

GEOFIZYKA GÓRNICZA JAKO PODSTAWOWE NARZĘDZIE POMIAROWE WSPÓŁCZESNEGO GÓRNICTWA SUROWCÓW MINERALNYCH

Mining geophysics as a basic surveying tool in modern mining of mineral resources

Józef DUBIŃSKI

*Główny Instytut Górnictwa;
pl. Gwarków 1, 40-166 Katowice;
e-mail: jdubinski@gig.eu*

Abstract: Mining geophysics is classified as a branch of modern applied geophysics, which is being developed rapidly both in Polish and world mining of mineral resources. This is mainly due to the development of mining but also as a result of conducting the mining operations in more and more difficult conditions. Limiting scope of deployment of mining geophysics to the following significant domains – work safety – geological dislocations of the coal seams – preservation of mining areas – essential problems and geophysical methods used when solving them were discussed.

Key words: mining geophysics, work safety, natural hazards, fault, mining area

Słowa kluczowe: geofizyka górnicza, bezpieczeństwo pracy, zagrożenia naturalne, uskok, teren górniczy

WPROWADZENIE

Współczesne górnictwo surowców mineralnych jest coraz większym użytkownikiem metod geofizycznych. Trend ten obserwuje się praktycznie we wszystkich rozwiniętych górniczych krajach świata. Wynika on przede wszystkim z faktu, że nowoczesne górnictwo w coraz szerszym zakresie realizuje swoją działalność zgodnie z zasadami strategii zrównoważonego rozwoju. Narzuca ona przedsiębiorcom górniczym dążenie do konkurencyjności poprzez racjonalizację kosztów produkcji. Wskazuje także na dbałość o środowisko naturalne na terenach górniczych wraz z efektywnym wykorzystaniem złoża oraz o społeczny wizerunek górnictwa, a w tym, przede wszystkim troskę o pracowników i ich bezpieczeństwo pracy. Metody geofizyczne jako najczęściej bezinwazyjny sposób uzyskiwania szybkiej i efektywnej informacji o złożu, w którym prowadzona jest działalność górnicza i o jego otoczeniu oraz o zachodzących w nich zjawiskach, dostarczają także informacji o powierzchni terenu poddawanej wpływom działalności górniczej. Stąd metody te są szczególnie użytecznym narzędziem

pomiarowym nowoczesnego górnictwa. Polskie górnictwo, przede wszystkim górnictwo podziemne, jest tego bardzo dobrym przykładem.

W drugiej połowie lat 90. XX wieku, a szczególnie w ostatnich trzech dekadach, miał miejsce dynamiczny rozwój polskiej geofizyki górniczej. Dotyczy to zarówno sfery badawczej i edukacyjnej jak również wykorzystywania metod geofizycznych w kopalniach. Można z przekonaniem stwierdzić, że żadna inna specjalność w obrębie nauk górniczych i nauk o Ziemi nie zanotowała tak szybkiego i dynamicznego rozwoju jak geofizyka górnicza. Bez wątpienia wynika to z wysokiej użyteczności rozwijanych i wdrażanych metod geofizycznych oraz zapotrzebowania ze strony ich odbiorców.

CHARAKTERYSTYKA POLSKIEGO GÓRNICTWA SUROWCÓW MINERALNYCH

Należy zauważyć, że polskie górnictwo surowców mineralnych podlegało w okresie ostatnich 20 lat głębokim zmianom wynikającym z procesów restrukturyzacyjnych, które miały dostosować ten ważny sektor polskiej gospodarki do warunków gospodarki rynkowej. Zmiany te miały miejsce we wszystkich sferach działalności, począwszy od technicznej, poprzez ekonomiczną aż do społecznej i ukształtowały one nowy obraz polskiego przemysłu górniczego (Bradecki & Dubiński 2005).

Tabela (Table) 1

Parametry polskiego przemysłu wydobywczego stałych kopalin podstawowych

Parameters of Polish mining industry of basic fossil minerals

Lp.	Rodzaj zakładu, <i>Type of plant</i>	Liczba <i>Number</i>	Zatrudnienie <i>Employment</i> 31.12.2008	Wydobycie <i>Output</i> [tys. ton]
1.	Podziemne zakłady górnicze <i>Underground mining plants:</i>	42	128 925	119 404.1
	węgla kamiennego, <i>hard coal</i>	31	113 319	83 615.0
	węgla kamiennego w likwidacji <i>hard coal under liquidation</i>	1	30	—
	rud miedzi, <i>copper ore</i>	3	12 490	30 900.0
	rud cynku i ołowiu, <i>zinc and lead ores</i>	2	1 933	4 030.0
	solí, <i>salt</i>	1	839	591.7
	glin ceramicznych, <i>ceramic clays</i>	2	125	44.9
	gipsu i anhydrytu, <i>gypsum and anhydride</i>	2	189	222.5
2.	Odkrywkowe zakłady górnicze <i>Open pit plants:</i>	108	16 218	129 900.0
	węgla brunatnego, <i>lignite</i>	12	12 969	59 900.0
	surowców skalnych, ilastych, piasków formierskich i szklarskich <i>rock and loamy materials, molding and quartz sands</i>	95	3 034	ok.70 000
	siarki (w likwidacji) <i>sulfur (under liquidation)</i>	1	215	—
Razem, Total:		150	145 143	249 304.1

Aktualnie, do podstawowych filarów polskiego górnictwa należy górnictwo węgla kamiennego i brunatnego, górnictwo rud metali oraz surowców skalnych. W tabeli 1 przedstawiono wybrane parametry charakteryzujące ten przemysł, ograniczając się do grupy stałych kopalin podstawowych, a więc z pominięciem górnictwa otworowego oraz wydobywania kopalin pospolitych (Raport WUG 2008). Wielkości przedstawione w tabeli 1 pokazują, że polski przemysł wydobywczy surowców mineralnych jest ważny nie tylko ze względów gospodarczych, w tym bezpieczeństwa energetycznego, ale także społecznych. Należy podkreślić, że działalność górnicza, szczególnie w kopalniach podziemnych, odbywa się w coraz trudniejszych warunkach geologiczno-górnicznych, które generują różne zagrożenia naturalne, będące przyczyną zdarzeń wypadkowych i katastrof górniczych (Dubiński *et al.* 1999). Równie istotnym i coraz ostrzej postrzeganym problemem staje się oddziaływanie eksploatacji górnictwa na powierzchnię terenów górniczych (Kwiatek 1998). W tych właśnie obszarach niezwykle pomocnym narzędziem pomiarowym dla górnictwa okazała się geofizyka górnicza, ze swoją różnorodnością metod pomiarowych oraz coraz wyższą ich efektywnością.

METODY GEOFIZYCZNE STOSOWANE W OBSZARZE BEZPIECZEŃSTWA PRACY

Bezpieczeństwo pracy jest niezwykle wrażliwą sferą działalności górnictwa, bowiem zaistniałe wypadki oraz katastrofy kreują niekorzystny wizerunek tego przemysłu w opinii społecznej. Jednak prawdą jest to, że podziemne środowisko pracy górnictwa jest bez wątpienia środowiskiem o bardzo wysokim potencjalnym ryzyku zaistnienia tych zdarzeń. Na figurze 1 przedstawiono liczbę wypadków ogółem i wypadków śmiertelnych jakie w latach 1998–2008 zaistniały w całym polskim górnictwie surowców mineralnych. Zdecydowana większość tych wypadków jest związana z kopalniami węgla kamiennego, przy czym należy zauważyć, że są to wielkości znacząco mniejsze od tych, jakie miały miejsce w pierwszych dekadach po 1945 roku. W kopalniach tych występują praktycznie wszystkie znane zagrożenia górnicze, w tym szczególnie niebezpieczne, o charakterze katastrofogenicznym, takie jak tąpnięcia, zapalenia i wybuchy metanu, wybuchy pyłu węglowego, pożary endogeniczne (Dubiński *et al.* 1999).

Metody geofizyczne, ze względu na swoje potencjalne możliwości pozyskiwania informacji o procesach zachodzących w obrębie ośrodków skalnych, znalazły swoje szczególne zastosowanie w odniesieniu do sejsmiczności indukowanej przez roboty górnicze i powiązanego z nią zjawiska tąpnięć. Szczególną użyteczność uzyskały tutaj następujące metody: seismologiczna, seismoakustyczna i sejsmiczna, które osiągnęły poziom podstawowych metod ruchowych (Dubiński & Konopko 2000, Marczak 2008).

Odbiorcami wyników badań geofizycznych w różnym zakresie są prawie wszystkie kopalnie węgla kamiennego i rud miedzi oraz Kopalnia Węgla Brunatnego „Bełchatów”. Zasady stosowania tych metod oraz interpretacji i wykorzystywania uzyskiwanych wyników zostały ujęte w jednolitych instrukcjach zaleconych do stosowania we wszystkich kopalniach uznanych za zagrożone sejsmicznie i tąpnięciami (Dubiński & Konopko 2000). Dzisiaj trudno sobie wyobrazić funkcjonowanie kopalni eksploatującej złoża zagrożone tąpnięciami bez codziennych informacji o zaistniałych wstrząsach, w tym o ich lokalizacji, energii sejsmicznej oraz trendach w przemieszczaniu się ich ognisk.

Tak więc, metody geofizyczne służą tutaj do bieżącej oraz wyprzedzającej oceny zagrożenia sejsmicznego w określonych partiach złoża, która jest podstawą do podejmowania operacyjnych decyzji w zakresie stosowania aktywnych działań profilaktycznych, a także w zakresie doboru oraz korekty technicznych parametrów eksploatacji (Dubiński & Konopko 2000). Dostarczają także informacji o skuteczności powyższych działań technicznych. Również, bardzo często decyzje o kontynuowaniu lub zaniechaniu eksploatacji, po zaistnieniu zdarzeń świadczących o wysokim poziomie ryzyka wystąpienia tąpnięcia, są oparte głównie na informacjach uzyskiwanych metodami geofizycznymi.

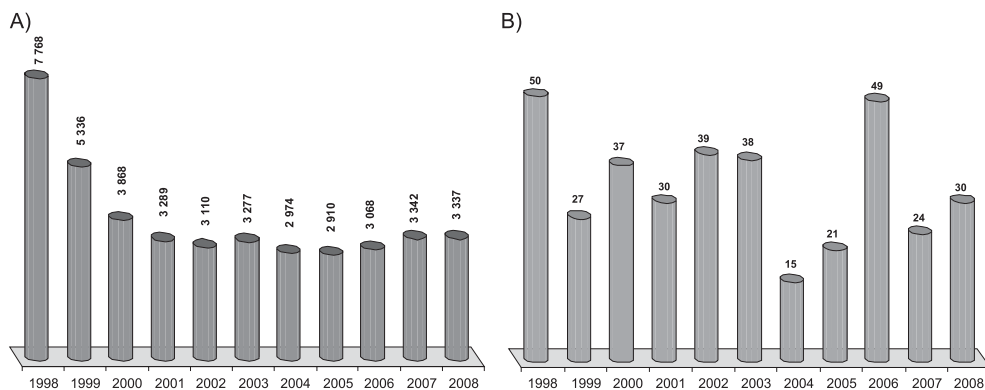


Fig. 1. Liczba wypadków ogółem (A) i śmiertelnych (B) w polskim górnictwie w latach 1998–2008

Fig. 1. Number of accidents total (A) and fatal (B) in Polish mining in the years 1998–2008

Na figurze 2 przedstawiono przykład wyprzedzającej oceny zagrożenia tąpnięciami uzyskany w wyniku pomiarów realizowanych techniką tomografii sejsmicznej (Dubiński 2003, Lurka 2008). Można zauważyć, że wstrząsy zaistniałe po wykonaniu obliczeń tomograficznych lokalizowały się w obrębie trzech wyznaczonych stref podwyższonych prędkości, tj. strefy I oraz III i IV. Zdecydowanie najwięcej wstrząsów wystąpiło w strefie I, która jest strefą zlokalizowaną bezpośrednio przed frontem eksploatacji, co potwierdza prawidłowość wyprzedzającej prognozy tomograficznej. Szczególnie dobrze jest to widoczne na stereograficznym obrazie rozkładu prędkości w prawej części figury 2. Należy podkreślić, że powyższa technika tomografii sejsmicznej stała się niezwykle efektywnym narzędziem pomiarowym, które stosują w Polsce kopalnie węgla kamiennego i rud miedzi, a także kopalnie zagraniczne, np. w RPA czy też w Australii.

Wymienione metody geofizyczne nie wyczerpują zakresu zastosowań geofizyki górniczej w problematyce sejsmiczności i tępnięć. Z powodzeniem są także stosowane metoda mikrograwimetryczna oraz elektrooporowa, które jednak nie posiadają statusu metod ruchomych (Fajkiewicz 2008, Kotyrba 1996).

Poza niekwestionowanymi walorami użytkowymi dla praktyki górniczej, przedmiotowe metody geofizyczne wniosły wiele nowych informacji w zakresie badań podstawowych dotyczących samego zjawiska wstrząsu górniczego, a więc odnośnie mechanizmu jego tworzenia się, modelu ogniska oraz jego parametrów fizycznych. Te wszystkie dane przyczyniają się do lepszego poznania tych zjawisk i doskonalenia metodologii ich badania i prognozowania (Dubiński & Konopko 2000, Lasocki & Orlecka-Sikora 2007, Marczak 2008).

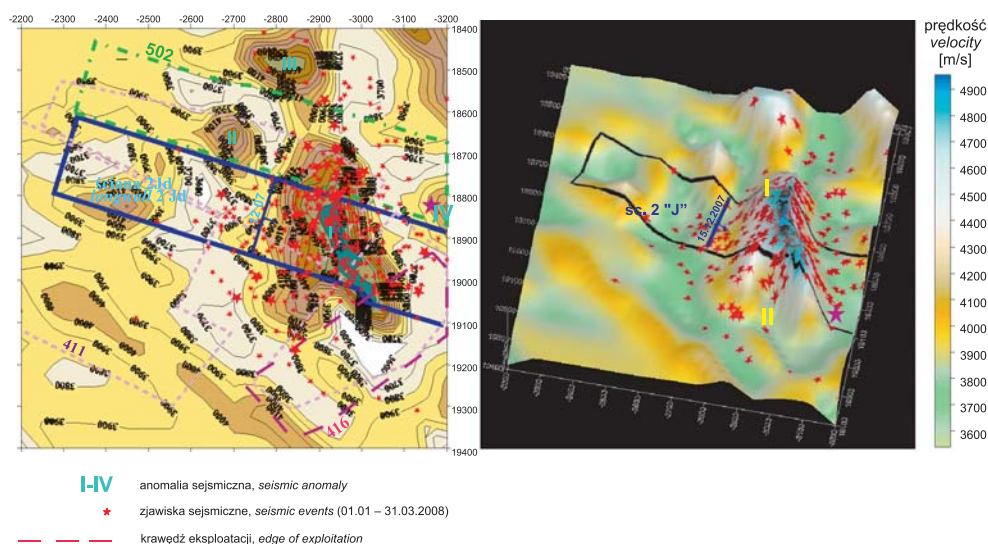


Fig. 2. Rozkład prędkości fali P obliczony metodą tomografii pasywnej na podstawie zbioru wstrząsów zarejestrowanych od sierpnia do grudnia 2007 roku w rejonie ściany 2Jd w kopalni „Wujek – Śląsk” (czerwone gwiazdki oznaczają wstrząsy które wystąpiły w okresie 3 miesięcy po wykonaniu rozkładów prędkości – od 1 stycznia do 31 marca 2008 roku)

Fig. 2. Distribution of the P wave velocity obtained by using passive tomography technique based on tremors recorded between August and December 2007 for 2Jd longwall panel in “Wujek – Śląsk” mine (red stars indicate tremors that occurred during the next 3 months between January 1st and March 31st 2008)

METODY GEOFIZYCZNE STOSOWANE W GEOLOGII KOPALNIANEJ

Efektywne prowadzenie działalności górniczej wymaga utrzymywania przez firmy górnicze konkurencyjnego w skali globalnej poziomu kosztów. Jednym z czynników, które kształtują ten poziom jest ciągłość produkcji, czyli maksymalne wykorzystanie czasu pracy maszyn i urządzeń produkcyjnego ciągu technologicznego. Stąd tak ważnym, szczególnie w przypadku wysokiej koncentracji produkcji, jest posiadanie wyprzedzającej informacji o ciągłości złoża i wszelkich zmianach w jego strukturze, które mogą zakłócić cykl produkcyjny. Problem jest szczególnie istotny w przypadku pokładów węgla kamiennego (Dubieński *et al.* 1999, Dubieński & Siata 2000). Przykładowo, nierozpoznane zaburzenia uskokowe, czy też wyraźne obniżenie miąższości pokładu (wymycie) powodują konieczność zatrzymania ścian produkcyjnych. Wywołuje to straty związane ze spadkiem produkcji oraz często znaczące koszty związane z koniecznością przemieszczenia frontu ścianowego do strefy niezaburzonej geologicznie. Rozpoznanie w tym zakresie prowadzone wyłącznie z wykorzystaniem techniki wiertniczej jest mało efektywne z racji występujących licznych ograniczeń. Stąd rozpoznanie geofizyczne z wykorzystaniem metody sejsmicznej, które pozwala uzyskiwać wgląd w obraz struktury pokładu węglowego na wybiegu frontu ścianowego jest w tym zakresie najbardziej

efektywną techniką rozpoznania (Dubiński & Siata 2000). Stosowane są tutaj, w zależności od sytuacji pomiarowej, dwa warianty prowadzenia dołowych pomiarów sejsmicznych:

- prześwietlanie pomiędzy równoległymi wyrobiskami chodnikowymi, które okonturują pole ścianowe, w tym z wykorzystaniem przechodzących fal kanałowych,
- metoda refleksyjna w sytuacji istnienia tylko jednego wyrobiska przyscianowego.

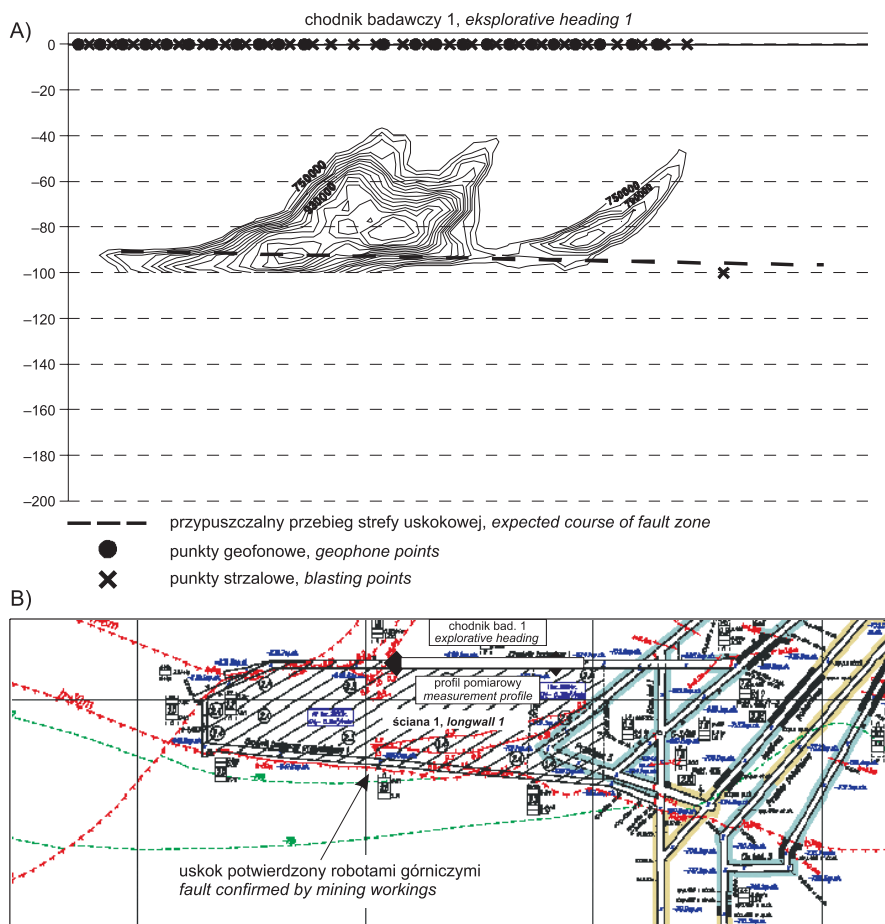


Fig. 3. Przykładowy wynik pomiarów sejsmicznych zastosowanych dla lokalizacji uskoku: A) przypuszczalny przebieg strefy uskoku; B) przebieg uskoku potwierdzony robotami górniczymi

Fig. 3. Exemplification of seismic measurement results for location of a fault zone: A) expected course of fault zone; B) fault course confirmed by mining workings

Współczesna aparatura sejsmiczna stosowana w tego typu pomiarach musi spełniać wymagania iskrobezpieczeństwa zgodne z dyrektywą ATEX oraz być przystosowaną pod względem funkcjonalnym do pracy w ciężkich warunkach dołowych. W procesie interpretacyjnym wykorzystywane są szeroko możliwości cyfrowego przetwarzania zarejestrowanych sygnałów sejsmicznych oraz obrazowania wyników badań sejsmicznych. Uwarunkowania te

powodują, że metoda sejsmicznego rozpoznania ciągłości i zmian w obrębie pokładów węgla jest aktualnie jedynym nowoczesnym narzędziem pomiarowym w tym zakresie. Na figurze 3 przedstawione zostały wyniki przykładowych pomiarów sejsmicznych wykonanych w celu wyprzedzającego rozpoznania prawdopodobnego uskoku w pokładzie węgla.

METODY GEOFIZYCZNE STOSOWANE W OCHRONIE POWIERZCHNI TERENÓW GÓRNICZYCH

Specyfiką polskiego górnictwa jest w odniesieniu do powierzchni terenów górniczych, między innymi (Dubiński *et al.* 1999, Kwiatek 1998):

- prowadzenie eksploatacji pod obszarami zabudowanymi, często w obrębie filarów ochronnych,
- występowanie w przypadku Górnośląskiego Zagłębia Węglowego płytkiej, zazwyczaj starej eksploatacji.

Powoduje to, że problematyka ochrony powierzchni terenów górniczych posiada istotne znaczenie nie tylko z punktu widzenia ochrony środowiska naturalnego, ale jest także niezwykle istotna w kształtowaniu relacji kopalnia – mieszkańcy oraz z punktu widzenia bezpieczeństwa powszechnego na powierzchni (Kwiatek 1998). Spośród licznych zagadnień w tym zakresie do najważniejszych należy zaliczyć:

- występowanie deformacji powierzchni oraz górniczych zjawisk sejsmicznych (wstrząsów), które są lub mogą być przyczyną uszkodzeń obiektów budowlanych, infrastruktury technicznej, dyskomfortu związanego z odczuwaniem drgań przez ludzi,
- powstawanie deformacji nieciągłych na powierzchni w postaci lejów, zapadlisk, itp.

Dla oceny oddziaływań sejsmicznych związanych z występowaniem wstrząsów górniczych metoda sejsmometryczna oparta na ciągłej rejestracji przez powierzchniowe stanowiska trzech składowych drgań jest podstawową metodą pomiarową (Dubiński *et al.* 2006, Dubiński & Mutke 2007). Opracowane zostały dla głównych rejonów sejsmicznych (LGOM i GZW) oryginalne rozwiązania metodologiczne w postaci dwuparametrycznej skali GSI (górnicza skala intensywności), umożliwiającej wiarygodną ocenę intensywności i ewentualnej szkodliwości wstrząsów górniczych. Przykład zastosowania tej skali pokazano na figurze 4. Przedmiotem analizy jest tutaj bardzo silny wstrząs, o energii sejsmicznej $E = 1 \cdot 10^9$ J, który wystąpił w kopalni „Bobrek-Centrum” w dniu 9 lutego 2007 roku o godzinie 14:46. Wstrząs ten spowodował lekkie szkody w małej populacji budynków, znajdujących się na obszarze miasta Bytom, przy czym dotyczyły one głównie połuzowania się lub obsunięcia pojedynczych dachówek, uszkodzenia kominów w starej zabudowie miasta, powstania rys w tynkach oraz powiększenia się starych rys i szczelin. Uszkodzenia te wystąpiły w promieniu 2 km od epicentrum wstrząsu, gdzie skala GSI wskazywała na II stopień intensywności. Osobliwością tego wstrząsu był fakt, że odczuto go na dużym obszarze GZW, nawet w Katowicach, Rudzie Śląskiej i Gliwicach (w promieniu ponad 15 km). W rejonie epicentrum, znajdującym się w Bytomiu, odczuto go wyjątkowo silnie – ludzie byli mocno wystraszeni. Towarzyszyło temu przesuwanie się mebli, pobrzękiwanie naczyń i zastaw. Pomierzone przyspieszenia drgań w rejonie epicentralnym na poziomie 570 mm/s^2 (w paśmie do 10Hz) nie należało do największych, jakie rejestrowano w tym rejonie GZW. Cechą, która różni ten wstrząs od innych

silnych wstrząsów górniczych z rejonu Bytomia, jest długi czas trwania ($3 \div 7$ s), oraz wysoka wartość amplitudy prędkości drgań na powierzchni (w rejonie epicentralnym rzędu prawie 30 mm/s).

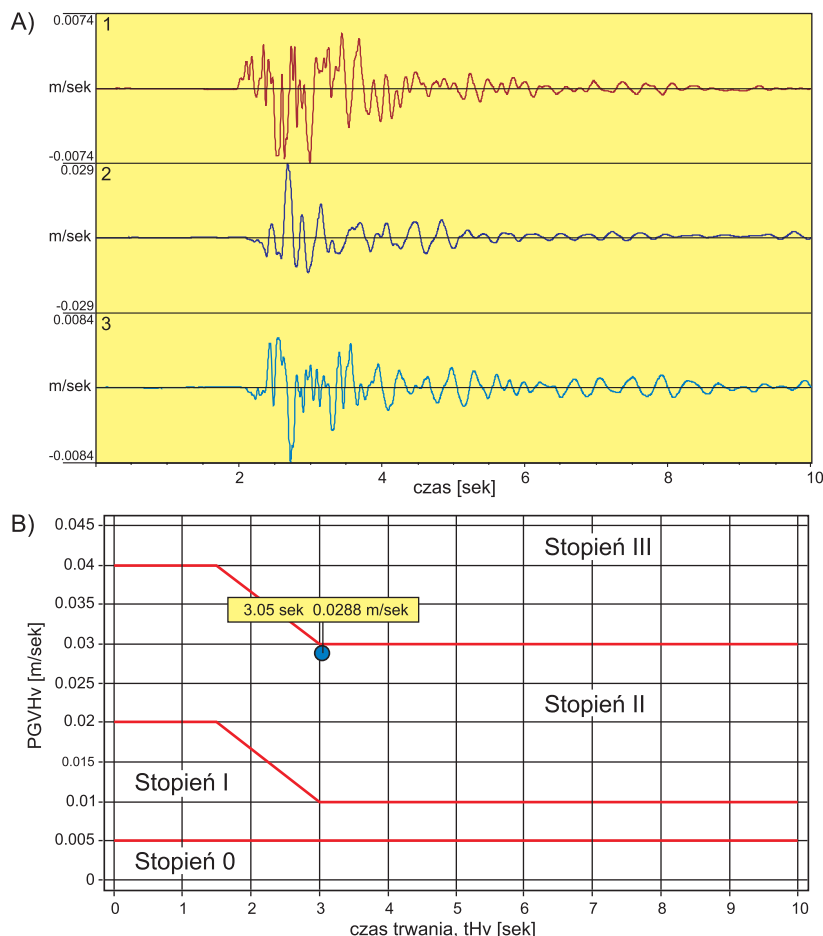


Fig. 4. Sejsmogram prędkościowy wstrząsu z dnia 09.02.2007 godz. 14:46, o energii $1 \cdot 10^9$ J z KWK „Bobrek-Centrum” (stanowisko – Karb, odległość epicentralna 400 m) (A). Analiza wstrząsu w oparciu o skalę GSI-GZW-V – zgłoszone uszkodzenia i silne odczucie wstrząsu (B)

Fig. 4. Velocity seismogram of the tremor occurred 09.02.2007, 2:46 pm with energy $1 \cdot 10^9$ J in “Bobrek-Centrum” mine (stand – Karb, epicentral distance 400 m) (A). Analysis of the tremor based on GSI-GZW-V scale – reported damages and strong fillings of the tremor (B)

Z kolei dla wyprzedzającej identyfikacji miejsc o wysokim ryzyku zaistnienia deformacji nieciągłych, powszechne zastosowanie znalazły takie metody geofizyczne jak: grawimetryczna, elektrooporowa i elektromagnetyczna, radarowa, sejsmiczna (Pilecki 2005, Fajkiewicz 2008). W bardzo wielu przypadkach ich wyniki pozwoliły na odpowiednie podjęcie działań

zapobiegawczych i uniknięcie katastrofy. Należy nadmienić, że powyższe metody geofizyczne spełniają także niezwykle istotną rolę w geotechnicznym rozpoznaniu terenów pogórnich w zakresie oceny ich przydatności do gospodarczego wykorzystania i zabudowy.

WNIOSKI

1. Doświadczenia ostatnich dziesięcioleci i liczne przykłady praktyczne pokazują bardzo wyraźnie, że metody geofizyki górnicznej stają się niekwestionowanym, podstawowym narzędziem pomiarowym współczesnego górnictwa.
2. Zakres zastosowania tych metod jest szeroki i wykazuje systematyczny wzrost, o czym decydują coraz nowocześniejsze rozwiązania aparaturowe i, przede wszystkim, nowe możliwości cyfrowego przetwarzania wejściowych danych geofizycznych.
3. Zasadniczą sprawą w dalszej poprawie efektywności metod geofizyki górnicznej jest rozwój modeli opisujących badane zjawiska i procesy fizyczne zachodzące w górotworze kopalnianym, na podstawie których może być realizowana transformacja danych geofizycznych na wielkości oczekiwane przez użytkowników (górników, geologów, itp.), w celu podejmowania przez nich racjonalnych decyzji operacyjnych.
4. Istnieje jeszcze szereg problemów technicznych w obszarze górnictwa, które wymagają efektywnego rozwiązania i nie ulega wątpliwości, że jest to pole dla dalszego rozwoju geofizyki górnicznej.

Praca była prezentowana na VII Konferencji Naukowo-Technicznej pt. „Geofizyka w geologii, górnictwie i ochronie środowiska” organizowanej z okazji jubileuszu 90-lecia AGH na WGGiOŚ.

LITERATURA

- Bradecki W. & Dubiński J., 2005. Effect of the restructuring of the Polish coal-mining industry on the level of natural hazards. *Archives of Mining Sciences*, Kraków, 50, 1, 49–67.
- Dubiński J., 1999. Charakterystyka podstawowych zagrożeń górnichych w polskich kopalniach węgla kamiennego. W: *Koncentracja Wydobywania a Zagrożenia Górnicze*, Wydawnictwo GIG, Katowice, 55–65.
- Dubiński J., 2003. Development of Seismogenic Zones in Underground Mines in the Light of Results of the Passive Tomography. W: *Mining in the 21st Century Quo Vadis? Proc. of the 19th World Mining Congress*, New Dehli, 2, 1561–1568.
- Dubiński J. & Konopko W., 2000. *Tapania – Ocena – Prognoza – Zwalczanie*. Wydawnictwo GIG, Katowice.
- Dubiński J. & Mutke G., 2007. Górnicza skala intensywności GSI-GZW do oceny skutków oddziaływania wstrząsów górniczych w Górnośląskim Zagłębiu Węglowym na obiekty budowlane i ludzi. *Prace Naukowe GIG „Górnictwo i środowisko”*, Katowice, Wydanie specjalne III/2007, 199–211.
- Dubiński J. & Siata R., 2000. Analiza możliwości techniki sejsmicznej w rozpoznaniu zaburzeń ciągłości pokładów węgla. *Materiały VIII Konferencji „Problemy geologii w ekologii i górnictwie podziemnym”*, Prace Naukowe GIG, seria konf., Szczyrk, 35, 83–93.

- Dubiński J., Stec K. & Lurka A., 2006. *Oddziaływanie wstrząsów sejsmicznych na powierzchnię w zależności od ich parametrów fizycznych*. Wydawnictwo GIG, Katowice.
- Fajkiewicz Z., 2008. *Grawimetria Stosowana*. UWND AGH, Kraków.
- Kotyrbą A., 1996. Badania geoelektryczne w kopalniach. *Poradnik Geofizyka Górniczego, Tom 3*. Wydawnictwo Biblioteka Szkoły Eksploatacji Podziemnej, Kraków, 188–229.
- Kwiatek J. (red.), 1998. *Ochrona obiektów budowlanych na terenach górniczych*. Wydawnictwo GIG, Katowice.
- Lasocki S. & Orlecka-Sikora B., 2007. A study of the origin seismic events in Upper Silesian Coal Basin in Poland. *Proc. XXIV IUGG General Assembly*, Perugia.
- Lurka A., 2008. Location of high seismic activity zones and seismic hazard assessment in Bielszowice coal mine using passive tomography. *Journal of China University of Mining & Technology*, 18, 2, 177–181.
- Marcak H., 2008. Fizyczne podstawy użycia metod geofizycznych w badaniach naprężeń w skałach. *Gospodarka Surowcami Mineralnymi*, Kraków, 24, 2/3, 177–198.
- Pilecki Z., 2005. Rozpoznanie zagrożenia deformacjami nieciągłymi na terenach pogórnich za pomocą metod geofizycznych. *Mat. XII Międzynarodowej Konferencji Naukowo-technicznej: „Górnictwo zagrożenia naturalne”*, Wydawnictwo GIG, Katowice, 220–228.
- Stan bezpieczeństwa i higieny pracy w górnictwie w 2007 roku. *Raport WUG*, marzec 2008, Katowice.