

Dziura ozonowa nad Antarktydą

Od 1930 roku prowadzone są systematyczne badania zawartości ozonu w atmosferze, które odkryły pewne prawidłowości. Stwierdzono, że w ciągu roku występuje okres jego najniższego i najwyższego stężenia. Ponieważ zmiany te zachodziły regularnie z roku na rok, nie budziło to żadnych podejrzeń, gdyż było to normalne zjawisko. Jednak w sierpniu 1981 roku amerykański naukowiec Donald Heath, pracujący dla amerykańskiej agencji NASA, ogłosił, że podczas opracowywania serii pomiarów wykonanych przez satelitę Nimbus 7 odkrył spadek stężenia ozonu w atmosferze o 1% i wyraził przypuszczenie, że zjawisko to będzie się nadal pogłębiać. Jednak jeden procent to za mało i ten sygnał został zignorowany. Okazało się, że kilka miesięcy później, w marcu 1982 roku, zaczęto przewidywać pięcio-, a nawet dziewięcioprocentowy spadek zawartości ozonu. Był to sygnał alarmowy, że coś jest nie tak ze sferą ozonową.

Prawdziwy alarm nadszedł, gdy angielska stacja naukowa na Antarktydzie znajdująca się w Zatoce Halleya, gdzie określono zawartość ozonu w atmosferze ziemskiej. Do tego celu użyto standardowego spektrofotometru Dobsona. Systematyczne pomiary wykazały dobrze znaną prawidłowość – coroczny spadek ozonu na wiosnę, a następnie jego powrót do normy. Jednak spadek stężenia ozonu w 1982 r. był większy niż wcześniej, w 1983 r. nawet większy, a w 1984 r. jeszcze wzrósł. Na stacji Halley Bay poziom ozonu wynoszący około 300 Dobsonów zaobserwowano zimą i wczesną wiosną od początku pomiarów, wzrastając do 400 jednostek wczesnym latem. Jednak w 1984 roku Farman (brytyjski naukowiec z Uniwersytetu w Cambridge) zmierzył spadek stężenia ozonu na wiosnę do 140 jednostek Dobsona.

Odkrycie było na tyle szokujące, że podejrzewano raczej, iż urządzenia pomiarowe się mylą, zwłaszcza, że pomiary ozonu prowadzone są równoległe przez satelitarną stację meteorologiczną NASA (Space Research Agency), nie wskazywały

one na nic takiego. (Kalinowska, 1995)

Gdy zaczęto analizować całą sekwencję pomiarową, okazało się, że spadek ozonu rozpoczął się już w 1977 roku, a jego ilość nie wraca do wartości z lat poprzednich. Zanim jednak Joe Farman ogłosił swoje odkrycie, postanowił je sprawdzić, porównując wyniki swoich pomiarów z wynikami pomiarów wykonanych na najbliższej stacji prowadzącej podobne badania. Taka stacja znajdowała się na wyspie argentyńskiej w odległości 1600 kilometrów.

Po porównaniu sekwencji obserwacyjnych z obu stacji okazało się, że Argentyńska Wyspa również doświadczyła spadku zawartości ozonu, w tym samym okresie i w tym samym stopniu. Nie było już żadnych wątpliwości. W sierpniu Joe Farman ogłosił swoje odkrycie. (...) Zresztą nie tylko J. Farman zauważył owo zubożenie warstwy ozonowej. Artykuł na ten temat opublikował również w 1984 roku japoński naukowiec Shigeru Chubachi, opierając się na wynikach pomiarów przeprowadzonych w japońskiej stacji badawczej Syowa. Wyniki jego pomiarów nie były jednak tak zatrważające, a tym bardziej nie było tak wyraźnej tendencji do systematycznego zmniejszania – z roku na rok – ilości ozonu. Wynikało to jednak z faktu, że stacja japońska znajdowała się w znacznie większej odległości od bieguna niż stacja brytyjska, a więc znajdowała się na „krawędzi” „ozonowej”, która w tym czasie zaczynała się formować, a więc tak drastyczny spadek ilości ozonu nie nastąpił jeszcze nad nią. (Marks 1992)

W celu dokładniejszego zbadania problemu, cały materiał naukowy dotyczący tego zjawiska zaczął być pospiesznie analizowany. W pierwszej kolejności wykorzystano dane satelitarne z satelity Nimbus 7. Okazało się, że przyrządy pomiarowe również wskazywały zubożenie warstwy ozonowej, ale komputery odrzuciły wynik, ponieważ nie został on przewidziany w programie. Dane pomiarowe, które dostarczył, zostały opracowane w NASA przez Donalda Heatha. Opracował więc dane do określenia zawartości ozonu nad Antarktydą. Wyniki były

rewelacyjne. Zdjęcia ozonowej były bardzo sugestywne i przemawiały do wyobraźni.

Te zdjęcia pokazywały stopniowe zubożenie warstwy ozonowej nad regionem Antarktydy. Jak widać, roczne zubożenie warstwy ozonowej jest bardzo duże. Antarktyda to kontynent prawie dwa razy większy od Australii, o powierzchni około 14 milionów km². Ozonowa nad Antarktydą nie jest więc jakimś małym lokalnym zaburzeniem, ale jest ogromnym zjawiskiem. Nie jest to też chwilowe zakłócenie, ale zjawisko, które występuje z roku na rok i na coraz większą skalę oraz na coraz dłuższe czasy. Dane pomiarowe zebrane przez Donalda Heatha wykazały, że w latach 1970-1981 średnia zawartość ozonu spadała rocznie o 0,15%, a po 1981 roku nawet o 0,5%. Niestety okazało się również, że choć ozonowa znika latem, to ilość ozonu nie wzrasta do takiej samej wartości jak w poprzednich latach, ale za każdym razem jest mniejsza. Przez kolejne lata „” nad biegunem rozrastała się tak, że w październiku 1987 roku ilość ozonu była tam o 50% mniejsza niż przed jej odkryciem.

Na początku 1992 roku zaobserwowano nieprzewidywalnie wysokie stężenia chloru w stratosferze na półkuli północnej, i to nie tylko nad Arktyką. 12 stycznia 1992 roku w zupełnie niewiarygodnym miejscu, na Morzu Karaibskim, znaleziono pasmo chloru. (...) Zgodnie z przewidywaniami, wiosną 1992 r. warstwa ozonowa nad Europą była już uszczuplona o 10-18%. Poza tym sytuacja znacznie pogorszyła się również nad Antarktydą. Jesienią 1992 roku pojawiła się wcześniej. We wrześniu była już głębsza niż w roku poprzednim, powierzchnia była 65 razy większa niż powierzchnia Polski (ok. 20 mln km²), a zubożenie warstwy ozonowej było bardzo duże. (...) Kolejny rekord został wykryty następnego jesieni: 6 października 1993 r. w atmosferze nad Antarktydą pozostały tylko 94 jednostki ozonu Dobsona. (Urmiński 1995)

W 2001 roku ozonowa nad Antarktydą pokryła powierzchnię 28,3 miliona kilometrów kwadratowych – została ona zmierzona przez satelitę NASA. Poprzedni rekord wynosił 27,2 miliona km.kw i

miało to miejsce w 1998 roku. (www.wiadomości.tvp.pl) Jak można zauważyć, sytuacja znacznie się pogorszyła, a ozonowa zwiększyła się o 40% w porównaniu z rokiem 1992. Pojawia się jednak pytanie: dlaczego wiosną nad Antarktydą tworzy się ozonowa? Wszak kończy się wtedy noc polarna i pojawiają się promienie słoneczne, które powodują powstawanie cząsteczek ozonu. Cykl ewolucji ozonowych związany jest z występowaniem tzw. polarnych chmur stratosferycznych.

Zimowe chmury stratosferyczne, od dawna znane jako chmury opalizujące, nie są częstym zjawiskiem – powyżej troposfery zawartość wody zmniejsza się około 1000 razy. Jednak uwagę badaczy, którzy analizowali dane z satelity Nimbus 7, przykuł inny typ chmury. Odkryli, że w stratosferze polarnej zimą można wyróżnić chmury złożone z małych kryształków hydratu kwasu azotowego (hydratu); Związek ten krzepnie łatwiej niż woda. Jak wykazały dalsze badania, rolę nasion krystalizacyjnych odgrywają cząsteczki kwasu siarkowego zarówno pochodzenia naturalnego (erupcje wulkaniczne), jak i antropogenicznego (zanieczyszczenia przemysłowe).

Badania laboratoryjne przeprowadzone przez Mario Molinę dowiodły, że zarówno cząsteczki lodu, jak i hydrat kwasu azotowego ulegają niebezpiecznemu procesowi podczas długiej nocy polarnej. Powierzchnia mikrokryształów okazuje się być dobrym środowiskiem do wzajemnej reakcji cząsteczek chlorowodoru i azotanu chloru (ClONO_2). W fazie gazowej szybkość tego procesu jest bardzo niska, ale tutaj chlorowódor pojawia się w postaci stałej:

HCl (kryst.) + ClONO_2 (gaz) Cl_2 (gaz) + HNO_3 (kryst.)

Produktem jest chlor cząsteczkowy, który ulega rozkładowi fotochemicznemu na wolne atomy, gdy tylko pierwsze promienie słońca zaczną przenikać przez chmurę stratosferyczną, utrzymywaną w obszarze polarnym przez silne ruchy wirowe powietrza. Chmura w końcu znika w wiosennym cieple. Uwolnione atomy chloru reagują z ozonem w „tradycyjny” sposób, tworząc

tlenek chloru (ClO) i tlen cząsteczkowy. Na tym jednak proces ten się nie kończy. Jak odkrył Molina, cząsteczki ClO ulegają tzw. dimeryzacji w warunkach wiru polarnego:

$\text{ClO} + \text{ClO} \rightarrow \text{Cl}_2\text{O}_2$

Powstały dimer rozkłada się przy udziale światła na tlen cząsteczkowy i chlor atomowy. Cykl destrukcji może wtedy rozpocząć się od nowa: atomy chloru reagują z ozonem, tworząc ClO , tlenek chloru dimeryzuje, dimer rozpada się na chlor i tlen.

Bogate w ozon powietrze ze strefy umiarkowanej „leczy dziurę nad Antarktydą. Jednocześnie jednak powietrze znad bieguna, o znacznie obniżonej zawartości ozonu, rozprowadzane jest na niższe szerokości geograficzne, nad terenami zaludnionymi, które w ten sposób tracą skuteczną ochronę przed silnym letnim promieniowaniem ultrafioletowym. („Wiedza i Życie”, nr 4/1996)

Nad biegunem północnym Ziemi sytuacja jest inna, ponieważ półkule Ziemi nie są symetryczne. Równik nie znajduje się w tej samej płaszczyźnie co orbita wokół Słońca, a orbita jest eliptyczna. Łączny efekt jest taki, że zmiany sezonowe są bardziej dotkliwe na półkuli południowej. Zima na Antarktydzie jest surowsza niż zima arktyczna. (Niedzielski i Gierczak 1992)

Wydawać by się mogło, że skoro ozonowa znajduje się nad Antarktydą, to jest to dla nas zjawisko zupełnie nieszkodliwe, ponieważ jest bardzo daleko i nikt tam nie mieszka (poza naukowcami). Ale teraz obszar pokryty ozonową jest tak duży, że obejmuje nie tylko Antarktydę, ale także Australię i południową część Ameryki Południowej. Ponadto geofizycy i meteorolodzy z Europy i Ameryki Północnej zaalarmowali opinię publiczną, że każdego roku obserwują spadek ilości ozonu w atmosferze nad północną półkulą Ziemi. Za pośrednictwem G00S (Global Ozone Observing System, oddziału Organizacji Meteorologicznej z siedzibą w Genewie) dane te pochodziły z

obserwatoriów geofizycznych na półkuli północnej. Na większości jego obszaru średnia ilość ozonu w styczniu była w 1992 r. znacznie niższa niż średnia styczniowa w latach poprzednich. Również w Polsce, na podstawie pomiarów przeprowadzonych w Belsku, tendencje te zostały potwierdzone. Swoista panika wybuchła w lutym 1992 roku, kiedy to prasa doniosła, że nad Polską pojawiła się ozonowa (191 Dobsonów, podczas gdy norma na ten miesiąc wynosi około 350 Dobsonów). W rezultacie, konsekwentny trend spadkowy stężenia ozonu w atmosferze i wszelkie zaburzenia w stratosferze nad naszymi głowami są alarmujące.

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.