

Ozon – techniki pomiarowe

Obecnie na świecie istnieje około 150 stacji ozonowania. Około 100 stacji używa do pomiarów ulepszonych spektrofotometrów Dobsona. Są to bardzo dokładne instrumenty, ale niestety duże, ciężkie, skomplikowane i drogie. Radzieccy naukowcy stworzyli nowy przyrząd do pomiaru ozonu w atmosferze, a mianowicie ozonometr M 83 i używali go w swoich stacjach badawczych. M 83 jest mniej dokładny, ale znacznie łatwiejszy w użyciu, mniejszy i lżejszy. Należy w tym miejscu wspomnieć, że od 1963 roku systematyczne pomiary ozonometryczne prowadzone są również w Polsce w Głównej Stacji Geofizycznej Polskiej Akademii Nauk w Belsku koło Grójca. Stacja ta ma za sobą blisko czterdzieści lat systematycznych pomiarów. Do badań wykorzystuje się tu spektrofotometr Dobsona. Należy również dodać, że dokładność i staranność polskich badań jest bardzo wysoko oceniana przez Światową Organizację Meteorologiczną.

Wykonywanie pomiarów z powierzchni Ziemi jest wygodne, ale ma też swoje wady. Możliwości przeprowadzania pomiarów i ich wyniki zależą od pogody, stąd pomysł umieszczenia przyrządów pomiarowych bezpośrednio w sferze ozonowej. Pomysł ten narodził się, gdy technika balonowa osiągnęła wystarczająco wysoki poziom. Pierwszymi, którzy umieścili swoje instrumenty w OZONOSFERZE byli E. i V. Regenera. Nadal stosowali metodę optyczną, ponieważ po prostu umieścili spektrograf na balonie, który wzniósł się na wysokość 31 kilometrów. Eksperyment ten umożliwił wykonanie znacznie dokładniejszych pomiarów, które zostały wykonane na różnych wysokościach. Później skonstruowano różnego rodzaju sondy do wykonywania pomiarów za pomocą środków chemicznych (w tych sondach ozon wchodzi w różne reakcje chemiczne i w ten sposób określa się, ile go znajduje się w otaczającej atmosferze na różnych wysokościach). Wyniki pomiarów były również przesyłane na Ziemię za pomocą nadajników radiowych, czyli metody zwanej radiotelemetrią. Postęp technologiczny umożliwił również

pobieranie próbek powietrza na różnych wysokościach, a następnie badanie ich po wylądowaniu balonu na Ziemi. Również w Polsce sondowania atmosferyczne rozpoczęto w 1979 r. w Stacji Obserwacyjnej Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej w Legionowie pod Warszawą, przy użyciu sond wyprodukowanych na terenie byłej Niemieckiej Republiki Demokratycznej. Balony te osiągnęły pułap 20 kilometrów. Obecnie sondowania te musiały zostać przerwane, bo jedna sonda kosztuje około 1000 dolarów, a niestety polskiej nauki nie stać na ponoszenie takich kosztów.

Mówiąc o historii polskich badań nad ozonem, warto wspomnieć także o próbie wystrzelenia w 1939 roku ogromnego załogowego balonu stratosferycznego. Start miał się odbyć z Doliny Chochołowskiej w Tatrach. Niestety start nie doszedł do skutku z powodu wybuchu wodoru podczas napełniania skorupy, która uległa uszkodzeniu. Na szczęście nie było to nic poważnego, ale przed zbliżającą się wojną nie dało się go naprawić i kolejna próba nie doszła do skutku, a miała ona na celu wypełnienie powłoki niepalnym helem. Lot balonu stratosferycznego – który nazwano "Gwiazdą Polski" – miał cel naukowy i byłby wielkim osiągnięciem w tej dziedzinie. (Marks, 1992)

Rakiety były również wykorzystywane do badania zawartości ozonu w atmosferze ziemskiej, zwłaszcza na dużych wysokościach. Pierwsze takie próby przeprowadzono zaraz po wojnie w USA, z użyciem zdobycznych niemieckich rakiet V2. W porównaniu z balonem, rakietę ma tę zaletę, że może wznieść się znacznie wyżej, ale ma też bardzo ważną wadę – porusza się bardzo szybko względem otaczającego powietrza, dlatego musi być wyposażona w przyrządy zdolne do bardzo szybkich pomiarów. Lot rakiety z dużą prędkością również zakłóca wyniki pomiarów. Te pierwsze testy rakietowe zostały z powodzeniem wykorzystane do uzyskania widma Słońca w promieniowaniu ultrafioletowym, którego nie można uzyskać z Ziemi, ponieważ atmosfera naszej planety pochłania to promieniowanie.

Inną metodą badawczą jest wykorzystanie samolotów stratosferycznych do badań ozonu. Badania te stały się możliwe, gdy w Stanach Zjednoczonych skonstruowano samolot szpiegowski U2. Samolot ten ma kształt dużego szybowca. Jest napędzany małym silnikiem odrzutowym i z łatwością osiąga pułap 20 kilometrów i to właśnie na tej wysokości dochodzi do koncentracji ozonu. Zaletą samolotu jest to, że umieszczony na nim sprzęt naukowy może wykonywać bezpośrednie pomiary na każdej długiej trasie. Obecnie nazwa samolotu U2 została zmieniona na ER2. Jest to skrót od Earth Resources (zasoby ziemi).

Począwszy od 1962 roku, wykorzystanie sztucznych satelitów Ziemi do badania ozonu atmosferycznego zaczęło przynosić znakomite rezultaty. Poruszają się one znacznie wyżej nad ozonosferą, na wysokościach nie mniejszych niż 150 kilometrów (ponieważ poniżej tego oporu powietrza uniemożliwia ruch satelity, który odbywa się z prędkością około 8 km/s). Satelity przeprowadzają testy ozonu atmosferycznego z powietrza. Wyniki takich badań są znacznie lepsze niż te "tradycyjne" z Ziemi, ponieważ warstwa atmosfery nad ozonosferą jest już bardzo rozrzedzona, a przez to bardziej przezroczysta, niż warstwa pod ozonosferą.

Badania ozonu atmosferycznego przeprowadzono do tej pory z ponad 20 sztucznych księżyców Ziemi (głównie amerykańskich). Od 1979 roku badania zawartości ozonu w atmosferze ziemskiej prowadzone są nieprzerwanie na ponad 10 takich urządzeniach. Jednym z nich jest amerykański meteorologiczny, ważący 987 kilogramów, sztuczny satelita Ziemi o nazwie "Nimbus 7", który został wprowadzony w ruch satelitarny 12 października 1978 roku na wysokości od 1050 do 1100 kilometrów.

Andrzej Marks w swojej książce "Ozon – katastrofa nad Polską" wymienia jeszcze dwie metody badania ozonu w atmosferze ziemskiej. Są to: metoda mikrofalowa i metoda lidarowa.

Metoda mikrofalowa polega na badaniu atmosfery ziemskiej za

pomocą bardzo krótkich fal radiowych. Fale te są pochłaniane przez ozon, dzięki czemu możliwe jest badanie jego ilości i rozkładu przestrzennego. Zaletą tej metody jest to, że pomiary te można przeprowadzać niezależnie od pogody i pory roku.

Metoda lidarowa wykorzystuje tę samą zasadę, co metoda mikrofalowa, z tą różnicą, że promieniowanie laserowe jest używane jako promieniowanie sondujące. Niestety ta metoda zależy od pogody.

Pisząc o metodach badania ozonu w stratosferze, nie sposób nie wspomnieć o metodach wykrywania ozonu w warstwie, w której żyjemy – troposferze. Jedną z najprostszych metod jest użycie roślin wrażliwych na ozon. Ta roślina to tytoń.

Amerykańscy rolnicy uprawiający tytoń w Connecticut i na Florydzie ponieśli bardzo duże straty w latach pięćdziesiątych XX wieku z powodu plam, które nagle pokryły liście roślin. Zmienione liście straciły wiele ze swojej wartości. W ciągu jednego feralnego weekendu straty wyniosły 25% wartości zbiorów. Część rolników zaczęła uprawiać tytoń pod osłonami na powierzchni nawet 2 tys. hektarów. Naukowcy wezwani na pomoc postawili jednoznaczną diagnozę. Niebezpieczna dolegliwość roślin tytoniu spowodowana jest zwiększonym stężeniem ozonu w powietrzu. Wkrótce intensywne badania i prace hodowlane zaowocowały odmianami, które lepiej tolerują agresywny gaz. Z drugiej strony spośród tych, które stały się nieopłacalne, wybrano najbardziej uszkodzone rośliny. Okazało się, że ich wrażliwość jest dziedziczna. Był to początek światowej kariery tytoniu jako wskaźnika zanieczyszczenia ozonem.

Amerykanie wyhodowali trzy odmiany tej rośliny: Bel-W3 bardzo wrażliwą, Bel-C wrażliwą i Bel-B najmniej wrażliwą. W laboratorium uszkodzenia na liściach Bel-W3 wystąpiły przy stężeniu O₃ dwukrotnie niższym (0,10 ppm przez 2 godziny) niż na liściach Bel-B (0,22 ppm przez 2 godziny). Reakcja na ozon, oprócz wrodzonej wrażliwości, zależy również od wieku liści, warunków środowiskowych oraz zaopatrzenia rośliny w wodę i

składniki odżywcze. Plamy ozonowe, które początkowo są ciemne, z czasem rozjaśniają się pod wpływem słońca. Pewną trudnością w obserwacjach jest fakt, że podobne zmiany na liściach mogą być spowodowane przez niektóre patogeny lub niedobór minerałów (na przykład fosforu). Porównanie najbardziej i najmniej wrażliwych odmian pomaga rozwiązać wątpliwości. Jeśli do uszkodzenia dojdzie w tym samym czasie na obu roślinach, najprawdopodobniej winowajcą nie jest ozon. Gaz ten jest bardzo niestabilnym zanieczyszczeniem i pojawia się w określonych warunkach w słoneczne, gorące i bezwietrzne dni. Powstaje w łańcuchu reakcji fotochemicznych z węglowodorów i tlenków azotu, których głównym źródłem są spaliny samochodowe.

Tytoń, podobnie jak wszystkie roślinne wskaźniki zanieczyszczenia, może być używany jedynie do określenia obecności niepożądanego substancji w środowisku. Trudno jednak wywnioskować stężenie ozonu na podstawie wielkości plam na liściach. Tytoń jako "detektor" ozonu był już stosowany w wielu krajach europejskich (Dania, Niemcy, Holandia, Włochy, Szwecja, Szwajcaria i Wielka Brytania), w USA, Australii, Indiach, Izraelu i na Tajwanie.

W ostatnich latach stała się również cenną pomocą w edukacji ekologicznej w Polsce. Ponad 2 tys. szkół przyłączyło się do ogólnopolskiej akcji rozpoczętej wiosną 1998 r., organizowanej przez Fundację Ekonomistów Środowiska i Zasobów Naturalnych z Białegostoku. Ich uczniowie uprawiają rośliny Bel-W3 i Bel-B. W ósmym tygodniu po wysianiu nasion tytoń jest wystawiany na zewnątrz. Od tego momentu prowadzący eksperyment obserwują zmiany na liściach i odnotowują je na specjalnych kartkach, które następnie przesyłają organizatorom akcji. Rosnące plamy "czarno-białe" świadczą o tym, że nawet na terenach rolniczych, z dala od ośrodków przemysłowych, roślinność jest uszkodzona. ("Wiedza i Życie", 6/1998)

Jak widać, dysponujemy wystarczającymi metodami badawczymi, aby bardzo dokładnie określić zawartość ozonu w różnych miejscach atmosfery. Metody satelitarne są wysoko oceniane,

ponieważ pozwalają na szybkie uzyskanie jednolitych danych o całej Ziemi. Pomiary wykonywane metodami naziemnymi wymagają gęstej sieci stacji obserwacyjnych, a następnie scentralizowanego przetwarzania uzyskanych wyników pomiarów.

Jeśli potrzebujesz pomocy w napisaniu pracy z zakresu ochrony środowiska, to polecamy serwis [pisanie prac](#) - prace z ekologii i innych kierunków pisane na (prawie) każdy temat.