ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 2007
Seria: GÓRNICTWO z. 278 Nr kol. 1752

Andrzej BANASZAK
KGHM Polska Miedź SA, Lubin

WPŁYW DZIAŁALNOŚCI GÓRNICZEJ NA POWIERZCHNIĘ TERENU W OBSZARZE LGOM NA PRZYKŁADZIE ZAGOSPODAROWANIA ZŁOŻA RUDY MIEDZI GŁOGÓW GŁĘBOKI – PRZEMYSŁOWY

Streszczenie. Zabezpieczenie ciągłości wydobycia rudy miedzi w Legnicko-Głogowskim Okręgu Miedziowym na odpowiednim poziomie wymaga udostępnienia kolejnych partii złoża. W listopadzie 2004 r. KGHM Polska Miedź SA uzyskała koncesję na wydobycie rudy miedzi ze złoża Głogów Głęboki - Przemysłowy. Eksploatacja złoża wywoła nieuniknione zmiany w środowisku naturalnym, a teren górniczy poddany zostanie wpływom eksploatacji w postaci wstrząsów sejsmicznych oraz deformacji ciągłych powierzchni w postaci niecek obniżeniowych. Wykonano prognozy wpływów dynamicznych oraz wskaźników deformacji powierzchni, na podstawie projektu eksploatacji do 2050 roku, tj. do całkowitego wyeksploatowania złoża. Zaprezentowano technikę interferometrii radarowej w monitoringu deformacji powierzchni jako metodę sprawdzającą się i przydatną w warunkach LGOM w świetle dotychczasowych badań porównawczych.

THE INFLUENCE OF MINING ACTIVITY ON THE SURFACE OF TERRAIN IN THE LEGNICA-GŁOGÓW COPPER BASIN USING THE EXAMPLE OF THE GŁOGÓW GŁĘBOKI – PRZEMYSŁOWY (DEEP INDUSTRIAL GŁOGÓW) COPPER ORE DEPOSIT

Summary. To ensure the continuity of copper ore mining in the Legnica-Głogów Copper Basin it is necessary to access subsequent parts of the ore deposit. In November 2004 KGHM Polska Miedź S.A. acquired a concession for the extraction of copper ore from the deposit called Głogów Głęboki - Przemysłowy (Deep Industrial Głogów). The exploitation of this deposit will inevitably cause changes in the environment, and as a result this mining region will be subjected to seismic tremors and continuous surface deformations in the form of depression basins. Impact and surface deformation forecasts have been prepared, based on projected exploitation up to 2050, i.e. until exhaustion of the ore. The radar interferometry technique for the monitoring of surface deformation has been presented as a suitable and useful method in the Legnica - Głogów Copper Basin, taking into account comparable measurements which have thus far been made.

1. Wprowadzenie

Naturalnym kierunkiem rozwoju eksploatacji złoża rudy miedzi, prowadzonej przez KGHM Polska Miedź SA, jest wybieranie partii poniżej poziomu 1200 m w projektowanym obszarze górniczym „Głogów Głęboki – Przemysłowy". W końcu lat 90. KGHM Polska Miedź SA przeprowadziła rozpoznanie mineralizacji w obrębie cechsztyńskiej serii miedzionośnej w celu określenia jej wartości złożowej na obszarze tzw. „Złoża Głębokiego" – na północ od swoich obszarów koncesyjnych. Podstawą były wiercenia wykonane przez Kombinat Górniczo-Hutniczy w Lubinie i ujęte w istniejących dokumentacjach geologicznych: „Bytom Odrzański", „Głogów" i „Retków". Złoże w nowym obszarze stanowi kontynuację złoża znajdującego się w istniejących wcześniej obszarach górniczych, zalega na głębokości 1400 m i charakteryzuje się zbliżonymi warunkami geologiczno-górniczymi.

Do zagospodarowania złoża wykorzystana zostanie infrastruktura istniejących kopalń – „Rudna" i „Polkowice - Sieroszowice", a wydobywany urobek przerabiany będzie w zakładzie przeróbczym ZG Rudna. Realizacja tej inwestycji będzie możliwa dzięki wykorzystaniu potencjału technicznego przedsiębiorstwa w związku z obniżaniem się poziomu wydobycia w istniejących kopalniach po roku 2015, ze względu na sukcesywne sczerpywanie zasobów zalegających w południowych częściach ich obszarów górniczych, przy założeniu przedłużenia upływających w roku 2013 koncesji na wydobywanie kopalin ze złoża objętego obszarami górniczymi Rudna I i II, Sieroszowice I oraz Polkowice II.

2. Charakterystyka złoża i jego zasoby

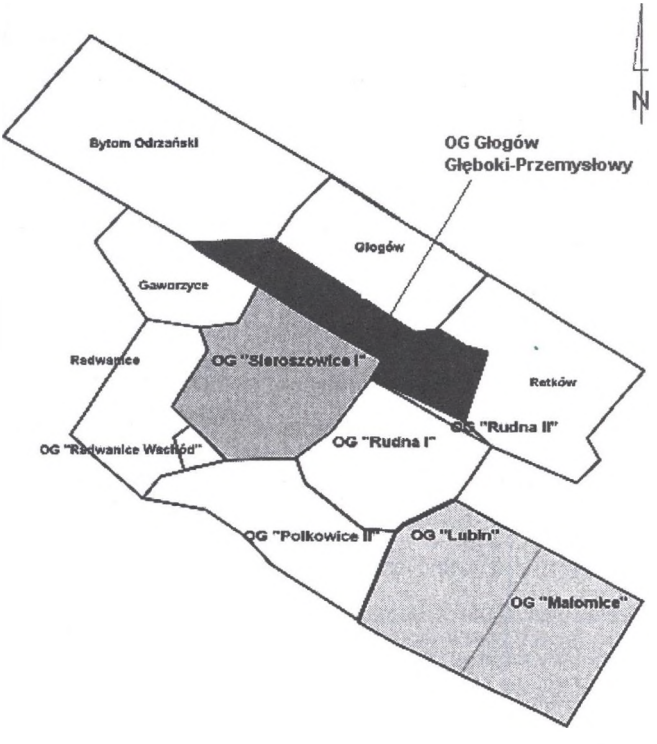
Złoże rud miedzi zalegające w granicach obszaru górniczego Głogów Głęboki – Przemysłowy stanowi najgłębszą z aktualnie zagospodarowanych, północno - wschodnią część dużego obszaru złożowego położonego w obszarze monokliny przedsudeckiej. Charakteryzuje się zmienną miąższością i intensywnością okruszcowania. Miąższość złoża bilansowego i pozabilansowego zawiera się w granicach 0,40 m - 4,13 m, przy średniej miąższości złoża bilansowego 2,11 m oraz zawartości metalu średnio 2,52% [1]. W serii rudonośnej występują 3 typy litologiczne – ruda węglanowa, łupkowa i piaskowcowa. Zasoby bilansowe złoża oceniane są na 300 mln ton. Pierwsze wydobycie z oddziałów

eksploatacyjnych powinno nastąpić w roku 2014, a pełną zdolność wydobywczą rejon osiągnie pięć lat później, utrzymując ją do 2040 roku.

Obok rudy miedzi w obszarze górniczym występują pokłady soli kamiennej o miąższości maksymalnej powyżej 180 m. Zasoby soli wynoszą 16 mln ton, z czego 65% to sól pierwszego gatunku.

3. Udostępnienie złoża

Udostępnianie złoża w nowym obszarze górniczym odbywa się robotami chodnikowymi od strony obszaru górniczego kopalni „Rudna", a od roku 2010 również od strony OG „Sieroszowice I". Planowane jest zgłębienie jednego szybu wentylacyjnego jako szybu wdechowego. Szyb o głębokości 1350 m zlokalizowany będzie w rejonie wsi Kwielice i Turów, ok. 4 km na południe od granicy miasta Głogów na gruntach rolniczych.



Rys. 1. Rozmieszczenie obszarów górniczych wraz z obszarami perspektywicznymi
Fig. 1. Layout of existing and prospective mining areas

Na rys.1 przedstawiono schemat rozmieszczenia obszarów górniczych KGHM Polska Miedź SA wraz z obszarami perspektywicznymi: Bytom Odrzański, Głogów, Retków, Gaworzyce i Radwanice.

4. Zagospodarowanie terenu

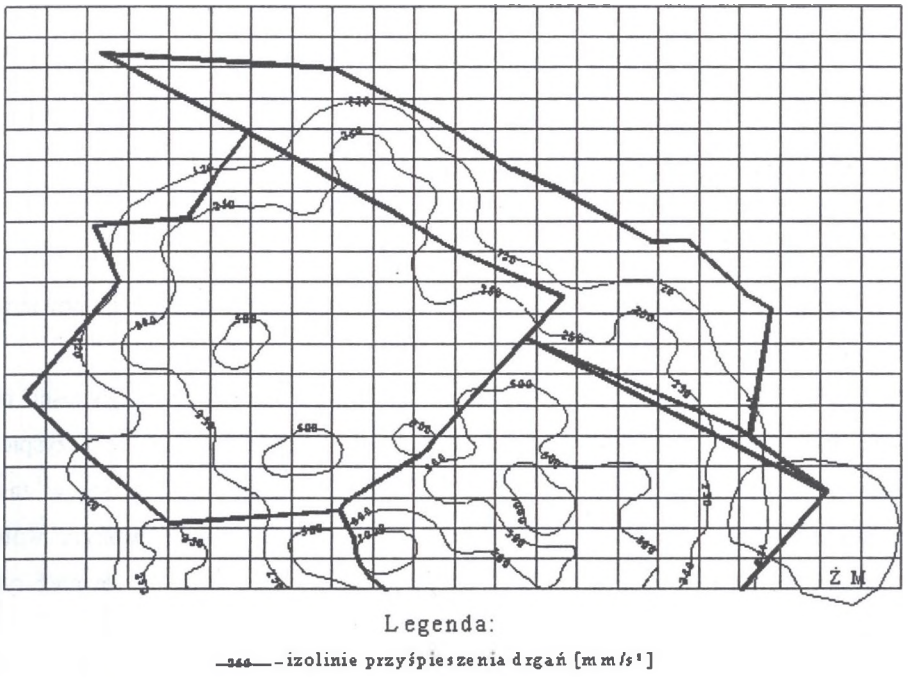
Teren górniczy Głogów Głęboki - Przemysłowy znalazł się w granicach gmin: Grębocic, Jerzmanowej, Żukowic i w niewielkim stopniu Głogowa. Obejmuje obszar typowo rolniczy, bezleśny i nieuprzemysłowiony. Położonych jest na nim 16 wsi, zamieszkałych przez 4,5 tys. osób. Przeważa zabudowa niska-głównie siedliskowa oraz budownictwo jednorodzinne. Przez teren górniczy nie przebiegają drogi o znaczeniu międzynarodowym, a jedynie w granicach gminy Żukowice przebiega droga krajowa nr 12. Brak jest sieci kolejowej, za wyjątkiem krótkiego odcinka linii PKP Głogów - Szprotawa.

W granicach obszaru górniczego nie ma budowli hydrotechnicznych. W odległości ok. 1,5 km na południe od wschodniej granicy obszaru górniczego zlokalizowany jest zbiornik odpadów flotacyjnych „Żelazny Most".

5. Wpływ działalności górniczej na powierzchnię terenu

5.1. Wpływy dynamiczne

Podziemna eksploatacja rud miedzi powoduje naruszenie naturalnego stanu równowagi w utworach skalnych. Głównym przejawem zmian jest aktywność sejsmiczna w rejonie eksploatacji górniczej wyrażana dynamicznym oddziaływaniem wstrząsów sejsmicznych na zabudowę powierzchni terenu. Na obszarach górniczych kopalń wchodzących w skład KGHM Polska Miedź SA rozlokowano stanowiska pomiarowe, tworzące powierzchniową sieć sejsmiczną w celu określenia rzeczywistych wielkości oddziaływań. Rejestrowane sygnały sejsmiczne opracowywane są zgodnie z „Instrukcją prowadzenia powierzchniowych pomiarów sejsmometrycznych, interpretacji wyników oraz oceny i prognozowania drgań sejsmicznych wywołanych wstrząsami górniczymi na powierzchni w LGOM, opierając się na skali GSI-2004 zaopiniowanej pozytywnie przez Komisję do Spraw Ochrony Powierzchni przy Wyższym Urzędzie Górniczym w Katowicach.



Rys. 2. Prognoza przyśpieszeń drgań w OG Głogów G-P oraz obszarach sąsiednich dla planu produkcji do roku 2021

Fig. 2. The prognosis of vibration acceleration in OG Głogów G-P and its proximity referring to the production plan up to 2021

Parametrami drgań, które są podstawą oceny szkodliwości drgań wywołanych danym wstrząsem, są wielkości przyśpieszenia i prędkości drgań, określone zgodnie z procedurami skali GSI-2004.

Prognozę rozprzestrzeniania się drgań w granicach terenu górniczego sporządzono, opierając się na opracowanych dla warunków LGOM zależnośoi empirycznych, określających charakter rozprzestrzeniania się drgań na powierzchni terenu oraz na podstawie prognozy wystąpienia wstrząsów górotworu, sporządzonej dla poszczególnych pól eksploatacyjnych do roku 2021, korzystając z „Zasad sporządzania prognoz aktywności sejsmicznej w warunkach LGOM", opracowanych w Centrum Badawczo – Rozwojowym KGHM „CUPRUM" z Wrocławia [3].

Do oceny wpływu prognozowanych oddziaływań wstrząsów górniczych na powierzchnię wykorzystano uzyskane zależności empiryczne rozprzestrzeniania się drgań w funkcji energii wstrząsu i odległości opracowane dla warunków LGOM:

$$a = 410{,}39 \times E^{0{,}2992} \times r_e^{-0{,}8534}$$
$$V = 0{,}46612 \times E^{0{,}4173} \times r_e^{-0{,}6628} \qquad (1)$$

gdzie:

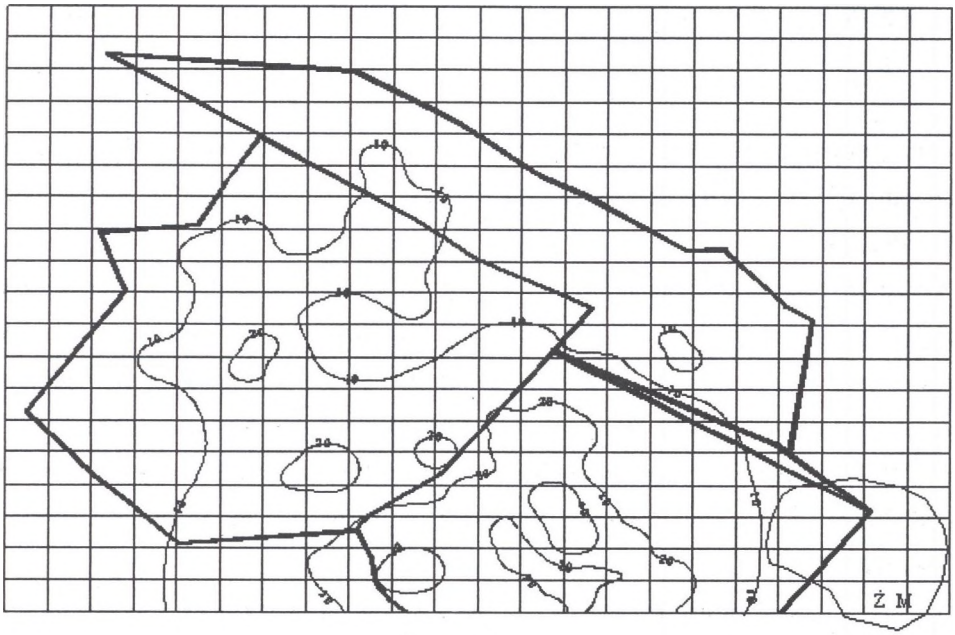
a - amplituda przyśpieszenia drgań [mm/s2],

V - amplituda prędkości drgań [mm/s]

E - energia lokalna wstrząsu [J],

r_e - odległość epicentralna pomiędzy źródłem wstrząsu a danym punktem na powierzchni terenu [m].

Na rys. 2 przedstawiono przebiegi prognozowanych izolinii intensywności drgań w postaci przyśpieszenia drgań. Przez obszar górniczy przebiegają izolinie przyśpieszeń 120 mm/s^2 oraz 250 mm/s^2. Niemal połowa obszaru górniczego znalazła się w zasięgu oddziaływań poniżej 120 mm/s^2, co świadczy o niewielkim, prognozowanym wpływie sejsmiczności na powierzchnię, projektowanej eksploatacji. Potwierdza to również rys. 3, obrazujący izolinie prędkości drgań.



Legenda:

—— - izolinie prędkości drgań [mm/s]

Rys. 3. Prognoza prędkości drgań w O.G. Głogów G- P oraz obszarach sąsiednich dla planu produkcji KGHM do roku 2021

Fig. 3. Prognosis of vibration speed in O.G. Głogów G-P and its proximity referring to the production plan up to 2021

5.2. Wpływy ciągłe na powierzchnię terenu

Skutkiem działalności górniczej na obszarze LGOM są deformacje ciągłe powierzchni w formie obniżeń terenu, nachyleń, krzywizn, poziomych przemieszczeń i odkształceń (wpływy bezpośrednie) oraz obniżenia terenu spowodowane odwodnieniem górotworu (wpływy pośrednie). Na terenie objętym opracowaniem nie przewiduje się występowania deformacji nieciągłych.

Rejestracje zachodzących deformacji terenu górniczego oparte są na obserwacjach geodezyjnych na liniach pomiarowych, sieci reperów rozproszonych oraz triangulacji LGOM. Na podstawie przeprowadzonych pomiarów w 2006 r. stwierdzono, że dokonana do końca 2005 r. eksploatacja górnicza złoża prowadzona w sąsiednich obszarach górniczych nie spowodowała powstania niecek obniżeniowych w obszarze Głogów Głęboki [4].

Wykonana prognoza obejmuje zasięgiem czasowym parcele projektowane do eksploatacji w okresie od 2005 roku do końca 2050 roku. Z uwagi na ujawnianie się wpływów resztowych po zakończeniu eksploatacji, prognozę rozszerzono o lata 2050-58. Stan docelowy – statyczny – obliczano przy założeniu natychmiastowego ujawnienia się całkowitych wpływów eksploatacji. Dla celów prognoz okresowych przedział ten podzielono na 54 czasookresy w interwale rocznym, a dodatkowo w okresie 2005-2018 wykonano prognozy wpływów w interwale półrocznym. Ma to swoje uzasadnienie w większej wiarygodności projektu eksploatacji w tym okresie. W okresie późniejszym nastąpią zapewne istotne zmiany, które mogą spowodować znaczne rozbieżności prognoz z faktycznym stanem deformacji powierzchni terenu [4].

Przewidywane deformacje powierzchni terenu, które ujawnią się w wyniku zrealizowania eksploatacji projektowanej docelowo na powierzchni terenu, zostały wyznaczone przy zastosowaniu zmodyfikowanej dla warunków LGOM teorii prognozowania wpływów Knothego-Budryka oraz programu komputerowego MODEZ [4]. W algorytmie obliczeniowym zastosowano podział każdego z pól eksploatacyjnych na elementarne części, które generują określone wpływy. W prognozie uwzględniono aktualny projekt eksploatacji górniczej. Przedmiotem prognozy deformacji były tereny podlegające wpływom eksploatacji projektowanej. Zastosowanie zasady superpozycji liniowej tych wpływów elementarnych pozwoliło na uzyskiwanie bardzo dokładnych wyników prognozy. Zapewnia to możliwość uwzględniania w obliczeniach teoretycznych takich czynników, jak:

- czas eksploatacji poszczególnych fragmentów złoża w ramach danej parceli eksploatacyjnej,

– zmienna głębokość zalegania złoża,
– zmienna miąższość eksploatowanej warstwy złoża.

Prognozowane wartości poziomych odkształceń, mające decydujący wpływ na kategorie zagrożenia terenu, wyznaczane były w okresach półrocznych (do 2018 r.) i rocznych (do 2058 r.). Wyznaczone stany odkształceń poziomych wyrażają rzeczywiste zagrożenie terenu, jakie wystąpi w przyjętych okresach obliczeniowych. Te odkształcenia, tak jak i pozostałe wskaźniki deformacji, podlegają sumowaniu według ogólnie przyjętych zasad. Oprócz odkształceń analizie poddano maksymalne nachylenia powierzchni terenu w rozpatrywanych okresach. W rejonach, w których ekstremalne odkształcenia główne wskazują na niższą kategorię terenu niż wartości maksymalnych nachyleń, wyznacznikiem kategorii było nachylenie. W efekcie przyjętych założeń i na podstawie dostępnych danych geologiczno-górniczych wyznaczono docelowe obniżenia powierzchni terenu.

Na terenie górniczym „Głogów Głęboki-Przemysłowy" ukształtuje się szereg lokalnych niecek obniżeniowych o maksymalnych obniżeniach powierzchni do 1,50 m. Deformacje powierzchni spowodują powstanie I oraz lokalnie II kategorii terenu górniczego [4]. Wartości odkształceń poziomych, a także nachyleń krawędzi niecek wyniosą:

$$\begin{aligned} \varepsilon_{\max} &= +1{,}44[mm/m] \\ \varepsilon_{\min} &= -1{,}84[mm/m] \\ T_{\max} &= 2{,}26[mm/m] \end{aligned} \tag{2}$$

W wyniku prognozy ekstremalnych odkształceń poziomych i maksymalnych nachyleń terenu określono rozkład kategorii terenu, które należy traktować jako najbardziej niekorzystne z punktu widzenia oddziaływania docelowej eksploatacji górniczej.

6. Nowe metody monitoringu powierzchni – interferometria satelitarna

Od roku 2002 na zlecenie KGHM Polska Miedź SA zespół naukowców pod kierunkiem prof. dr. hab. inż. Edwarda Popiołka rozpoczął prace nad zbadaniem możliwości zastosowania i przydatności techniki interferometrii radarowej do monitoringu deformacji terenu spowodowanej działalnością górniczą. Do roku 2005 wykonano 3 etapy pracy badawczej pt.: „Zastosowanie interferometrii radarowej do wielkopowierzchniowych pomiarów odkształceń pionowych terenów górniczych LGOM". W ramach pracy przeprowadzono wiele badań sprawdzających otrzymane wyniki pomiarów obniżeń terenu wykonanych za pomocą InSAR. Badania te potwierdziły wysoką wiarygodność danych

interferometrycznych oraz możliwości jej zastosowania w dziedzinie ochrony terenów górniczych. Analiza interferogramów w kontekście prowadzonej eksploatacji pozwoliła na udowodnienie występowania związku przyczynowo–skutkowego pomiędzy obserwowanymi prążkami interferometrycznymi a prowadzoną podziemną eksploatacją górniczą. Wykonane analizy porównawcze wielkości obniżeń w czasie pomiędzy pomiarami tradycyjnymi a interferometrycznymi potwierdziły wysoką dokładność metody InSAR [5]. Dokonano również weryfikacji obliczeń obniżeń terenu wykonywanych za pomocą programu MODEZ, opartego na teorii prognozowania deformacji S. Knothego. Porównanie wykazało dobrą zgodność kształtu prognozowanych niecek obniżeniowych w stosunku do zaobserwowanych. Zważywszy na bardzo pozytywne wnioski płynące z opracowania, udowodnioną zgodność wielu parametrów wyinterpretowanych z obrazów interferometrycznych z uzyskanymi metodami bezpośrednimi, Autorzy zarekomendowali metodę do stosowania w warunkach LGOM-u.

W roku 2006 wykonano pierwsze opracowanie map bieżących i okresowych obniżeń na bazie zamówionych obrazów satelitarnych. Technologia tworzenia map obniżeń terenu została zweryfikowana zarówno na podstawie pomiarów geodezyjnych, jak i pomiarów interferometrycznych. Otrzymany produkt w postaci mapy przyrostów deformacji stanowi wiarygodne źródło danych o deformacjach terenów górniczych LGOM.

Autorzy pracy dokonali również oceny wpływu wysokoenergetycznych wstrząsów górotworu na wielkość niecek obniżeniowych, gdyż istniały uzasadnione przypuszczenia o takiej korelacji. Porównanie różnic objętości pomiędzy nieckami teoretycznymi a pozyskanymi z interferogramów, przy uwzględnieniu zaistniałych wstrząsów w rejonie niecek, uwidacznia ich ewidentny wpływ na wielkość niecki. Wstrząsy o energii rzędu 10^7 J powodowały wzrost kubatury niecek interferometrycznych o 25%÷40% w stosunku do niecek modelowanych. Brak wstrząsu powodował, że różnice kubatur porównywanych niecek nie przekraczały 4 % [5].

W perspektywie przyszłej eksploatacji złoża Głogów Głęboki-Przemysłowy metoda interferometrii satelitarnej może okazać się przydatna do szybkiej weryfikacji wielkości parametrów teorii prognozowania wpływów eksploatacji na powierzchnię, zważywszy na odmienność warunków zalegania złoża w stosunku do już poznanych.

Kluczowe znaczenie dla zastosowania interferometrii do pomiarów deformacji ma permanentny monitoring, czyli wykupienie opcji stałego zamówienia radarogramów, gdyż tylko odpowiednio często dostarczany materiał (jedno zobrazowanie na miesiąc) pozwoli skutecznie prowadzić zamierzony monitoring deformacji [5]. Jego efektem będzie edycja map

całkowitych obniżeń terenu oraz obniżeń okresowych w zadanym interwale czasu. Rozwiązanie to miałoby również niebagatelne znaczenie w rozwiązywaniu spornych problemów szkód górniczych.

7. Zakończenie

Wydobycie rudy miedzi ze złoża Głogów Głęboki-Przemysłowy stanowi strategiczny cel dla przemysłu miedziowego w Polsce, a w momencie wyczerpywania się zasobów zalegających w istniejących obszarach górniczych jego znaczenie będzie niepodważalne.

Podjęcie eksploatacji pozwoli na dalszy rozwój przemysłu miedziowego w LGOM, a przez możliwość wykorzystania istniejącego potencjału technicznego KGHM Polska Miedź SA znacznie obniży koszty przygotowania przedsięwzięcia. Dalszy rozwój przemysłu miedziowego zapewni rozwój ekonomiczny okolicznych gmin. Tereny typowo rolnicze bez rozwiniętej infrastruktury i większych skupisk ludzkich nie będą sprawiać problemów tak charakterystycznych w przypadku eksploatacji w sąsiedztwie terenów intensywnie zurbanizowanych. Brak konieczności stosowania drogich systemów eksploatacji ograniczających jej wpływ na powierzchnię terenu, będzie miał istotne znaczenie dla ekonomicznego aspektu przedsięwzięcia. Również bardzo korzystne prognozy co do przewidywanych wpływów zarówno dynamicznych, jak i deformacji każą z dużym optymizmem patrzeć na ewentualną uciążliwość górnictwa miedziowego, związaną z eksploatacją złoża głębokiego.

LITERATURA

1. Praca zbiorowa pod kierunkiem Nierzewskiej M.: Raport o oddziaływaniu przedsięwzięcia polegającego na wydobyciu kopaliny ze złoża Głogów Głęboki-Przemysłowy na środowisko. CB-PM CUPRUM sp. z o.o., Wrocław 2004.
2. Praca zbiorowa: Projekt zagospodarowania złoża rud miedzi „Głogów Głęboki Przemysłowy". KGHM CUPRUM sp. z o.o., Wrocław 2006.
3. Praca zbiorowa pod kierunkiem Jaśkiewicza K.: Opracowanie prognozy wpływów dynamicznych na powierzchnię od projektowanej eksploatacji złoża Głogów Głęboki Przemysłowy dla potrzeb sporządzania opinii geologiczno-górniczych dla nowych inwestycji budowlanych. KGHM CUPRUM sp. z o.o., Wrocław 2006.
4. Praca zbiorowa pod kierunkiem Popiołka E.: Weryfikacja wpływów eksploatacji na powierzchnię w zakresie związanym z poszerzeniem zasięgu obszarów eksploatacyjnych

w obszarach koncesyjnych KGHM. Stowarzyszenie Naukowe im. Stanisława Staszica w Krakowie, Kraków 2006.
5. Praca zbiorowa pod kierunkiem Popiołka E.: Analiza przemieszczeń pionowych terenów górniczych kopalń KGHM Polska Miedź S.A. z wykorzystaniem techniki interferometrii satelitarnej. Stowarzyszenie Naukowe im. Stanisława Staszica w Krakowie, Kraków 2006.

Recenzent: Prof. dr hab. inż. Edward Popiołek