ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 2004
Seria: GÓRNICTWO z. 261 Nr kol. 1650

Violetta SOKOŁA-SZEWIOŁA
Politechnika Śląska, Gliwice

WYKORZYSTANIE ANALITYCZNEGO OPISU STANU ZDEFORMOWANIA GÓROTWORU DO OKREŚLANIA REJONU BADAŃ DEFORMACJI POWIERZCHNI TERENU WYWOŁANYCH EKSPLOATACJĄ PROWADZONĄ W WARUNKACH WYSOKIEJ AKTYWNOŚCI SEJSMICZNEJ

Streszczenie. Przedstawiono wyniki oszacowań sejsmiczności indukowanej wykonane na podstawie analitycznego opisu stanu zdeformowania warstw skalnych. Prognozy te wykorzystano do określenia rejonu badań deformacji powierzchni terenu wywołanych eksploatacją, powodującą wysoką aktywność sejsmiczną.

THE APPLICATION OF THE ANALYTICAL DEFORMED ROCK MASS CONDITION DESCRIPTION FOR IDENTIFYING THE AREA OF STUDY ON THE DEFORMATION OF SURFACE AREA CAUSED BY MINING CARRIED OUT IN CONDITIONS OF HIGH SEISMIC ACTIVITY

Summary. The results of the estimated induced seismicity made on the basis of the analytical rock bed deformation condition description have been presented. The forecasts have been used to identify the area of study on the deformation of surface area caused by mining causing high seismic activity.

1. Wprowadzenie

W pewnych warunkach deformujące się pod wpływem eksploatacji górniczej warstwy mogą być przyczyną występowania wstrząsów górotworu i tąpnięć w wyrobiskach. O sile i częstotliwości występowania tych zjawisk decydują między innymi parametry górniczo-geologiczne, w jakich prowadzone są roboty górnicze. Eksploatacji górniczej towarzyszą także deformacje powierzchni terenu, których opis i pomiar staje się zagadnieniem

szczególnie złożonym, gdy wybieranie następuje w warunkach wysokiej aktywności sejsmicznej.

Badaniem związku między deformacjami wstrząsogennych warstw górotworu i powierzchni terenu a występowaniem wstrząsów górotworu zajmowało się wielu autorów. J.Wanior [9] prognozował wstrząsy i tąpania na podstawie pomiarów geodezyjnych w wyrobiskach górniczych. A.Goszcz [7] próbował określić związek pomiędzy deformacjami powierzchni terenu a aktywnością sejsmiczną górotworu.

W wyniku prac prowadzonych od wielu lat w Instytucie Geotechnologii Geofizyki Górniczej i Ekologii Terenów Przemysłowych [3,4,6,8] zaproponowano wykorzystanie prognozowanych rozkładów wybranych wskaźników deformacji warstw górotworu do prognozy liczby i sumarycznego wydatku energetycznego wstrząsów indukowanych prowadzoną i projektowaną eksploatacją górniczą.

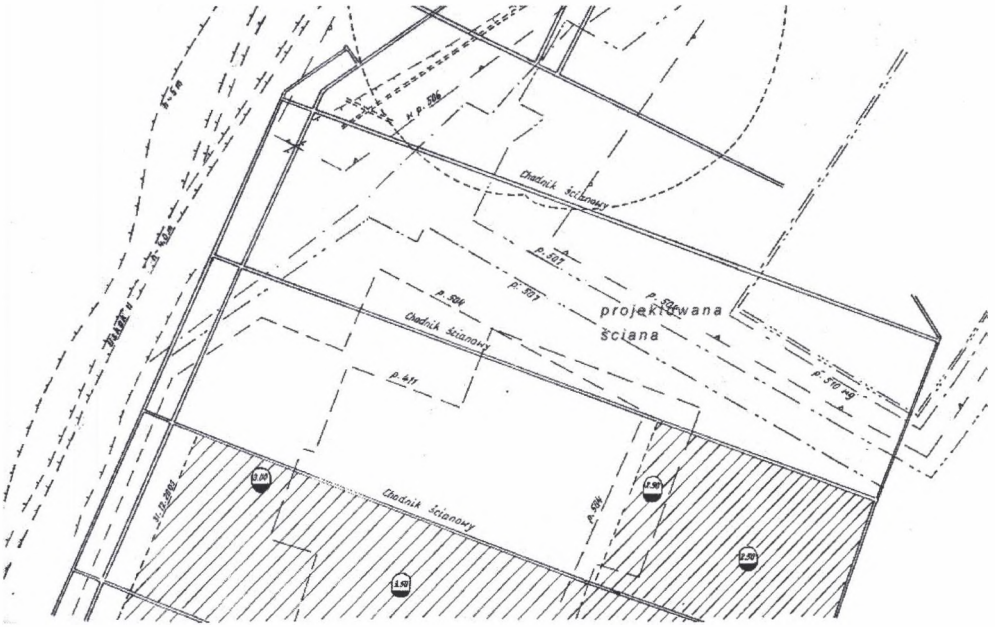
Obecnie realizowany jest w Instytucie projekt badawczy, którego celem jest poszukiwanie zależności pomiędzy rozkładem deformacji powierzchni terenu a rejestrowanym poziomem sejsmiczności indukowanej eksploatacją górniczą. Poszukiwanie tych związków wymaga badań w rejonach, w których eksploatacja prowadzona jest w warunkach wysokiej aktywności sejsmicznej. W celu wstępnego zwymiarowania rejonów potencjalnie podwyższonej sejsmiczności przeprowadzono analizę rozkładu zdeformowania wytrzymałych, wstrząsogennych warstw skalnych w rejonie projektowanych robót górniczych. Dotychczasowe badania wskazują na istnienie korelacyjnych zależności pomiędzy procesami deformacyjnymi w górotworze, zachodzącymi w trakcie wybierania złoża, a rejestrowaną ilością i sumaryczną energią wstrząsów. Podejście to, oparte na analitycznym opisie zmian stanu zdeformowania warstw górotworu, pozwala wiązać przebieg procesu deformacyjnego zachodzącego w mocnych wstrząsogennych skałach z rejestrowaną sejsmicznością.

W artykule przestawiono prognozy stanu zdeformowania wstrząsogennych warstw skalnych dla jednego z rejonów przewidywanych badań, na podstawie których opracowano projekt badań deformacji powierzchni terenu w rejonie planowanej eksploatacji.

2. Charakterystyka rejonu badań

W rejonie planowanych badań przewiduje się eksploatację pokładu należącego do grupy warstw rudzkich. Zalega on na głębokości od 510 m do 770 m, zapadając na południe pod

kątem 7^0. Przedmiotowa partia ograniczona jest od zachodu uskokiem o zrzucie 35 m-45 m w kierunku zachodnim, od wschodu uskokiem o zrzucie 30-45 m w kierunku wschodnim. W północno-wschodniej części występują 2 uskoki o zrzutach do 4,5 m i do 12,0 m. Nadkład stanowią utwory czwartorzędowe wykształcone w formie naprzemianległych warstw iłu, gliny i piasku. Karbon reprezentowany jest przez warstwy orzeskie, rudzkie, siodłowe i porębskie. Warstwy rudzkie, w skład których wchodzi przedmiotowy pokład, zbudowane są w przeważającej mierze z piaskowców występujących w formie grubych dochodzących do kilkudziesięciu metrów ław. W spągu pokładu w odległości 5 m zalega 8-metrowa warstwa piaskowca, w stropie zalega gruba 30 m warstwa oraz warstwy 15 m i 17 m w odległościach odpowiednio 35 m i 55 m . W przeszłości w rejonie tym prowadzono eksploatacje pokładów: 402, 403/1, 404/2, 405, 407/2, 409, 410, 411, 413/1, 413/2 oraz 414/2 i 504, 506, 507.



Rys. 1. Kontury eksploatacji dokonanej i projektowanej w przedmiotowym pokładzie
Fig.1. The contours of the planned and past mining in the seam in question

Pokład w przedmiotowym rejonie wybierany jest od roku 1998 systemem ścianowym podłużnym z zawałem stropu. Ściany prowadzone są ze wschodu na zachód. Projektowana ściana, którą wytypowano w celu przeprowadzenia badań, stanowi kontynuację eksploatacji prowadzonej w tej partii. Długość ściany wynosić będzie około 280 m, a wybieg 1200 m. Wybierana będzie na grubość 3,0 m – 3,5 m, na średniej głębokości około 600 m, systemem ścianowym podłużnym z zawałem stropu. Rysunek 1 przedstawia kontury dokonanej i

projektowanej eksploatacji. W czasie dotychczasowej eksploatacji w analizowanej partii obserwowano silne zagrożenie sejsmiczne.

W trakcie wybierania pokładu w okresie 07.1998-03.2004 r. zarejestrowano w przedmiotowym rejonie 3158 wstrząsów o energiach od 10^2 do 10^7 J. Ogółem w badanej partii zanotowano w tym okresie 7956 wstrząsów. Kształtowanie się zarejestrowanej sejsmiczności w trakcie eksploatacji w pokładzie ilustruje tab. 1. W tabeli 2 przedstawiono zarejestrowaną sejsmiczność towarzyszącą eksploatacji w przedmiotowej partii złoża.

Tabela 1

Zarejestrowana sejsmiczność towarzysząca eksploatacji przedmiotowego pokładu

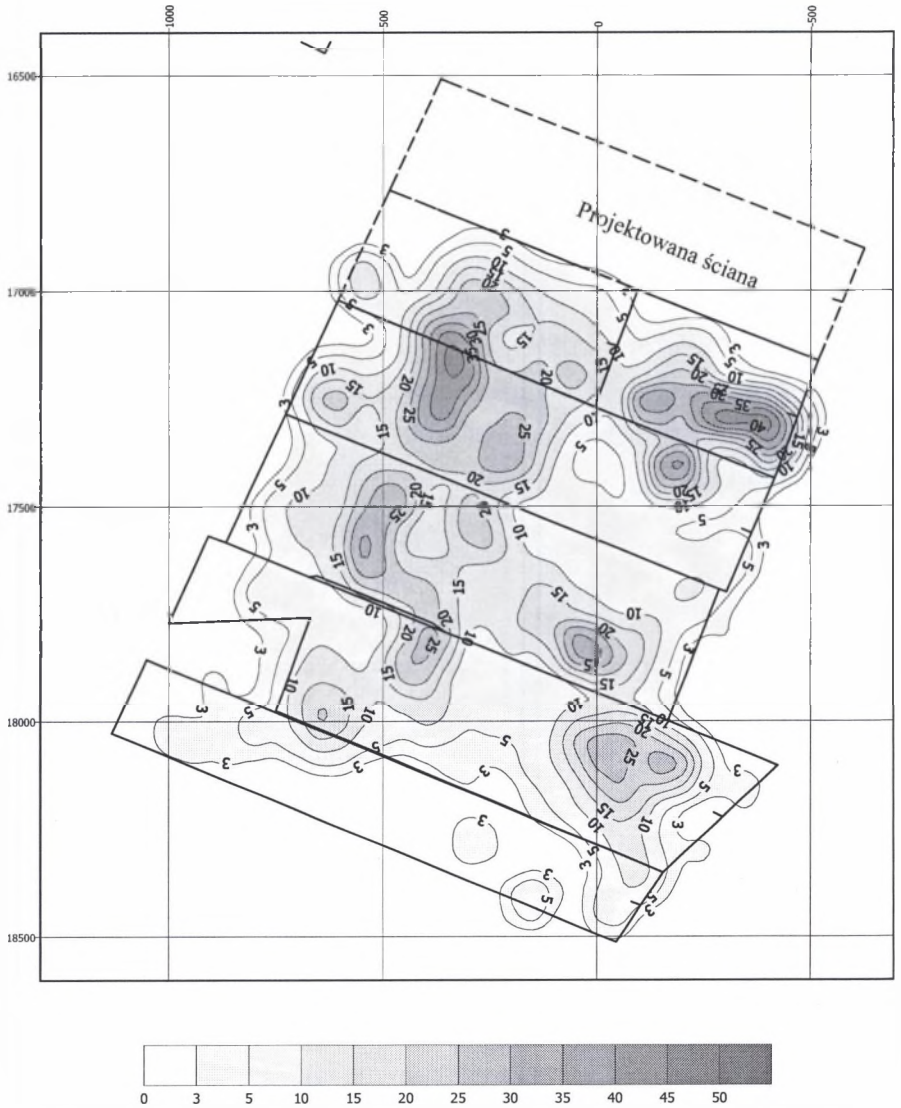
Energia [J]	Ilość wstrząsów	Suma energii [J]
10^2	526	3.7E5
10^3	1420	5.7E6
10^4	1108	4.3E7
10^5	75	5.3E7
10^6	26	1.1E8
10^7	3	6.0E7

Tabela 2

Zarejestrowana sejsmiczność towarzysząca eksploatacji w przedmiotowej partii złoża

Energia[J]	Ilość wstrząsów	Suma energii [J]
10^2	1857	1.3E6
10^3	3475	1.3E7
10^4	2317	9.1E7
10^5	241	1.6E8
10^6	63	2.3E8
10^7	3	6.0E7

Na rysunku 2 zaprezentowano rozkład gęstości energii wstrząsów [J/m3] zaistniałych w tej partii w okresie 07.98 – 03.2004 r.



Rys. 2. Rozkład gęstości energii wstrząsów zaistniałych w okresie 07.98 – 03.2004 r. w przedmiotowej partii ([J/m3])

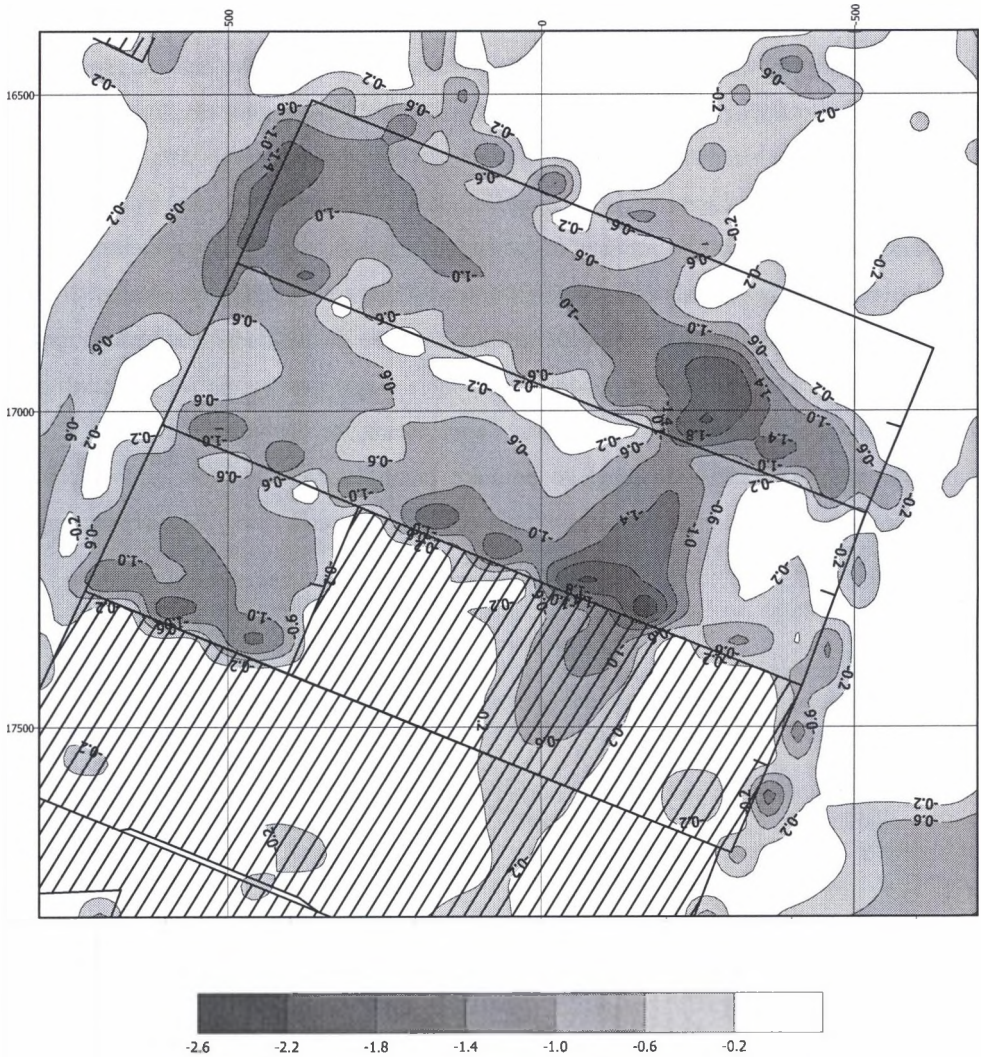
Fig. 2. The distribution of tremor energy density registered in the period 07.98 – 03.2004 in the batch in question ([J/m3])

Występowanie w trakcie eksploatacji średnio- i wysokoenergetycznych wstrząsów o energii powyżej 10^5 J wiąże się z zalegającymi w stropie i spągu pokładu grubymi warstwami piaskowców skłonnymi do akumulacji energii sprężystej oraz licznymi krawędziami eksploatacji w sąsiednich pokładach. Duża aktywność sejsmiczna powodowana jest także prowadzeniem eksploatacji pod niewybranymi parcelami oraz w rejonie uskoków w sąsiedztwie, których pozostawiono liczne resztki.

3. Prognoza stanu zdeformowania wstrząsogennych warstw skalnych

W celu oszacowania potencjalnego poziomu sejsmiczności, indukowanej, jaka może towarzyszyć projektowanej eksploatacji w polu projektowanej ściany, wykonano prognozy zdeformowania wstrząsogennych warstw skalnych zalegających nad przewidywanym do wybierania pokładem. Do obliczeń wykorzystano algorytmy i programy komputerowe [1] stosowane w Politechnice Śląskiej do wyznaczania charakterystycznych pod względem rozkładu naprężeń i deformacji obszarów górotworu. Dotychczasowe badania wskazują na istnienie istotnych związków między zasięgiem rejonów silnie zdeformowanych oraz miejsc dużych gradientów deformacji a obserwowanym poziomem sejsmiczności indukowanej. Jako wskaźnik charakteryzujący przebieg procesów deformacyjnych wybrano odkształcenia pionowe (ε_z[mm/m]). Na rysunku 3 przedstawiono prognozę kształtowania się odkształceń pionowych ekstremalnych, jakie wystąpiły w trakcie prowadzenia dotychczasowych robót, a także tych, które mogą wystąpić podczas eksploatacji w polu projektowanej ściany. Zwymiarowane na rys. 3 obszary dużych deformacji warstw skalnych, jak również obszary, w których występują duże przyrosty odkształceń pionowych, uznaje się za rejony spodziewanej wzmożonej sejsmiczności indukowanej. Zgodnie z wynikami prognozy przeważająca część pola projektowanej ściany znajdzie się w obszarze podwyższonej aktywności sejsmicznej. Prognoza maksymalnych energii wstrzasów wykonana metodą Bilińskiego [5] wykazała możliwość wystąpienia w rejonie projektowanych badań wstrząsów wysokoenergetycznych o energiach rzędu 10^6 J. W przypadku splotu skrajnie niekorzystnych warunków naturalnych i górniczych wstrząsy mogą osiagnąć energię rzędu 10^7J.

Spodziewany wysoki poziom sejsmiczności indukowanej, jaka może towarzyszyć projektowanym robotom w polu anlizowanej ściany, uzasadnia przeprowadzenie badań deformacji powierzchni terenu w celu poszukiwania zależności pomiędzy rozkładem deformacji powierzchni a rejestrowanym poziomem aktywności sejsmicznej.

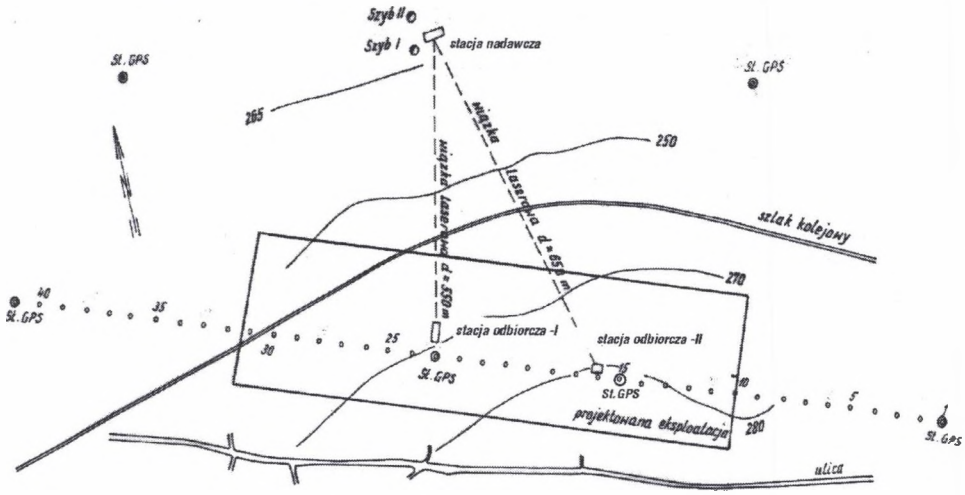


Rys. 3. Rozkład pionowych odkształceń ekstremalnych w czasie prowadzenia eksploatacji (ε_z[mm/m])
Fig. 3. The distribution of vertical extreme deformations during mining (ε_z[mm/m])

4. Projekt pomiarów deformacji powierzchni terenu

Wykonana prognoza stanu zdeformowania górotworu wykazała możliwość wystąpienia w rejonie projektowanych badań wysokiego poziomu aktywności sejsmicznej, co stanowiło konieczny warunek prowadzenia badań w celu rozwiązania postawionego w projekcie badawczym zadania, tj. próby określenia związku między kształtowaniem się deformacji powierzchni terenu a aktywnością sejsmiczną górotworu.

Badania deformacji obejmują geodezyjne pomiary okresowe i ciągłe obserwacje punktów powierzchni terenu z wykorzystaniem urządzeń laserowych [2]. Projekt okresowych geodezyjnych obserwacji opracowany został w odniesieniu do zamierzeń eksploatacyjnych kopalni, ukształtowania terenu oraz technicznych możliwości pomiarowych. Dla pomiarów tych zaprojektowano linię obserwacyjną o długości około 1950 m, przy średniej odległości między punktami 50 m, usytuowaną wzdłuż przemieszczającego się frontu wybierania, na której wykonywane będą pomiary niwelacyjne i liniowo- kątowe uzupełnione techniką GPS. Częstotliwość prowadzenia obserwacji dostosowana zostanie do rozkładu czasoprzestrzennego eksploatacji w zakresie od 1 do 7 dni. Obserwacje ciągłe przewiduje się wykonać w długim horyzoncie czasowym, wykorzystując opracowaną w Instytucie technologię i wykonane prototypy urządzeń do ciągłego pomiaru przemieszczeń punktów powierzchni terenu wykorzystujących technikę laserową w połączeniu z rejestracją video [2]. Uproszczony projekt obserwacji przedstawiono na rys. 4.



Rys. 4. Projekt badań deformacji powierzchni terenu
Fig. 4. The project of study on the deformation of surface area

5. Podsumowanie

Zależności pomiędzy rozkładem deformacji powierzchni terenu a rejestrowanym poziomem sejsmiczności indukowanej eksploatacją górniczą można poszukiwać opierając się na badaniach deformacji powierzchni terenu w rejonach eksploatacji prowadzonej w warunkach wysokiej aktywności sejsmicznej. Wymaga to wstępnego określenia rejonów potencjalnie podwyższonej sejsmiczności w obszarze projektowanych robót górniczych.

W artykule przedstawiono wyniki oszacowań sejsmiczności indukowanej wykonane na podstawie analitycznego opisu stanu zdeformowania wytrzymałych, wstrząsogennych warstw skalnych. Spodziewany wysoki poziom sejsmiczności indukowanej, jaka może towarzyszyć robotom w polu projektowanej ściany, uzasadnia podjęcie badań deformacji powierzchni terenu w przedmiotowym rejonie.

Wyniki projektowanych badań mogą stanowić podstawę prognozowania zmian stanu zagrożenia sejsmicznego oraz posłużyć do modyfikacji metodyki prognozowania deformacji powierzchni terenu w rejonach eksploatacji prowadzonej w warunkach wysokiej aktywności sejsmicznej.

LITERATURA

1. Białek J.: Opis nieliniowych efektów dotyczących obniżeń terenu górniczego za pomocą wzorów zaimplementowanych w programach komputerowych serii EDN, EDBJ. V konferencja Naukowo-Techniczna „Ochrona środowiska na terenach górniczych". Szczyrk, 2-4.06.2004.
2. Białek J., Sokoła-Szewioła V., Opałka K.: Badania deformacji powierzchni terenu w rejonach eksploatacji prowadzonej w warunkach wysokiej aktywności sejsmicznej. V konferencja Naukowo-Techniczna. „Ochrona środowiska na terenach górniczych". Szczyrk, 2-4.06.2004.
3. Białek J., Jaworski A.: Próba oceny aktywności sejsmicznej na podstawie prognozowanych stanów deformacyjnych górotworu. ZN AGH, s. Górnictwo, z. 142. Kraków 1989.
4. Białek J., Bańka P., Jaworski A. :Wykorzystanie analitycznych prognoz naprężeniowo – deformacyjnych warunków wybierania do projektowania eksploatacji w rejonach zagrożonych tąpaniami. Prace GIG, s. Konferencje nr 26. Katowice 1998.
5. Biliński A.: Ocena zagrożenia tąpnięciem wyrobiska eksploatacyjnego. Prace GIG . seria dodatkowa. Katowice 1992.
6. Drzęźla B., Białek J., Jaworski A., Bańka P., Kolodziejczyk P.: Badanie związków sejsmiczności indukowanej eksploatacją górniczą z parametrami opisującymi deformacje ośrodka skalnego. Projekt badawczy KBN nr 903759101. Gliwice, 1994. Praca niepublikowana.
7. Goszcz A.: Zagrożenie powierzchni ze strony wstrząsów górniczych i możliwość jego prognozowania. Przegląd Górniczy nr 4, 1991.
8. Jaworski A., Bańka P.: Szacowanie maksymalnych energii wstrząsów w oparciu o analityczny opis stanu zdeformowania górotworu. VI Dni Miernictwa Górniczego i Ochrony Terenów Górniczych. Ustroń – Zawodzie, 2001.
9. Wanior J.: Metoda prognozowania wstrząsów z tąpnięć w oparciu o wyniki pomiarów geodezyjnych. Wyd. PTPNoZ. Częstochowa 1982.

Praca naukowa finansowana ze środków Komitetu Badań Naukowych w latach 2004-2007 jako projekt badawczy

Recenzent: Prof. dr hab. inż. Władysław Konopko

Abstract

The results of the estimated induced seismicity made on the basis of the analytical rock bed deformation condition description have been presented in the paper. The forecasts have been used to identify the area of study on the deformation of surface area caused by mining causing high seismic activity (fig.1,4). The distribution of tremor energy density registered in the batch in question and the distribution of vertical extreme deformations during mining (fig 2 and 3) have been presented in the paper.