

Słońce niszczy tarczę ochronną Ziemi

14 sierpnia 2024

W świecie nauki rzadko zdarza się, by pojedyncze badanie trwało aż dwie dekady. Tym bardziej warto zwrócić uwagę na przełomowe odkrycia zespołu naukowców pod kierownictwem Grigoriya Doronina, którzy przez 20 lat badali wpływ aktywności słonecznej na warstwę ozonową Ziemi. Wyniki ich pracy rzucają nowe światło na złożone relacje między naszą gwiazdą a ziemską atmosferą, stawiając przed nami niepokojące pytania o przyszłość naszej planety.

Badanie, które rozpoczęło się w 2004 roku i trwało nieprzerwanie do 2024 roku, skupiło się na analizie wpływu zjawisk zwanych słonecznymi zdarzeniami protonowymi (Solar Proton Events, SPE) na stężenie ozonu w mezosferze. To właśnie w tej warstwie atmosfery, rozciągającej się na wysokości od 50 do 80 kilometrów nad powierzchnią Ziemi, rozgrywa się fascynujący spektakl chemicznych i fizycznych procesów, kluczowych dla ochrony naszej planety przed szkodliwym promieniowaniem ultrafioletowym.

Zespół Doronina wykorzystał w swoich badaniach dane z dwóch niezwykle precyzyjnych źródeł. Pierwszym z nich był satelita NASA Aura, wyposażony w spektrometr mikrofalowy MLS (Microwave Limb Sounder), który umożliwia dokładne pomiary składu atmosfery z kosmosu. Drugim źródłem informacji było Centrum Prognozowania Pogody Kosmicznej (Space Weather Prediction Center, SWPC) należące do amerykańskiej Narodowej Służby Oceanicznej i Atmosferycznej (NOAA). Połączenie tych danych pozwoliło naukowcom na przeprowadzenie niezwykle szczegółowej analizy zmian zachodzących w ozonosferze w odpowiedzi na aktywność słoneczną.

Kluczowym elementem badania była analiza wpływu słonecznych

zdarzeń protonowych na stężenie ozonu. SPE to zjawiska, podczas których Słońce emituje strumienie wysokoenergetycznych protonów w kierunku Ziemi. Te naładowane cząstki, wpadając w ziemską atmosferę, wywołują szereg reakcji chemicznych, które mogą prowadzić do znacznego ubytku ozonu, szczególnie w obszarach polarnych.

Wyniki badań są zatrważające. Naukowcy odkryli, że w następstwie silnych SPE stężenie ozonu w mezosferze może spaść nawet o 85% na półkuli północnej i 73% na półkuli południowej. Co więcej, efekty te są najbardziej widoczne w miesiącach zimowych, kiedy to warstwa ozonowa jest szczególnie wrażliwa na zaburzenia.

Aby dokładnie prześledzić te zmiany, zespół Doronina zastosował metodę analizy nałożonych epok (superimposed epoch analysis). Technika ta polega na zestawieniu i uśrednieniu danych z wielu podobnych zdarzeń, co pozwala na wyodrębnienie charakterystycznych wzorców i trendów. W tym przypadku naukowcy analizowali stężenie ozonu przed, w trakcie i po wystąpieniu SPE, wykluczając przy tym wydarzenia, które następowały w odstępach krótszych niż 10 dni, aby uniknąć nakładania się efektów.

Badacze podzielili analizowane SPE na dwie kategorie: umiarkowane (o strumieniu protonów przekraczającym 100 pfu – particle flux units) oraz silne (powyżej 1000 pfu). To rozróżnienie pozwoliło im na dokładniejsze zbadanie, jak intensywność zjawisk słonecznych wpływa na skalę ubytku ozonu.

Jednym z najbardziej interesujących odkryć było to, że czas potrzebny na regenerację warstwy ozonowej po SPE różni się w zależności od półkuli. Na półkuli północnej proces ten trwa średnio 9 dni, podczas gdy na południowej – 10 dni. Ta pozornie niewielka różnica może mieć jednak istotne znaczenie dla globalnych procesów atmosferycznych i klimatycznych.

Badanie zwróciło również uwagę na sezonowość wpływu SPE na

ozonosferę. Naukowcy skupili się na analizie zdarzeń występujących w dwóch okresach: od września do marca oraz od kwietnia do sierpnia. To podejście pozwoliło im uchwycić różnice w reakcji warstwy ozonowej na aktywność słoneczną w zależności od pory roku.

Mechanizm, który prowadzi do tak znacznego ubytku ozonu podczas SPE, jest niezwykle złożony. Wysokoenergetyczne protony słoneczne, wpadając w ziemską atmosferę, inicjują serię reakcji chemicznych. W ich wyniku powstają reaktywne cząsteczki, takie jak rodniki wodorotlenowe (HOx) i tlenki azotu (NOx). Te związki chemiczne działają jak katalizatory, przyspieszając rozkład ozonu i zaburzając jego naturalny cykl powstawania i rozpadu.

Szczególnie niepokojące jest to, że efekty SPE są najbardziej widoczne w obszarach polarnych, gdzie warstwa ozonowa jest już i tak osłabiona przez inne czynniki, takie jak emisja freonów i innych substancji zubożających warstwę ozonową. Nakładanie się tych różnych czynników może prowadzić do powstawania tzw. dziur ozonowych, czyli obszarów o drastycznie obniżonym stężeniu ozonu.

Badania zespołu Doronina mają ogromne znaczenie dla naszego zrozumienia dynamiki atmosfery ziemskiej i jej interakcji ze Słońcem. Wiedza ta jest kluczowa dla przewidywania i łagodzenia skutków zmian klimatycznych. Możliwość dokładniejszego prognozowania wpływu aktywności słonecznej na warstwę ozonową może pomóc w opracowaniu lepszych strategii ochrony atmosfery i minimalizacji ryzyka związanego z nadmierną ekspozycją na promieniowanie UV.

Wyniki badań podkreślają również potrzebę ciągłego monitorowania i badania zjawisk zachodzących w górnych warstwach atmosfery. Choć mezosfera może wydawać się odległa i oderwana od naszego codziennego życia, procesy zachodzące na tej wysokości mają bezpośredni wpływ na klimat i warunki życia na powierzchni Ziemi.

Odkrycia zespołu Doronina stawiają przed nami nowe pytania i wyzwania. Jak zmieni się wpływ SPE na warstwę ozonową w obliczu postępujących zmian klimatycznych? Czy jesteśmy w stanie opracować metody ochrony ozonosfery przed skutkami intensywnej aktywności słonecznej? Jak możemy wykorzystać tę wiedzę do poprawy naszych modeli klimatycznych i prognoz pogody kosmicznej?

Badania te pokazują również, jak ważna jest międzynarodowa współpraca w dziedzinie nauk o Ziemi i przestrzeni kosmicznej. Wykorzystanie danych z różnych źródeł i instytucji, takich jak NASA i NOAA, pozwala na kompleksowe podejście do złożonych problemów naukowych.

Dwadzieścia lat badań nad wpływem słonecznych zdarzeń protonowych na warstwę ozonową to nie tylko imponujące osiągnięcie naukowe. To również ważny głos w dyskusji na temat ochrony naszej planety i zrozumienia jej skomplikowanych mechanizmów obronnych. Wyniki te powinny stać się impulsem do dalszych badań i działań mających na celu ochronę ziemskiej atmosfery przed zagrożeniami zarówno ziemskiego, jak i kosmicznego pochodzenia.

Badania zespołu Grigoriya Doronina rzucają nowe światło na złożone relacje między aktywnością słoneczną a stanem ziemskiej ozonosfery. Odkrycia te nie tylko pogłębiają naszą wiedzę o procesach atmosferycznych, ale też stawiają przed nami nowe wyzwania w zakresie ochrony środowiska i prognozowania zjawisk kosmicznych.

Źródło: ZmianyNaZiemi.pl