

Zmiany stężeń ozonu w stratosferze i w troposferze

Ozon dobry i zły

JANUSZ JAROSŁAWSKI

Instytut Geofizyki, Warszawa

Polska Akademia Nauk

januszj@igf.edu.pl

Cały problem z ozonem polega na tym, że tam, gdzie powinien być, jest go za mało, a tam, gdzie go nie chcemy – za dużo

Ozon występuje w atmosferze Ziemi w bardzo małej ilości w stosunku do jej głównych składników – azotu i tlenu. Stanowi jednak jej ważny składnik, bo pochłania szkodliwe dla organizmów żywych promieniowanie ultrafioletowe emitowane przez Słońce. Szczególnie skutecznie zatrzymuje fale elektromagnetyczne krótsze niż 280 nanometrów, tak zwane promieniowanie UV-C, które praktycznie nie dociera do powierzchni. Pochłaniając to promieniowanie, ozon jednocześnie rozgrzewa warstwę atmosfery, w której się znajduje, modyfikując cyrkulację powietrza.

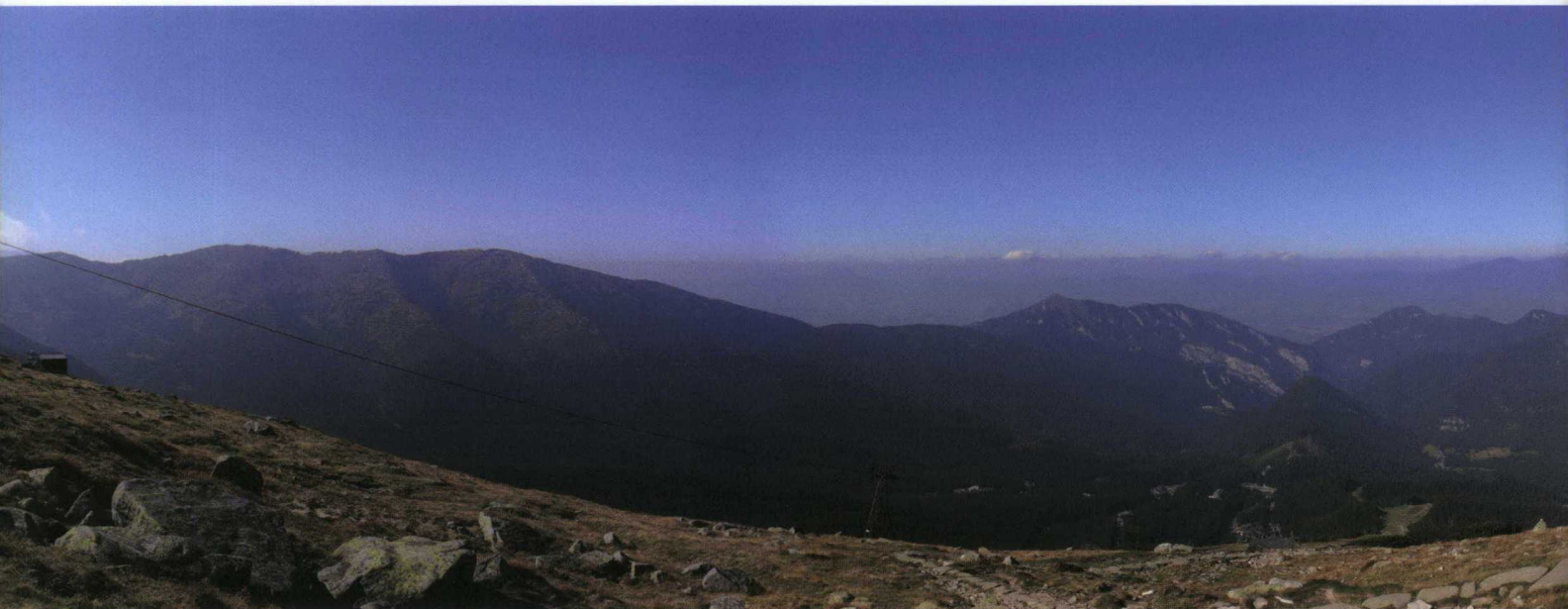
Ozon nie wzbudzałby dziś szczególnego zainteresowania, gdyby nie to, że od lat 80. ubiegłego wieku wciąż słyszemy niepokojące wiadomości o „dziurze ozonowej” spowodowanej spadkiem stężenia tego gazu w atmosferze. Z drugiej strony mówi się też o ozonie jako o groźnej substancji zanieczyszczającej powietrze. Chodzi o ten sam gaz, tyle że ten „dobry” ozon znajduje się wysoko ponad

chmurami, a ten „zły” – w przyziemnej warstwie powietrza, w której i my żyjemy. Jest on jednym z głównych składników tak zwanego „smogu fotochemicznego” – zjawiska występującego latem w rejonie wielkich miast i obszarów uprzemysłowionych na całym świecie.

Truciciel i wybawca

Wbrew temu, co się mówi, ozon nie tworzy w atmosferze żadnej wyraźnej warstwy. Występuje w całej kolumnie powietrza – od powierzchni ziemi aż do wysokości około 100 km. Powstaje w sposób naturalny w wyniku zderzeń fotonów promieniowania ultrafioletowego Słońca z cząsteczkami tlenu. Proces ten zachodzi najsilniej na wysokości od 20 do 25 km (czyli w dolnej stratosferze) i tam też ozon osiąga maksymalne stężenie. Z kolei w dolnych warstwach atmosfery i przy powierzchni Ziemi, gdzie nie dociera już najbardziej szkodliwe promieniowanie ultrafioletowe Słońca, ozon powstaje w wyniku cyklu reakcji chemicznych z udziałem tlenków azotu i węglowodorów, zazwyczaj pochodzących ze spalin przemysłowych lub samochodowych. Sumaryczna zawartość ozonu we wszystkich warstwach atmosfery podlega naturalnej zmienności sezonowej, a nawet dobowej.

Problemy z „warstwą ozonową” są dwojakiej natury. Od lat 80. obserwuje się stopniowe ubywanie ozonu ze stratosfery (w tempie kilku procent na dekadę), szczególnie w średnich szerokościach geograficznych, czyli rów-



niez nad Polską. W latach 70. ubiegłego wieku odkryto, że związki chloru i bromu (m.in. freony i halony) emitowane do atmosfery w wyniku działalności niektórych gałęzi przemysłu mogą przyczynić się do destrukcji ozonu stratosferycznego.

Ubytek ozonu w stratosferze jest szczególnie duży, wręcz dramatyczny, w rejonie Antarktydy. Od niemal 30 lat co roku podczas wiosny antarktycznej obserwuje się tam tak zwaną dziurę ozonową, czyli redukcję całkowitego stężenia ozonu do niemal jednej trzeciej wyjściowej wartości. Występowanie „dziury ozonowej” akurat w tym rejonie i okresie wynika ze specyficznych warunków meteorologicznych, które praktycznie nie występują nigdzie indziej na Ziemi. Wyjątkowo niska temperatura w czasie nocy polarnej powoduje skroplenie związków chloru i bromu, co je zatrzymuje. Gdy wiosną nad Antarktyką znów zaczyna świecić słońce, następuje rozpad ozonu w wyniku reakcji chemicznych z tymi związkami.

Zupełnie inaczej podchodzi się do stężeń ozonu przy powierzchni Ziemi. Odwrotnie niż w wypadku stratosfery w dolnej troposferze nadmierne ilości tego gazu są niepożądane ze względu na jego toksyczny wpływ na rośliny, zwierzęta i na zdrowie człowieka, ponieważ ozon jako niezwykle aktywna cząsteczka wchodzi w reakcje z wieloma innymi związkami chemicznymi, niszcząc je lub modyfikując. Od końca XIX wieku, kiedy rozpoczęto pomiary stężeń ozonu przy powierzchni Ziemi, nastąpił kilkukrotny wzrost wartości tych stężeń. Najwyższe stężenia obserwuje się w okresach występowania smogu fotochemicznego.

Korzystne trendy

Zanim globalne stężenie ozonu zaczęły mierzyć satelity, zajmowała się tym ogólnosiwiatowa sieć pomiarowa, do której należy Centralne Obserwatorium Geofizyczne

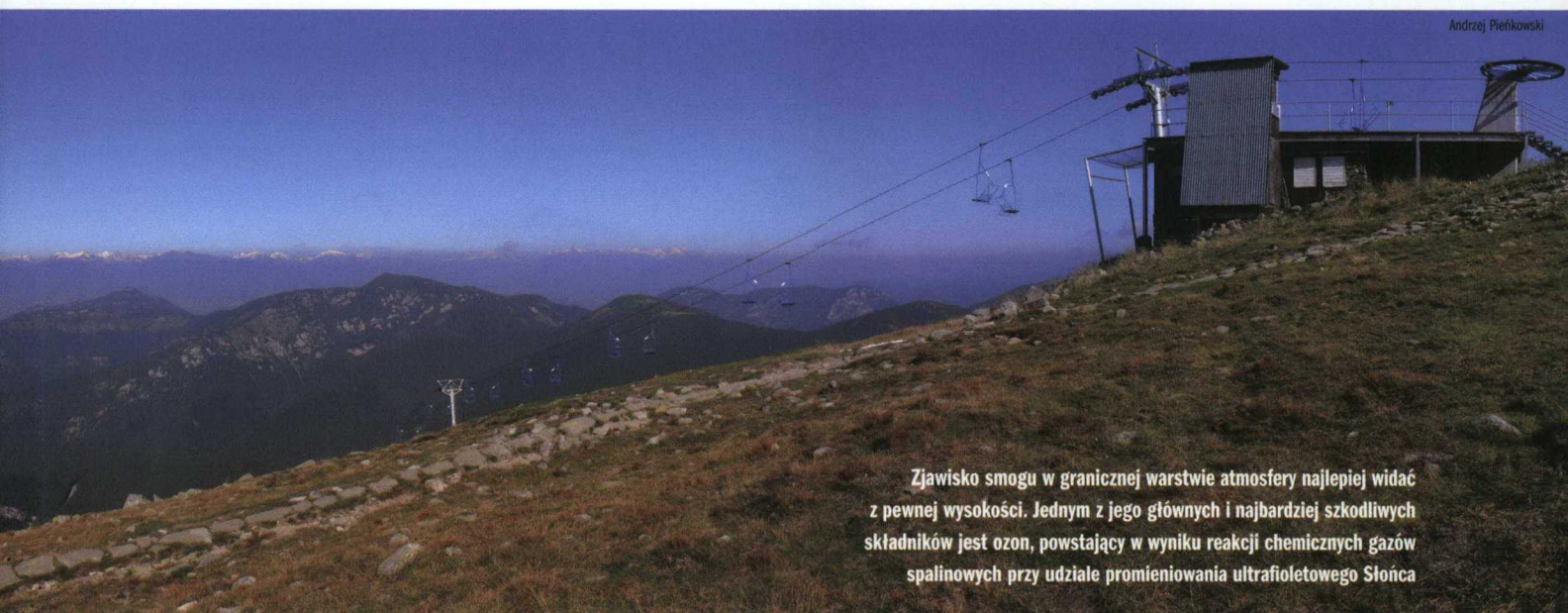
Instytutu Geofizyki PAN w Belsku koło Grójca, około 50 km od Warszawy. Od 1963 roku prowadzi się tam systematyczne pomiary zarówno całkowitej zawartości ozonu jak i jego rozkładu pionowego za pomocą spektrofotometru Dobsona. Dane te stanowią jedną z najdłuższych serii pomiarowych na świecie cenioną ze względu na swoją udokumentowaną jakość. Wykorzystują je liczne ośrodki naukowe na świecie.

Rezultaty ostatnich badań dotyczących długookresowych zmian w warstwie ozonowej wskazują na możliwość odwracania się dotychczasowych niekorzystnych trendów stężeń ozonu. Wynika z nich, że w ciągu najbliższych kilkudziesięciu lat „warstwa ozonowa” będzie się odradzać. Jest to spodziewane jako skutek wprowadzania w życie szeregu umów międzynarodowych ograniczających emisję substancji niszczących warstwę ozonową, zwłaszcza Protokołu Montrealskiego z późniejszymi poprawkami.

Optymizmem napawają też pomiary stężeń ozonu w dolnej troposferze prowadzone w wielu miejscach na świecie, od 1991 roku również w Centralnym Obserwatorium IGF PAN w Belsku. W ostatnich latach stwierdzono, że tempo wzrostu stężenia ozonu przyziemnego maleje, a zjawisko smogu występuje coraz rzadziej, przynajmniej na terytorium Polski. Prawdopodobnie jest to skutkiem spadku emisji zanieczyszczeń, zwłaszcza tak zwanych prekursorów ozonu, czyli tlenków azotu i węglowodorów, i to pomimo wzrostu liczby samochodów w naszym kraju. ■

Chcesz wiedzieć więcej?

- Krzyścin J.W., Krizan P., Jarosławski J. (2007). Long-term changes in the tropospheric column ozone from the ozone soundings over Europe. *Atmospheric Environment*, 41, 606–616.
- Scientific Assessment of Ozone Depletion (2006). http://ozone.unep.org/Assessment_Panels/SAP/Scientific_Assessment_2006



Andrzej Pieńkowski

Zjawisko smogu w granicznej warstwie atmosfery najlepiej widać z pewnej wysokości. Jednym z jego głównych i najbardziej szkodliwych składników jest ozon, powstający w wyniku reakcji chemicznych gazów spalinyowych przy udziale promieniowania ultrafioletowego Słońca