

*Rafał Dębkowski**, *Zdzisław Iwulski***, *Mariusz Kirej****, *Marcin Szpak**

EKSPLOATACJA ZŁOŻA W FILARZE OPOROWYM POCHYLNI CENTRALNYCH 9–12 — DOŚWIADCZENIA Z FAZY ROBÓT ROZCINKOWYCH

1. Wprowadzenie

W rejonie zachodnim kopalni „Rudna” wydzielony został filar oporowy dla ochrony pochylni centralnych 9–12, stanowiących podstawowe drogi komunikacyjno-transportowe i wentylacyjne dla robót wybierkowych w polach sąsiadujących z ww. filarem. Po zakończeniu eksploatacji w tym rejonie przystąpiono do wybierania złoża w polu G-15/10, zlokalizowanym w ww. filarze, między strefą uskoku „Rudna Główna”, a filarem ochronnym szybu R-III (rys.1). Pole to w większości znajduje się w filarze ochronnym dla miasta Polkowice.

2. Opis warunków geologiczno-górnicznych

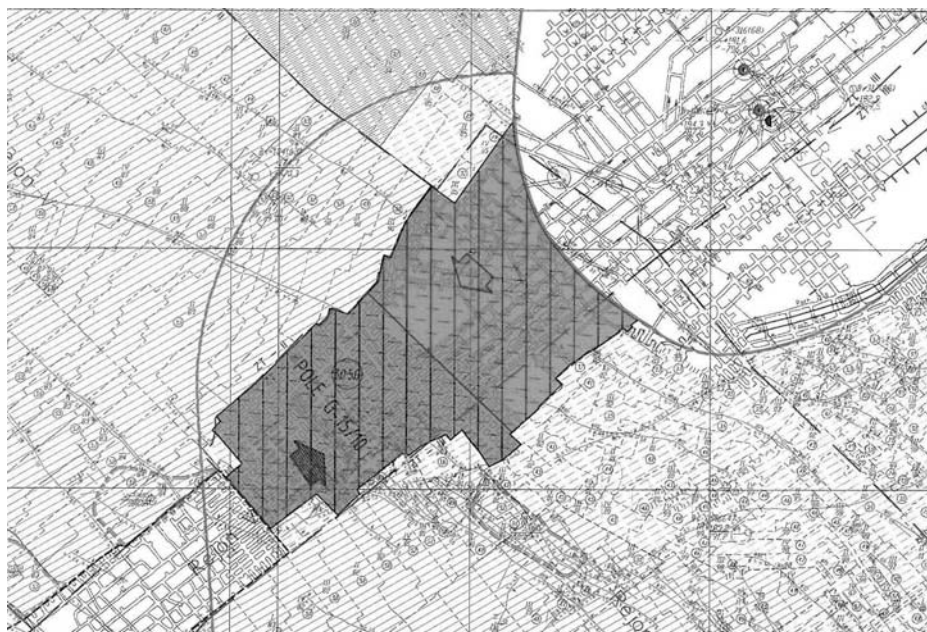
Złoże w polu G-15/10 zalega na głębokości około 890 m i wykształcone jest w formie pseudopokładu, który tworzą białe piaskowce czerwonego spągowca oraz dolnocechsztyńskie łupki miedzionośne i dolomity. Średnia miąższość złoża wynosi 4,2 m. Strop złoża stanowią dolomity wapienste, skrytokrystaliczne. Strop wyrobisk prowadzony był po podzielnosciach w dolomicie wapienistym. Miąższość pakietu skał węglanowych w opisywanym rejonie waha się od 36,0 do 41,0 m [5]. Spąg złoża stanowią piaskowce kwarcowe czerwonego spągowca o średniej miąższości 10,0 m, poniżej których zalegają czerwone piaskowce o spoiwie ilasto-żelazystym.

Pole charakteryzuje się gęstą siecią uskokową. Orientacja uskoków jest zgodna z kierunkami NW–SE oraz WNW–ESE. Dwa największe uskoki o zrzutach: od 1,5 m do 20,0 m, zlokalizowane są blisko SW granicy pola w rejonie chodnika T-220.

* KGHM CUPRUM sp. z o.o., Centrum badawczo-rozwojowe, Wrocław

** Katerda Geomechaniki, Budownictwa i Geotechniki, Wydział Górnictwa i Geoinżynierii, Akademia Górniczo-Hutnicza, Kraków

*** KGHM Polska Miedź S.A., Oddział Zakłady Górnictwa „Rudna”, Polkowice



Rys. 1. Lokalizacja pola G-15/10 [2]

Pole G-15/10 usytuowane jest w dwóch rejonach kopalni „Rudna” (rejon Va oraz VI). Złoże w tych rejonach zaliczono do III stopnia zagrożenia tapaniami. Calizna filara oporowego pocięta była gęstą siecią wyrobisk na filary cząstkowe o różnych wymiarach. Po obu stronach filara znajdują się rozległe pola zrobów o szerokości ponad 2000 m, po eksploatacji z technologicznym zawalem stropu, wymuszonym robotami strzałowymi oraz zrobów podsadzkowych. Roboty eksploatacyjne w polu G-15/10 prowadzone są pomiędzy zrobami pól G-13/1, G-12/1 a zrobami pól G-13/3 i G-11/3, systemem komorowo-filarowym dla warunków upodatniania i likwidacji filarów oporowych R-UO/FO [4]. Eksploatację w polu G-15/10 projektowano dwufazowo. W I fazie rozcinka upodatniająca złoże prowadzona była w kierunku uskoku „Rudna Główna”, frontem o długości od około 210 do 400 m. Przy dochodzeniu do uskoku „Rudna Główna” pozostawiono filar stabilizujący (ochronny). Aktualnie, w II fazie robót, prowadzone są roboty likwidacyjne w kierunku przeciwnym, z zastosowaniem podsadzki hydraulicznej.

3. Przebieg eksploatacji

Roboty górnicze w polu G-15/10 uruchomiono w kwietniu 2003 roku. Z uwagi na uwarunkowania wynikające z infrastruktury kopalnianej eksploatację rozpoczęto od wysokości chodników T,W-221. Od kwietnia do sierpnia 2003 wykonano wyrobiska upodatniające drogi dojazdowe do projektowanego pola. We wrześniu 2003, w celu przygotowania miejsca uruchomienia rozcinki w polu G-15/10, rozpoczęto wykonywanie upodatnienia

wiązki pochylni centralnych na wysokości wiazki chodników W-221 oraz rozwinięto linię frontu na całej jego długości [1]. Zaprojektowano wyrównanie linii przodków na wysokości pasa P-4 i prowadzenie regularnej rozcinki po wzniosie w kierunku południowo-zachodnim, tj. do strefy uskokowej „Rudna Główna”.

W trakcie eksploatacji, z uwagi na niedrożność i konieczność przebudowy istniejących wyrobisk o bardzo nieregularnej geometrii, nie było możliwości prowadzenia postępu wszystkich komór, a roboty górnicze były zdeterminowane aktualną sytuacją geologiczno-górnica. W związku z nierównomierną geometrią starych wyrobisk występowały okresowe opóźnienia postępu rozcinki poszczególnych odcinków frontu. Przestoje drażenia poszczególnych przodków miały miejsce głównie przy przechodzeniu starych wyrobisk, zaciśniętych bądź zawalonych pod wpływem ciśnienia eksploatacyjnego. Ograniczony postęp frontu powodowało też występowanie gęstej sieci uskoków. Okresowo zachodziła konieczność modyfikacji geometrii oraz zasad prowadzenia rozcinki w taki sposób, aby w oparciu o czynne przodki odtwarzać linię frontu. Podczas dalszej eksploatacji wykonywano rozcinkę złoża niezbędną do utrzymania wyrównanej linii frontu i zabezpieczenia dróg komunikacyjnych.

Do stycznia 2009 roku rozcinkę upodatniającą caliznę i filary wielkogabarytowe prowadzono wzdłuż całej długości frontu, wyrównaną linią przodków, z zachowaniem wyprzedzenia prowadzonych komór wzdłuż zrobów pola G-11/3 na lewym skrzydle frontu. Po przejściu pasa P-18, ze względu na występujące utrudnienia postęp robót górniczych w tym polu był znacznie spowolniony. W trakcie dalszej rozcinki nasiliły się problemy stropowe, które ostatecznie spowodowały wyjście drażonych wyrobisk ponad furtę złożową. Wyrobiska, wzdłuż których przemieszczał się front rozcinkowy, wykonane zostały ponad 35 lat temu, dodatkowo od 3 do 5 m ponad stropem złoża, co miało decydujący wpływ na niszczenie struktury skał stropowych przed frontem prowadzonej rozcinki. Ze względu na istniejące warunki geologiczno-górnice, uwzględniając również aspekt ekonomiczny, w styczniu 2009 postanowiono zatrzymać dalszy postęp rozcinki upodatniającej złoża w polu G-15/10 na osiągniętym wybiegu przodków i przystąpić do robót likwidacyjnych. Dla uzyskania łagodnego ugięcia stropu od strony granicy likwidacji utworzono bufor stabilizacyjny do wysokości pasa P-19 włącznie, a pozostałą część złoża, do strefy uskoków „Rudna Główna”, wyłączono z eksploatacji. W drugiej fazie robót likwidację przestrzeni wybranej prowadzono z wykorzystaniem podsadzki hydraulicznej. Z uwagi na zamykający charakter eksploatacji oraz na dużą ilość zaciśniętych wyrobisk, które konturują partie złoża wprowadzono lokalne zmiany w sposobie i kierunku prowadzenia likwidacji w stosunku do założeń systemowych. Koniecznym było urabianie większej ilości filarów w ramach jednej parceli likwidacyjnej, a następnie podsadzenie całego wybranego bloku. Z uwagi na skomplikowane warunki geologiczno-górnice w tej fazie robót, kolejne ich etapy były opracowywane na bieżąco w formie harmonogramów robót likwidacyjnych i każdorazowo zatwierdzane przez Kierownika Ruchu Zakładu Górniczego, po zasięgnięciu opinii Kopalnianego Zespołu ds. Zwalczania Tapań i Zawałów.

4. Charakterystyka aktywności sejsmicznej

Charakterystyką aktywności sejsmicznej pola G-15/10 objęto przedział czasowy od 2003 roku do końca III kwartału 2009 zatem okres, od rozpoczęcia pierwszych robót rozczinkowych w polu G-15/10. Na etapie robót rozczinkowych do końca 2008 roku okresowo występowały silne wstrząsy o energiach rzędu 10^6 – 10^7 J (11 wstrząsów), przy czym wstrząs o energii $2,3 \cdot 10^7$ J zaistniały w marcu 2006 skutkowałam odprężeniem górotworu. Największa aktywność sejsmiczna miała miejsce na początku eksploatacji. W dalszym okresie prowadzenia robót upodabniających filary wielkogabarytowe i caliznę pola występowała bardzo nieregularna aktywność sejsmiczna. W okresie tym stwierdzano, iż po miesiącach, w których występowały silne zjawiska sejsmiczne następowały długie okresy całkowitego braku wstrząsów o energiach większych niż 10^3 J. Mechanizmy ognisk silniejszych wstrząsów najczęściej miały charakter uskoków zrzutowych, z płaszczyznami rozrywu w przybliżeniu równoległymi do biegu uskoków. Można więc przyjąć, że przyczyną powstawania tych wstrząsów jest nakładanie się naprężeń eksploatacyjnych na naprężenia tektoniczne. W 2009 roku poziom aktywności sejsmicznej i wydatkowanej energii zmalał, zwłaszcza podczas prowadzonych robót likwidacyjnych w polu G-15/10. Występowała wówczas stosunkowo niska aktywność sejsmiczna. Od stycznia 2009 wystąpiło tylko 5 zjawisk sejsmicznych o energiach $E \geq 10 \cdot 10^3$ [2]. Na podstawie dotychczasowego przebiegu aktywności sejsmicznej w polu oraz obserwacji przy eksploatacji w innych filarach oporowych można przypuszczać, że w najbliższej przyszłości, podczas robót likwidacyjnych w analizowanym rejonie, aktywność sejsmiczna przebiegać będzie na podobnie niskim poziomie.

5. Analiza i ocena wyników obserwacji i pomiarów ciśnienia górotworu

Przyjęta geometria rozczinki filarów oraz sposób prowadzenia robót górniczych miały na celu zapobieganie występowania zagrożenia tapaniowego i zawałowego. Dla oceny prowadzonych robót, w tym skuteczności zastosowanej profilaktyki tapaniowej i zawałowej, wykonywane są wielokierunkowe badania, obserwacje i pomiary zachowania się górotworu w polu G-15/10, które pozwalają podejmować niezbędne działania profilaktyczne na etapie pojawienia się symptomów tych zagrożeń. Dla bieżącej oceny stanu górotworu, prognozowania zagrożeń oraz właściwego doboru metod ich zwalczania w polu G-15/10 prowadzono następujące obserwacje i pomiary.

5.1. Obserwacje wizualno-akustyczne

Od rozpoczęcia robót rozczinkowych obserwacje wizualno-akustyczne generalnie nie wykazywały anomalii wskazujących na wzrost zagrożenia tapaniami. Sporadycznie jedynie odnotowywano przypadki świadczące o zwiększonym zagrożeniu tapaniowym (m.in. dźwięczność górotworu) i zawałowym, które były likwidowane działaniami profilaktycz-

nymi. Wszystkie wycinane skrzyżowania objęte były obserwacją przy pomocy sygnalizatorów rozwarstwień stropu, także na etapie likwidacji przy otwieraniu nowych skrzyżowań. W większości nie stwierdzano wzrostu zagrożenia zawałowego, sygnalizowanego ww. urządzeniami. Obserwacje wizualno-akustyczne wskazują, że wycinane filary technologiczne w sposób łagodny przechodziły w stan pozniszczeniowy.

5.2. Analiza wyników pomiarów zaciskania wyrobisk

Prowadzone roboty górnicze powodowały umiarkowaną konwergencję wyrobisk, która generalnie wynosiła od 0 do 4–5 mm/dobę, przy czym najwyższe wartości rejestrowano na rozcince frontu pola. Skokowe przyrosty konwergencji (największe od 37 mm do 165 mm na dobę w 2005 r.) spowodowane były silnymi wstrząsami górotworu i występowały sporadycznie. Analizując wyniki pomiarów konwergencji, można stwierdzić, że zaciskanie wyrobisk charakteryzowało się w miarę równomiernym tempem na całej powierzchni strefy roboczej.

5.3. Analiza wyników pomiarów deformacji otworów wiertniczych

Pomiary deformacji otworów wiertniczych prowadzone były za pomocą 2 par czujników OCO/OCS, zabudowanych w filarach.

Od rozpoczęcia robót rozcinkowych rejestrowano małe przyrosty wskazań, względem wartości bazowej wynoszącej „0”, zawierające się w przedziale od około $-0,6$ do $+0,99$ /dobę. Generalnie nie odnotowywano także skokowych zmian wskazań czujnika, co świadczy o ustabilizowanej pracy górotworu w polu. Sporadycznie stwierdzano skokowe przyrosty na poziomie do $1,7$ /dobę, które odnotowano po silniejszych wstrząsach górotworu, spowodowanych robotami strzałowymi.

Pomiary deformacji otworów wiertniczych w stropie prowadzone były w latach 2008/2009 za pomocą pary czujników DDN, zabudowanych w stropie komory K-15/P-16. Od października 2008 do końca września 2009 kilka razy obliczona wartość wskaźnika stanu górotworu — WSG wykazywała niestabilny stan górotworu. Rejestrowana aktywność sejsmiczna nie potwierdziła prognozy, wynikającej z prowadzonych badań za pomocą czujników DDN [2].

5.4. Analiza aktywności sejsmoakustycznej mierzonej licznikami MLT-3

Pomiary realizowano każdorazowo przy wykonywaniu strzelań grupowych przodków. Pomiary licznikami trzasków prowadzone są pod kątem oceny wyężenia górotworu w rejonie frontu rozcinkowego, a więc w strefie występowania wzmoczonych ciśnień górotworu. Podczas prowadzenia robót rozcinkowych w polu rozkład parametrów aktywności sejsmoakustycznej wskazywał na występowanie lokalnych stref odprężonych w sąsiedztwie prowadzonej rozcinki. Okresowo odnotowywano wyższe wartości syntetycznego wskaźnika stabilności górotworu SWSG w przedziale od 1 do 9 (w dziesięciostopniowej skali pomiarowej) i jego skokowy

wzrost, co świadczyło o okresowym dużym obciążeniu rozcinanej calizny. Również zmieniające się strefy zwiększonych prędkości podłużnej fali sejsmicznej świadczą o lokalnej możliwości wystąpienia zwiększonej aktywności sejsmicznej w trakcie prowadzonej eksploatacji.

Od rozpoczęcia robót likwidacyjnych wskaźnik SWSG przyjmował wartości w zakresie od 1 do 3. Niskie wartości wskaźnika SWSG i ich mała zmienność świadczą o małym obciążeniu rozcinanej calizny, co było związane ze spowolnionym tempem prowadzenia robót rozcinkowych.

5.5. Kontrola obudowy wyrobisk

Od rozpoczęcia robót rozcinkowych badania kontrolne obudowy prowadzono w cyklach comiesięcznych. Generalnie kontrole obudowy kotwowej, stosowanej w polu, nie wykazały nieprawidłowości w sposobie i technologii zabudowy. Natomiast w ostatnich miesiącach analizowanego okresu sporadycznie stwierdzano nieprawidłowości w wartościach momentu dokręcenia kotew podczas badań kontrolnych. Nieprawidłowości te były niezwłocznie likwidowane. Kolejne kontrole kotew wklejanych, rozprężnych oraz linowo-spoiwowych, stosowanych w polu G-15/10, wykazały prawidłową współpracę kotwi z górotworem zgodnie z obowiązującymi wymogami. Zabudowana obudowa charakteryzowała się prawidłową współpracą z górotworem, pomierzone parametry nie odbiegały od założonych.

5.6. Analiza wyników pomiarów niwelacji stropu wyrobisk w rejonie prowadzonych robót

Pomiary wykonywano na sukcesywnie rozwijanej linii pomiarowej za postępującym frontem eksploatacyjnym. W okresie prowadzenia robót rozcinkowych osiadanie stropu miało tendencję rosnącą. Największe obniżenia stropu zarejestrowano w III kwartale 2006 (do 238 mm). Przy zbliżaniu się z eksploatacją do zaplanowanego wybiegu pola stwierdzono mniejsze obniżenia się stropu wyrobisk niż w poprzednich okresach pomiarowych. Związane to było prawdopodobnie ze spowolnieniem tempa rozcinania calizn i filarów.

W okresie prowadzenia robót likwidacyjnych (II faza eksploatacji), stwierdzono wyraźne zmniejszenie tempa osiadań w stosunku do okresów poprzednich. Wynika to z zatrzymania postępu rozcinki, dodatkowego podparcia stropu w filarze stabilizacyjnym oraz z systematycznego podsadzania likwidowanych blokowo obszarów pola G-15/10.

5.7. Ocena rozwoju rozwarstwień skał stropowych — badania endoskopowe

W polu G-15/10 wziernikowanie warstw stropowych wykonywano w zależności od wyników obserwacji warunków stropowych oraz obecnie z uwagi na prowadzone prace likwidacyjne.

Analizując wyniki przeprowadzonych badań warstw stropowych, można jednoznacznie stwierdzić, że skały stropowe w rejonie pola G-15/10 mają charakter zwarty, z małą

tendencją do rozwarstwiania się. Odnotowywane rozwarstwienia dotyczyły zasadniczo prawego skrzydła pola, a rozwarstwienia kształtowały się w zakresie od 1 do 30 mm. Jedynie w 2 przypadkach stwierdzono rozwarstwienia o wielkości około 200–250 mm. Skrzyżowania o stwierdzonych znacznych rozwarstwiach zostawały wyłączane z ruchu ludzi i maszyn.

5.8. Pomiary osiadania powierzchni terenu

Pomiary osiadania prowadzone są w okresach półrocznych. W pierwszym roku eksploatacji (do października 2004 roku) osiadanie powierzchni terenu wzdłuż poszczególnych linii pomiarowych występujących najbliżej frontu eksploatacyjnego pola G-15/10 wynosiło do 120 mm. W dalszych latach wielkość ta ulegała stopniowemu zmniejszeniu. W ostatnim okresie pomiarowym, tj. od października 2008 do kwietnia 2009, osiadanie powierzchni terenu wzdłuż linii pomiarowej przebiegającej w rejonie frontu eksploatacyjnego pola G-15/10, wyniosło od 30 do 47 mm nad zrobami własnymi w środkowej części frontu i od 25 do 46 mm, wzdłuż rozciętej calizny w kierunku wejścia do pola.

Wyniki pomiarów niwelacyjnych przyrostów osiadania powierzchni wskazują, że powierzchnia terenu nad polem G-15/10 ulega powolnemu, systematycznemu obniżaniu, z tendencją do zmniejszania się jego tempa.

6. Podsumowanie

Eksploatacja w polu G-15/10 prowadzona jest w szczególnie trudnych warunkach geologiczno-górnictwowych. Filar upadowych C-9–C-12, częściowo zlokalizowany w filarze ochronnym miasta Polkowice, znajduje się w otoczeniu rozległych zrobów zawałowych i podsadzkowych. Dodatkowo eksploatacja przedmiotowego filara prowadzona jest w warunkach skrzepowanych gęstą siecią uskoków o zrzutach dochodzących do kilkunastu metrów oraz skomplikowanym układem wcześniej wykonanych wyrobisk, które aktualnie są niedrożne, zaciśnięte lub zawałone. Taka sytuacja stwarzała znaczne zagrożenie tapaniowe i zawałowe.

Na przełomie lat 2008 i 2009 zakończony został I etap eksploatacji. Z uwagi na bardzo trudne warunki eksploatacji w polu G15/10, postęp robót rozcinkowych był stosunkowo niewielki, przy czym nie osiągnięto założonego wybiegu. Powolny postęp frontu, łącznie ze stosowaną profilaktyką tapaniową, powodowały łagodne i systematyczne rozgniatanie filarów technologicznych i ich przechodzenie w stan wytrzymałości pozniszczeniowej. W efekcie praktycznie wszystkie analizowane czynniki charakteryzujące zachowanie się górotworu w polu kształtowały się na umiarkowanym poziomie w odniesieniu do warunków prowadzonej eksploatacji. Obecnie, w ramach II fazy eksploatacji, prowadzone są roboty likwidacyjne, a stopień ich zaawansowania wynosi około 30%.

Przyjęta profilaktyka zagrożeń górniczych w I fazie robót eksploatacyjnych była prawidłowa, na co wskazują wyniki badań i obserwacji zachowania się górotworu, prowadzonych w pełnym zakresie dla oceny zagrożenia tapaniami i zawałami.

LITERATURA

- [1] *Dębkowski R. i in.*: Opracowanie sposobu eksploatacji w filarze ochronnym miasta Polkowice do zczerpania zasobów złoża, w aspekcie wysokiej aktywności sejsmicznej rejestrowanej w rejonie uskoku „Rudna Główna”, oraz konieczności prowadzenia robót w warunkach skrzepowanych w filarach oporowych. CBPM CUPRUM, Wrocław 2003 (praca niepublikowana)
- [2] *Dębkowski R. i in.*: Analiza zachowania się górotworu podczas prowadzenia eksploatacji w polu G-15/10. KGHM CUPRUM Wrocław, 2009 (praca niepublikowana)
- [3] *Iwulski Z.*: Szeregi czasowe a prognoza wystąpienia wstrząsu. Materiały Konferencyjne XXIV Zimowej Szkoły Mechaniki Górotworu. Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 2001
- [4] Praca zbiorowa: Katalog systemów eksploatacji złóż rud miedzi dla kopalń KGHM Polska Miedź S.A.. KGHM CUPRUM, Wrocław 2009 (praca niepublikowana)
- [5] Materiały źródłowe O/ZG „Rudna”, Polkowice 2009