

Ozon – parasol ochronny Ziemi

Trójątomowy tlen, czyli ozon, nie jest równomiernie rozprowadzany w atmosferze. W sferze ozonowej, na wysokości 20-35 km nad powierzchnią Ziemi, stężenie osiąga około 10 ppm. W czystym powietrzu przy powierzchni Ziemi stężenie nie przekracza 0,05 ppm, w zanieczyszczonym powietrzu 0,5 ppm. (Kožuchowski, 1995)

Chociaż stężenie ozonu na wysokości 20-35 km staje się bardzo wyraźne, nie jest to prawdziwa "powłoka", a ozonu jest w niej wyjątkowo mało. Podane wartości są wartościami średnimi i średnimi, należy zdawać sobie sprawę, że w różnych regionach geograficznych Ziemi wysokość występowania i grubość warstwy ozonowej jest różna. Dla przykładu na biegunie znajduje się na wysokości 20 km, w Polsce na wysokości około 25 km, a na równiku na wysokości około 30 km. Na dodatek, wysokość sfery ozonowej zmienia się w różnych momentach w czasie. Nieco inaczej jest w dzień i w nocy, inaczej latem i zimą.

Stężenie ozonuAtmosfera ziemiska jest bardzo ruchoma, zmienna i podatna na różne wpływy. Warstwa ozonowa ma grubość około 20 km. Nazwa tropopauza pochodzi od granicy między troposferą, najniższą warstwą atmosfery, a stratosferą nad nią. Z drugiej strony stratopauza oddziela stratosferę od mezosfery. Wiadomo, że warstwa ozonowa znajduje się w całości w stratosferze. Co więcej, ozon jest przyczyną powstania stratosfery. W dalszej części tego podrozdziału postaram się odpowiedzieć na pytania: skąd właściwie bierze się ozon w atmosferze i dlaczego koncentruje się na wysokości około 25 km?

Wiadomo, że tlen jest pierwiastkiem bardzo aktywnym chemicznie, dlatego ozon musi być tym bardziej aktywny. Jego zawartość w danym miejscu i czasie jest wynikiem chwiejnej równowagi pomiędzy procesami powstawania trójątomowych cząstek tlenu a ciągłym procesem ich rozpadu. Już w 1930 roku S. Chapman wpadł na trop prowadzący do wyjaśnienia tego zjawiska.

Słusznie doszedł do wniosku, że skoro ozon bardzo silnie pochłania ultrafioletowe promieniowanie słoneczne, musi odgrywać rolę w jego powstawaniu. Okazuje się, że promieniowanie ultrafioletowe ma tak dużą energię, że powoduje rozpad dwuatomowej cząsteczki tlenu na pojedyncze atomy. Proces ten nazywa się fotodysocjacją. Dziś wiadomo, że proces ten zachodzi tylko pod wpływem promieniowania ultrafioletowego o długości fali nie większej niż 0,000242 mm. Jednak promieniowanie o tej długości nie przenika do atmosfery poniżej 20 km wysokości. Dlatego fotodysocjacja nie może zachodzić na niższych wysokościach. Następnie pojedyncze atomy tlenu mogą łączyć się z dwuatomowymi cząstkami tlenu, w wyniku czego powstaje trójatomowa cząstka ozonu. Proces ten, zapisany symbolami chemicznymi, ma następującą postać:

$$O + \text{promieniowanie } 0,000242 \text{ mm} = O + O$$

$$O + O_2 + M = O_3 + M$$

Warunkiem powstania tlenu trójatomowego jest również odpowiednio gęsta atmosfera, umożliwiającą wysokie prawdopodobieństwo wystąpienia tzw. **potrójnych zderzeń** cząstek tlenu O_2 z atomami tlenu O i obojętną cząsteczką M (np. N_2). (Kozuchowski, 1995)

Intensywne tworzenie się cząstek ozonu zachodzi w górnych rejonach stratosfery. Cięższe od jedno- lub dwuatomowego tlenu toną, w wyniku czego w niższych rejonach stratosfery jest ich więcej niż w wyższych regionach. Cząsteczki ozonu nie są jednak stabilne, a średni czas życia cząstki O_3 w atmosferze wynosi kilka miesięcy (Dziewulska-Łosiowa, 1991). Wręcz przeciwnie, są mniej stabilne niż cząsteczki tlenu. Rozpadają się również pod wpływem promieniowania ultrafioletowego ze Słońca i są jeszcze bardziej wrażliwe na promieniowanie o dłuższej długości fali – przenikające do niższych warstw atmosfery – niż promieniowanie o krótszej długości fali. (Marks 1992)

Każdego dnia ozon powstaje w wyniku reakcji kontrolowanych przez intensywne światło słoneczne. Pewna część całego ozonu w stratosferze jest niszczone w wyniku reakcji z substancjami chemicznymi, które naturalnie występują w stratosferze. Ilość wytwarzanego ozonu jest mniej więcej stała, podczas gdy ilość niszczonego zwiększa się wraz ze wzrostem całkowitej ilości ozonu. Ilość ozonu wzrasta do momentu, gdy część wytworzonego ozonu zrówna się z częścią ozonu zniszczoną i wtedy zostanie osiągnięty stan przybliżonej równowagi (Frior, 1994), w wyniku czego w atmosferze ziemskiej pojawi się stabilna warstwa ozonu.

Ilość ozonu zawartego w atmosferze podawana jest w "jednostkach Dobsona".

1 Dobson (du) = 1 milicentoatmosfera, jednostka odpowiadająca ciśnieniu wywieranemu przez masę ozonu, zajmującą 1 cm³, w warunkach normalnych, tj. przy ciśnieniu 1 atmosfery i temperaturze 0o C. Nazwa urządzenia pochodzi od nazwiska G.M.B. Dobsona, wynalazcy spektrofotometru służącego do pomiaru ozonu. (Kožuchowski, 1995)

Na przykład liczba 320 JD oznacza grubość warstwy ozonowej wynoszącą 3,2 milimetra

$$(320 \times 0,01 = 3,2 \text{ mm})$$

Jak widać, najmniej ozonu znajduje się w atmosferze ziemskiej w rejonach równikowych, a w miarę oddalania się od równika do biegunów jego ilość wzrasta. Może się to wydawać dziwne, ponieważ nasłonecznienie atmosfery ziemskiej jest znacznie silniejsze w rejonach równikowych niż w rejonach polarnych, co powinno skutkować zwiększoną produkcją w rejonach równikowych, a więc to właśnie powyżej równika powinna znajdować się najgrubsza warstwa ozonu. I tak jest – ozon powstaje przede wszystkim w równikowych rejonach atmosfery ziemskiej, ale nie zachodzi w tych rejonach, lecz w wyniku prądów powietrznych występujących w stratosferze przemieszcza się w kierunku

biegunów. Należy tu dodać, że w rejonach okołobiegunowych promieniowanie słoneczne jest znacznie słabsze niż w rejonach równikowych, a więc jego destrukcyjny wpływ na cząsteczki ozonu jest słabszy, dzięki czemu może się on kumulować w atmosferze w większych ilościach. Również w regionach polarnych temperatura atmosfery w sferze ozonowej jest niższa niż w regionach subtropikalnych, a przy niższych temperaturach ozon jest trwalszy i trudniej go zniknąć.

Wydawać by się mogło, że skoro nasłonecznienie odgrywa kluczową rolę w powstawaniu ozonu, to najliczniej występuje on w sferze ozonowej latem i jesienią, kiedy nasłonecznienie jest największe, a zimą najmniejsze. Niestety tak nie jest. Dzieje się tak dlatego, że choć zimą produkcja ozonu w atmosferze jest mniej intensywna, to przy niższych temperaturach, jak już pisałem, jest on trwalszy i może się kumulować. Z kolei produkcja ozonu jest najbardziej intensywna latem, ale wtedy jest najmniej trwała, głównie ze względu na wyższą temperaturę w sferze ozonowej. Dlatego najwięcej ozonu występuje na początku wiosny, a najmniej pod koniec jesieni.

W regionach polarnych stężenie ozonu może wzrosnąć o 50% w pierwszych dniach wiosny; Dobowe wahania notowano w granicach 25%. Na pewnych szczególnych wysokościach mogą wystąpić jeszcze większe wahania; Np. ośmiokrotny wzrost w ciągu kilku dni w dolnej stratosferze. Największe stężenie pionowe występuje na wysokości od 20 do 26 kilometrów. Półkula północna ma więcej ozonu niż półkula południowa. Charakteryzuje się trzema maksimami, nieco na północ od 60 równoleżnika: nad Wyspą Baffina, nad środkową Syberią i nad północną Skandynawią. Na półkuli południowej jedno szerokie maksimum znajduje się na 60. równoleżniku na południowy wschód od Australii. Maksima, podobnie jak dzienne zmiany, są wynikiem przemieszczania się ozonu pod wpływem stale zmieniających się warunków meteorologicznych. Istnieje korelacja między stężeniem ozonu a ciśnieniem na poziomie tropopauzy. Układ niskiego ciśnienia zmusza bogate w ozon

powietrze do przemieszczania się z wysokości 15-20 km w dół do niższej stratosfery; Gęstość kolumny ozonu wzrasta. Odwrotnie w high. Prędkość pionowego ruchu powietrza może osiągnąć 1 km / dzień. Kształt warstwy ozonowej zależy od szerokości geograficznej. W tropikach tropopauza sięga wysokości, do 16 km n.p.m. Warstwa ozonowa jest wąska, osiąga maksimum na 26 kilometrze. Ruch mas powietrza jest skierowany do góry, w przeciwieństwie do dyfuzyjnego ruchu ozonu. Stężenie ozonu wzrasta równomiernie. Ozon nie dostaje się do troposfery, ale podlega południkowemu transportowi do biegunów, wspieranemu przez dyfuzję wirową. Podczas migracji warstwa ozonowa rozszerza się i zmniejsza. Na wyższych szerokościach geograficznych ma postrzępioną strukturę; Warstwy uboższe i bogatsze w ozon przeplatają się ze sobą, dając efekt warstwowania. Maksimum przypada tu na niższe wysokości: 20-23 km (tropopauza w kierunku biegunów również się zmniejsza; do 6 km). Stężenie ozonu powyżej tropopauzy gwałtownie wzrasta. Gradient stężeń, wspierany przez ruch dużych mas powietrza, zmusza ozon do cyrkulacji w dół w kierunku tropopauzy. Ruch tropopauzy w wyniku procesów wymiany ciepła powoduje, że do troposfery przedostają się porcje powietrza bogatego w ozon. Cyrkulacja mas powietrza jest podobna, ale nie taka sama, na obu półkulach pod decydującym wpływem warunków meteorologicznych. (Niedzielski i Gierczak, 1992)

Jak pisałem wcześniej, ozon występuje nie tylko w sferze ozonowej, ale również w pobliżu powierzchni Ziemi. Badania wykazały, że ozon jest ważnym składnikiem smogu miejskiego. Powstaje w wyniku fotodysocjacji przez promienie słoneczne substancji chemicznych obecnych w smogu nad dużymi miastami. W warstwie powietrza przyziemnego Los Angeles ozon może czasami osiągać takie samo stężenie jak w sferze ozonowej. Troposfera zawiera około 10% ozonu, pozostałe 90% znajduje się w stratosferze. W ostatnim czasie jednak, w wyniku destrukcyjnej działalności człowieka, obserwuje się powolny, ale stały wzrost ilości ozonu w dolnych warstwach atmosfery o grubości od 1 do 1,5 kilometra. Należy tu wspomnieć o jego

destrukcyjnym charakterze. Działa bardzo korozyjnie na wiele tworzyw sztucznych – metalicznych, ceramicznych i plastikowych (między innymi niszczy gumę, a co za tym idzie opony samochodowe). Nie ma więc potrzeby uświadamiania ludziom zgubnego wpływu, jaki wywiera ona na żywą przyrodę, a co za tym idzie na ludzi. Mogłoby się wydawać, że wzrost stężenia ozonu w niższych warstwach troposfery zrekompensuje jego utratę w ozonsferze. Częściowo tak jest, ale należy wyjaśnić, że aby zrekompensować utratę 10 % ozonu w stratosferze, jego zawartość w troposferze musiałaby zostać zwiększona o 25 %, a to byłoby bardzo szkodliwe, a nawet śmiertelne dla organizmów żywych.

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.