

Sięgnąć obłoków

Czy można dotknąć chmury? Czy można z nich wróżyć pogodę? Na te oraz wiele innych pytań szukamy odpowiedzi w rozmowie z **dr Krzysztofem Bartoszkim** z Katedry Hydrologii i Klimatologii UMCS.

ADAM PRZYSTUPA

Co poczulibyśmy, gdyby dane nam było dotknąć chmury?

Nie sposób dotknąć chmury w sposób dla nas odczuwalny, bo chmura to mikroskopijne kropelki wody i kryształki lodu. By to zrozumieć wystarczy sobie uświadomić, że mgła, którą doskonale znamy, to też swego rodzaju chmura, tylko powstająca przy powierzchni ziemi. Kiedy idziemy przez mgłę nie odczuwamy żadnego oporu, nie możemy jej dotknąć, nie odczuwamy jej namacalnie. Ewentualnie wchodząc w ten obszar skondensowanej pary wodnej, odnajdziemy na zroszonym ubraniu mikroskopijne kropelki wody. W bardzo niskiej temperaturze para wodna kryształizuje się i może oszroni nam włosy.

Odczujemy więc jej temperaturę?

Jeśli wzniesiemy się wysoko, odczujemy chłód, ale będzie on związany bardziej z temperaturą powietrza na tej wysokości, a nie z temperaturą samej chmury.

Jak wysoko trzeba by sięgnąć aby dotknąć obłoków?

By odpowiedzieć na to pytanie trzeba wspomnieć o podziale chmur na rodziny, tj. ze względu na wysokość ich podstaw. Najwyżej, w przedziale między 5 a 12 km nad powierzchnią ziemi, znajdują się chmury piętra wysokiego, takie jak Cirrus, Cirrostratus i Cirrocumulus, które zbudowane są tylko i wyłącznie z kryształków lodu. Poniżej na wysokościach między 2 a 7 km występują chmury piętra średniego: Altocumulus i Altostratus. Pod nimi odnajdziemy chmury piętra niskiego – zbudowane głównie z kropelek wody chmury warstwowe: Stratus, Stratocumulus i Nimbostratus. Wyróżniamy też rodzinę chmur o budowie pionowej. To chmury Cumulus, czyli chmury ładnej pogody, najczęściej występujące w lecie o charakterystycznych

kalafiorowatych skłębieniach oraz chmury burzowe Cumulonimbus, przypominające kształtem kowadło, które mogą mieć podstawę w piętrze niskim na wysokości około 2 km i sięgać wierzchołkiem aż do piętra wysokiego, do wysokości 12 km. To podstawowy podział chmur. Każda z nich ma jeszcze swoje gatunki i odmiany.

Co decyduje o rodzaju powstającej chmury?

Chmury powstają wskutek procesu kondensacji pary wodnej, czyli niewidocznej dla ludzkiego oka wody w stanie gazowym. Przy ochłodzeniu powietrza obecna w nim para wodna skrapla się. W zależności od wysokości na jakiej ten proces zachodzi i panującej tam temperatury powstają chmury zbudowane z kryształków lodu lub kropelek wody. Na wysokości ponad 7 km, gdzie temperatura powietrza osiąga -40°C , pojawiają się więc chmury pierzaste zbudowane z lodu, im niżej tym większe jest prawdopodobieństwo występowania chmur zbudowanych z kropelek wody, choć i tak najczęściej występują chmury mieszane. Na powstawanie chmur mają wpływ różne procesy fizyczne. Najbardziej charakterystyczny z nich możemy zaobserwować w okresach o dużym nasłonecznieniu. Kiedy promienie słoneczne nagrzewają powierzchnię ziemi, od podłoża ogrzewa się też leżące tuż nad nim powietrze. Ponieważ powietrze przy ziemi staje się cieplejsze od tego, które jest wyżej, działają siły wyporu – cieplejszy gaz jako lżejszy zaczyna się unosić ku górze. Pojawiają się wtedy prądy wstępujące, czyli tzw. konwekcja. Im bardziej jest nagrzana powierzchnia ziemi, tym prądy wstępujące będą silniejsze. Powietrze które zawiera parę wodną jest wynoszone na wyższe wysokości, czyli do poziomu kondensacji, tam ochładza się do temperatury punktu rosy i powstają chmury typu

FOTO: Redakcja.



Cumulus, a w dalszej kolejności Cumulonimbus. Prądy konwekcyjne sięgają zwykle kilku kilometrów, co powoduje charakterystyczne skłębienia tych chmur. Drugi proces to powstawanie chmur wślizgowych. Wyobraźmy sobie, że wędrujący z zachodu front ciepły rozdziela napływające powietrze ciepłe od ustępującego powietrza chłodnego. Duże objętości ciepłego powietrza wślizgują się pod niewielkim kątem po powietrzu chłodnym unosząc się powoli ku górze, po czym docierają do wysokości, gdzie rozpoczyna się kondensacja pary wodnej. Ponieważ są to ruchy powietrza na wielką skalę, kondensacja występuje na bardzo dużym obszarze, nawet na przestrzeni ponad tysiąca kilometrów.

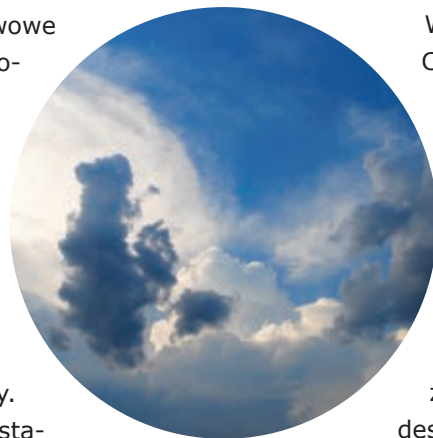
Powstają wtedy chmury warstwowe zakrywające często cały nieboskłon. Dość często związane są z nimi długotrwałe, jednostajne opady o niedużym natężeniu, w przeciwieństwie do wcześniej wspomnianych Cumulonimbusów, gdzie opad jest zazwyczaj krótki, trwający od kilku do kilkunastu minut, ale bardzo intensywny. Wreszcie trzeci proces to powstawanie chmur falowych, pomiędzy którymi często prześwituje błękit nieba. To najczęściej chmury Altocumulus i Stratocumulus, które powstają wskutek zalegania nad sobą dwóch warstw powietrza, różniących się temperaturą i wilgotnością. Na ich styku powstaje zafalowanie, wówczas to powietrze przemieszczając się w płaszczyźnie poziomej zgodnie z falą raz wznosi się, raz opada. Na grzbiecie tej fali następuje kondensacja pary wodnej i powstaje niewielkiej wielkości chmura, natomiast w dolinie fali powietrze opadając osusza się, więc w tym miejscu kropelki wody wyparowują. Ta sekwencja powtarza się, stąd chmury porożsiewane są regularnie po niebie i występują w postaci zakrąglonych brył i walców. Wyróżnia się jeszcze chmury orograficzne, występujące na zboczach dowiejtrzných łańcuchów górskich, stanowiących barierę dla przemieszczającego się powietrza i wymuszających jego ruch ku górze. Prowadzi to zwykle do powstawania chmur warstwowych Stratus.

Jak długi jest żywot chmury? Można je traktować jako byt samoistny, czy też

przeistaczają się z jednej formy w drugą?

Bardzo trudno jest określić czas życia danej chmury, bo procesy w niej zachodzące mają charakter ciągły. Chmura wciąż się zmienia. Kiedy wieczorem w okresie letnim powierzchnia ziemi się ochładza i prądy wstępujące są coraz słabsze, chmury konwekcyjne spłaszczają się, rozlewają na boki i czasem przeobrażają w chmury warstwowe. Wszystko zależy od zmieniających się warunków atmosferycznych. Wystarczy, że chmura przemieści się w obszar suchego powietrza, a wtedy może wyparować i zniknąć.

Dziecięce wyobrażenie, że ciemna chmura zwiastuje deszcz a jasna pogodę, ma w sobie coś z prawdy?



W pewnym uogólnieniu, tak. Ciemna barwa chmury zazwyczaj oznacza, że charakteryzuje się ona większą wodnością i przechodzi przez nią mniej promieni słonecznych. Nie jest to jednak reguła. To samo obserwujemy, gdy chmura znajduje się w cieniu innej chmury, która znajduje się wyżej. Sygnałem zbliżającego się deszczu bardziej są nadciągające ciemne i rozciągnięte zarówno w poziomie, jak i pionie chmury, a nie ciemniejsze fragmenty chmur u ich podstawy, które widzimy tuż nad nami.

Czy w chmurach występuje życie?

Nie można stwierdzić, aby istniała charakterystyczna dla chmur fauna. Oczywiście w chmurach piętra niskiego i średniego znajdziemy owady i unoszone wiatrem mikroorganizmy. Obok cząsteczek pyłu są one tzw. jądrami kondensacji, bez których nie powstała by chmura. Woda skrapla się właśnie na tych mikrocząstkach. Doświadczalnie udowodniono, że w powietrzu pozbawionym jakiegokolwiek zanieczyszczenia pochodzenia naturalnego lub antropogenicznego, nawet przy dużym przesyceniu parą wodną chmura nie powstanie. Jednakże, jak wiadomo, choćby z powodu okresowego występowania w miastach smogu, te cząstki są stałym komponentem powietrza atmosferycznego.

Od smogu, już tylko krok do ocieplenia klimatu...

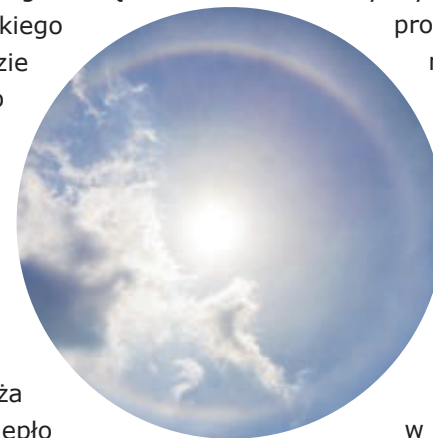
W przypadku zagadnień związanych z ociepleniem klimatu rola chmur jest dość istotna,

aczkolwiek niejednoznaczna. W warunkach ocieplenia i zwiększonego parowania obserwujemy zwiększoną ilość pary wodnej w atmosferze, a więc powinna istnieć tendencja do powstawania większej ilości chmur. Większe zachmurzenie przez chmury piętra niskiego powinno blokować dopływ do powierzchni ziemi promieniowania słonecznego. Miałoby to wpływ ochładzający na naszą planetę, co świadczy że w przypadku ocieplenia uruchamiają się w przyrodzie mechanizmy stabilizujące temperaturę Ziemi. Nie znamy jeszcze jednak wszystkich procesów fizycznych zachodzących w systemie klimatycznym, tak więc wraz z postępującym ociepleniem mogą pojawić się inne czynniki, które jednak ograniczą tworzenie się chmur piętra niskiego i temperatura Ziemi dalej będzie mogła wzrastać. Dodatkowo warto nadmienić, że z kolei chmury piętra wysokiego przyczyniają się bezpośrednio do ogrzewania atmosfery. Są niemal przezroczyste dla promieni słonecznych, natomiast wychwytyują promieniowanie długofalowe z podłoża naszej planety i zatrzymują ciepło w atmosferze.

Ludzie od dawna próbowali na podstawie wyglądu chmur prognozować pogodę. Czy słusznie?

Aby z wyglądu chmur wyciągać wnioski co do zmian pogody, niebo trzeba obserwować w pewnym przedziale czasu, a nie wyrękowo. Przykładowo, nadciągające ławice chmur Cirrus uncinus, mające kształt wstęg lub włókien zakończonych haczykami, na ogół zwiastują pogorszenie pogody. Są to bowiem tak naprawdę rozciągnięte na duże odległości, rzędu kilkuset kilometrów, wierzchołki chmur opadowych. Na wysokościach rzędu 9-12 km wiatr osiąga prędkość 200-300 km/h i przewiewa tego rodzaju chmury na obszary znajdujące się przed frontem ciepłym, z którym związane jest duże zachmurzenie i jednostajne opady. Zwykle ta odmiana chmur Cirrus przekształca się w inny rodzaj chmur piętra wysokiego, czyli Cirrostratus, tworząc na niebie mleczno-białą zasłonę. Można wtedy zaobserwować zjawisko optyczne nazywane „halo”, czyli barwny pierścień wokół tarczy słonecznej. Halo powstaje na skutek załamania

FOTO: Zjawisko halo. Adobe Stock.



promieni słonecznych na kryształkach lodu, z którego są zbudowane te chmury. Kolory tego pierścienia nie są aż tak intensywne jak w przypadku tęczy. Kolejną fazą jest gęstnienie tych chmur i przemiana w chmurę piętra średniego Altostratus. Oznaką zbliżającego się pogorszenia pogody może być obserwowane zjawisko prześwitwania przez tę chmurę Słońca, które to przybiera postać bladego dysku. Z tych chmur jest już możliwy opad drobnego deszczu lub śniegu, ale większe jego ilości są charakterystyczne dla pojawiających się w dalszej kolejności niskich chmur Nimbostratus, całkowicie zasłaniających tarczę słoneczną. Jak więc widać,

aby wyciągać prawidłowe wnioski co do prognozy, musimy obserwować pewną sekwencję procesów atmosferycznych. Pamiętajmy jednak, że nie mówimy tu o pewności wystąpienia opadów, a o dużym prawdopodobieństwie ich zajścia w danym miejscu. W ciepłej połowie roku potencjalną zmianę pogody można oceniać na podstawie obserwacji tempa rozrastania się w pionie chmur Cumulus. Ponadto pewną wskazówką może być również obserwacja smug kondensacyjnych ciągnących się za przelatującymi na dużych wysokościach samolotami. Jeśli smuga jest krótka i szybko wyparowuje, to jest oznaką, że atmosfera jest sucha i jest małe prawdopodobieństwo tworzenia się chmur opadowych. Natomiast jeśli ta smuga się ciągnie i rozszerza w poziomie oznacza to, że są warunki, które mogą sprzyjać dalszemu tworzeniu się chmur i być może pogorszeniu pogody w dalszej części dnia.

Dziś wszyscy w poszukiwaniu prognozy pogody sięgają do internetu...

Obecnie w internecie możemy korzystać z map burzowo-opadowych, na których w czasie rzeczywistym możemy obserwować kierunek przemieszczania się opadów, ich natężenie w danym miejscu, a także lokalizację wyładowań atmosferycznych. Natomiast jeśli chodzi o prognozy pogody, to jak wiemy charakteryzują się zmienną sprawdzalnością, co zależy także od pory roku. Mimo, że poznaliśmy główne mechanizmy powstawania zjawisk meteorologicznych i prognozujemy warunki sprzyjające zachodzeniu



wielu procesów w atmosferze, to niestety nie wszystko co można zaobserwować w przyrodzie da się opisać wzorami matematycznymi. Stąd w prognozach mówimy często o prawdopodobieństwie występowania burz, a nie o pewności ich wystąpienia w danym konkretnym miejscu, w którym się akurat znajdujemy. Zalecane jest śledzenie prognoz pogody z różnych źródeł i traktowanie z ostrożnością wyników modeli dla okresu dłuższego niż 5 dni. Prognozy długoterminowe, szczególnie dla kolejnych miesięcy, wciąż mają ograniczoną wartość aplikacyjną, aczkolwiek konstruowane są one nie w celu prognozy pogody w danym dniu, tylko do określenia prawdopodobieństwa, czy dany miesiąc będzie cieplejszy lub bardziej suchy od przeciętnego. Inny aspekt to prognozy pogody przedstawiane w telewizji. Warto w nich zwracać uwagę na fakt, iż dla pory dziennej podawane są prognozowane wartości temperatury maksymalnej, zaś dla nocy temperatury minimalnej, tak więc w ciągu całego dnia należy spodziewać się wartości pośrednich między nimi. Warto też pamiętać, że prognozy temperatury powietrza odnoszą się do warunków panujących na wysokości dwóch metrów nad poziomem gruntu, a więc na której wykonywane są pomiary na stacjach meteorologicznych. Tak więc w przypadku występowania przymrozków temperatura przy powierzchni ziemi może być nawet o kilka stopni niższa, od tej zmierzonej na wysokości dwóch metrów. Jeszcze inny aspekt, to różnica temperatury powietrza w tym samym momencie między cieplejszym centrum miasta, a chłodniejszym jego obrzeżem – również i w tym przypadku może ona dochodzić do nawet kilku stopni Celsjusza.

Lubi Pan obserwować chmury?

Jako klimatolog robię to zapewne częściej niż inni. Czasem zaintryguje mnie jakiś ciekawy gatunek lub odmiana chmury, jak na przykład *Altostratus lenticularis*. W czerwcu tego roku nie tylko moją uwagę przykuło zjawisko *mamma*, które towarzyszy chmurom burzowym. Tak wyraziście jak wówczas wypukłości w postaci grona zawieszone u podstawy chmur *Cumulonimbus* są charakterystyczne dla burz z obszaru „alei tornad” w USA, natomiast w Polsce pojawiają się zdecydowanie rzadziej. Zwykle zwiastują nadejście w ciągu kilkunastu minut bardzo intensywnych zjawisk pogodowych, ale u nas na szczęście skończyło się wówczas tylko na krótkotrwałym deszczu.



dr Krzysztof Bartoszek

Adiunkt w Katedrze Hydrologii i Klimatologii UMCS, autor licznych publikacji naukowych, specjalista w zakresie zmienności słoneczności i zachmurzenia w Polsce, cyrkulacji atmosferycznej, wykorzystania danych satelitarnych w klimatologii oraz charakterystyki okresu wegetacyjnego w Polsce.

FOTO: Zjawisko *mamma*, Lublin, czerwiec 2021 r. Anna Szabat.

RZECZY POMIESZANIE

ADAM PRZYSTUPA

Czasem ważnych, czasem błahych, czasem intrygujących, ale zawsze prawdziwych...

Towarzyszące nam w ostatnich miesiącach **pojęcie kwarantanny**, czyli przymusowej izolacji w celu ograniczenia rozprzestrzeniania się epidemii pochodzi z języka włoskiego. Jego nazwa pochodzi od ustanowionego w 1448 roku przez senat Wenecji okresu 40 dni (wł. *quaranta* – czterdzieści), przez który przybywające statki pozostawały na redzie portu oczekując na ewentualne pojawienie się objawów dżumy. Wcześniej wedle dokumentu z 1377r. by wejść do portu w Raguzie należało odczekać 30 dni. Należy w tym miejscu wspomnieć, iż jeszcze starsze są zapisy Księgi Kapłańskiej Starego Testamentu, które określają 7-dniowy okres kwarantanny w przypadku podejrzenia trądu.

Jedną z największych rekonstrukcji historycznych na świecie jest odbywający się co 4 lata festiwal w niemieckim mieście Landshut upamiętniający ślub księcia Jerzego Bawarskiego z rodu Wittelsbachów z Jadwigą Jagiellonką, córką króla Kazimierza Jagiellończyka. Zabawa angażuje ponad 2 000 uczestników. To i tak niewiele, zważywszy, iż w listopadzie 1475r. dziesięć tysięcy weselników ugoszczono podając na stoły potrawy z 320 wołów, 500 cieląt, 1500 owiec, 1300 baranków i 40 tysięcy kurcząt.

Zauważyliście, że podczas kichania odruchowo zamykamy oczy? To mechanizm obronny, który chroni oczy przed wysokim ciśnieniem powstającym w naszym ciele w momencie kichnięcia. Aby oczyścić drogi oddechowe nasz organizm zamykając krtań i kurcząc mięśnie brzucha i międzyżebrowe wytwarza nadciśnienie, które uwolnione w momencie kichnięcia wyrzuca powietrze z prędkością około 40-65 km/h. W skrajnych przypadkach prędkość ta może osiągnąć nawet 160 km/h.

Niemal każdy, kto oglądał film „Amadeusz” Miloša Formana pozostaje z głębokim przekonaniem, iż Antonio Salieri to zakompleksiony dworski intrygant, cierpiący z powodu braku talentu właściwego największemu, co więcej morderca Wolfganga Amadeusza Mozarta. Tymczasem pole dla ewentualnej rywalizacji było niewielkie – Mozart znany był bowiem głównie jako twórca muzyki instrumentalnej, Salieri natomiast poświęcił się niemal wyłącznie operze. Salieri nie miał też powodów do zazdrości, ponieważ za życia był słynniejszy niż Mozart. Jego opera „*L'Europa riconosciuta*” została wykonana jako pierwszy spektakl w mediolańskim Teatro alla Scala. To jemu powierzono oprawę muzyczną Kongresu Wiedeńskiego. Salieri był nadto nauczycielem m.in. Ludwiga van Beethovena, Franza Schuberta i Franza Liszta. Po śmierci kompozytora jego twórczość powoli odeszła w zapomnienie, postrzegana jako przestarzała stylistycznie. Niemniej losy Salieriego to ciekawy przypadek jak zabiegi mające na celu uduchowienie i niuansowanie fabuły mogą krzywdząco zaważyć na czyjejś pamięci. Gwoli sprawiedliwości Forman jedynie utrwalił fałszywy wizerunek Salieriego stworzony przez Puszkina w sztuce „Mozart i Salieri”.

Najbardziej odpornymi organizmami na ziemi wydają się niesporczaki. Te niewielkie bezkręgowce (0,01-1,2 mm długości) zwane „wodnymi niedźwiedziami” są w stanie przetrwać w stanie anabiozy (ich organizmy wysychają i spowalniają swój metabolizm) w warunkach ekstremalnych temperatur od -272 do 150°C, wysokiego ciśnienia (ok. 6000 atmosfer), znoszą również 1000 razy silniejsze promieniowanie jonizujące niż jakiegokolwiek inne zwierzę.