

Streszczenie popularnonaukowe

Ziemska atmosfera, od wysokości około 70 km do 1000 km, tworzy częściowo zjonizowane środowisko plazmy zwane jonosferą. Warstwa ta charakteryzuje się złożoną zmiennością czasową i przestrzenną spowodowaną różnymi zjawiskami fizycznymi. Ze względu na pochodzenie, zaburzenia jonosferyczne można podzielić na dwie kategorie. Pierwsza związana jest z aktywnością Słońca powodującą nagłe i globalne zaburzenia jonosfery, druga zaś pochodzi od czynników antropogenicznych i zdarzeń naturalnych występujących na Ziemi. W porównaniu z anomaliami jonosferycznymi spowodowanymi aktywnością Słońca, zaburzenia wywołane zjawiskiem na Ziemi mają mniejszą skalę i czas trwania. Zakłócenia te trwają od kilku minut do kilku godzin, a ich skala rozciąga się od kilkuset do nawet tysięcy kilometrów. Przykładem mogą być sejsmiczne anomalie atmosferyczne, które obserwowano w ostatnich dziesięcioleciach w ciśnieniu atmosferycznym, temperaturze, polu elektromagnetycznym i jonosferze.

Trzęsienie ziemi to proces tektoniczny, który występuje w większości przypadków w wyniku zderzenia płyt tektonicznych. Wstrząsy skorupy ziemskiej wywołują fale atmosferyczne, które rozprzestrzeniają się aż do jonosfery i powodują wykrywalne zmiany gęstości elektronów (ED) i całkowitej zawartości elektronów (TEC) mierzonych w jonosferze. Zmiany ED i TEC można mierzyć za pomocą sygnałów z globalnych systemów nawigacji satelitarnej (GNSS) transmitowanych poprzez jonosferę i odbieranych na pokładzie satelity na niskiej orbicie okołoziemskiej (LEO), a także na Ziemi przez sieć stacji GNSS. Zasadniczo anomalie jonosferyczne spowodowane lokalnymi zdarzeniami jonosferycznymi, takimi jak trzęsienia ziemi lub erupcje wulkanów, są nazywane sprzężeniem pomiędzy stałą Ziemią i jonosferą.

Systemy GNSS są skutecznym narzędziem do obserwacji sejsmicznych zaburzeń jonosferycznych (SID). Sejsmiczne zaburzenia jonosferyczne zostały już wielokrotnie zarejestrowane za pomocą permanentnych obserwacji z naziemnych stacji GNSS. W kilku opublikowanych do tej pory pracach naukowych omówiono różne prędkości propagacji obserwowanych zaburzeń, które są powiązane z sejsmicznymi falami Rayleigha, falami akustycznymi i falami grawitacyjnymi generowanymi przez tsunami. Niektórzy autorzy przedstawili również dowody na zaburzenia sejsmiczno-jonosferyczne wykryte nawet 5 dni przed trzęsieniem ziemi, co jest kluczowe dla proponowanych badań. Niektóre regiony Ziemi, charakteryzujące się szczególnie silną i ciągłą aktywnością sejsmiczną, posiadają gęste naziemne sieci GNSS (Japonia, Chile, zachodnie USA), które umożliwiają szczegółową, lokalną obserwację sejsmicznych zaburzeń jonosferycznych występujących przed i po trzęsieniach lub tsunami.

Możliwość zastosowania gęstych sieci GNSS ma charakter lokalny, jednakże zainicjowano nowe misje satelitarne poświęcone globalnym obserwacjom jonosfery. Misja Swarm Europejskiej Agencji Kosmicznej (ESA) rozpoczęta w 2013 r. obejmuje trzy satelity służące do obserwacji jonosfery za pomocą sond Langmuir'a oraz odbiorników GNSS. Rozpoznanie sejsmicznych anomalii jonosferycznych z pomiarów wzdłuż pojedynczego toru orbity Swarm jest jednak skomplikowane, ponieważ nie można zaobserwować ich korelacji czasoprzestrzennej z powodu braku powtarzalności toru orbity względem Ziemi. Dlatego proponowany projekt ma na celu szczegółową klasyfikację spektralną różnych zaburzeń jonosferycznych zaobserwowanych przez satelity Swarm i ich lokalną walidację za pomocą gęstych naziemnych obserwacji GNSS i globalnych map jonosfery (GIM). Potwierdzone wzorce widmowe różnych zaburzeń jonosferycznych mogą otworzyć nową drogę do obserwacji złożonych systemów zaburzeń poza lokalnymi obszarami gęstych naziemnych sieci GNSS. Ponadto, analiza przestrzenno-czasowa kolokacji sejsmicznych zaburzeń jonosferycznych w odniesieniu do katalogu zdarzeń sejsmicznych i granic płyt tektonicznych, może dostarczyć nowych informacji na temat sprzężenia Ziemia-jonosfera. Satelity Swarm docierają do wszystkich aktywnych sejsmicznie stref świata, a zatem symbioza obserwacji satelitarnych Swarm z lokalnymi naziemnymi obserwacjami GNSS i danymi sejsmicznymi może stać się skutecznym **systemem globalnego śledzenia sejsmicznych zaburzeń jonosferycznych (GLOSID-S)**, który może pozwolić na lepsze zrozumienie interakcji litosfery z jonosferą, i przybliżyć nas do przewidywania trzęsień ziemi.