

Strona czasopisma: <http://analit.agh.edu.pl/>

Wpływ związków chemicznych na zjawiska pogodowe

Chemistry in weather phenomena

Martyna Kęпка, Sara Krzyżyk

AGH Akademia Górniczo-Hutnicza, Wydział Inżynierii Materiałowej i Ceramiki, al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków, Polska

ABSTRAKT: Chemia jest szeroko obecna w zjawiskach pogodowych. Przykładem mogą być elektrony, które w górnych warstwach atmosfery zostają wzbudzone. Wówczas składniki atmosfery emitują różnokolorowe światła – jest to zjawisko zorzy. Zachodzi ono na skutek burz magnetycznych na Słońcu. Obserwowane przez nas barwy zorzy warunkują między innymi cząsteczki tlenu i azotu. Przykładem może być kolor czerwony oraz zielony określany nie tylko przez gazy, ale także wysokość na jakiej występuje zjawisko [1,2,3].

ABSTRACT: Chemistry is widely present in weather phenomena. An example is electrons and atoms precipitating in the upper layers of the atmosphere, there they are excited. Then the components of the atmosphere emit different colored lights - this is the phenomenon of aurorae. It occurs due to magnetic storms on the Sun. The colors of the aurora we observe are conditioned, among other things, by oxygen and nitrogen molecules. As an example, red and green colors are determined not only by gases, but also by the altitude at which the phenomenon occurs [1,2,3].

Słowa kluczowe: chemia, pogoda, zorza, manipulacja

1. Wstęp

Chemia jest szeroko obecna w zjawiskach pogodowych. Przykładem mogą być elektrony, które w górnych warstwach atmosfery zostają wzbudzone. Wówczas składniki atmosfery emitują różnokolorowe światła – jest to zjawisko zorzy. Zachodzi ono na skutek burz magnetycznych na Słońcu. Obserwowane przez nas barwy zorzy warunkują między innymi cząsteczki tlenu i azotu. Przykładem może być kolor czerwony oraz zielony określany nie tylko przez gazy, ale także wysokość na jakiej występuje zjawisko [1,2,3].

Chemia nie tylko jest obecna w zjawiskach pogodowych, ale także wykorzystywana do ich kontroli. Człowiek nauczył się manipulować pogodą poprzez wywoływanie deszczu, śniegu lub gradu, czy wręcz przeciwnie, zatrzymania tych zjawisk np. poprzez rozbijanie chmur. Celem kontroli jest zwiększenie lokalnego zapotrzebowania na wodę lub zapobieganie występowania szkodliwych warunków pogodowych. Nie wygląda to jednak tak jak na filmach, ludzie nie są w stanie spowolnić wiatru, czy podwyższyć temperatury otoczenia. Z pomocą przychodzą związki chemiczne. Przykładem może być suchy lód, czy jodek srebra. Tego typu działania mogą zmniejszyć suszę na świecie, ale także mogą być narzędziem zbrodni. Pozostaje więc pytanie, czy jest to szansa na lepszą przyszłość, czy kolejny krok do tyłu [4-9].

2. Chemia w zjawiskach naturalnych – zorza

Chemia jest obecna niemalże we wszystkich zjawiskach obserwowanych na Ziemi. Jednym z nich jest zorza polarna, która od wieków fascynuje obserwatorów na wysokich szerokościach geograficznych, ale dopiero niedawno zaczęto rozumieć procesy, które ją wywołują. Obserwacje

równowagi barw w zorzach mogą dostarczyć ciekawych informacji o procesach chemicznych i fizycznych zachodzących w przestrzeni bliskiej Ziemi, które powodują powstawanie zorzy. Wysokorozdzielcze obserwacje pozwalają na opisanie mechanizmów odpowiedzialnych za kolory zorzy.

Zorza polarna to piękne zjawisko widocznie w szczególności w pobliżu magnetycznych biegunów Ziemi, której wyróżniamy dwa rodzaje – Aurora borealis widoczna na półkuli północnej oraz Aurora australis – na półkuli południowej. Dane literaturowe pokazują [1,3], iż wg. naukowców zorze północne i południowe w dużej mierze są swoimi lustrzanymi odbiciami w tym samym czasie, o podobnych kształtach (przyjmując wiele form np.: pasma, łuki, kurtyny, promienie, korony) i kolorach (przeważa jasny odcień zielony i różowy). Najczęściej zorze polarne mogą pojawić się na wysokości od 90 do 130 km n.p.m., jednakże niektóre postacie sięgają wysokości kilkuset kilometrów w górę.

Zjawisko zorzy można obserwować całorocznie, zarówno po północnej jak i południowej stronie Ziemi. Natomiast jest wynikiem zderzeń naładowanych elektrycznie cząstek pochodzących ze Słońca (tzw. wiatru słonecznego), które z wysoką prędkością napływają do ziemskiej atmosfery. Dochodzi do oddziaływań pola magnetycznego Ziemi, w wyniku których naładowane elektrony wchodzi w ruch spiralny wzdłuż linii pola magnetycznego z obecnymi cząsteczkami azotu oraz tlenu. Naładowane cząstki, które powodują zorze, mogą poruszać się tylko wzdłuż kierunku pola magnetycznego. To kształtuje zorzę w struktury przypominające kurtyny i promienie. Natomiast cząsteczki gazów, które są wzbudzone, mogą przechowywać energię przez bardzo krótki czas, a więc powracają do stanu podstawowego, a następnie wypromieniowują energię w postaci kwantów światła. W tym procesie niektóre cząsteczki ulegają dysocjacji na atomy, a niektóre cząsteczki i atomy ulegają jonizacji. Na wysokości, na której występują zorze, powyżej około 62 mil (100 km), powietrze jest na tyle rzadkie, że tlen może występować w formie atomowej, podczas gdy, powietrze, którym oddychamy zawiera tylko tlen cząsteczkowy.

Jednakże elektrony z aurorów, czyli te które są zjonizowane powodując emisję światła, mają czasem wystarczającą energię, by wnikać głębiej w atmosferę. Gdy tak się dzieje, możliwa jest jedynie emisja elektronów o znacznie krótszym czasie życia. Najobfitszym gazem jest azot molekularny, który promieniuje szybko w głębokich kolorach niebieskim i czerwonym. Zmieszanie ich razem daje kolor fioletowy. Dolna krawędź zielonej kurtyny auroralnej uzyskuje ten fioletowy kolor, gdy elektrony auroralne, które są odpowiedzialne za intensywność linii emisyjnych, a w konsekwencji barwę zorzy, są przyspieszone uzyskując wysokie wartości energii. A więc, kiedy atom lub cząsteczka emituje światło w postaci fotonu, aby pozbyć się nadmiaru energii, foton ten ma długość fali charakterystycznej dla danego atomu. Długość fali postrzegamy jako kolor.

Od czasu do czasu zorza nabiera głębokiego czerwonego koloru. Pochodzi to od wyżej występujących, intensywnych linii emisyjnych na wysokościach około 120-180 mil (200-300 km). Za ten czerwony odcień zorzy jest odpowiedzialny wzbudzony atom tlenu, którego średni czas życia dla tej emisji wynosi 100 sekund.

Zorze polarne występują na wysokości 70-300 km, chociaż czasami sięgają nawet 1000 km. Kolor zorzy zależy więc od wysokości, na której następuje wzbudzenie atomów i od rodzaju atomu. Źródła literaturowe [2] podają, że na ogół jeśli zderzenie następuje z azotem widzimy kolor czerwony i niebieski, jeśli z tlenem zielony i różowy. Natomiast kolor żółty jest wynikiem mieszania się barwy zielonej i czerwonej, a więc powstawanie barw, które są widoczne na zorzy i odpowiedzialnych za to atomów jest kwestią sporną. Jednakże, gołym okiem zorze dostrzegamy jako zielonkawe i białe, bowiem przy słabym świetle oko rejestruje światło przy pomocy pręcików, które nie są wrażliwe na kolory, a jedynie na natężenie czyli ilość światła. Pełne barwy widać dopiero na zdjęciach fotograficznych.

3. Manipulacja pogodą

Chemia w pogodzie istnieje także w sposób nienaturalny. Jest używana aby manipulować zjawiskami pogodowymi. Najczęściej stosuje się ją do wywoływania deszczu, ale także śniegu. Innym przykładem manipulacji pogodą może być zatrzymywanie tego typu zjawisk. Działania takie mają na celu poprawę ludzkiego bytu. Mogą przejawiać się w zwiększaniu zapotrzebowania na wodę na danym obszarze, zazwyczaj w krajach objętych suszą. Innym powodem takiej manipulacji jest po prostu pragnienie ładnej, słonecznej pogody. Istnieją również złe strony tego czynu - manipulacja pogodą może wiązać się z żądzą władzy przez człowieka nad zjawiskami występującymi naturalnie. Innym przykładem może być kontrola pogodą w przypadku działań wojennych [4,5,7].

Źródła podają, iż chmury posiadają zmagazynowaną energię, dlatego to właśnie one stanowią obiecujące miejsce dla prób modyfikacji pogody. Dzięki temu, że to właśnie chmury dostarczają praktycznie całą wodę atmosferyczną są obiektem modyfikacji o najbardziej praktycznym znaczeniu [4]. Pierwotnie do uzyskania ładnej pogody stosowano technikę rozbijania chmur przez rozpędzone do ogromnych prędkości samoloty. Takie działanie praktykowane jest w przypadku rozpraszania mgły na lotniskach. Obecnie jednak łatwiejsza wydaje się możliwość wywołania niechcianego deszczu wcześniej, np. przed ważnym wydarzeniem. W przypadku krajów objętych suszą wywoływanie zjawiska deszczu niesie korzyści dla gospodarki, czy rolnictwa. Do tego typu zabiegu stosowano suchy lód, natomiast obecnie, większą popularnością cieszy się jodek srebra [5,7].

Suchy lód to zamrożony dwutlenek węgla, który ma temperaturę ponad 100 stopni poniżej 0. W momencie umieszczenia go w chmurze, temperatura gwałtownie spada, przez co pojawiają się kryształki lodu [11]. Metoda ta nie dawała jednak spektakularnych efektów, ponieważ aby faktycznie wywołać opady trzeba było użyć ogromne ilości omawianej substancji, dlatego suchy lód zamieniono na jodek srebra. Substancja ta ma budowę krystaliczną. Cząsteczki jodku srebra przyjmują rolę tzw. jąder kondensacji i łączą się w chmurze z kroplami już istniejącymi, przez co kropelki zaczynają się formować w szybszy sposób. Pod wpływem wzrostu masy krople zaczynają opadać, dzieje się tak, gdyż prądy termiczne nie są w stanie dłużej ich utrzymać. W ten sposób tworzy się sztucznie wywołany deszcz. W celu rozpylenia jodku srebra używa się najczęściej samolotów wojskowych, innym sposobem może być wykorzystanie dużych armat, które z ziemi rozpylają jodek srebra ku górze, jednak jest to dużo mniej efektywna technika [4,7,13].

Źródło [12] podaje, iż manipulacją pogody interesuje się obecnie ok. 50 państw. Jest ona najbardziej rozpowszechniona w krajach takich jak Chiny, Rosja, USA, Indie, Australia, Tajlandia, Indonezja, a od niedawna także Arabia Saudyjska oraz Zjednoczone Emiraty Arabskie. Każdy kraj manipuluje pogodą aby osiągnąć własne, wymierne korzyści. W krajach takich jak przykładowo Arabia Saudyjska, czy Zjednoczone Emiraty Arabskie oraz w niektórych Stanach USA najistotniejszą kwestią w omawianej manipulacji stało się wywoływanie opadów deszczu. To właśnie te obszary są objęte suszą, dlatego dodatkowe opady są kluczowe dla rolnictwa oraz gospodarki. Przykładowo w Zjednoczonych Emiratach Arabskich, jak podają źródła, każdego roku wykonuje się blisko 160 misji lotniczych w celu wywołania opadów. Głównie zabiegi te wykonuje się na terenach górzystych tak aby podnieść poziom deszczu w warstwach wodonośnych oraz zbiornikach wodnych. Mówi się, iż szansa na udane zasiewanie chmur jest większa nad górami, niż w rejonach pustynnych [12]. W Stanach Zjednoczonych dodatkowo istnieją firmy, które oferują pogodę na życzenie, podobnie w Chinach, w których istnieją nawet specjaliści od bombardowania chmur, czy wywoływania deszczu [8]. W przypadku Stanów Zjednoczonych warto wspomnieć o wykorzystaniu chemii do kontroli zjawisk pogodowych podczas działań wojennych. To właśnie wojska amerykańskie stosowały sposób zasiewania chmur przy użyciu jodku srebra podczas wojny z Wietnamem wzdłuż dróg zaopatrzenia i infiltracji. Miało to na celu utrudnić przejazd wojskowym ciężarówkom

z zaopatrzeniem oraz osłabić ataki lądowe i lotnicze wojsk przeciwnika [9]. Kraj, który najbardziej słynie z manipulowania pogodą to Rosja. To właśnie tam co roku w jeden specjalny dzień zawsze świeci słońce. Mianowicie przed 9 maja, czyli przed Dniem Zwycięstwa, nad Moskwą następuje rozbijanie chmur przez samoloty wojskowe, a w momencie kiedy to nie pomaga – rozpyła się dziesiątki ton suchego lodu, lub jodku srebra tak aby wywołać opady przed ważnym wydarzeniem [8].

Ten obszerny temat jakim jest manipulacja pogodą był badany przez metrologów, fizyków, chemików, statystyków, ekologów i innych, tak naprawę pod wieloma aspektami, przez co powstało wiele nieporozumień. Mówi się, że ludzie są zdezorientowani i nie wiedzą co myśleć o manipulacji pogodą. W pewnym momencie jednak zabieg ten nazwano „przestępstwem stulecia”, mowa tutaj głównie o zasiewaniu chmur. Przykładowo w Pensylwanii uznano tego typu działania za nielegalne, jednak sztuczne wywoływanie opadów w celu zwiększenia zasobów wody wciąż jest praktykowane w zachodniej części Stanów Zjednoczonych jak i w innych krajach [4].

Jednakże jodek srebra, jako materiał używany do zasiewania chmur, jest toksyczny dla organizmów wodnych. Tak więc opady z zaszczepionych chmur mogą być szkodliwe dla środowiska i zagrażać ekosystemowi. W odpowiedzi na te obawy naukowcy przetestowali nietoksyczny zamiennik jodku srebra. Odkryli, że chlorek wapnia jest skuteczny. Niskie dawki tej soli raczej nie szkodzą środowisku, a fizycy, eksperci od chmur, zaczęli badać również możliwość wykorzystania ujemnie naładowanych jonów, zamiast kryształów przypominających lód. Jednakże naukowcy wciąż pozostają bez odpowiedzi na wiele pytań związanych z zagrożeniem środowiska przez stosowane środki, w celu manipulacji pogodą [13].

Bibliografia:

- [1] D. Lummerzheim, The Colors of the Aurora, Alaska Park Science 8, 36-41, 2008 r.
- [2] http://fizyka.net.pl/ciekawostki/ciekawostki_wn1.html (odwiedzona: 21.03.2023 r.)
- [3] https://www.naukowiec.org/wiedza/geografia/zorza_polarna_islandia_2842.html?fbclid=IwAR1Y_VuhURJAZf26y_wQEzYPDITx6d0bNNtfORXoJS2VXBV-lzwHmgzqCzA(odwiedzona: 21.03.2023 r.)
- [4] Arnett S. Dennis Weather Modification by Cloud Seeding, 1980r.
- [5] https://www.sciencealert.com/russia-spends-millions-on-weather-tech-to-try-and-stop-it-raining-on-bank-holiday/amp?fbclid=IwAR27TIbRysJcPS-qC1EDyI9_giU2-4eIKK5xNWKT5uszqUvpKhU9w2BdPGI (odwiedzona: 21.03.2023 r.)
- [6] <http://www.geoengineeringwatch.org/atmospheric-geoengineering-weather-manipulation-contrails-and-chemtrails-2/> (odwiedzona: 21.03.2023 r.)
- [7] Harold D. Orville A Review of Cloud Modeling in Weather Modification, 1996 r.
- [8] https://www.national-geographic.pl/artukul/pogoda-na-zyczenie-czy-to-mozliwe?fbclid=IwAR3ayR_Ip-iQKRzeG5tqBVRVINbM1RBipZkYHrEpUuY2sGtse6g8pAHvTKI(odwiedzona: 21.03.2023 r.)
- [9] https://www.komputerswiat.pl/poradniki/jak-to-dziala/sterowanie-pogoda-teoria-spiskowa-fantastyka-czy-realny-problem-ludzkosci/17v9dbx?fbclid=IwAR3ayR_Ip-iQKRzeG5tqBVRVINbM1RBipZkYHrEpUuY2sGtse6g8pAHvTKI (odwiedzona: 21.03.2023 r.)
- [10] <https://www.abc.net.au/btn/classroom/weather-forecasts/14083104>(odwiedzona: 21.03.2023 r.)
- [11] <https://elod.pl/content/20-suchy-lod> (odwiedzona: 21.03.2023 r.)
- [12] <https://www.twojapogoda.pl/wiadomosc/2020-02-14/juz-ponad-50-krajow-manipuluje-pogoda-niektorzy-chca-wykorzystac-deszcze-aby-zniszczyc-wroga/> (odwiedzona: 21.03.2023 r.)
- [13] <https://www.meteorologiaenred.com/pl/yoduro-de-plata.html> (odwiedzona: 21.03.2023 r.)