

Adam Mirek ¹⁾
Krzysztof Oset ¹⁾

Geofizyczne badania stanu górotworu w świetle nowych uregulowań prawnych dotyczących geofizyków górniczych

Słowa kluczowe: *górnictwo, geofizyka, badania stanu zagrożenia sejsmicznego i tąpnięciami, uregulowania prawne*

Streszczenie

W artykule, na tle charakterystyki poziomu zagrożenia sejsmicznego i tąpnięciami w górnictwie polskim, zaprezentowano krótki przegląd geofizycznych metod oceny stanu tych zagrożeń, w świetle nowej ustawy z dnia 9 czerwca 2011 r. - Prawo geologiczne i górnicze, która weszła w życie z dniem 1.01.2012 r. oraz wydanych dotychczas, na podstawie zawartych w niej delegacji, aktów wykonawczych, a także propozycji uregulowań rozporządzenia Ministra Gospodarki w sprawie prowadzenia ruchu podziemnych zakładów górniczych. Podkreślono zwiększenie zakresu zadań i odpowiedzialności geofizyków górniczych w całości procesu oceny stanu zagrożeń naturalnych w zakładach górniczych.

Wstęp

Sejsmiczność, a w górnictwie podziemnym [1] także związane z nią zjawiska tąpnięć (czyli mniej lub bardziej rozległe zniszczenie wyrobisk podziemnych wskutek zaistniałych wstrząsów), to główne, dynamiczne, przejawy geomechanicznych uwarunkowań prowadzenia eksploatacji górniczej zarówno w kopalniach podziemnych, jak też (tylko sejsmiczność) w kopalniach odkrywkowych. Sejsmiczność górotworu generowana jest [2,3,17] przy sprzyjających jej powstawaniu własnościach skał tworzących złożę, jego strop i spąg w górotworze o określonych parametrach geomechanicznych, głębokości zalegania, występowaniu ciągłych i nieciągłych zaburzeń tektonicznych, geometrii dotychczasowych dokonań eksploatacyjnych itp. Przejawy zmian w czasie [10] parametrów geomechanicznych skał w miarę prowadzonych robót górniczych, w tym także szeroko rozumianej (sejsmoakustyka, sejsmologia) aktywności sejsmicznej mogą być przedmiotem badań prowadzonych różnymi metodami, w tym również metodami geofizycznymi, w celu oceny stanu górotworu w kontekście jego gotowości do wygenerowania wysokoenergetycznych (w Polsce za wielkość kryterialną przyjęto energię $E \geq 1 \times 10^5 \text{J}$) wstrząsów sejsmicznych, zagrożających bezpieczeństwu użytkowania wyrobisk, czy też obiektom budowlanym na powierzchni terenu.

¹⁾ Instytut Technik Innowacyjnych EMAG, ul Leopolda 31, 40-189 Katowice,

1. Zagrożenie sejsmiczne i tąpniętami w górnictwie polskim

Eksploatacja złóż kopalin [6], jako głęboka ingerencja w stan pierwotnej równowagi górotworu pociąga za sobą konieczność prowadzenia robót w warunkach występowania różnorodnych zagrożeń naturalnych, z których [11] zagrożenia: sejsmiczne i tąpniętami występują (w 2012 r.) w 22 spośród 31 czynnych kopalń węgla kamiennego oraz we wszystkich trzech kopalniach rud miedzi. Ponadto zagrożenie sejsmiczne występuje także [7] w czasie prowadzenia odkrywkowej eksploatacji węgla brunatnego w KWB BEŁCHATÓW S.A. Zagrożenia te (sejsmiczne i tąpniętami) są dynamicznymi objawami procesów geomechanicznych zachodzących w naruszonej eksploatacją górotworze, a jednocześnie w dalszym ciągu pozostają one także najtrudniejszymi do prognozowania i skutecznego zwalczania. Skalę zagrożenia sejsmicznego i tąpniętami w polskim górnictwie podziemnym obrazuje statystyka wysokoenergetycznych wstrząsów, tąpnięć i spowodowanych nimi wypadków na tle wydobywania węgla i rud miedzi [11]. Wielkości te za okres lat 1980-2012 przedstawiono w tabeli 1 oraz tabeli 2, a ilustrują je rysunek 1 i rysunek 2. W tabeli 3 wymieniono wybrane (największe) zdarzenia związane z zagrożeniem tąpniętami w kopalniach węgla kamiennego i rud miedzi. Poza zagrożeniami, jakie sejsmiczność generowana eksploatacją stwarza dla wyrobisk podziemnych, powoduje ona także określone, negatywne skutki dla obiektów na powierzchni terenu, od drobnych uszkodzeń konfekcji budowlanej (spękania tynku ścian, wylewek betonowych, kominów, odspajanie elementów ceramiki budowlanej, itp.) po uszkodzenia (bardzo rzadko) większych fragmentów obiektów budowlanych, np. spadanie dachówek, gzymsów itp.

Przedstawione w tabeli 3 wypadki zbiorowe, to największe, związane z zagrożeniem tąpniętami wypadki i katastrofy, jakie wystąpiły w kopalniach podziemnych w latach 1984-2012. W ostatnim czasie zagrożenie tąpniętami objawia się kilkoma zjawiskami tąpnięć i odprężeń w skali roku.

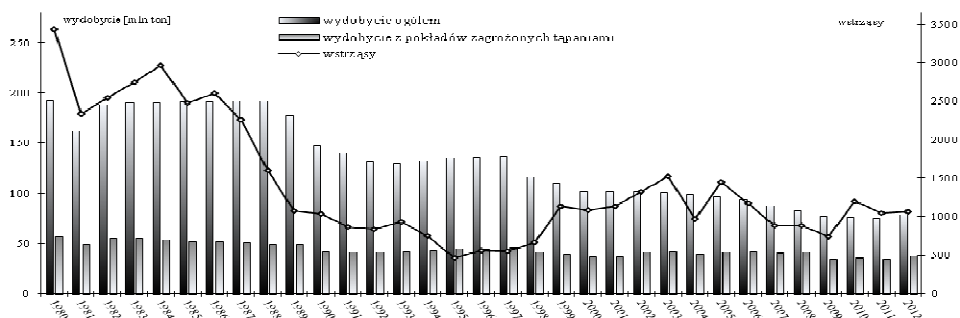
Analizując statystykę dotyczącą tąpnięć w kopalniach węgla kamiennego można, w ostatnich kilkunastu latach, zaobserwować trwałą tendencję utrzymywania się ich liczby na relatywnie niskim (w porównaniu do takich samych danych z lat 80. zeszłego stulecia) – kilka zdarzeń rocznie – poziomie. Na niskim poziomie utrzymuje się także liczba będących ich skutkiem wypadków. Podobnie w kopalniach rud miedzi nie obserwuje się wzrostu liczby tąpnięć, pomimo znacznego rozwoju przestrzennego eksploatacji. Tendencję powyższą należy wiązać głównie ze spadkiem wydobywania węgla (z około 200 mln Mg w latach 80. ubiegłego wieku do około 78,6 mln Mg w roku 2012), lepszą koordynacją eksploatacji w kopalniach i w rejonach przygranicznych, skutecznym odprężaniem pokładów zagrożonych tąpniętami, rezygnacją z eksploatacji partii najsilniej zagrożonych oraz z doskonaleniem metod oceny stanu tego zagrożenia i stosowanych środków profilaktycznych.

Geofizyczne badania stanu górotworu w świetle nowych uwarunkowań prawnych...

Tabela 1

Wydobycie, wstrząsy wysokoenergetyczne, tąpnięcia i wypadki
w kopalniach węgla kamiennego w latach 1980-2012

Rok	Wydobycie [mln Mg]	Wydobycie z pokładów zagrożonych tąpnięciami				Wstrząsy $\geq 1 \cdot 10^5 J$ (wg GIG)		Liczba tąpnięć	Wypadki wskutek tąpnięć	
		I-III ZT [mln Mg]	%	III ZT [mln Mg]	%	liczba	ΣE [GJ]		śmiertelne	ogółem
1981	162,7	49,4	30,3			2336	11,03	29	4	73
1982	188,9	55,5	29,4			2545	4,39	20	29	105
1983	190,5	55,2	28,9			2749	11,05	14	4	46
1984	191,0	54,3	28,3			2970	14,59	16	20	66
1985	191,1	51,9	27,1			2480	14,04	16	9	54
1986	191,3	51,6	27,0			2606	9,66	27	22	83
1987	192,7	50,9	26,4			2260	6,33	11	7	51
1988	192,7	49,5	25,7			1599	2,05	13	3	48
1989	177,7	49,5	27,9			1076	2,44	16	7	77
1990	147,4	42,2	28,6			1038	2,09	16	6	36
1991	140,1	41,9	29,9			863	1,25	9	7	27
1992	131,3	41,8	31,8			833	6,00	10	9	45
1993	130,2	42,6	32,7			932	12,60	16	11	37
1994	132,7	43,0	32,4			750	1,49	12	4	47
1995	135,3	45,4	33,6			465	1,94	7	7	39
1996	136,2	44,2	32,5			564	1,07	2	3	21
1997	137,1	46,2	37,7			547	0,87	2	-	6
1998	115,9	41,9	36,2			663	0,68	5	2	17
1999	110,4	39,4	35,7			1135	1,59	2	-	3
2000	102,5	37,2	36,3			1088	2,12	2	-	-
2001	102,6	37,4	36,5			1137	1,85	4	2	21
2002	102,1	41,8	40,9			1324	1,96	4	3	20
2003	100,5	42,3	42,1			1524	2,82	4	2	18
2004	99,5	39,2	39,4			974	1,30	3	-	11
2005	97,0	41,6	42,9	13,3	13,7	1451	1,79	3	1	13
2006	94,4	42,1	44,6	15,9	16,8	1170	2,06	4	4	20
2007	87,5	40,5	46,3	13,1	15,0	885	2,21	3	-	10
2008	83,6	41,9	50,1	14,3	17,1	883	2,00	5	-	26
2009	77,4	34,3	44,4	12,1	15,6	741	2,25	1	-	5
2010	76,1	35,8	47,1	13,4	17,6	1203	4,44	2	2	15
2011	75,5	34,2	45,3	11,8	15,6	1044	1,86	4	1	7
2012	78,6	37,6	47,8	12,7	16,2	1069	1,78	1	1	3



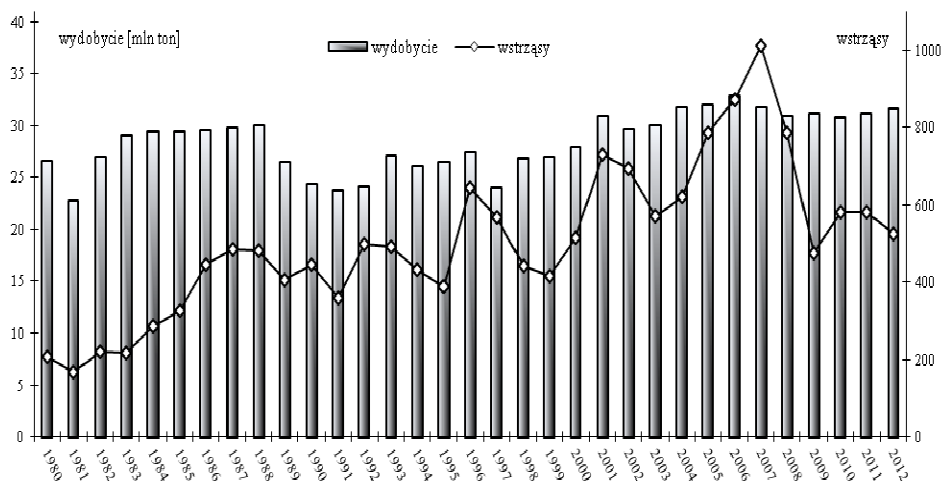
Rys. 1. Wstrząsy wysokoenergetyczne na tle wydobywania (w tym wydobywania z pokładów zagrożonych tąpnięciami) w kopalniach węgla kamiennego w latach 1980-2012

Tabela 2

Zestawienie wydobywania, wstrząsów wysokoenergetycznych, tąpnięć i wypadków w kopalniach rud miedzi w latach 1980-2012

Rok	Wydobywanie [mln Mg]	Wydobywanie ze złóż zagrożonych tąpnięciami		Wstrząsy $\geq 1 \cdot 10^5$ J		Liczba tąpnięć	Wypadki wskutek tąpnięć	
		[mln Mg]	%	liczba	ΣE [GJ]		śmiertelne	ogółem
1980	26,6	26,6	100	206	brak danych	6	3	4
1981	22,8	22,8	100	168	brak danych	7	6	26
1982	27,0	27,0	100	221	brak danych	9	3	9
1983	29,0	29,0	100	217	brak danych	5	2	7
1984	29,4	29,4	100	286	brak danych	5	1	3
1985	29,4	29,4	100	325	1,73	2	1	9
1986	29,6	29,6	100	446	1,72	4	-	10
1987	29,8	29,8	100	484	1,72	5	7	27
1988	30,0	30,0	100	482	1,75	1	1	2
1989	26,5	26,5	100	407	2,82	4	3	8
1990	24,4	24,4	100	447	1,29	2	2	12
1991	23,7	23,7	100	359	0,92	2	2	4
1992	24,1	24,1	100	499	1,22	-	-	-
1993	27,1	27,1	100	492	3,05	4	1	7
1994	26,1	26,1	100	433	2,84	2	5	6
1995	26,5	26,5	100	389	1,87	4	2	13
1996	27,4	27,4	100	644	1,82	4	3	12
1997	24,0	24,0	100	567	2,76	-	-	-
1998	26,8	26,8	100	443	2,80	2	3	9
1999	27,0	27,0	100	414	3,96	3	2	14
2000	28,0	28,0	100	514	7,11	4	2	4
2001	30,9	30,9	100	729	6,22	5	-	3
2002	29,7	29,7	100	694	7,36	8	3	15
2003	30,0	30,0	100	570	3,39	9	5	28
2004	31,8	31,8	100	621	6,56	8	1	15
2005	32,0	32,0	100	786	4,02	3	1	22
2006	32,9	32,9	100	872	5,65	2	-	5
2007	31,8	31,8	100	1011	1,97	3	4	10
2008	30,9	30,9	100	785	1,28	2	1	18
2009	31,2	31,2	100	474	1,82	4	1	11
2010	30,8	30,8	100	581	2,59	8	6	46
2011	31,2	31,2	100	581	1,44	1	-	5
2012	31,7	31,7	100	525	0,94	1	-	3

Geofizyczne badania stanu górotworu w świetle nowych uwarunkowań prawnych...



Rys. 2. Wstrząsy wysokoenergetyczne na tle wydobywania w kopalniach rud miedzi w latach 1980-2012

Tabela 3

Wybrane wypadki zbiorowe wskutek tąpnięć w kopalniach podziemnych w latach 1984-2012

L.p.	Kopalnia	Data	Godzina	Energia [J]	Wypadki			
					śmiertelne	ciężkie	lekkie	łącznie
1.	POWSTAŃCÓW ŚLĄSKICH	8.11.1984 r.	23 ⁵⁶	$1,0 \cdot 10^7$	8	4	-	12
2.	SIEMIANOWICE	22.05.1985 r.	19 ⁵²	$6,0 \cdot 10^7$	6	-	1	7
3.	BOBREK	25.06.1986 r.	18 ⁴²	$7,0 \cdot 10^6$	9	-	1	10
4.	ŚLĄSK	13.03.1987 r.	10 ⁰⁰	$2,0 \cdot 10^6$	4	2	1	7
5.	LUBIN	20.06.1987 r.	2 ¹⁷	$3,2 \cdot 10^7$	4	1	10	15
6.	HALEMBA	7.03.1991 r.	11 ³⁸	$1,0 \cdot 10^7$	5	-	-	5
7.	PORĄBKA KLIMONTÓW	5.06.1992 r.	17 ⁴⁷	$1,0 \cdot 10^7$	4	2	5	11
8.	MIECHOWICE	17.09.1993 r.	1 ³⁴	$3,0 \cdot 10^5$	6	-	2	8
9.	RUDNA	14.04.1994 r.	20 ¹⁰	$1,0 \cdot 10^8$	3	-	-	3
10.	NOWY WIREK	11.09.1995 r.	13 ⁵⁷	$5,0 \cdot 10^7$	5	-	4	9
11.	ZABRZE-BIELSZOWICE	12.12.1996 r.	4 ⁵⁷	$5,0 \cdot 10^7$	5	-	6	11
12.	RUDNA	21.08.1998 r.	1 ²⁹	$4,0 \cdot 10^6$	3	-	1	4
13.	RUDNA	29.01.1999 r.	2 ¹²	$2,5 \cdot 10^8$	2	1	3	6
14.	WESOŁA	9.08.2002 r.	19 ³⁴	$3,0 \cdot 10^7$	2	-	9	11
15.	LUBIN	4.08.2003 r.	10 ¹⁷	$1,9 \cdot 10^8$	3	2	5	10
16.	RUDNA	5.08.2005 r.	18 ³³	$6,4 \cdot 10^7$	1	3	13	17
17.	POKOJ	27.07.2006 r.	2 ⁰⁸	$9,0 \cdot 10^7$	4	-	6	10
18.	RUDNA	13.12.2007 r.	15 ⁵²	$5,1 \cdot 10^7$	2	-	5	7
19.	POLKOWICE-SIEROSZOWICE	29.10.2008 r.	3 ³⁰	$6,1 \cdot 10^7$	-	-	13	13
20.	HALEMBA-WIREK	21.11.2008 r.	22 ⁰⁵	$1,0 \cdot 10^7$	-	-	19	19
21.	RYDUŁTOWY-ANNA	21.10.2010 r.	22 ²⁸	$7,3 \cdot 10^5$	1	1	6	8
22.	RUDNA	30.12.2010 r.	9 ⁵⁶	$1,5 \cdot 10^8$	3	-	13	16
23.	JAS-MOS	28.01.2011 r.	17 ¹⁷	$2,3 \cdot 10^6$	1	-	3	4

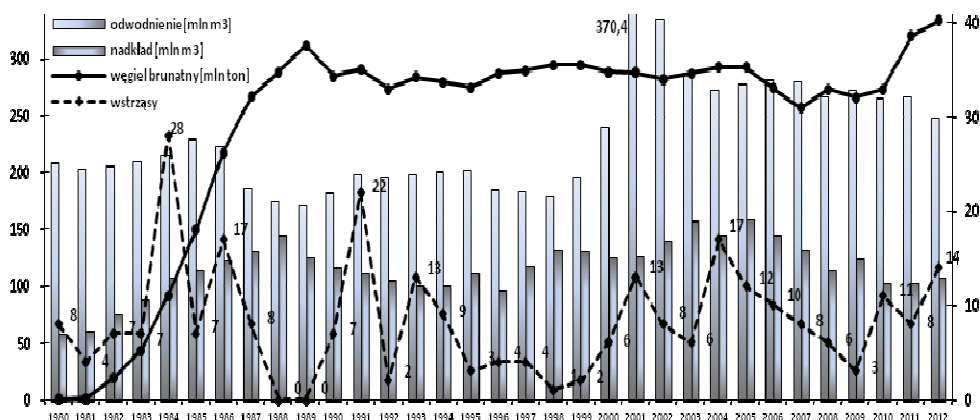
Podobną [7,11] statystykę charakteryzującą zagrożenie sejsmiczne na tle wielkości wydobywania węgla brunatnego, zdejmowanego nadkładu i odwodnienia odkrywek KWB BEŁCHATÓW S.A., przedstawia tabela 4, a ilustruje rys. 3. Kopalnia BEŁCHATÓW jest jedyną odkrywkową kopalnią węgla brunatnego w Polsce, w której – z uwagi na skalę górniczej ingerencji w górotwór, a przede wszystkim z uwagi na wielkość mas skalnych przemieszczanych w odkrywce i wokół niej oraz ilość odpompowywanej z niej wody – zaistniały (silne odciążenie obszaru wyrobiska i dociążenie jego obrzeży masami skalnymi lokowanymi w zwałowiskach zewnętrznych) geomechaniczne warunki sprzyjające uaktywnianiu się występujących w złożu dyslokacji tektonicznych, co przejawia się występowaniem (w liczbie do około 30 tego typu zjawisk rocznie na przestrzeni lat 1980-2012) neotektonicznych wstrząsów górotworu o różnych energiach w tym przekraczających rząd wielkości 10 GJ.

Tabela 4

Wysokoenergetyczne wstrząsy górotworu na tle wydobywania węgla brunatnego, wielkości zdejmowanego nadkładu oraz wielkości odwodnienia w KWB BEŁCHATÓW w latach 1980-2012*

Rok	Wydobycie węgla [mln Mg]	Nadkład [mln m ³]	Odwodnienie [mln m ³]	Liczba wstrząsów M > 2	M _{max}	Σ E [•10 ⁸ J]
1980	0,004	58,244	208,0	8	4,66	460,00
1981	0,078	60,192	203,5	4	3,50	3,80
1982	2,307	75,386	205,8	7	3,70	7,10
1983	5,207	87,713	209,5	7	2,66	0,21
1984	11,020	108,012	215,3	28	2,93	1,50
1985	18,025	113,324	229,4	7	4,61	360,00
1986	26,224	121,850	222,9	17	3,14	1,20
1987	32,124	131,056	185,2	8	3,21	0,98
1988	34,756	144,745	174,4	-	-	-
1989	37,581	125,035	171,0	-	-	-
1990	34,249	116,597	182,6	7	2,96	0,53
1991	35,017	111,562	198,5	22	3,24	1,40
1992	32,937	104,752	195,5	2	4,34	110,00
1993	34,184	100,011	197,8	13	3,18	1,90
1994	33,650	99,740	201,3	9	3,24	4,00
1995	33,082	110,602	201,9	3	2,78	0,13
1996	34,586	96,491	184,7	4	3,51	3,80
1997	34,884	117,182	183,3	4	2,39	0,07
1998	35,446	132,086	179,9	1	2,65	0,07
1999	35,496	131,144	195,6	2	3,14	0,62
2000	34,764	124,815	239,9	6	3,17	1,00
2001	34,662	126,538	370,4	13	3,74	8,42
2002	34,008	139,226	334,4	8	3,72	12,60
2003	34,564	156,859	287,6	6	3,21	1,03
2004	35,233	145,127	273,3	17	3,23	31,40
2005	35,225	158,377	277,7	12	4,26	82,00
2006	32,988	144,946	281,3	10	3,28	2,10
2007	30,923	132,202	280,3	8	3,22	8,78
2008	32,906	114,289	266,4	6	3,60	4,45
2009	32,039	123,586	273,3	3	3,74	8,64
2010	32,898	101,998	265,2	11	4,42	162,55
2011	38,573	103,064	266,4	8	4,00	26,64
2012	40,161	106,988	248,1	14	3,90	21,14

* wielkość zdjętego nadkładu, wydobywania i liczba wstrząsów – sumarycznie dla Pola Bełchatów i Pola Szczerców, a odwodnienia – łącznie Pola Bełchatów, Pola Szczerców i Wysadu Dębiny.



Rys. 3. Wstrząsy wysokoenergetyczne na tle wydobywania węgla brunatnego, wielkości zdejmowanego nadkładu oraz wielkości odwodnienia w KWB BĘŁCHATÓW, w latach 1980-2012

Należy podkreślić, że z powodu znacznej wielkości i charakteru (odkryte) wyrobiska, rejestrowane w KWB BĘŁCHATÓW wstrząsy górotworu nie spowodowały w nim, jak dotąd, żadnych skutków. Nie stwierdzono przede wszystkim jakiegokolwiek korelacji pomiędzy tymi zjawiskami a ewentualnym wzrostem zagrożenia osuwiskowego – nie były one dotychczas przyczyną powstania osuwisk, ani też powiększania się już istniejących. Drgania gruntu spowodowane wstrząsami nie były także groźne dla pracujących tam maszyn i urządzeń. Odnotowywano jednak (często na znacznym obszarze) ich szkodliwe oddziaływanie na obiekty budowlane zlokalizowane na powierzchni terenu w sąsiedztwie odkrywki.

2. Stosowane w kopalniach geofizyczne metody badań stanu górotworu

Jako, że wszystkie wymienione wyżej objawy procesów geomechanicznych manifestują się głównie w postaci mikropęknięć masywu skalnego złoża (mikrowstrząsów, trzasków, czy tzw. zjawisk śladowych) i wstrząsów górotworu o różnych energiach (dochodzących nawet do wielkości rzędu 10 GJ) oraz związanych z nimi zjawisk dynamicznych, takich jak odprężenia czy tąpnięcia, a także w postaci zmian parametrów fizykomechanicznych (szczególnie sprężystych) skał złożowych, to mogą być one mierzalne [5] metodami geofizycznymi, np. (choć nie jedynie) sejsmicznymi, co z kolei pozwala na bieżącą ocenę zmian stanu zagrożenia sejsmicznego i tąpnięć w trakcie eksploatacji. Na szerszą skalę metody geofizyczne na potrzeby oceny stanu górotworu wprowadzono do górnictwa w latach 70. ubiegłego wieku. Początkowe badania opierały się jedynie na analizie zarejestrowanych wstrząsów i dopiero z czasem paletę metod poszerzono o seismoakustykę, czy też (zwykle

prędkościowe) profilowania sejsmiczne w wyrobiskach górniczych. W miarę rozwoju technologii (szczególnie informatycznych) do praktyki ruchowej wdrażano coraz bardziej wyrafinowane metody pomiarów, coraz większej liczby parametrów opisujących stan górotworu.

Do najczęściej [5] obecnie stosowanych w kopalniach geofizycznych metod oceny stanu zagrożenia należy zaliczyć przede wszystkim metodę seismologii górniczej – gdzie rejestrowane są i analizowane zjawiska seismologiczne generowane prowadzoną eksploatacją złoża, a większe możliwości [4] przetwarzania danych sejsmicznych stworzyły warunki do zwiększenia dokładności lokalizacji ognisk wstrząsów górotworu oraz oceny parametrów ognisk wstrząsów, czy spadków naprężeń w źródle, co poprawiło skuteczność wyznaczania rejonów szczególnie narażonych na skutki tych zjawisk, metodę seismoakustyczną (pomiar naturalnej i wzbudzonej aktywności seismoakustycznej) wraz z lokalizacją impulsów seismoakustycznych oraz różne odmiany metody sejsmicznej (profilowania, prześwietlania, czy geotomografia aktywna i pasywna). W dalszym ciągu na zasadach eksperymentów naukowych (z niejednoznacznymi wynikami) stosowane są metody gravimetryczne, elektrooporowe [8], czy radiometryczne.

W celu oceny wpływu wstrząsów na powierzchnię coraz szerzej wykonywane są pomiary wielkości (prędkość, lub przyspieszenie) drgań gruntu na powierzchni wywołanych przez sejsmiczność generowaną działalnością górniczą. Do wszystkich wymienionych wyżej badań stosowana jest odpowiednia aparatura (np. sejsmiczna, seismoakustyczna – w tym różnego rodzaju liczniki impulsów seismoakustycznych – elektrooporowa, gravimetry itp.) oraz specjalistyczne systemy pomiarowe – głównie seismologiczne, seismoakustyczne, czy też służące do pomiarów drgań gruntu na powierzchni. Badaniem obejmowany jest, najczęściej, rejon pojedynczej kopalni, na której zwykle działa kopalniana stacja geofizyki górniczej. Coraz więcej jednak przesłanek (obserwacji) przemawia za tym, aby obszar prowadzonych pomiarów i badań geofizycznych – z powodu dużych rozmiarów przestrzennych ognisk rejestrowanych wstrząsów górotworu (dotyczy to szczególnie zjawisk najsilniejszych) – przekraczał granice pojedynczych kopalń. Być może rozwiązaniem powinny być w tej sytuacji silne, dobrze wyposażone i zatrudniające dobrze wyszkoloną kadrę centra badań geofizycznych, które objęłyby swoim zasięgiem kilka (być może kilkanaście) zakładów górniczych, prowadzących eksploatację w obrębie danej jednostki geologicznej. Dodatkowym czynnikiem, utrudniającym uzyskiwanie satysfakcjonujących wyników przy prowadzonych badaniach geofizycznych jest fakt dużego zróżnicowania aparaturowego w poszczególnych kopalniach i związanego z tym, dużego zróżnicowania stosowanego w tych aparaturach i systemach oprogramowania: od formatu zapisywanych danych geofizycznych po programy do przetwarzania tych danych, co utrudnia, a czasem wręcz uniemożliwia porównywanie wyników badań oraz pomiarów i może powodować pominięcie przy ocenie poziomu zagrożenia (szczególnie dla rejonów przygranicznych kopalń), istotnych dla takiej oceny zmian parametrów geomechanicznych górotworu.

W ostatnich kilku latach dostrzeżono kolejne możliwości badań geofizycznych dla rozpoznania nowego w kopalniach podziemnych zagrożenia gazogeodynamicznego, wpływającego na bezpieczeństwo robót górniczych – wyrzutów gazów i skał [9,14,15]. Zagrożenie to występowało uprzednio w wałbrzyskich kopalniach węgla kamiennego (gazem wyrzutowym był dwutlenek węgla). Od kilku lat odnotowywane jest także – z metanem, jako gazem wyrzutowym – w kopalniach jastrzębskich (KWK PNIÓWEK, KWK ZOFIÓWKA, czy KWK BUDRYK) oraz w kopalniach KGHM Polska Miedź S.A. (O/ZG „RUDNA”, czy O/ZG „POLKOWICE-SIEROSZOWICE”), gdzie gazem wyrzutowym był azot.

Poza tym metody geofizyczne są coraz częściej stosowane do oceny poziomu zanieczyszczenia środowiska wskutek prowadzonej eksploatacji.

3. Uregulowania prawne dotyczące geofizyków górniczych

Badania i pomiary aktywności parametrów geomechanicznych górotworu w czasie prowadzonej eksploatacji od początku wykonywane były przez zatrudnianych w kopalniach geofizyków, których jednak umocowanie prawne (stwierdzenie, przez właściwy miejscowo organ nadzoru górniczego, kwalifikacji takich osób jedynie w specjalności „górnictwo-geofizyka”) budziło, w wielu przypadkach, szereg wątpliwości co do prawnej możliwości samodzielnego prowadzenia i interpretowania samych badań geofizycznych i (co ważniejsze) do możliwości przyjmowania odpowiedzialności za wyniki takich interpretacji. Skutkiem takich uregulowań (a także braku w kopalniach odpowiedniego wyposażenia stacji geofizycznych) stało się powierzenie wykonywania – wydaje się, że nadmiernie i czasem nieuzasadnione – tego typu badań różnym instytucjom naukowo-badawczym, co samo w sobie nie jest, rzecz jasna, nieprawidłowością, jednak ograniczało znacznie możliwość szerszego wykorzystania w ruchu innych niż rutynowe metod geofizycznych. Nowe, zmienione przepisy wprowadzone w życie przez ustawę – Prawo geologiczne i górnicze [16], w dniu 1.01.2012 r. oraz zmiany i projektowane nowe uregulowania zawarte [12,13] w aktach wykonawczych powinny poprawić ten, niekorzystny z punktu widzenia jakości prowadzonych badań, stan faktyczny.

Poniżej przedstawiono wyciąg z projektowanych przepisów [12], jakie (w zamierzeniu) winny uregulować zasady pracy tej grupy zawodowej pracowników kopalń zajmujących się – szeroko rozumianymi – badaniami geomechanicznymi uwarunkowań prowadzonej eksploatacji (wyłączono przepisy najbardziej się odnoszące – zdaniem autorów – do charakteru zadań oraz odpowiedzialności zawodowej geofizyków górniczych).

Rozporządzenie Ministra Gospodarki w sprawie prowadzenia ruchu podziemnych zakładów górniczych.

§ 30.1. Zakład górniczy wyposaża się w:

- 1) systemy dyspozytora ruchu:
 - c) system kontroli stanu zagrożeń.
2. System kontroli stanu zagrożeń obejmuje w szczególności:
 - 1) system gazometryczny,

2) system monitorowania zagrożenia tąpnięciami, w skład którego wchodzi w szczególności:

- a) system sejsmoakustyczny,
- b) system sejsmologiczny.

Dział II. Bezpieczeństwo i higiena pracy oraz bezpieczeństwo pożarowe.

Rozdział 1. Wymagania ogólne.

§ 37.1. Roboty górnicze prowadzi się na podstawie dokumentacji określającej w sposób szczegółowy warunki geologiczne i górnicze.

2. Podstawowymi dokumentami, o których mowa w ust. 1. są:

- 1) projekt eksploatacji złoża, pokładu lub ich części;

§ 39.1. Projekt eksploatacji złoża, pokładu lub ich części opracowuje się (...) uwzględniając informacje zawarte w projekcie zagospodarowania złoża i występujące zagrożenia naturalne.

2. Projekt, o którym mowa w ust. 1., zawiera:

- 3) część dotyczącą zagrożeń naturalnych, w szczególności:
 - d) sposób zabezpieczenia przed występującymi zagrożeniami naturalnymi, dostosowany do rodzajów i stopnia nasilenia występujących zagrożeń,

3. Projekt eksploatacji złoża, pokładu lub ich części zaliczonych do określonego stopnia zagrożenia tąpnięciami lub określonej kategorii zagrożenia metanowego, w części dotyczącej zagrożeń naturalnych zawiera:

- 2) prognozę zagrożenia tąpnięciami i możliwość wystąpienia wstrząsów, w okresie obowiązywania projektu;
- 6) **zatwierdzony przez geofizyka górniczego** projekt wyposażenia i możliwości pomiarowych kopalnianej stacji geofizyki górniczej, w tym projekt dostosowania geometrii sieci sejsmologicznej do planowanych robót górniczych;

Roboty wiertnicze

§ 42.1.2. Wykonywanie otworów wiertniczych w przypadku prowadzenia w otworze badań geofizycznych odbywa się **pod nadzorem geofizyka górniczego** oraz osób dozoru ruchu (...).

Rozdział 2. Zagrożenie tąpnięciami.

§ 250.1. W zakładach górniczych prowadzących roboty górnicze w warunkach występowania zagrożenia tąpnięciami organizuje się:

- 1) służby do spraw tąpnięć, w tym wyznacza dyspozytorów-obszerników tąpnięć;
- 2) **kopalnianą stację geofizyki górniczej, wchodzącą w skład służby do spraw tąpnięć i kierowaną przez geofizyka górniczego**, która prowadzi, dokumentuje i nadzoruje w zakładzie górniczym:
 - a) wykonywanie bieżącej:
 - rejestracji i analizy aktywności sejsmicznej górotworu, w aspekcie możliwości jej oddziaływania na wyrobiska górnicze oraz obiekty powierzchniowe,
 - oceny stanu zagrożenia tąpnięciami,
 - b) dokonywanie pomiarów:

- własności geomechanicznych złoża i skał otaczających, w tym pomiarów wykonywanych metodami geofizycznymi w otworach wiertniczych,
 - sejsmicznych w złożu oraz w skałach otaczających dla oceny występującego w nich stanu naprężeń w aspekcie oceny zagrożenia sejsmicznego i tąpniętami,
 - elektrooporowych dla oceny stanu spękania, porowatości i innych cech warstw skalnych,
 - promieniotwórczości skał, wód i radiacji metodami radiometrycznymi,
- c) prowadzenie badań z zakresu geofizyki inżynierskiej** w aspekcie pomiarów, interpretacji i oceny wpływu wstrząsów na obiekty powierzchniowe, **w tym badań stref nadkładu w celu określania współczynników amplifikacji drgań gruntu,**
- d) prowadzenie innych badań i pomiarów geofizycznych;**
- 3)** służbę w celu zapewnienia konserwacji i kontroli urządzeń, sieci teletechnicznych i czujników pomiarowych systemu monitorowania zagrożenia tąpniętami.
- § 251.1.2.** Ocenę stanu zagrożenia tąpniętami, zwalczanie tego zagrożenia, projektowanie i prowadzenie robót górniczych w warunkach występowania zagrożenia tąpniętami prowadzi się w sposób określony w załączniku nr 3 do rozporządzenia.

Załącznik nr 3. ZWALCZANIE ZAGROŻEŃ.

1. Zagrożenie tąpniętami.

1.1. W podziemnych zakładach górniczych wydobywających węgiel kamienny [*kursywą – przepisy analogiczne dla zakładów górniczych wydobywających rudy miedzi – numeracja przepisów rozpoczyna się wówczas od cyfr 1.2. ... itd.*] stan zagrożenia tąpniętami ocenia się na podstawie analizy wyników następujących metod:

- 1)** geologicznego rozpoznania możliwości wystąpienia tąpnięcia ze względu na własności pokładów węgla (złoża) i skał otaczających;
 - 3)** pomiarów przejawów ciśnienia górotworu i obserwacji dołowych oraz
 - 4)** metody sejsmologii górniczej.
- 1.1.1.** Poza metodami wymienionymi w pkt. 1.1. mogą być stosowane inne metody oceny stanu zagrożenia tąpniętami, w szczególności:
- 1)** sejsmoakustyczna;
 - 2)** wzbudzonej aktywności sejsmoakustycznej (po strzelaniach grupowych);
 - 3)** sejsmoakustyczna w skałach otaczających;
 - 4)** sejsmiczna, w tym profilowanie, geotomografia sejsmiczna aktywna i pasywna;
 - 5)** elektrooporowa;
 - 6)** grawimetryczna;
 - 7)** tensometryczna;
 - 8)** konwergencji;
- (8) pomiaru deformacji otworów wiertniczych);**
- 1.** analityczne.

- 1.1.2. (1.2.2.)** Zakres i zasady wykorzystania metod, o których mowa w pkt. 1.1 i 1.1.1. (pkt. 1.2. i 1.2.1.), określa kierownik ruchu zakładu górniczego (...), **na tomiast badania i pomiary geofizyczne**, o których mowa w pkt. 1.1 i 1.1.1. (pkt. 1.2. i 1.2.1.), **wykonuje lub nadzoruje geofizyk górniczy**.
- 1.1.3. (1.2.3.)** Prowadząc roboty górnicze w warunkach zagrożenia tąpnięciami:
- 1) rejestruje się, lokalizuje i nanosi się na mapy wszystkie zaistniałe wstrząsy o energii równej lub większej niż $1 \cdot 10^3 \text{J}$;
 - 2) nanosi się na mapy podstawowe i przeglądowe wyrobisk górniczych lokalizację wszystkich zaistniałych tąpnięć;
 - 3) prowadzi się rejestry wszystkich wstrząsów i tąpnięć.
- 1.1.9.** Odprężenie pokładu można uzyskać poprzez czyste wybranie warstwy pokładu grubego.
- 1.1.9.1.** (...) Odprężenie pokładu zagrożonego tąpnięciami może być skuteczne do 3 lat (...) lub do 2 lat (...) [odprężenie z zawalem stropu lub z podsadzką hydrauliczną - przyp. autorzy] i powinno być **potwierdzone pomiarami geofizycznymi**. Okresy te **mogą być odpowiednio wydłużone, jeżeli wykonane przez geofizyka górniczego lub rzeczoznawcę, pomiary geofizyczne** potwierdzą skuteczność odprężenia.
- 1.1.9.2.** W przypadku, gdy nie zostały zachowane parametry odległościowe pomiędzy pokładami odprężającym i odprężanym (...), **skuteczność odprężenia określa się pomiarami geofizycznymi** (...).
- 1.1.9.3.** Poziomy zasięg odprężenia przy wybieraniu pokładu odprężającego pod lub nad pokładem odprężanym równy jest powierzchni wybranej w pokładzie odprężającym, pomniejszonej o strefę oddziaływania krawędzi pokładu odprężającego. Zasięg oddziaływania krawędzi **wyznacza się na podstawie dołowych pomiarów geofizycznych**, nomogramów lub wyliczeń analitycznych (...).
- 1.1.11.** W wyrobiskach, w których istnieje duże prawdopodobieństwo wystąpienia skutków odprężeń i tąpnięć, wyznacza się strefy szczególnego zagrożenia tąpnięciami (...).
- 1.1.13.** W uzasadnionych przypadkach, **potwierdzonych wynikami badań geofizycznych** (...) można nie wyznaczać stref szczególnego zagrożenia tąpnięciami.

Jak widać, propozycje rozporządzenia doprecyzowują obszary, gdzie charakter i zakres badań geofizycznych wymagają wzmocnienia pozycji, lecz także zwiększenia zawodowej odpowiedzialności wykonujących je geofizyków górniczych. Regulacje przywołanej ustawy – Prawo geologiczne i górnicze stanowią [16], że kwalifikacje zawodowe geofizyka górniczego (podobnie jak kierownika ruchu podziemnego zakładu górniczego, kierownika jednostki (upraszczając) ratownictwa górniczego, geologa górniczego i mierniczego górniczego), stwierdza Prezes Wyższego Urzędu Górniczego, na podstawie dwuczęściowego (test i część ustna) egzaminu zdawanego przed powoływaną przez niego Komisją Egzaminacyjną. Wymogi naukowe i zawodowe dla stwierdzenia kwalifikacji geofizyka górniczego określają przepisy cytowanej ustawy oraz rozporządzenia Ministra Środowiska [13]. Taki tryb stwierdzania kwalifikacji daje geofizykom górniczym dużą samodzielność przy prowadzeniu badań, lecz także (co nie mniej istotne) znacząco zwiększa ich odpowiedzialność zawodową za wyniki tych badań.

Podsumowanie

Biorąc pod uwagę, coraz szerszy zakres badań geofizycznych, niezbędnych do wykonania przy prowadzeniu ruchu podziemnych i odkrywkowych zakładów górniczych oraz dostrzegając rezerwy w sposobie i organizacji prowadzenia takich badań, wydaje się zasadnym sformułowanie kilku postulatów (wniosków) dotyczących omawianych zagadnień.

1. Będące przejawem procesów geomechanicznych zagrożenie sejsmiczne i tąpnięciami, pomimo rozwoju metod i sposobów jego oceny i ograniczania lub zwalczania jego skutków (profilaktyka aktywna i pasywna), w dalszym ciągu utrzymuje się na relatywnie wysokim poziomie i pozostaje zagrożeniem trudnym do przewidywania, co z kolei wymusza na przedsiębiorcach prowadzenie, między innymi, szeregu różnorodnych badań geofizycznych.
2. Wydaje się celowym, aby organizacja służb geofizycznych w górnictwie, dla poprawy jakości uzyskiwanych w tych badaniach wyników, uwzględniała zarówno konieczność dopasowania (niekoniecznie ujednoczenia) oprogramowania stosowanego do interpretacji pomierzonych danych geofizycznych, jak też powinna uwzględniać coraz bardziej realną potrzebę tworzenia centrów badań geofizycznych, obejmujących swoim zasięgiem większą liczbę kopalń prowadzących eksploatację w danej jednostce geologicznej, dla prawidłowej oceny rozwoju zjawisk geomechanicznych, w obszarach większych niż pojedyncza kopalnia.
3. Zakres zadań geofizyków górniczych stale się poszerza o kolejne zastosowania metod geofizycznych do oceny nowych, niewystępujących dotychczas, zagrożeń naturalnych.
4. Nowe uregulowania prawne oraz propozycje kolejnych uregulowań dotyczących zasad i obszarów, w jakich prowadzone są badania i pomiary geofizyczne oraz określających uprawnienia zawodowe geofizyków górniczych, głównie przez zwiększenie zakresu ich odpowiedzialności, winny poprawić jakość prowadzonej przez nich oceny parametrów geomechanicznych górotworu, a tym samym jakość oceny poziomu zagrożeń.

Bibliografia

- [1] Dubiński J., 1994, Związki przyczynowe wstrząsów i tąpnięć. Przegląd Górniczy Nr 2, Katowice.
- [2] Gzik K., Laskowski M., Świder M., Mirek A., 2012, Wpływ uwarunkowań tektonicznych na prowadzenie robót eksploatacyjnych w polu G-7/5 O/ZG Rudna. Zagrożenia i Technologia. Praca zbiorowa pod redakcją J. Kabiesza, Wydawnictwo GIG, Katowice.
- [3] Kłęczek Z., Zorychta A., 1991, Geomechaniczne warunki powstawania wstrząsów górniczych. Materiały III Krajowej Konferencji Naukowo-Technicznej nt.: Zastosowanie metod geofizycznych w górnictwie kopalni stałych, T. I., AGH, Kraków.

-
- [4] Lurka A., Mutke G., Mirek A., 1997, Lokalizacja ognisk wstrząsów z uwzględnieniem zjawiska wieloznaczności. *Bezpieczeństwo Pracy i Ochrona Środowiska w Górnictwie – Miesięcznik WUG* Nr 9(37)1997, Katowice.
- [5] Mirek A., 2001, Geofizyka – pomoc czy uciążliwość przy prowadzeniu robót górniczych w warunkach zagrożenia tąpnięciami. *Prace naukowe Głównego Instytutu Górnictwa*. VIII Międzynarodowa Konferencja Naukowo-Techniczna Tąpnięcia '2001 nt.: „Miary ocen stanu zagrożenia tąpnięciami i skuteczności profilaktyki”. Katowice.
- [6] Mirek A., 2002, Wpływ systemu z szerokim otwarciem na kształtowanie się zagrożenia wysokoenergetycznym wstrząsami w kopalniach LGOM. (Praca doktorska). *Archiwum Biblioteki Głównej AGH, Kraków*.
- [7] Mirek A., Biały L., 2009, Stan zagrożeń naturalnych w kopalniach węgla brunatnego ze szczególnym uwzględnieniem zagrożeń występujących w KWB „Bełchatów”. *Górnictwo i Geoinżynieria - Kwartalnik AGH, rok 33, zeszyt 2, Kraków*.
- [8] Mirek A., Kochan Z., Żarów P., Sachar J., 1997, Przykłady zastosowania metody elektrooporowej do detekcji i kontroli zagrożeń w kopalniach węgla kamiennego. *Biblioteka Szkoły Eksploatacji Podziemnej, Seria Sympozja i Konferencje Nr 25, Kraków*.
- [9] Mirek A., Laskowski M., Hryciuk A., Półtorak M., 2011, Zagrożenie wyrzutami gazów i skał w KGHM Polska Miedź S.A. - doświadczenia O/ZG „Rudna” w zakresie jego rozpoznawania i podejmowania działań profilaktycznych przy prowadzeniu wyrobisk przygotowawczych. *Prace Naukowe GIG, Górnictwo i Środowisko – Kwartalnik Nr 4/2/2011, Katowice*.
- [10] Mutke G., Lurka A., Mirek A., Bargieł K., Wróbel J., 2001, Temporal changes in seismicity and passive tomography images: a case study of Rudna copper ore mine – Poland. *Rockburst and seismicity in mine, Symposium Series S27, The South African Institute of Mining and Metallurgy, Johannesburg*.
- [11] Praca zbiorowa: Stan bezpieczeństwa w górnictwie, WUG, Katowice, za lata 1980-2012.
- [12] Rozporządzenie Ministra Gospodarki w sprawie prowadzenia ruchu podziemnych zakładów górniczych – Projekt z dnia 2.11.2012 (Wersja 0.04), Warszawa, 2012.
- [13] Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 15 grudnia 2011 r. w sprawie kwalifikacji w zakresie górnictwa i ratownictwa górniczego (Dz. U. z 2011 r., Nr 275, poz. 1628).
- [14] Sprawozdanie Komisji powołanej przez Prezesa WUG dla zbadania przyczyn i okoliczności wyrzutu metanu i skał oraz wypadku zbiorowego zaistniałego w dniu 22 listopada 2005 r. w JSW S.A. KWK „Zofiówka”, Katowice, materiały WUG, niepublikowanie, 2006.
- [15] Sprawozdanie z prac Komisji powołanej przez Prezesa WUG dla zbadania przyczyn i okoliczności wyrzutu gazu i skał w dniu 6 września 2009 r. w KGHM Polska Miedź S.A. O/ZG „Rudna”, Katowice, materiały WUG, niepublikowanie, 2010.
- [16] Ustawa z dnia 9 czerwca 2011 r. – Prawo geologiczne i górnicze (Dz. U. z 2011 r., Nr 163, poz. 981).
- [17] Zorychta A., Burtan Z., Chlebowski D., Mirek A., 2000, Geomechaniczne warunki powstawania wysokoenergetycznych wstrząsów górniczych i ich oddziaływanie na zagrożenie tąpnięciami. *Czasopismo Naukowo-Techniczne Górnictwa Rud CUPRUM, Nr 2, Wrocław*.

Geophysical studies of the rock mass in the light of the new regulatory regime for mining geophysicists

Keywords: mining, geophysics, studies of the seismic and rockburst hazard, regulations

The article presents, against the characteristics of the level of seismic hazard and hazard of rock burst in the Polish mining, a brief overview of geophysical methods applied to assess these hazards in the light of the new Geological and Mining Act of June 9th, 2011, which entered into force on January 1st, 2012, and of the implementing regulations that have been so far issued basing on the delegation included in the Act as well as of some proposals regarding the Regulation of the Minister of the Economy on the specific requirements relating to the regulation of operations in underground mines. The increase in the scope of tasks and responsibilities of mining geophysicists during the whole evaluation process of natural hazards in mining has been highlighted.

