

Damian ŁOPUSIŃSKI
Politechnika Wrocławska
Wydział Geoinżynierii, Górnictwa i Geologii
damian.lopusinski@gmail.com

Mateusz ŁOPUSIŃSKI, Ireneusz J. JÓŹWIAK
Politechnika Wrocławska
Wydział Informatyki i Zarządzania
mateusz.lopusinski2@gmail.com, ireneusz.jozwiak@pwr.wroc.pl

METODY ROZPOZNAWANIA STANU AKTYWNOŚCI SEJSMICZNEJ GÓROTWORU I STRATEGIA OCENY TEGO ZAGROŻENIA

Streszczenie. Wstrząsy górnicze stwarzające zagrożenie sejsmiczne są nieodłączną częścią podziemnego wybierania złóż rud miedzi. W artykule przedstawiono metody rozpoznawania stanu aktywności sejsmicznej górotworu oraz zaprezentowano strategię oceny tego zagrożenia.

Słowa kluczowe: roboty górnicze, zagrożenie, aktywność sejsmiczna, profilaktyka tąpniowa, strategia.

METHODS OF IDENTIFYING ROCK SEISMIC ACTIVITY LEVEL AND STRATEGY OF ANALYZING THIS HAZARD

Summary. Rock-mass tremors, causing seismic hazard are inseparable part of underground copper ore mining. The paper presents methods of identifying rock seismic activity level and strategy of analysing this hazard.

Keywords: mining operations, hazard, seismic activity, rockburst prevention, strategy.

1. Wprowadzenie

Podziemnemu wybieraniu złoża rud miedzi towarzyszą wstrząsy górnicze. Ich skutkami mogą być tąpnięcia oraz odprężenia. Nie jest możliwe wyeliminowanie tych zjawisk. Prowadzone badania mają na celu jedynie ich ograniczenie oraz kontrolowanie [1, 2].

Na skutek naruszenia stanu równowagi w górotworze powstają wstrząsy górnicze. Następuje wówczas uwolnienie nagromadzonej energii potencjalnej. Część tej energii zamienia się w energię sejsmiczną. Ilość tej energii jest zróżnicowana. Zdarzenia te nazywane są zjawiskami sejsmicznymi. Są one spowodowane procesami zachodzącymi we wnętrzu ziemi oraz działalnością człowieka. Wstrząsy spowodowane siłami natury są wstrząsami naturalnymi, natomiast zjawiska wywołane robotami górniczymi nazywamy wstrząsami górniczymi [5]. Towarzyszą im efekty akustyczne oraz drgania górotworu, co może prowadzić do uszkodzenia infrastruktury kopalnianej [3].

Kontrolowanie lub nawet ograniczenie aktywności sejsmicznej górotworu jest bardzo ważnym zagadnieniem badań naukowych w warunkach podziemnej eksploatacji złóż rud miedzi. W artykule przedstawiono metody rozpoznawania stanu aktywności sejsmicznej górotworu, a także zaprezentowano strategię oceny tego zagrożenia.

2. Metody rozpoznawania stanu zagrożenia sejsmicznego

W podziemnym górnictwie rud miedzi wykorzystuje się wiele metod prognozowania stanu aktywności sejsmicznej górotworu. Do metod tych zalicza się między innymi [6]:

1. metodę geologicznego rozpoznania wystąpienia tąpnięcia z uwzględnieniem własności złoża i skał otaczających,
2. metodę sejsmologii górniczej,
3. metodę rozpoznania sytuacji w obszarach prowadzenia robót,
4. metodę polegającą na pomiarach ciśnienia górotworu i obserwacji dołowych,
5. metody analityczne.

Ad 1. Metoda ta polega na przeprowadzeniu badań próbek skalnych pobranych z otworów oraz na obserwacji i pomiarach w wyrobiskach górniczych. Na ich podstawie możliwe do wykonania jest określenie parametrów, mających znaczny wpływ na możliwość wystąpienia tąpnięcia.

Ad 2. Podstawowym zadaniem tej metody jest lokalizacja ognisk wstrząsów, która winna być odznaczona wysoką dokładnością, dzięki czemu możliwa jest lokalizacja poszczególnych wstrząsów w konkretnym miejscu danej kopalni. Realizowane jest to poprzez wyznaczenie epicentrum lub hipocentrum wstrząsu.

Ad 3. Różnicowanie dotyczące sytuacji górniczej poddaje się analizom bieżącym i cyklicznym, a przeprowadzane jest ono przez dział mechaniki górotworu oraz dział głównego inżyniera górniczego. Sytuacja górniczo-geologiczna jest oceniana na podstawie codziennie sporządzanego raportu, przy czym aktualizuje się również kartę oceny stanu górotworu dla wszystkich oddziałów eksploatacyjnych.

Ad 4. Jedną z podstawowych metod oceny stanu zagrożenia są obserwacje wizualno-akustyczne. Szczególną uwagę zwraca się na: zabezpieczenie wyrobiska obudową, stan obudowy kotwowej wraz z jej kompletnością, próślenie drobnego materiału skalnego, spękania w stropie, dźwięczność górotworu, efekty akustyczne (trzaski i szумы) oraz spękania lub wypiętrzanie się spągu.

Ad 5. Metody analityczne polegają na obliczeniu rozkładu naprężeń w określonej partii górotworu w celu określenia potencjalnego zagrożenia tąpnięciami. Należy je jednak traktować jako metody przybliżone.

Innymi metodami stosowanymi do prognozowania stanu aktywności sejsmicznej są: metoda wzbudzonej aktywności sejsmoakustycznej po strzelaniach grupowych, sejsmoakustyczna w skałach otaczających, sejsmiczne – geotomografia aktywna oraz pasywna, konwergencji, tensometryczna, elektrooporowa, grawimetryczna, pomiaru deformacji otworów wiertniczych. Nie są one jednak istotne z punktu widzenia rozpatrywanego zagadnienia.

3. Strategia oceny zagrożenia sejsmicznego

Aktywność sejsmiczna charakteryzowana jest przez wskaźniki, takie jak liczba rejestrowanych wstrząsów, liczba wstrząsów wysokoenergetycznych, wielkość wyzwolonej energii sejsmicznej i wielkość energii sejsmicznej przypadającej na powierzchnię wybranego złoża lub ilość wydobytej rudy. Poziom tych wskaźników pokazuje wpływ postępu eksploatacji na stan górotworu oraz świadczy o wprowadzeniu nowych rozwiązań technologicznych, które mają na celu ograniczenia zagrożeń związanych z eksploatacją. Głównymi czynnikami wpływającymi na aktywność sejsmiczną są: warunki geologiczne, zaawansowanie eksploatacji i aktualna sytuacja górnicza. Głównymi przyczynami tąpnięć i odprężeń górotworu są wstrząsy wysokoenergetyczne i natura tych zjawisk jest niezwykle skomplikowana [6].

Odpowiednia strategia zwalczania zagrożenia sejsmicznego jest gwarancją bezpiecznej eksploatacji złoża. Strategia oceny aktywności sejsmicznej jest oparta na wyżej wymienionych wskaźnikach oraz ocenie skuteczności metod profilaktyki tąpniowej stosowanej w trakcie prowadzenia eksploatacji. Określenie skuteczności metod profilaktyki tąpniowej należy przeprowadzić opierając się na analizie metod aktywnych oraz

technologicznych. Metody aktywne ocenia się na podstawie analizy udziału procentowego liczby oraz sumy energii wstrząsów samoistnych i sprowokowanych robotami strzałowymi. Należy zwrócić uwagę, że podstawowym parametrem oceny skuteczności tych metod, a co za tym idzie – ustaleniem strategii działania, jest skuteczność prowokacji energii, gdyż jest ona głównym czynnikiem powodującym zagrożenie.

Następnym elementem strategii zwalczania zagrożenia sejsmicznego jest przeanalizowanie położenia epicentrow ognisk wstrząsów względem frontu roboczego. Warto podkreślić, że do analizy są brane pod uwagę wstrząsy samoistne. Epicentra ognisk wstrząsów z uwagi na ich położenie względem frontu roboczego mogą się znajdować w caliznie, na froncie lub w zrobach [6]. Analizując skuteczność stosowania metod technologicznych, określa się w zestawieniach liczbę wstrząsów i sumaryczną energię, a także ich procentowe udziały w poszczególnych miejscach położenia epicentrow ich ognisk. Ponadto dokonuje się także zestawień szczegółowych przedstawiających liczbę i energię wstrząsów z podziałem na lokalizację epicentrum na lewym, środkowym czy prawym skrzydle frontu oraz dla lewej, środkowej czy prawej części calizny. Najkorzystniejsza sytuacja z uwagi na kumulowanie w górotworze energii niosącej zagrożenie tąpnięciami jest wówczas, gdy najwięcej wstrząsów samoistnych występuje w zrobach, natomiast najmniej korzystne jest kumulowanie znacznych energii w caliznie przed frontem roboczym, gdyż jej nagłe wyzwolenie może stwarzać zagrożenie dla pracującej w polu załogi. Zjawiska, które występują w obrębie frontu roboczego, są do przewidzenia, a więc ich pojawianie się stwarza mniej niekorzystne warunki niż pojawianie zjawisk przed frontem, czyli w caliznie.

Dodatkowym przedsięwzięciem może być zbadanie wpływu tempa eksploatacji na aktywność sejsmiczną górotworu. Do określenia funkcji aktywności sejsmicznej (liczby wstrząsów oraz wyzwolonej energii) w zależności od tempa eksploatacji można użyć tzw. linii trendu, a jej dopasowanie ocenić na podstawie współczynnika determinacji R^2 , który jest kwadratem współczynnika korelacji R [4]. Uznano, że najodpowiedniejsza w zastosowaniu będzie linia trendu w skali logarytmicznej, gdyż zakłada się, że aktywność sejsmiczna będzie rosła z postępem czoła frontu, ale po osiągnięciu pewnego poziomu ustabilizuje się ona na stałym poziomie, co dokładnie odpowiada kształtowi funkcji logarytmicznej. Współczynnik determinacji informuje nas o tym, jak dobrze nasz badany czynnik wyjaśnia dane pomiarowe, a im jego wartość jest bliższa jedności, tym dopasowanie to jest lepsze.

Uwzględnienie wyszczególnionych etapów strategii spowoduje rozpoznanie stanu zagrożenia sejsmicznego oraz skuteczności stosowanych metod, a co za tym idzie – przeciwdziałanie negatywnym skutkom.

4. Podsumowanie

W artykule przeprowadzono analizę metod rozpoznawania stanu aktywności sejsmicznej górotworu. Najważniejsze z nich użytkowane są codziennie w podziemnych kopalniach rud miedzi. Aktywność sejsmiczna charakteryzowana jest głównie przez wskaźniki, takie jak liczba rejestrowanych wstrząsów, liczba wstrząsów wysokoenergetycznych oraz wielkość wyzwolonej energii sejsmicznej. Dzięki analizie metod aktywnych, technologicznych oraz tempa prowadzenia robót jesteśmy w stanie określić skuteczność stosowanej profilaktyki tapaniowej, świadczącej o bezpieczeństwie ludzi pracujących w kopalni. Istotne jest zatem wprowadzenie strategii oceny zagrożenia sejsmicznego.

Bibliografia

1. Butra J.: Eksploatacja złoża rud miedzi w warunkach zagrożenia tapaniami i zawałami. Wydawnictwo KGHM Cuprum sp. z o.o. CBR, Wrocław 2010.
2. Butra J., Kicki J. (red.): Ewolucja technologii eksploatacji złoża rud miedzi w polskich kopalniach. Biblioteka Szkoły Eksploatacji Podziemnej, Kraków 2003.
3. Dubiński J., Konopko W.: Tapania – ocena – prognoza – zwalczanie. Wydawnictwo Głównego Instytutu Górnictwa, Katowice 2000.
4. Fisz M.: Rachunek prawdopodobieństwa i statystyka matematyczna. PWN, Warszawa 1969.
5. Goszcz A.: Elementy mechaniki skał oraz tapania w polskich kopalniach węgla i miedzi. Biblioteka Szkoły Eksploatacji Podziemnej, Kraków 1999.
6. Łopusiński D.: Wpływ modyfikacji profilaktyki tapaniowej oraz tempa prowadzenia eksploatacji na aktywność sejsmiczną górotworu w polu XVII/1 w KGHM Polska Miedź S.A. O/ZG Rudna. Praca dyplomowa magisterska. Politechnika Wrocławska, Wydział Geoinżynierii, Górnictwa i Geologii, Wrocław 2016.

Abstract

Rock-mass tremors are inseparable part of underground copper ore mining. They can cause rockbursts. There are few methods of rock seismic activity level, but most of them are based on geological and mine conditions observations. The strategy of analyzing seismic activity level takes into consideration daily distribution of number of recorded seismic events and the volume of energy released but also effectiveness of active and technological methods. Another important factor is mining rate. The shown strategy allows to improve safety of people working in underground copper ore mining panels.