

*Zdzisław Kłeczek**

GRUPOWE STRZELANIE PRZODKÓW JAKO ELEMENT PROFILAKTYKI TĄPANIOWEJ W KOPALNIACH RUD MIEDZI LGOM

1. Zagrożenie sejsmiczne towarzyszące eksploatacji rud miedzi w Lubińsko-Głogowskim Okręgu Miedziowym

Eksploatacja rud miedzi we wszystkich trzech kopalniach KGHM Polska Miedź SA prowadzona jest w warunkach wysokiego zagrożenia wstrząsami górotworu i towarzyszącymi im tąpnięciami. W latach 1985–2003 zanotowano tam w sumie 9338 wysokoenergetycznych ($E \geq 10^5$ J) wstrząsów górotworu o łącznym wydatku energetycznym (wielkości mierzonej energii sejsmicznej) wynoszącym prawie 56,4 GJ. Oznacza to statystycznie, że średniemu rocznemu wydobywaniu w wysokości 27,5 milionów Mg rudy towarzyszyło 491 wysokoenergetycznych wstrząsów górotworu o sumarycznej rocznej energii sejsmicznej prawie 3 GJ. Wstrząsy te wywoływały średnio 3 tąpnięcia rocznie, które były przyczyną 8 wypadków, w tym średnio 2 wypadków śmiertelnych (tab. 1).

TABELA 1

**Zestawienie wydobywania, wstrząsów górotworu ($E \geq 10^5$ J), tąpnięć i wypadków
w kopalniach KGHM Polska Miedź SA w latach 1985–2003**

Rok	Wydobycie, 10 ⁶ Mg	Liczba wstrząsów górotworu	Wydatek energetyczny GJ	Liczba tąpnięć	Wypadki wskutek tąpnięć	
					Śmiertelne	Ogółem
1985	29,4	325	1,730	2	1	9
1986	29,6	446	1,722	4	0	10
1987	29,8	484	1,719	5	7	27
1988	30,0	482	1,751	1	1	2

* Wydział Górnictwa i Geoinżynierii, Akademia Górniczo-Hutnicza, Kraków

TABELA 1 cd.

Rok	Wydobycie, 10 ⁶ Mg	Liczba wstrząsów górotworu	Wydatek energetyczny GJ	Liczba tąpińć	Wypadki wskutek tąpińć	
					Śmiertelne	Ogółem
1989	26,5	407	2,819	4	3	8
1990	24,4	447	1,291	2	2	12
1991	23,7	359	0,920	2	2	4
1992	24,1	499	1,224	0	0	0
1993	27,1	492	3,049	4	1	7
1994	26,1	433	2,839	2	5	6
1995	26,5	389	1,866	4	2	13
1996	27,4	644	1,822	4	3	12
1997	26,1	567	2,759	0	0	0
1998	27,5	443	2,799	2	3	9
1999	28,4	414	3,956	3	2	14
2000	28,5	514	7,113	4	2	4
2001	30,2	729	6,217	2	0	3
2002	29,7	694	7,364	6	3	15
2003	30,5	570	3,390	9	5	28

Ponieważ każdy wysokoenergetyczny wstrząs górotworu stanowi potencjalne zagrożenie tąpieniem, prognozowanie wstrząsów i ich aktywne zwalczanie nabierają szczególnego znaczenia w sensie działalności profilaktycznej towarzyszącej podziemnej eksploatacji złóż [7].

2. Prognozowanie wstrząsów górotworu

Prognoza, czyli przewidywanie wszelkich przyszłych procesów i zjawisk, sprowadza się do określenia miejsca, czasu i wielkości tych zjawisk. W odniesieniu do wstrząsów górotworu, na podstawie rozeznania naukowego tego zjawiska i doświadczeń praktycznych górnictwa, można stwierdzić, że o ile z większym lub mniejszym prawdopodobieństwem można przewidzieć miejsce wystąpienia wstrząsów górotworu i ich energię, o tyle prognoza czasu wystąpienia wstrząsu górotworu jest obecnie nierealna [5]. Wprawdzie od czasu do czasu pojawiają się poglądy na temat skuteczności takich czy innych metod prognostycznych [1], jednak w konfrontacji z praktyką okazuje się, że metody te co najwyżej sprawdzają się do rejestracji wstrząsów, jakie już wystąpiły. W świetle tego stwierdzenia rodzi się pytanie, czy w prognozowaniu czasu wystąpienia wstrząsu górotworu jesteśmy całkowicie bezradni? Czy każdy wysokoenergetyczny wstrząs górotworu, stanowiący potencjalne zagrożenie tąpieniem, musi stanowić zaskoczenie dla pracującej w kopalni załogi?

W tabeli 2 zestawiono dane dotyczące wstrząsów o energii sejsmicznej $E \geq 10^6$ J, jakie wystąpiły w latach 2001–2003, z podziałem na wstrząsy samoistne i wstrząsy, które wystąpiły w okresie tzw. wyczekiwania po grupowym strzelaniu przodków eksploatacyjnych. Te ostatnie zalicza się powszechnie w kopalniach KGHM Polska Miedź SA do wstrząsów sprowokowanych odstrzeleniem materiału wybuchowego.

TABELA 2

Rodzaj wysokoenergetycznych ($E \geq 10^6$ J) wstrząsów górotworu LGOM w latach 2001–2003

Rok	Wstrząsy samoistne		Wstrząsy sprowokowane		Liczba odstrzelonego MW, kg	<u>Energia</u> Ilość MW, $J \cdot kg^{-1}$
	Liczba wstrząsów	Energia, GJ	Liczba wstrząsów	Energia, GJ		
2001	137	4,535	93	1,513	9 468 112	159,8
2002	111	3,825	67	3,367	9 492 259	354,7
2003	96	1,647	63	1,597	9 636 379	165,7

Z zestawienia przedstawionego w tabeli 2 wynika, że średnio ponad 39% wstrząsów o energii $E \geq 10^6$ J ma miejsce w okresie wyczekiwania po strzelaniu przodków eksploatacyjnych. Przy udziale tego zabiegu technologicznego wyzwolona została energia o średniej wartości 2,159 GJ, co stanowi średnio ponad 40% łącznego wydatku energetycznego wszystkich wstrząsów. Chociaż strzelanie przodków jest elementem stosowanego w LGOM systemu eksploatacji złoża, to jednak w oparciu o analizę bilansu przemian energetycznych nie sposób pominąć wpływu odstrzelenia rocznie ponad 9,5 mln kg materiału wybuchowego na wielkość emisji dodatkowej energii, wynikającej przede wszystkim z koncentracji naprężeń w sąsiedztwie wyrobisk górniczych [8] (tab. 3).

Fakt ten potwierdza tezę dotyczącą możliwości **sterowania wstrząsami górotworu** za pomocą odpowiednio realizowanych robót strzałowych [6], umiejętne zaś sterowanie wstrząsami górotworu, przy odpowiednio wyznaczonym **czasie wyczekiwania po robotach strzałowych** zmierza bez wątpienia do **poprawy skuteczności czynnej profilaktyki tąpniowej**. Skuteczność ta bowiem wynika z faktu, że wstrząsy górotworu zaistniałe w okresie wyczekiwania po strzelaniu przodków są **wstrząsami oczekiwanyymi**. Tym sposobem można na obecnym etapie sprostać oczekiwanej **predykcji czasowej** wystąpienia wstrząsu, czyli potencjalnego **zagrożenia tąpnięciem** [4].

Na tle tego optymistycznego wniosku przedstawmy ilościowe dane dotyczące skuteczności prowokowania górotworu robotami strzałowymi. Może o niej świadczyć wartość wskaźnika wielkości energii sprowokowanej odstrzeleniem 1 kg MW, który dla omawianego horyzontu czasowego (2001–2003) waha się w granicach od 159,8 do 354,7 ($J \cdot kg^{-1}$). **Oznacza to, że odstrzelenie 1 kg materiału wybuchowego wywołuje reakcję górotworu w postaci pomierzonej energii sejsmicznej wynoszącej średnio 227 J.** W tym miejscu należy zaznaczyć, że powyższy wniosek stanowi statystyczne uogólnienie dynamicznych przejawów ciśnienia górotworu LGOM w analizowanym okresie, w odniesieniu do występujących warunków geologiczno-górnich, stosowanych systemów eksploatacji złoża i rodzaju materiałów wybuchowych.

TABELA 3

**Rodzaj materiałów wybuchowych stosowanych
w kopalniach KGHM Polska Miedź SA w latach 2001–2003**

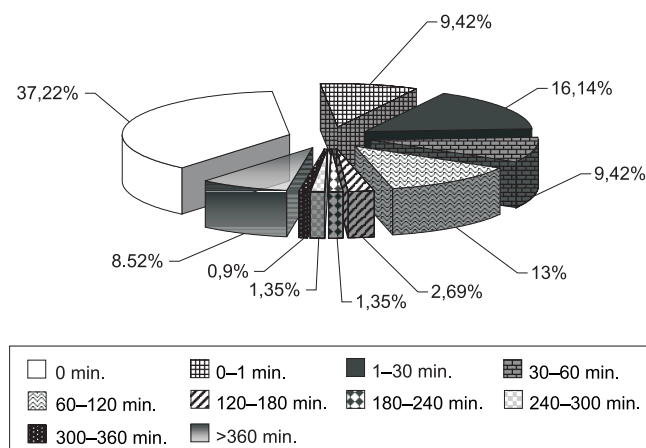
Kopalnia	Rodzaj materiału wybuchowego MW,%	Ilość MW zużytego przy strzelaniu przodków, kg
O/ZG „Lubin”	Emulsyjny — 69,3	7 999 483
	Sypki — 5,9	
	Dynamit — 24,8	
O/ZG „Polkowice-Sieroszowice”	Emulsyjny — 60,7	12 781 815
	Sypki — 2,7	
	Dynamit — 36,6	
O/ZG „Rudna”	Emulsyjny — 23,6	7 815 452
	Sypki — 20,7	
	Dynamit — 55,7	

Niezwykle interesujące są dane zawarte w tabeli 4 i stanowiące ich ilustrację graficzną rysunki 1 i 2, mówiące o czasie reakcji sejsmicznej górotworu na roboty strzałowe.

TABELA 4

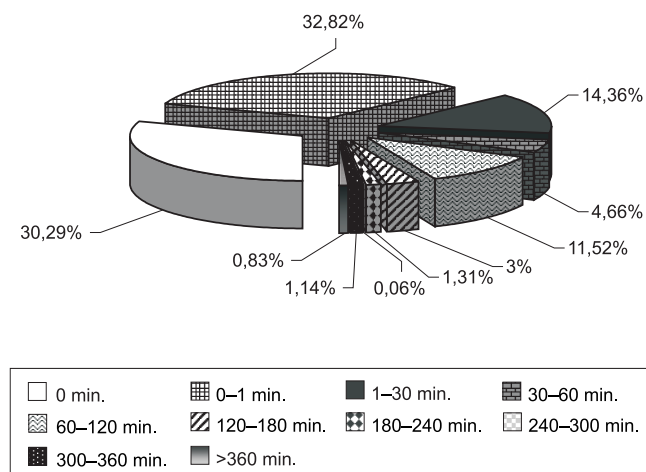
**Czasy wystąpienia wstrząsów górotworu($E \geq 10^6$ J)
po grupowym strzelaniu przodków w latach 2001–2003**

Czas po strzelaniu, min	Liczba wstrząsów	Wydatek energetyczny, GJ
$t = 0$	83	1,962
$0 < t \leq 1$	21	2,126
$1 < t \leq 30$	36	0,930
$30 < t \leq 60$	21	0,302
$60 < t \leq 120$	29	0,746
$120 < t \leq 180$	6	0,194
$180 < t \leq 240$	3	0,085
$240 < t \leq 300$	3	0,004
$300 < t \leq 360$	2	0,074
$t > 360$	19	0,054



Rys. 1. Rozkład liczby sprowokowanych wstrząsów górotworu w czasie po grupowym strzelaniu przodków

Czas wystąpienia wstrząsu górotworu po grupowym strzelaniu przodków w ostatnich 3 latach, wbrew dotychczas panującym poglądom, nie jest bardzo zróżnicowany. Prawie połowa (46,6%) liczby wstrząsów (o energii $E \geq 10^6$ J) sprowokowanych robotami strzałowymi (rys. 1) i aż 63% ich wydatku energetycznego (rys. 2) pojawia się niemal natychmiast (do 1 minuty) po zakończeniu strzelania. Jest to bardzo istotne przy wyznaczaniu obowiązkowego czasu wyczekiwania po robotach strzałowych, zwłaszcza aktualnie (od 29.09.2003 r.), po wprowadzeniu we wszystkich kopalniach KGHM Polska Miedź SA wielozmianowego systemu organizacji pracy (WSP).



Rys. 2. Rozkład emisji energii sejsmicznej sprowokowanych wstrząsów górotworu w czasie po grupowym strzelaniu przodków

3. Wnioski

Dokonana analiza aktywności sejsmicznej górotworu LGOM, a tym samym potencjalnego zagrożenia tąpnięciami w kopalniach KGHM Polska Miedź SA, prowadzi do jednoznacznych stwierdzeń, że zagrożenie to związane jest przede wszystkim z zakresem zrealizowanej dotąd eksploatacji i budową geologiczną złoża [2].

Należy się liczyć ze wzrostem zagrożenia sejsmicznego wobec:

- skrupowanych warunków prowadzenia robót górniczych (rozległe zroby, obszary resztkowe);
- wzrostu głębokości eksploatacji;
- licznych zaburzeń tektonicznych (uskoków), w sąsiedztwie których prowadzi się aktualnie roboty górnicze;
- występowania w stropie zasadniczym złoża wytrzymałych i sztywnych warstw wapieni i anhydrytów.

W tym stanie rzeczy szczególnego znaczenia nabierają takie działania profilaktyczne, jak:

- stosowanie szerokiego otwarcia frontu roboczego, zapewniającego stopniowe i łagodne przemieszczanie się stropu nad przestrzenią wyeksploatowaną oraz równomierne obciążenie krawędzi rozcinanej calizny;
- odpowiednio wcześniejsze upodatkowanie wyrobisk stanowiących drogi komunikacyjne poprzez wydrążenie w ich ociosach wnęk i rozcinanie filarów wielkogabarytowych na filary pracujące na charakterystyce pozniszczeniowej górotworu;
- właściwy dobór geometrii filarów, które przy zachowaniu wymaganej podporności, z chwilą ich wydzielenia, przechodzą w stan pozniszczeniowy;
- utrzymywanie wyrównanej linii przodków rozcinających caliznę;
- odpowiednie wyznaczanie stref szczególnego zagrożenia tąpnięciami z właściwym dla nich stanem zatrudnienia;
- stosowanie odpowiednio zabezpieczonych maszyn i urządzeń;
- **wykonywanie grupowych strzelań urabiających w przodkach z zastosowaniem odpowiednio opracowanej techniki strzałowej.**

Analiza istniejących metod prognozowania wstrząsów górotworu w kopalniach rud miedzi LGOM wykazuje, że nie ma obecnie skutecznych metod prognozowania czasu wystąpienia wstrząsu, podobnie jak niemożliwe jest dzisiaj określenie czasu wystąpienia trzęsienia ziemi w obszarach sejsmicznych.

Na podstawie analiz aktywności sejsmicznej w latach 2001–2003 można stwierdzić, że grupowe strzelanie przodków eksploatacyjnych skutecznie prowokuje znaczną liczbę wysokoenergetycznych wstrząsów górotworu LGOM. Uwzględniając jednak fakt, że prowokujące strzelania przodków są elementem stosowanych w LGOM systemów eksploatacji złoża i mają miejsce na poziomie furty eksploatacyjnej (strzelania urabiające), nie może budzić wątpliwości **potrzeba dalszego doskonalenia techniki strzałowej** oraz wprowadzenie do praktyki strzelań prowokujących górotwór w sąsiedztwie ognisk wstrząsów, w sztywnych warstwach stropu zasadniczego złoża czy też w rejonach zaburzeń tektonicznych [3].

Wychodząc z założenia, że wstrząs spowodowany w czasie wyczekiwania po robotach strzałowych jest wstrząsem oczekiwanym, czyli prognozowanym, prowadząc działalność zmierzającą do zwiększenia skuteczności prowokowania wysokoenergetycznych wstrząsów górotworu, pośrednio uzyskuje się prognozę czasu wystąpienia wstrząsu i potencjalnego zagrożenia tąpnięciem. To zaś pozwala prowadzić bardziej bezpieczną eksploatację złoża poprzez aktywne zwalczanie skutków tąpnięć i odprężeń, włącznie z wycofaniem załogi i przemieszczeniem maszyn i urządzeń z zagrożonego rejonu.

LITERATURA

- [1] Adamczewski Z., Larsen L.: Technologia określania dni sejsmicznych. Przegląd Geodezyjny, nr 9, 2002
- [2] Kleczek Z.: Geomechanika Górnicza. Śląskie Wydawnictwo Techniczne, Katowice 1994
- [3] Kleczek Z., Mironowicz W., Zorychta A.: Sposób prognozowania wstrząsów górotworu i prowokowania tąpnięć. Patent RP nr 178986 z dnia 8.03.1996
- [4] Kleczek Z.: Skuteczność metod czynnej profilaktyki tąpniowej w warunkach kopalń LGOM. IV Międzynarodowa Konferencja nt. Wybieranie złóż na dużych głębokościach oraz w trudnych warunkach geotermicznych — Głębokie złoża 2002. Duszniki Zdrój, 25–28.06.2002
- [5] Kleczek Z.: Prognozowanie wstrząsów górotworu w kopalniach rud miedzi LGOM. Międzynarodowe Sympozjum Naukowo-Techniczne nt. Tąpnięcia 2002 — Stan badań i profilaktyki. Ustroń, 12–15.11.2002
- [6] Kleczek Z.: Prowokowanie wstrząsów górotworu jako metoda profilaktyki tąpniowej w kopalniach LGOM. Czasopismo Naukowo-Techniczne Górnictwa Rud CUPRUM, nr 1(26), 2003
- [7] Kleczek Z.: Wstrząsy górotworu Lubiąsko-Głogowskiego Okręgu Miedziowego, ich prognozowanie i aktywne zwalczanie. Międzynarodowa Konferencja Naukowo-Techniczna nt. Nowe technologie w górnictwie i przeróbce mechanicznej rud. III Forum Wschód-Zachód. Lubin, 25–26.09.2003
- [8] Kleczek Z.: Effect of underground working stability loss on mining machines and equipment. 4th International Scientific and Technical Conference KOMTECH 2003. Szczyrk, 17–19.11.2003

Zatwierdzono do druku: 17.09.2004 r.