

występują warstwy sztywne i mocne, o niewielkiej odkształcalności, duży gradient przemieszczeń powoduje powstanie w nich stromych spękań. Stan ten jest szczególnie niebezpieczny, gdyż źródło zagrożenia stanowi nie tylko strefa koncentracji naprężeń w caliznie, ale również tworząca się w stropie wzdłuż krawędzi strefa niestabilna [1].

2. Charakterystyka warunków górniczo-geologicznych w pokładzie 207-blok E

2.1. Budowa geologiczna złoża

W bloku E występują utwory czwartorzędu, trzeciorzędu, triasu i karbonu. Czwartorzęd osiąga miąższość od 0 do 19,4 m, trzeciorzęd od 0 do 171 m, trias od 0 do ok. 40 m (utwory triasowe występują jedynie w części południowej i zachodniej parceli). Poniżej występują piaskowce karbońskie przeławiczone pokładami węgla w otulinie łupków ilastych. Pokłady o zasobach przemysłowych zalegające nad pokładem 207 to: 205/4 (bez eksploatacji), 206/1 (wyeksploatowany) i 206/1-2 (eksploatacja zakończona). Poniżej pokładu 207 występują również pokłady o zasobach przemysłowych: 209, 212 i 215 [2].

Pokład 207 osiąga miąższość 2,7–3,3 m. W stropie występuje łupek ilasty, lokalnie piaszczysty o miąższości od 0,0 m do 6,0 m, wyżej zalegają piaskowce różnoziarniste o miąższości 56,7–61,2 m. Lokalnie, w odległości 2–4 m ponad pokładem może występować warstwa od 0,0 m do 1,0 m węgla i od 0,0 m do 1,5 m łupku ilastego.

W spągu pokładu występuje łupek ilasty, lokalnie zapiaszczony o miąższości od 0,0 do 1,2 m, poniżej piaskowiec różnoziarnisty o miąższości 102,1–115,0 m. Dla omawianego rejonu charakterystyczne jest występowanie lokalnych wtrąceń piaskowca w pokładzie węgla.

2.2. Własności geomechaniczne węgla i skał otaczających

Poniżej przedstawiono wyniki badań parametrów wytrzymałościowych węgla i skał otaczających, wykonanych w trakcie prowadzenia robót przygotowawczych w pokładzie 207 w bloku E.

W przedziale wysokości 0,0–3,5 m od stropu pokładu 207 wytrzymałość skał stropowych na jednoosiowe ściskanie wynosi $R_c = 10,9$ (7,5–16,0) MPa. Wytrzymałość tą określono na podstawie 14 badań penetrometrycznych. W przedziale wysokości 0,0–10,0 m od stropu pokładu wytrzymałość na ściskanie wynosi $R_c = 12,7$ (9,1–16,1) MPa. Wytrzymałość tę określono na podstawie 6 badań penetrometrycznych.

Wytrzymałość na jednoosiowe ściskanie węgla pokładu 207 w bloku E określono w 13 badaniach laboratoryjnych — wynosi ona 22,1 (16,1–35,2) MPa.

Wytrzymałość na jednoosiowe ściskanie spągu pokładu 207 określono w 3 badaniach laboratoryjnych — wynosi ona 26,8 (23,5–28,8) MPa.

Dla oceny skłonności górotworu do tąpnięć Kopalnia „Ziemowit” posługuje się opracowanym w Głównym Instytucie Górnictwa w Katowicach wskaźnikiem WTG. Wskaźnik ten dla wszystkich pokładów eksploatowanych przez KW „Ziemowit” ma wartość znacznie

większą niż 2 — np. dla pokładu 207 wynosi on 4,34 (wartość uśredniona). Oznacza to, że górotwór w którym zalega pokład 207 generalnie jest nieskłonny do tupań z uwagi na brak możliwości wystąpienia przeskoku energii sprężystej w układzie „skały otaczające–pokład węgla” z powodu słabych skał otaczających.

2.3. Sytuacja górnicza w rejonie pokładu 207 w bloku E

Nad pokładem 207 występują krawędzie eksploatacyjne pokładów 206/1 i 206/1-2. Eksploatacja w tych pokładach była prowadzona w latach 1994–2006 na miąższość 2,0–3,5 m. W południowej części bloku E, gdzie odległość między pokładem 206/1 a pokładem 206/2 była mniejsza niż 0,3 m, eksploatacja obu pokładów prowadzona była ścianami o numerach od 213 do 211, o wysokości 3,3–3,5 m. Ściany te były prowadzone od granicy OG „Łędziny I”, ze wschodu na zachód, począwszy od ściany 213 na południu do 211 w kierunku północnym. Kolejną ścianą o numerze 210 wybierano już tylko pokład 206/1 na miąższość około 2,0 m, ze względu na wzrost odległości między pokładami 206/1 i 206/2 powyżej 0,3 m i ścinienie pokładu 206/2. W północnej części bloku E wybierany był tylko pokład 206/1 ścianami o numerach od 201 do 204 i miąższości od 1,8 m do 2,2 m. Eksploatacja pokładu 206 w bloku E została zakończona w roku 2006. Odległość między pokładami 206 i 207 wynosi 64–75 m.

3. Dotychczasowa aktywność sejsmiczna

Zestawienie liczby wstrząsów i wyemitowanej energii zarejestrowanych w trakcie wybierania pokładu 206 w bloku E, przedstawiono w tabeli 1.

TABELA 1

Aktywność sejsmiczna towarzysząca eksploatacji pokładu 206 w bloku E

| Ściana | Lata eksploatacji | E02 | E03 | E04 | E05 | E06 | Suma energii |
|--------|-------------------|-----|------|-----|-----|-----|-------------------|
| 201 | 1994–1995 | 99 | 703 | — | — | — | $1,42 \cdot 10^6$ |
| 202 | 1995–1998 | 91 | 381 | 3 | — | — | $1,06 \cdot 10^6$ |
| 213 | 2000–2001 | 32 | 82 | 26 | — | — | $1,01 \cdot 10^6$ |
| 212 | 2002–2003 | 5 | 63 | 189 | 4 | — | $1,09 \cdot 10^7$ |
| 211 | 2003–2004 | 22 | 118 | 153 | — | — | $4,75 \cdot 10^6$ |
| 210 | 2004 | 10 | 25 | 14 | — | — | $6,61 \cdot 10^5$ |
| 203 | 2004–2006 | 97 | 157 | 11 | — | — | $6,80 \cdot 10^5$ |
| 204 | 2005–2006 | 18 | 18 | 2 | — | — | $8,06 \cdot 10^4$ |
| RAZEM | | 374 | 1547 | 398 | 4 | — | $2,06 \cdot 10^7$ |

Aktywność sejsmiczna kształtowała się na niskim lub umiarkowanym poziomie (rys. 2). Zarejestrowano 4 wstrząsy o energii rzędu 10^5 J, 398 wstrząsów o energii rzędu 10^4 J oraz 1921 wstrząsów o energii rzędu 10^2 – 10^3 J (tab. 1). W trakcie wybierania pokładu 206 w bloku E dziewięcioma ścianami zarejestrowano łącznie 2328 wstrząsów.



Rys. 2. Wstrząsy zarejestrowane przez Stację Geofizyki KWK „Ziemowit” w trakcie eksploatacji pokładu 206 w bloku E

Obserwowana obecnie aktywność sejsmiczna w bloku E związana jest z eksploatacją pokładu 207, który został zaliczony do I stopnia zagrożenia tapaniami. Zestawienie ilościowe wstrząsów i wyemitowanej energii przedstawiono w tabeli 2.

TABELA 2

Aktywność sejsmiczna towarzysząca eksploatacji pokładu 207 w bloku E

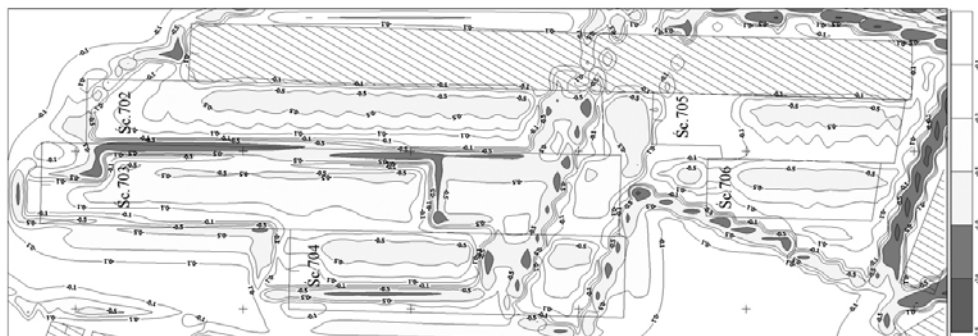
| Ściana | Lata eksploatacji | E02 | E03 | E04 | E05 | E06 | Suma energii |
|--------|-------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-------------------|
| 701 | 2006–2007 | 71 | 106 | 51 | 3 | — | $2,55 \cdot 10^6$ |
| 705 | 2007–2008 | 71 | 46 | 26 | 16 | 2 | $1,84 \cdot 10^7$ |
| 706 | 2008 | 133 | 65 | 13 | 7 | — | $3,57 \cdot 10^6$ |
| 702 | 2008–2009 | 165 | 245 | 176 | 31 | — | $1,66 \cdot 10^7$ |
| 703 | 2009–... | 210 | 166 | 114 | 37 | — | $2,02 \cdot 10^7$ |
| RAZEM | | 650 | 628 | 380 | 94 | 2 | $6,13 \cdot 10^7$ |

Poziom aktywności sejsmicznej jest zdecydowanie wyższy niż dla pokładu 206. Zarejestrowano 2 wstrząsy o energii rzędu 10^6 J, 94 wstrząsy o energii rzędu 10^5 J, 380 wstrząsów o energii rzędu 10^4 J oraz 1278 wstrząsów o energii rzędu 10^2 – 10^3 J (tabela 2).

4. Analiza wpływu zaszłości eksploatacyjnych na aktywność sejsmiczną rejestrowaną w trakcie wybierania pokładu

Spośród szeregu wyznaczanych wskaźników deformacji górotworu, rozkłady odkształceń pionowych (ściskających) prognozowane w deformowanych wielopokładową eksploatacją warstwach skalnych odpowiadają na ogół rozkładowi naprężeń pionowych w sąsiedztwie

wybranych pokładów. Wyrobiska górnicze w obszarach, gdzie według prognozy utrzymują się w górotworze podwyższone odkształcenia ściskające można uważać za prowadzone w warunkach podwyższonych naprężeń i akumulacji energii sprężystej, a więc za potencjalnie zagrożone tąpnięciami — w następstwie generowanych w tych warstwach wstrząsów. W przypadku, gdy do takich sytuacji dochodzi w znacząco wyżej zalegających skałach, konsekwencją są silne wstrząsy odczuwalne na powierzchni (rys. 3).



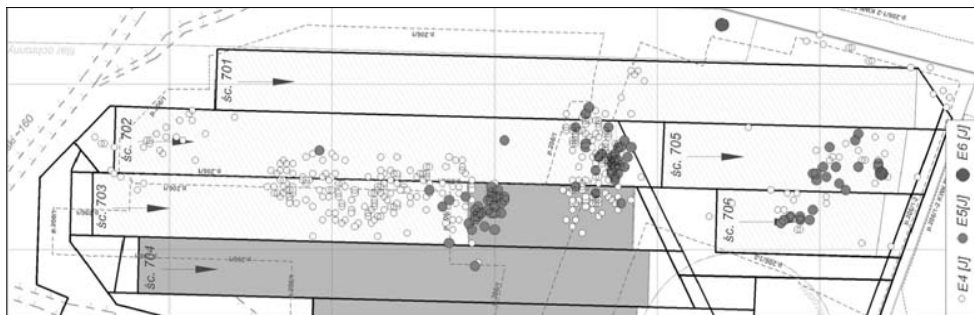
Rys. 3. Rozkład odkształceń pionowych (ściskających) w warstwach piaskowca w rejonie eksploatacji pokładu 207

Zlecone przez kopalnię „Ziemowit” badania prognozy warunków naprężeniowych wybierania stanowią przybliżenie warunków rzeczywistych. W prognozach określono wpływy eksploatacji dokonanej z pominięciem wpływów słabo rozeznaczonych zaburzeń w budowie geologicznej złoża na lokalne zmiany w rozkładzie naprężeń. Do obliczeń wykorzystano wzory opisujące przestrzenny stan naprężeń wokół prostokątnego wybrania podane przez H. Gila, W. Kraja oraz F. Dymka. Prognozując deformacyjne wpływy analizowanych wybrań na wstrząsogenne, podbierane warstwy skalne, wykorzystywano algorytmy obliczeniowe oparte na czasoprzestrzennym rozwinięciu teorii W. Budryka–S. Knothego.

Na wykształcanie prognozowanych charakterystycznych naprężeniowo stref i wielkości naprężeń ściskających w analizowanym rejonie pokładu 207 w bloku E decydująco wpływa sąsiedztwo krawędzi eksploatacji prowadzonej wcześniej w danym pokładzie eksploatacji oraz w różnym stopniu zaszczości eksploatacyjne wytworzone w pokładach nadległych i głębokość zalegania pokładu.

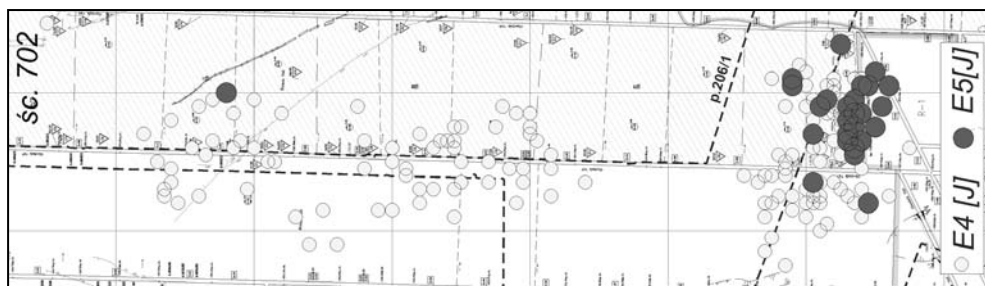
Dla pokładu 207 w bloku E przeprowadzona ocena potencjalnego stanu zagrożenia tąpnięciami metodami analitycznymi z uwzględnieniem uzyskanych, dotychczasowych doświadczeń wskazuje, że obserwowana aktywność sejsmiczna (rys. 4) związana jest głównie z pozostawionymi resztkami i powstałymi krawędziami w wyżej zalegającym i wybranym pokładzie 206. Pola ścian eksploatowanych w tej partii złoża generalnie schowane są pod zrobami pokładu 206. Warunki naprężeniowe zdeterminowane głębokością (ok. 600 m) i zaszczościami (krawędzie, resztki) w pokładzie 206, są korzystne. W polach ścian nie lokalizują się strefy koncentracji naprężeń, jedynie obszary podwyższonych naprężeń. Obszary te można połączyć z podwyższoną aktywnością sejsmiczną górotworu.

Generowane z tego tytułu wstrząsy nie powinny przekraczać energii rzędu 10^4 J. Spora-dyczne, silniejsze wstrząsy, ale nie przekraczające energii rzędu 10^5 J ($E_{\max} = 8 \cdot 10^5$ J) mogą być generowane w podbieranych warstwach piaskowcowych. Prawdopodobne obszary inicjacji tych wstrząsów oznaczono szrafurą na rysunku 3 [2].



Rys. 4. Wstrząsy zarejestrowane w trakcie eksploatacji pokładu 207 w bloku E

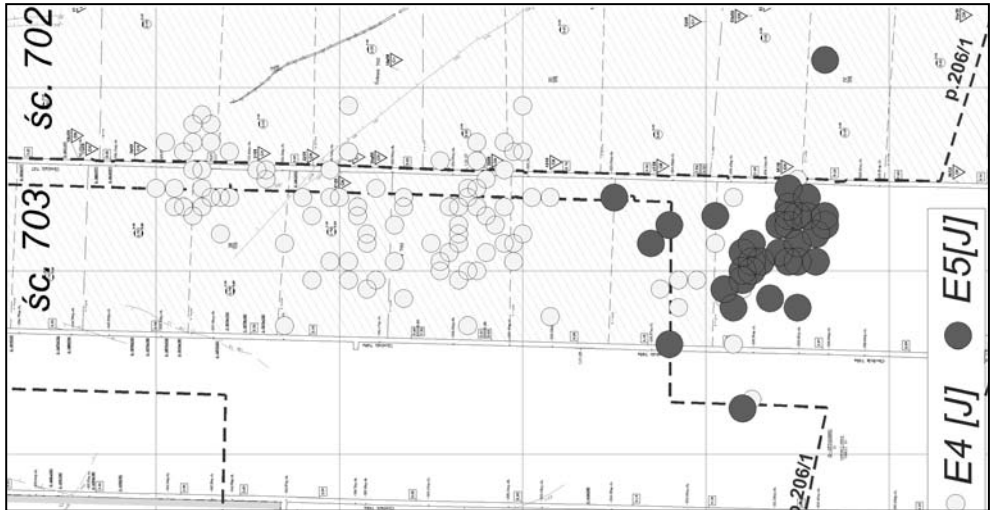
Porównując wyniki oceny potencjalnego stanu zagrożenia tapaniami metodami analitycznymi i obserwacji sejsmologicznych można stwierdzić ich dużą korelację. Inicjacja silnych wstrząsów następuje w sąsiedztwie krawędzi, resztek pokładów 206 (rys. 5 i 6).



Rys. 5. Aktywność sejsmiczna w trakcie eksploatacji pokładu 207 ścianą 702

Eksploatacja prowadzona w sąsiedztwie krawędzi o przebiegu prawie prostopadłym w stosunku do frontów ścianowych indukowała wstrząsy o energiach rzędu 10^4 J podczas gdy w trakcie zbliżania się i przechodzenia eksploatacji w rejonie krawędzi o przebiegu zbliżonym do równoległego następowało generowanie najsilniejszych wstrząsów o energiach $E \geq 10^5$ J.

Ponieważ stropy bezpośrednie charakteryzują się niskimi parametrami wytrzymałościowymi (10–12 MPa), stąd energie silnych wstrząsów są przez te skały silnie tłumione i rozpraszane, nie powodując, jak dotychczas, skutków w wyrobiskach. Za główne czynniki, które wpływają na poziom aktywności sejsmicznej można uznać krawędzie oraz resztki wytworzone w pokładach nadległych. Ze względu na duże odległości pomiędzy eksploatowanymi pokładami, pozostawione fragmenty pokładów i wytworzone krawędzie nie powodują po-



Rys. 6. Aktywność sejsmiczna w trakcie eksploatacji pokładu 207 ścianą 703

wstawiania wyraźnych stref koncentracji naprężeń w samym pokładzie 207, co potwierdzają m. in. wyniki wierceń małośrednicowych wykonywanych w tym pokładzie w trakcie eksploatacji. Krawędzie te mają jednak znaczny wpływ na obraz sejsmiczności w tym rejonie, generując liczne wstrząsy, często o wysokich energiach [3].

5. Wnioski

Na podstawie przeprowadzonej analizy wpływu zaszczości eksploatacyjnych na aktywność sejsmiczną oraz dotychczasowych obserwacji w trakcie eksploatacji pokładu 207 w bloku E, można stwierdzić że:

- decydujący wpływ na generowanie aktywności sejsmicznej w trakcie eksploatacji pokładu 207 ma oddziaływanie krawędzi i resztek wytworzonych w pokładzie 206,
- najwyższą aktywność sejsmiczną indukuje eksploatacja prowadzona w sąsiedztwie krawędzi o przebiegu zbliżonym do równoległego w stosunku do frontów ścianowych,
- ze względu na duże odległości pomiędzy eksploatowanymi pokładami i pozostawione fragmenty pokładów, wytworzone krawędzie nie powodują powstawania wyraźnych stref koncentracji naprężeń w eksploatowanych pokładach, co potwierdzają wyniki wierceń małośrednicowych oraz badania geofizyczne. Krawędzie eksploatacji mają jednak znaczny wpływ na obraz sejsmiczności, generując liczne wstrząsy, często o wysokich energiach. Lokalizację silnych wstrząsów w rejonach występujących krawędzi potwierdzają obserwacje sejsmologiczne. Z uwagi na duże odległości krawędzi od pokładów oraz duże spękania serii piaskowców pomiędzy pokładami, energia sejsmiczna wstrząsów jest silnie tłumiona.

Należy również podkreślić, że w trakcie dotychczasowej eksploatacji pokładów grupy 200 i 300 w KWK „Ziemowit” nie wystąpiły tąpnięcia ani zjawiska dynamiczne o podobnym

charakterze (odprężenia, „wytapywanie” ociosu itp.). Wstrząsy, które wystąpiły w trakcie dotychczasowej eksploatacji, nie spowodowały też żadnych widocznych skutków w wyrobiskach dołowych.

LITERATURA

- [1] *Goszcz A.*: Elementy mechaniki skał oraz tąpnięcia w polskich kopalniach węgla i miedzi. Wydawnictwo IGSMiE PAN, Kraków 1999
- [2] Kompleksowy Projekt Eksploatacji w KWK „Ziemowit” na Lata 2008–2013 (praca niepublikowana)
- [3] *Gołda A., Gębiś T., Śladowski G., Moszko M.*: Aktywność sejsmiczna w górotworze o niskich parametrach wytrzymałościowych na przykładzie KWK „Ziemowit”. *Kwartalnik Górnictwo i Geoinżynieria*, rok 33, zeszyt 1. Uczelniane Wydawnictwa Naukowo-Dydaktyczne, Kraków 2009, s. 225–230