźnie trzy słupy tęczowe, jeden z samego słońca, a dwa po obu jego stronach. Dnia 31 – przy zachodzie podobnie słupy widziane były” (Archiwum Zakładu Klimatologii IGiGP UJ). Są to opisy zjawisk optycznych z grupy kręgów świetlnych halo i wieńców, należących do fotometeorów. Wówczas już klasyfikowano te zjawiska i nadawano im nazwy. Można domniemywać, iż niebo nad Krakowem było mniej zapyłone, wieczorami nieoświetlone, a większa przezroczystość powietrza pozwoliła lepiej dostrzegać zarówno gwiazdy, jak i świetlne zjawiska atmosferyczne.

Fizyczna natura zjawisk optycznych w atmosferze

Zjawiska występujące w atmosferze i na powierzchni Ziemi (z wyłączeniem chmur) zaliczane są do tzw. meteorów. Wyróżnia się:

- elektrometeory – zjawiska optyczne (lub akustyczne) związane z istnieniem elektryczności atmosferycznej, a więc: burze, błyskawice, grzmoty, ciche wyładowania elektryczne (ogień świętego Elma), zorze polarne;
- fotometeory – zjawiska świetlne, powstające w atmosferze wskutek odbicia, załamania, ugięcia, pochłaniania, interferencji światła słonecznego lub księżycowego;
- hydrometeory – wszystkie opady i osady atmosferyczne;
- litometeory – zjawiska związane z obecnością w powietrzu cząsteczek w stanie stałym i nieuwodnionym (*Słownik meteorologiczny*, 2003).

W tym opracowaniu przedmiotem opisu są fotometeory, zjawiska często pojawiające się na niebie, ale przez ogół ludzi oglądane raczej rzadko. Przy-

pisywano im znamiona nadzwyczajności z powodu niezwyklej gry światła, widocznych świetlistych słupów, kręgów, krzyży, sylwetek ludzkich i jeszcze innych form, podsycanych przez wyobraźnię obserwatorów. Obecny stan wiedzy z zakresu optyki daje możliwości ich wyjaśnienia, niemniej fizycy zajmujący się ich interpretacją przyznają, że niektóre z tych zjawisk są bardzo skomplikowane i dopiero przy zastosowaniu symulacji komputerowych udaje się potwierdzić prawdziwość różnych opisów, fotografii czy dawno wykonanych rysunków, zachowanych w pisanych kronikach.

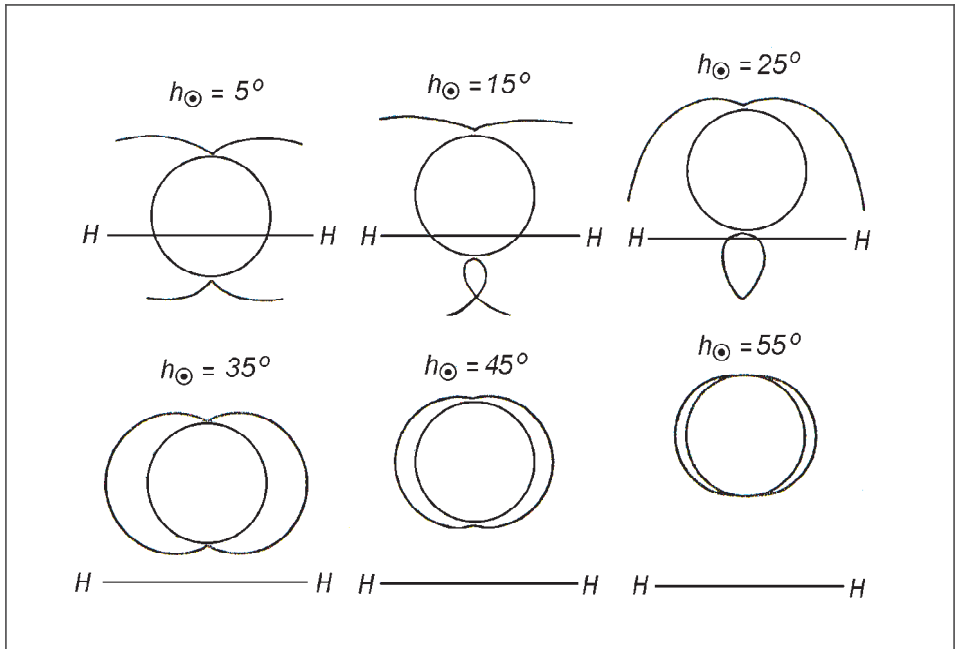
Optyka to dział fizyki zajmujący się badaniem zjawisk świetlnych, spowodowanych rozchodzeniem się promieni świetlnych w atmosferze ziemskiej. Źródłem światła są ciała pobudzone do świecenia, wysyłające energię promienistą pod wpływem wysokiej temperatury, wyładowań elektrycznych lub przez naświetlenie przez inne ciało promieniujące. Promienie słoneczne przechodzące przez atmosferę ziemską są przyczyną bardzo licznych, pięknych i zadziwiających zjawisk, najczęściej łatwych do zaobserwowania. Wytłumaczenie natury i przyczyn tych zjawisk podlega prawom fizyki i bez odwołania się do nich nie można ich wyjaśnić.

Światło słoneczne jest białe, ale składają się na nie wszystkie barwy widma słonecznego. Promienie słoneczne, przechodząc przez atmosferę ziemską, podlegają procesom rozpraszania, odbicia i załamania, a każdy z nich daje nieco odmienne efekty. Od razu należy zaznaczyć, że w znacznym stopniu zależą one od stanu atmosfery, tj. cech fizycznych, takich jak gęstość poszczególnych warstw powietrza, temperatura, wilgotność (zawartość pary wodnej w powietrzu), stopień zachmurzenia, a także pory doby i pory roku. Powietrze suche i przejrzyste daje wspaniałą błękit nieba, gdyż rozpraszane są przede wszystkim promienie niebieskie i fioletowe. Rozpraszanie światła słonecznego dające błękitną barwę nieba i kolorowe zorze wieczorne i poranne zostało ściśle wyjaśnione przez angielskiego fizyka J.W. Rayleigha w 1871 r. Zorze towarzyszące wschodowi i zachodowi słońca są spowodowane rozpraszaniem promieni pomarańczowych i czerwonych przy przechodzeniu przez grubszą warstwę atmosfery, czyli większą liczbę mas optycznych atmosfery (Schmidt 1972; Tamulewicz 1997; Trepińska 2002). Powietrze wilgotne, z dużą zawartością cząstek pary wodnej i aerozoli, daje białawą lub szarą barwę nieba; powodują one intensywne rozpraszanie światła. Niemalą rolę przy obserwacji zjawisk optycznych odgrywa miejsce obserwacji, ściślej mówiąc, jego szerokość geograficzna i wysokość nad poziomem morza. Zespół takich uwarunkowań daje niezwykle, bajkową wręcz różnorodność barw nieba i chmur.

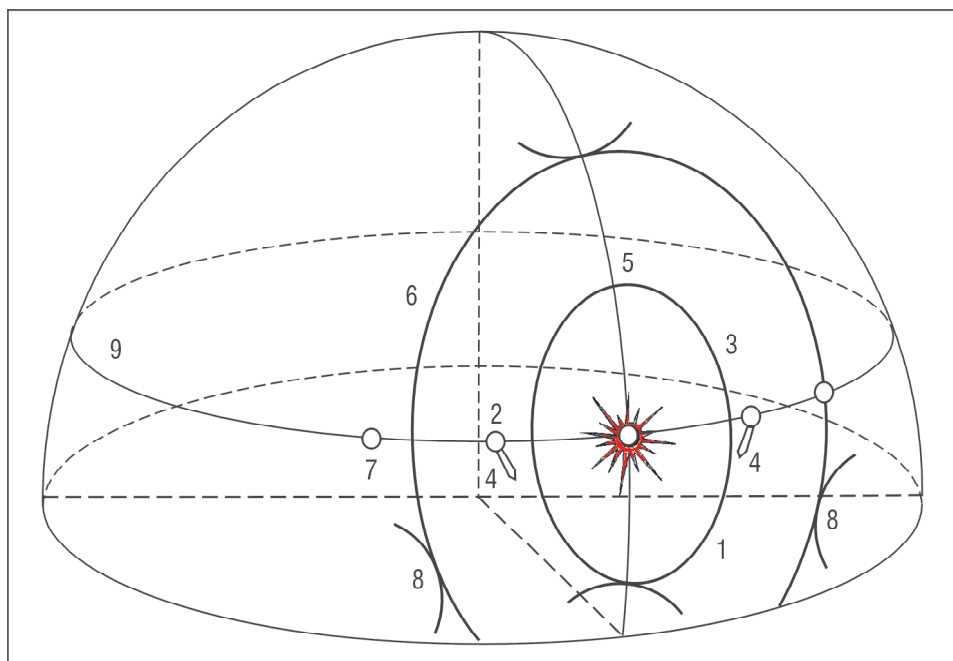
Obecnie uważa się, że powstawanie pięknej tęczy ma zawiłą genezę i należy uwzględnić dużą liczbę parametrów w równaniach dających matematyczną interpretację zjawisk przechodzenia, załamania, odbicia, ugięcia promieni świetlnych przez krople wody i natężenia barw tych zjawisk. Podobnie skomplikowane teorie dotyczą wyjaśnień zjawisk typu halo – kręgów, łuków świetlnych i tzw. słońc pobocznych, które powstają wskutek załamania światła w kryształkach lodu znajdujących się w atmosferze lub tworzących chmury wysokie. Kryształki

te mają różne rozmiary ale zawsze są sześciokątnymi bryłami geometrycznymi. Stosunek ich długości do szerokości, ilość i ułożenie w atmosferze mają zasadnicze znaczenie przy formowaniu się świetlnych zjawisk na niebie. Kręgi świetlne o promieniu 22° i 46° były i są dość często obserwowane, ale nic dziwnego, że ich dziwne kształty, układanie się w piramidy, plamy o różnych barwach w starożytności i średniowieczu wzbudzały nie tylko zachwyt, ale i prowokowały do nadnaturalnej interpretacji. Ale jeszcze obecnie liczne nietypowe zjawiska świetlne, chociaż fizyczny proces ich powstania może być wyjaśniony matematycznie, są szczegółowo badane za pomocą symulacji komputerowych. Jak się okazuje – sporo jeszcze pozostaje do zaobserwowania i wyjaśnienia. Takie niezwykle rzadko pojawiające się zjawiska otrzymują nazwę łączoną z nazwiskiem pierwszego obserwatora, który je opisał – np. siedem słońc Heweliusza (obserwacje astronoma gdańskiego Jana Heweliusza w dniu 20 lutego 1661 r.), łuki Parry’ego czy łuki Lowitza (Greenler 1998).

Do częstych zjawisk świetlnych obserwowanych na niebie należą wieńce wokół księżyca lub słońca, barwne lub białawe. Należą do nich także tzw. „lisie czapy”, uważane słusznie za zapowiedź pogorszenia się pogody. Mają one średnicę mniejszą od kręgów halo, powstają przy cienkiej warstwie chmur niskich



Ryc. 1. Różne formy stycznych łuków poziomych małego halo zależnie od wysokości słońca nad horyzontem



Ryc. 2. Schemat niektórych najważniejszych zjawisk halo

1 - halo 22°, 2 i 7 - słońca poboczne, 3 - łuki styczne do halo 22°, 4 - ukośne łuki Lowitza, 5 - łuk Parry'ego, 6 - halo 46°, 8 - dolne łuki styczne do halo 46°, 9 - koło horyzontalne

i średnich, wskutek załamania się światła (*Słownik meteorologiczny* 2003) i jako dyfrakcyjny obraz światła księżycowego lub słonecznego ugiętego w atmosferze na kropkach wody lub na kryształkach lodu, często niewyraźnego, zamazanego. Dyfrakcja fali świetlnej oznacza jej ugięcie się na niejednorodnościach w atmosferze, np. brzegach chmur. Do zjawisk optycznych powstających wskutek dyfrakcji zaliczono także glorię i aureolę. Pierwsza z nich to barwny pierścień (jeden lub kilka) wokół cienia obserwatora, często znacznie powiększonego na kilku warstwach mgły czy chmur lub wokół lecącego samolotu na niższych położonych chmurach. W górach to niezwykle efektowne zjawisko nazywane jest widmem Brockenu (Trepiańska 2002). Aureola to wieniec o mniejszej średnicy niż gloria, kolorowy lub białawy pierścień wokół obserwowanych obiektów. Glorii może towarzyszyć biaława poświata zwana nimbem. Jest to światło, które można zauważyć jako poblask wokół cienia własnej głowy, padającego na nierówną powierzchnię, np. na górną powierzchnię chmury (w górach) lub trawnika, zwłaszcza wtedy, gdy jest on pokryty kropkami rosy. Na nich promienie świetlne załamują się i następnie ogniskują je w niewielkiej odległości za kropkami, dając efekt poświaty, widoczny tylko wokół własnej postaci (Greenler 1998).

Opis nadzwyczajnego obrazu unoszenia się klasztoru jasnogórskiego, autorstwa Henryka Sienkiewicza, może być wyjaśniony jako zjawisko mirażu górnego. Powstaje ono przy nietypowym załamaniu i odbiciu promieni światła w przypadku bardzo dużych różnic gęstości powietrza. Takie obrazy mogą pojawiać się do wysokości 10° nad horyzontem i wtedy mogą być widoczne przedmioty znajdujące się poniżej horyzontu (*Słownik meteorologiczny* 2003).

I jeszcze inny opis zamieszczony w dziele wielkiego pisarza:

"Dzień już był zupełny i pogodny, jeno mgły wisiały nad ziemią, ale niebo było czyste i rumiane od porannej zorzy. Biały tuman przestaniał sam szczyt Jasnej Góry i wedle zwykłego rzeczy porządku powinien był zakrywać kościół; tymczasem szczególniejszym zjawiskiem przyrody kościół wraz z wieżą unosił się nie tylko nad skałę, ale i nad mgłę, wysoko, wysoko, zupełnie jakby oderwał się od swej podstawy i zawisł w błękitach pod niebem...

Krzyki żołnierzy zwiastowały, że spostrzegli także zjawisko.

– To mgła oczy ludzi! – zakrzyknął Miller.

– Mgła leży pod kościołem! – odpowiedział Sadowski.

– Zadziwiająca rzecz, ale ten kościół jest dziesięć razy wyżej, niż był wczoraj, i wisi w powietrzu – rzekł książę Heski.

– W górę jeszcze idzie! W górę, w górę! – krzyczeli żołnierze. – Z oczu niknie!...

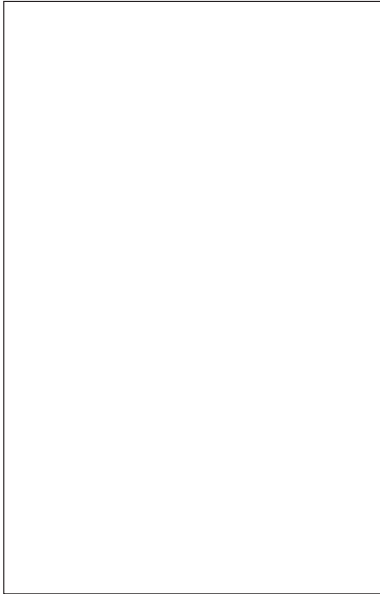
I istotnie, tuman wiszący na skale począł się podnosić na kształt niezmiernego słupa dymu ku niebu, kościół zaś, osadzony jakby na szczycie owego słupa, zdawał się wzbijać coraz wyżej, jednocześnie zaś hen już pod samymi obłokami przestaniał się coraz więcej białym oparem, rzekłbyś: roztopiał się, rozptywał, mącił, na koniec zniknął zupełnie z oczu...

... powstał wiatr i począł odwiewać opary. W kłębach tumanu poczęło coś majaczyć, na koniec słońce zeszło i powietrze stało się przezroczyste.

Mury klasztorne zarysowały się z lekka, potem wychylił się kościół, klasztor. Wszystko stało na dawnym miejscu..."

(H. Sienkiewicz, *Potop*, tom II, PIW, s.241).

Bardzo obrazowo przedstawione przez Sienkiewicza powietrzne majaki mogą być wyjaśnione niezwykłymi układami chmur Stratus w połączeniu z mirażem. Opis sugeruje, iż wystąpiło tu jednocześnie zjawisko mirażu górnego, na które nakładały się strzępy chmur St przesłaniające klasztor na różnej wysokości. Powstało w warunkach bezwietrznych, przy inwersji temperatury, czyli wystąpienia oziębienia dolnej warstwy powietrza i ocieplenia górnej warstwy (Tamulewicz 1997). Później zrywający się wiatr prznosił i rozwiewał części chmury, co powodowało zmianę obserwowanego obrazu i wrażenie jego powiększania się. Podobne „tańce chmur” były wielokrotnie opisywane, bowiem wywierały niebywale wrażenie na widzach. Do tej kategorii zjawisk mirażu w połączeniu z rozwiewanymi strzępami chmur może być zaliczone wspomniane zjawisko optyczne obserwowane w Fatimie w 1917 r.



) III
(IV

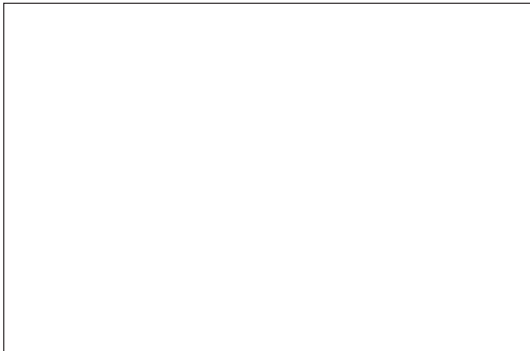
o

Cumulonimbus □
(IV



) III
(IV

)



III
IV
(IV

)

Wyobraźnia czy rzeczywistość?

"...Pewnego rana popłoch wszczął się ...żołnierze bowiem ujrzeli wyraźnie niewiastę w błękitnym płaszczu, osłaniającą kościół i klasztor.... nadjechał sam Miller, próżno tłumaczył im, że to mgły i dymy ułożyły się w ten sposób..."

(H. Sienkiewicz, *Potop*, tom II, PIW, s. 271-272)

Wspaniałe barwy nieba, obrazy utworzone przez promienie świetlne – rozpraszane, odbijane, załamywane przez atmosferę ziemską i zawarte w niej naturalne i produkowane przez człowieka aerozole są rzeczywistością i od dawna były opisywane i badane. Zjawiska towarzyszące często niezwykłym obrazom, uznanym za objawienia boskich istot, mogą być uznane za część *Sacrum*, gdyż stanowią niezwykle piękną i bogatą oprawę objawień. Inną sprawą jest naukowe wyjaśnienie tych wspaniałych zjawisk a jeszcze inną – uznanie ich za nadprzyrodzone i zwiastujące przyszłe wydarzenia, które mogą wpłynąć na bieg historii i losy ludzkości. Tu właśnie wkracza już wyobraźnia człowieka, często nie dająca się przekonać, że to przyroda tworzy cudowne obrazy na niebie, a wnikliwa ich obserwacja jest podstawą do wyjaśnienia tych niezwykłości. Stan współczesnej wiedzy przyrodniczej umożliwia zaliczenie ich do zjawisk przyrodniczych i zaprzecza ich magicznej sile jako przepowiedni historycznej.

Nie wspomniano tu o innych niezwykłych zjawiskach na niebie, spowodowanych przez spadające roje meteorów, pojawiające się komety, zaćmienia słońca i księżyca, zorze polarne, zorze o niebywale ostrych barwach, pojawiające się po pyłowych wybuchach wulkanów, piorunach kulistych, ogniach świętego Elma i wielu, wielu innych... Rozmaitość i piękno tych zjawisk pozwala na stwierdzenie, że cała otaczająca przyroda nas jest niezwykłym i wspaniałym fenomenem.

LITERATURA

- Archiwum Zakładu Klimatologii Instytutu Geografii i Gospodarki Przestrzennej UJ.
- Greenler R., 1998, *Tęcze, glorie, halo*, Wyd. Prószyński i S-ka, Warszawa.
- Jackowski A., Soljan I., Bilska-Wodecka E., 1999, *Religie świata szlaki pielgrzymkowe*, [w:] *Wielka Encyklopedia Geografii Świata*, XV, Wyd. Kurpisz, Poznań, 119.
- Kossowska-Cezak U., Niedźwiedz T., Paszyński J. (red.), 2003, *Słownik meteorologiczny*, Wyd. IMGW, Warszawa.
- Staszewski A. (red.), 1988, *Królowa Tatr*, Wyd. W drodze, Poznań, 12-13.
- Schmidt M., 1972, *Meteorologia dla każdego*, Wyd. Komunikacji i Łączności, Warszawa, 234-250.
- Stenz E., 1956, *Ziemia, Rozdział XXIII, Zjawiska optyczne w atmosferze*, PWN, Warszawa, 287-301.
- Tamulewicz J., 1997, *Pogoda i klimat Ziemi*, [w:] *Wielka Encyklopedia Geografii Świata*, V, Wyd. Kurpisz, Poznań, 183-192.
- Trepińska J., 2002, *Górskie klimaty*, Rozdział 10.2, Wyd. Inst. Geogr. i Gosp. Przestrz. UJ, Kraków, 169-172.

OPTICAL PHENOMENA IN THE ATMOSPHERE AND THEIR INTERPRETATION

SUMMARY

Atmospheric optical phenomena have not just always fascinated onlookers and researchers, but stimulated explanations of their physical nature, whether the phenomena were regarded as supernatural interventions or secrets of nature. A photometeor is an optical phenomenon that can be explained by the laws of physics. However, the incredible variety, the play of lights and the plethora of shapes and sizes including circles, arcs, blots and crosses often quoted in descriptions of divine revelations are bound to remain a curious, but glorious crowning of the atmospheric phenomena and part of the geographic space where the Sacrum is at work.

Translated by Paweł Pilch

