

Marek GRANICZNY, Zbigniew KOWALSKI,
Janusz JURECZKA, Magdalena CZARNOGÓRSKA
Państwowy Instytut Geologiczny, Warszawa

Wykorzystanie technologii PSinSAR dla obserwacji przemieszczeń powierzchni terenu na przykładzie Górnego Śląska

Streszczenie

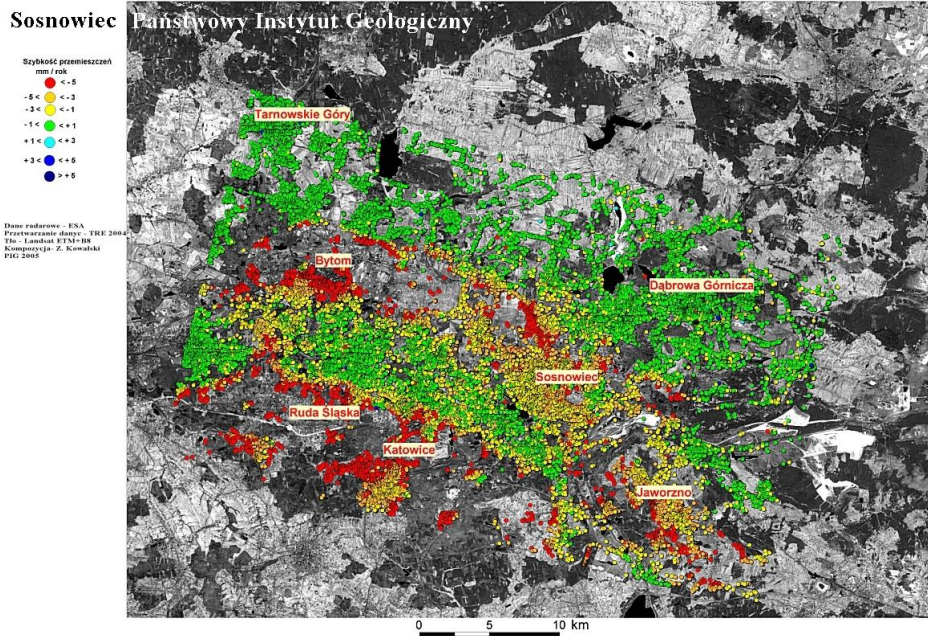
Ostatnie lata przyniosły szybki rozwój interferometrii radarowej. Nowa metoda interferometrycznego przetwarzania obrazów radarowych (PSinSAR) zastosowana w projekcie pozwala na określenie przemieszczeń z dokładnością do 1 milimetra. Technika PSinSAR polega na analizie przemieszczeń punktów kontrolnych będących dobrymi reflektorami dla zakresu mikrofalowego. Państwowy Instytut Geologiczny otrzymał przetworzone dane PSinSAR dla rejonu Sosnowca w połowie marca 2004. Proces przetwarzania obejmował 54 obrazowania radarowe satelitów ERS-1 i ERS-2 w okresie 1992–2003. Wstępna interpretacja danych wskazała na interesujące związki pomiędzy wydłużonymi anomaliami osiadania a granicami geologicznymi – uskokami, kontaktem litologicznym utworów karbonu produktywnego. W artykule przedstawiono wstępną interpretację danych.

15 lipca 2002 r. Komisja Europejska oraz Europejska Agencja Kosmiczna (ESA) powołały wspólnie forum konsultacyjne na temat globalnego monitoringu środowiska oraz jego bezpieczeństwa (GMES) przy pomocy sztucznych satelitów oraz systemów naziemnych.

Przedstawiciele 10 konsorcjów spotkali się na początku 2003 roku, aby skoordynować plany wkładu ESA do programu GMES. Jednym z 10 powstałych konsorcjów jest TerraFirma.

12 sierpnia 2003 r. Państwowy Instytut Geologiczny podpisał stosowną umowę konsorcyjną, stając się jednym z jej członków obok służb geologicznych z Francji, Holandii, Wielkiej Brytanii, Norwegii, Irlandii, Izraela oraz innych partnerów.

Konsorcjum wykorzystuje metodologię PSinSAR oraz dane dostarczane przez satelity ERS-1, ERS-2 oraz ENVISAT. Ponieważ satelita ERS-1 został umieszczony na orbicie w 1991 roku analiza PSinSAR umożliwiła w sposób ciągły rejestrację przemieszczeń powierzchni Ziemi w ciągu ostatnich 13 lat. Przetwarzanie danych PSinSAR jest wykonywane na podstawie autorskiego (opatentowanego) oprogramowania przez instytucję włoską TRE – Tele Rilivamento Europa w Mediolanie. Projekt TerraFirma przewiduje 3 etapy działania. Pierwszy etap, który zakończył się w roku ubiegłym obejmował zorganizowanie serwisu PSinSAR, promocję przedsięwzięcia, wypracowanie strategii dalszego działania oraz wykonanie pierwszych 18 baz danych PSinSAR (w tym obszar zwany umownie Sosnowiec – obejmujący północno-wschodnią część Górnośląskiego Zagłębia Węglowego) – rysunek 1 (A ground motion ... 2004). W trakcie pierwszego etapu realizacji projektu zorganizowano szereg spotkań roboczych, połączonych z warsztatami i szkoleniem. Jedno z takich spotkań odbyło się 22–23 lipca 2004 r. w Państwowym Instytucie Geologicznym w Warszawie.



Rys. 1. Pionowe przemieszczenia na terenie GZW. Dane radarowe – ESA. Przetwarzanie danych – TRE 2004. Tło – zdjęcie satelitarne Landsat ETM+. Kompozycja komputerowa – Z. Kowalski, PIG 2005.
Fig. 1. Vertical motions in Upper Silesian Coal Basin. Radar data – ESA. Data processing – TRE 2004. Background – satellite image Landsat ETM+. Digital composition – Z. Kowalski, PIG 2005.

Pierwsze wyniki analizy obszaru Sosnowca są niezwykle interesujące. Dane z pomiarów wskazują na obniżenia w granicach kilku milimetrów rocznie, często zaledwie 1–2 mm. Tak małe wartości raczej sugerują, że nie są to obniżenia powodowane osiadaniem terenu na skutek podziemnej eksploatacji. Tylko ok. 1% pomiarów wykazuje wartości w granicach 1–2 cm, które mogą być skutkiem eksploatacji węgla, aczkolwiek to również nie są zbyt wysokie wartości. Na obszarach objętych eksploatacją nie należą do rzadkości osiadania rzędu 10–20 cm, a zdarzają się również większe w granicach kilkudziesięciu centymetrów.

Należy jednak zaznaczyć, że metoda PSInSAR nie rejestruje nagłych przemieszczeń powyżej 5,66 cm, co jest związane z długością fali radarowej operującego satelity.

W skali regionalnej stwierdzono zbieżność rozmieszczenia obszarów obniżonych z układem strukturalnym utworów karbonu, która jest zbyt oczywista, by mogła być przypadkowa. Trudno jednak jednoznacznie określić, jakiego rodzaju jest to związek i jaka jest jego geneza. Stwierdzono wyraźną korelację pomiędzy przemieszczeniami terenu a granicami utworów karbonu produktywnego – serią mułowcowi (górne warstwy karwińskie), paraliczną (warstwy ostrawskie) i górnosłaską serią piaskowcową (dolne warstwy karwińskie), w postaci wyraźnych anomalii liniowych przebiegających w kierunku WNW-ESE. Wyniki pomiarów wskazują również, że osiadaniu ulegają obszary struktur synklinalnych oraz obszary w skrzydłach zrzucanych dwóch dużych uskoków (kłodnickiego i będzińskiego). Niewątpliwie oba uskoki mające genezę warwiscyjską zostały odmlodzone w czasie ruchów alpejskich (oba mają w skrzydle zrzuconym trias) (Buła i in. 2003). Może to oczywiście świadczyć o istnieniu ruchów neotektonicznych.

Interesujący jest fakt, że tereny obniżone występują wyłącznie na obszarach eksploatacji węgla, a jednocześnie są zbyt małe, aby odzwierciedlać rzeczywiste osiadania poeksploatacyjne. Wydaje się więc, że na terenach poeksploatacyjnych występują niewielkie ruchy obniżające, wykorzystujące strukturę utworów karbońskich, tzn. nachylenie warstw oraz strefy odmłodzonych uskoków. Fakt ten miałby podstawowe znaczenie dla możliwości prognozowania procesów osiadania terenu na obszarze podziemnej działalności górniczej na podstawie radarowych danych interferometrycznych.

Metoda satelitarnej interferometrii radarowej PSInSAR (Permanent Scatterer Interferometry) jest niezwykle obiecująca z uwagi na możliwość długookresowej obserwacji i analizy deformacji i ruchów powierzchniowych na znacznym obszarze.

Pomiary uzyskane w wyniku jej zastosowania dostarczają informacji o powolnych ruchach powierzchni terenu związanych z osiadaniami różnego typu, zjawiskami tektonicznymi, powierzchniowymi ruchami masowymi itp.

Metoda ta może stać się w przyszłości jednym z podstawowych narzędzi stosowanych do systematycznego monitoringu ruchów na powierzchni terenu.

W drugim etapie projektu, który został zapoczątkowany jesienią 2005 r., przewiduje się wykonanie bazy danych PSInSAR południowej części Górnośląskiego Zagłębia Węglowego.

Literatura

- [1] Buła Z., Habryn R., Piątkowska A., Kowalski Z., Doktor S. 2003: Model budowy strukturalnej Górnego Śląska i zachodniej Małopolski w świetle kompleksowej analizy danych teledetekcyjnych i geologiczno-geofizycznych, CAG PIG, Warszawa.
- [2] A ground motion information service for Europe, TerraFirma, 22–23. <http://www.terrafirma.eu.com>.

Application of the PSInSAR technology for the observation of the ground motions in the Upper Silesia test-site

During the last years, new ways of the satellite radar images processing have been invented and developed. It has allowed ground movements to be mapped and monitored with an accuracy better than 1 mm per year. This method is called Permanent Scatterer Synthetic Aperture Radar Interferometry (PSInSAR). The technique depends on the existence of radar scatterers which consistently reflect signals from successive satellite passes.

The Polish Geological Institute obtained PSInSAR processing results for the Sosnowiec area in mid-March 2004. Processing has covered 54 scenes both ERS-1 and ERS-2, registered between 1992 and 2003. Presently, the results of Sosnowiec PSInSAR are the subject of interpretation. Initial results indicated interesting relations between the elongated subsidence anomalies and geological boundaries – faults and litological contacts within productive Carboniferous sediments.

Przekazano: 10 kwietnia 2006 r.