

Paweł KRZYSTOLIK, Zbigniew KOBIELA

Główny Instytut Górnictwa

Kopalnia Doświadczalna „Barbara”

POWIERZCHNIOWA EMISJA METANU NA OBSZARACH ZLIKWIDOWANYCH KOPALŃ - ZAGROŻENIEM DLA ŚRODOWISKA NATURALNEGO I BEZPIECZEŃSTWA OGÓLNEGO

Streszczenie. Likwidacja gazowych kopalń węgla kamiennego pociąga za sobą zjawiska gazowe na powierzchni obszarów górniczych objętych wpływami eksploatacji. Z chwilą zaprzestania przewietrzania i odwadniania kopalni pojawiają się dwa zasadnicze procesy - akumulacja gazów złożowych oraz podnoszenie się zwierciadła wody. Gazy kopalniane pod wpływem „tłoka wodnego” są przemieszczane wyrobiskami i szczelinami w kierunku powierzchni. Metan, dwutlenek węgla i inne gazy złożowe mogą pojawiać się w glebie, w piwnicach, garażach i innych pomieszczeniach. Gazowe zjawiska po zaniechaniu górniczej działalności powodują zagrożenie wybuchem metanu oraz zagrożenie życia przy występowaniu dwutlenku węgla. Emisja gazów kopalnianych do atmosfery jest również zagrożeniem dla środowiska naturalnego i efektu cieplarnianego.

SURFACE METHANE EMISSION IN THE AREA OF ABANDONED MINES AS ENVIRONMENTAL AND OVERALL HAZARD

Summary. An abandon of gassy coal mines results in surface gas phenomena in the area influenced by the mining. As soon as the ventilation and water removal in the abandon mine stop two main processes begin: gas accumulation and rising of water level. Mine gases, due to a “water piston” action, penetrate along minings, faults and cracks up to the surface. Methane, carbon dioxide and other seam gases appear in the soil, cellars, garages and other compartments. Gas phenomena, after mining has been abandon, lead to methane explosion hazard and life hazard when carbon dioxide occurred on the surface. Emission of mine gases through the cracks and permeable layers into atmosphere also results in environmental hazard and greenhouse effect.

1. Wprowadzenie

Górnictwo zrównoważonego rozwoju to również zamykanie nierentownych kopalń bądź kopalń niebezpiecznych ze względu na występujące zagrożenia naturalne (tąpnięcia, metanowe,

wyrzutami gazów i skał) lub kopalń o dużej uciążliwości dla środowiska naturalnego (znaczna emisja metanu do atmosfery, zasolenie wód).

Z chwilą zakończenia eksploatacji i likwidacji kopalni jej negatywne oddziaływanie na środowisko nie ustaje. Często pojawia się zagrożenie metanowe na powierzchni terenów objętych wpływami prowadzonej eksploatacji, a w przypadku zlikwidowanych niektórych kopalń walczyńskich również dwutlenkiem węgla. Zjawiska metanowe na powierzchni po zlikwidowaniu kopalń stwierdzono w zagłębiach węglowych Francji, Belgii, Anglii, w Czechach i Polsce. Szczególnie duże zagrożenie wybuchem metanu pojawiło się po zamknięciu kopalń w Zagłębiu Południowej Walii [1], [4].

2. Zjawiska gazowe w infrastrukturze nieczynnych wyrobisk oraz na powierzchni obszaru górniczego po zlikwidowaniu kopalni

Górotwór wraz z niewyekspluatowanymi pokładami bilansowymi i niebilansowymi pod wpływem prowadzonych robót górniczych jest w znacznym stopniu spękany i rozszczelniony. Zasięg wpływów eksploatacyjnych w wyniku wyeksploatowania jednego pokładu sięga do 150 – 200 m w górę i do 60 – 120 m w dół. W kopalniach likwidowanych wpływy eksploatacyjne mają zasięg znacznie większy w rezultacie wielokrotnego nałożenia się eksploatacji w kilku lub w kilkunastu pokładach.

W górotworze naruszonym robotami górniczymi zwiększa się przepuszczalność węgla do kilkunastu, a nawet kilkudziesięciu milidarcy. W pokładach nieodprężonych, poza zasięgiem wpływów eksploatacji, przepuszczalność dla gazu nie przekracza w warunkach kopalń górnośląskich 0,3 - 0,5 mD, a na Dolnym Śląsku nie przekracza 0,1- 0,3 mD.

Brak przepływu powietrza po zatrzymaniu wentylatorów głównych powoduje laminarne przemieszczanie się gazów pod wpływem zmiany ciśnienia i temperatury w układzie węgiel - gaz - woda. W przypadku metanu niska gęstość bezwzględna sprzyja przemieszczaniu się szczelinami ku powierzchni. Natomiast dwutlenek węgla łatwo ulega rozpuszczeniu w wodzie, a przy zmianie ciśnienia lub temperatury wydziela się do atmosfery.

Z punktu widzenia możliwości wystąpienia zagrożenia gazowego, a także charakteru tego zagrożenia, związanych z procesem likwidacji kopalni, należy rozpatrywać trzy przedziały czasowe:

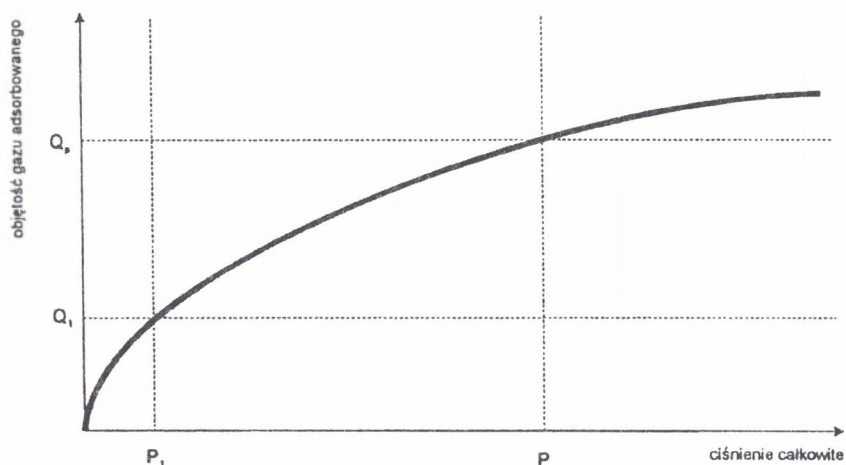
- okres zaprzestania eksploatacji i stopniowej likwidacji infrastruktury podziemnej z sukcesywnym wyłączaniem podsystemów wentylacyjnych aż do momentu wyłączenia wentylatorów głównych na szybach wydechowych,
- okres likwidacji szybów przez podsadzenie i zaizolowanie korkami i płytami żelbetowymi na powierzchni, w którym będzie oddziaływać jeszcze czynnik depresji naturalnej,
- okres polikwidacyjny, który w zależności od wielu czynników może trwać przez kilka do kilkunastu lat.

Przebieg zmian wydzielania metanu w środowisku robót eksploatacyjnych przedstawia rys. 1 [3]. Z przebiegu tego wynika, że wydzielanie metanu po zakończeniu eksploatacji maleje w ciągu krótkiego czasu (ok. 4 tygodnie) do poziomu 20% średniego wydzielania w trakcie eksploatacji, ale następnie przebieg zmniejszania się wydzielania jest bardzo powolny i całkowite wydzielanie zanika nieraz po upływie 10 - 15 lat od chwili zakończenia eksploatacji, jeśli zroby i spękany górotwór nie poddano innym dodatkowym wpływom odgazowania.

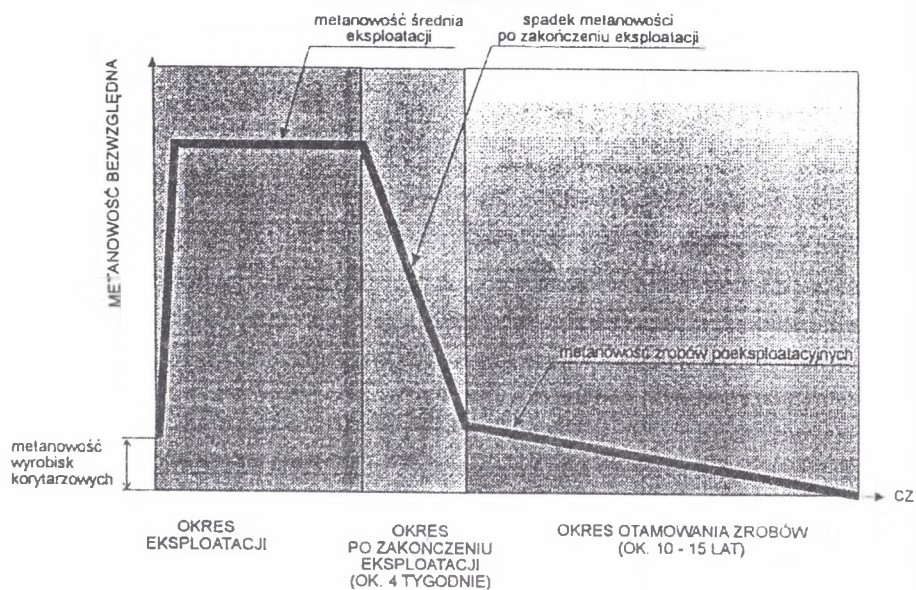
W zasadzie zroby poeksploatacyjne i nie podsadzone wyrobiska będą stanowić w likwidowanej kopalni zasadnicze źródło metanu. Wydzielanie gazu ze zrobów i wyrobisk zależeć będzie od wielu czynników, w tym od:

- czasu istnienia zrobów i stanu rekonsolidacji,
- struktury złoża,
- metanonośności rzeczywistej pokładów bilansowych i pozabilansowych znajdujących się w zasięgu wpływów podebrania i nadebrania,
- właściwości termicznych złoża (temperatury skał na różnych głębokościach oraz temperatury wody i powietrza),
- uwarunkowań hydrogeologicznych,
- stanu izolacji wyrobisk i istnienia połączeń dla transportu gazów,
- tektoniki i występowania dużych dyslokacji, stref uskokowych i lokalnych zaburzeń przerywających ciągłość warstw.

IZOTERMA DESORPCJI



PRZEBIEG ZMIAN METANOWOŚCI WYROBISK EKSPLOATACYJNYCH



Rys.1. Izoterma desorpcji i przebieg zmian metanowości wyrobisk eksploatacyjnych

Fig.1. Desorption isotherm and course of variation of methane content in mining workings

3. Analiza wyników badań i opracowanie kryteriów dla stref zagrożonych wybuchem metanu lub stref zagrożenia dwutlenkiem węgla

Istotnym zagrożeniem po zlikwidowaniu Wałbrzyskich Kopalń Węgla Kamiennego (WKWK) są zjawiska gazowe na powierzchni. Stwarza je obecność metanu i dwutlenku węgla, które są wypierane z górotworu przez podnoszące się zwierciadło wody oraz oddziaływanie gradientu ciśnienia i temperatury. Drogami migracji gazów mogą być:

- strefy uskokowe sięgające powierzchni terenu,
- intruzje porfirowe,
- sztolnie, szyby i szybiki oraz inne rozluźnienia skał spowodowane eksploatacją.

Pierwsze zjawiska wypierania gazu przez wody dołowe zaobserwowano w zlikwidowanym szybie „Witold” w obszarze zatapianego zbiornika „Barbara-Witold”. W strefie zrębowej stwierdzono obecność CH_4 w ilości 0,5÷1,5%. Z pobranych prób gazu z rurociagu odwadniającego, pozostawionego w zlikwidowanym szybie w charakterze piezometru, ustalono, że w wypieranym powietrzu znajduje się 8% O_2 , 4,5% CO_2 oraz 5% CH_4 [4].

Dodatkowym zjawiskiem wskazującym na obecność CO_2 w wodach dołowych jest wzrost ich agresywności w stosunku do stali. Zaobserwowano dwukrotnie szybsze zużywanie się części agregatów pompowych pracujących w rejonach zatapianych zbiorników „Barbara-Witold” oraz zbiornika „Julia”. Również w trakcie zatapiania szybu „Pokój” (zbiornik „Pokój”) wykonane analizy chemiczne wód wykazały ich znaczną agresywność w stosunku do betonu i stali.

Pojawienie się metanu i dwutlenku węgla w warstwach przypowierzchniowych gleby w obszarach zlikwidowanych kopalń spowodowało opracowanie założeń merytorycznych i programu badań w ramach projektu celowego dofinansowanego przez Komitet Badań Naukowych w Warszawie [3]. Projekt celowy Nr 9T12A147 99C/4652 pt. Monitoring, środki bezpieczeństwa oraz zwalczanie zagrożeń gazowych związanych z likwidacją Wałbrzyskich Kopalń Węgla Kamiennego realizowany jest wspólnie przez WKWK, GIG-Kopalnię Doświadczalną „Barbara”, AGH i Pol. Wrocławską.

Zaprojektowane w ramach ww. projektu profile obserwacyjne przebiegają przez obszary wcześniej opisywanych zbiorników wodnych. Zbiorniki te obecnie znajdują się na różnych etapach zatapiania.

Przebieg profili został wytypowany w sposób optymalny, uwzględniając wszystkie elementy i czynniki mające znaczenie dla migracji i emisji gazów z górnokarbońskich warstw w zlikwidowanych kopalniach jako efekt prowadzonej wieloletniej działalności górniczej.

Profile badawcze wyznaczone zostały w terenie na podstawie opracowanego modelu geologicznego, hydrogeologicznego i gazowego z uwzględnieniem zaszczości górniczych. Na podstawie profili badawczych wyznaczono siatki otworów, których zadaniem było potwierdzenie obecności gazów (zawartości i składu gazów w glebie).

Wykonane pomiary wykazały obecność niebezpiecznych nagromadzeń metanu w kilkunastu miejscach miasta Wałbrzycha i okolicznych miejscowościach: w tym największe to 19,25% CH_4 i 10,67% CH_4 . Niebezpieczne miejsca związane z obecnością dwutlenku węgla to punkty z zawartością: 11,06% i 9,34% CO_2 , 5,73% i 5,36% CO_2 , 6,74% i 4,72% CO_2 , 5,60% i 4,07% CO_2 [2].

Na migrację gazów ku powierzchni i emisję z warstw karbońskich i nadkładu do atmosfery mają znaczny wpływ niże baryczne. W przypadku metanu dyfuzyjnemu przemieszczaniu sprzyja niższa od powietrza gęstość.

4. Sposoby eliminacji zagrożeń gazowych w strefie przypowierzchniowej

Występowanie metanu w strefie przypowierzchniowej i migracja wzdłuż zamkniętych ciągów kanałów, studzienek lub ścieków może spowodować zagrożenie wybuchem w zamkniętych i źle przewietrzanych pomieszczeniach (garażach, piwnicach itp.) w momencie pojawienia się inicjału w miejscu nagromadzenia wybuchowej mieszaniny powietrzno-metanowej. Przykładem takiego zagrożenia może być wybuch metanu podczas zasypywania szybu w likwidowanej KWK „Morcinek” w dniu 24.06.1999 r. [5].

W oparciu o wyniki badań powinny być opracowane mapy powierzchniowe z naniesionymi strefami wydzielania się metanu wzdłuż ciągów pomiarowych. Na mapach tych powinny być zaznaczone kanały i ciągi transmisyjne kabli, światłowodów i rurociągów, którymi może migrować metan.

Postępowanie kontrolno-prewencyjne powinno obejmować następujące działania:

- zinventaryzowanie miejsc możliwego zaistnienia zagrożenia metanowego wraz z naniesieniem tych miejsc na mapach powierzchniowych,

- zorganizowanie służby wyposażonej w odpowiednie przyrządy pomiarowe dla prowadzenia systematycznych pomiarów stanu zagrożenia,
- powiadomienie zainteresowanych podmiotów o prowadzonych działaniach i uzyskanie prawnego usankcjonowania dla tych działań,
- uczulenie podmiotów gospodarczych, mieszkańców i organów administracji terenowej do zgłaszania wszelkich objawów wystąpienia zagrożenia,
- w razie wystąpienia zagrożenia gazowego wyznaczenie stref zagrożenia wybuchem i podjęcie doraźnych działań, zmierzających do eliminacji bądź ograniczenia zagrożenia,
- wykonanie otworów wiertniczych do zametanowanego górotworu w celu podłączenia lokalnych urządzeń do wytwarzania depresji,
- wykonanie uszczelnienia warstw za pomocą głębokiej cementacji lub spojenia warstw środkami chemicznymi,
- w razie niemożliwości opanowania zagrożenia należy niezwłocznie przystąpić do usunięcia ze strefy zagrożenia ludzi oraz wyeliminować możliwość zapłonu metanu od nieognioszczelnych urządzeń elektrycznych, otwartego ognia, pojazdów itp.,
- zabezpieczyć odpowiednie środki finansowe na podjęcie doraźnych działań.

5. Wnioski

W celu dokonania poprawnej oceny zagrożeń gazowych w obszarach zlikwidowanych kopalń oraz ograniczenia emisji metanu i innych gazów do stref przypowierzchniowych i do atmosfery należy wykonać wstępne prace z zakresu:

- Analizy zaszczości eksploatacyjnych w obszarach zlikwidowanych kopalń oraz oszacowania objętości powstałych pustek i spękań dostępnych dla wody i gazu.
- Wpływu tektonicznych dyslokacji na migrację i wydzielanie się gazów na powierzchni terenów pogórnich.
- Określenia wpływu szybkości dopływu i podnoszenia się poziomu wód kopalnianych na migrację i wydzielanie się gazów na powierzchni.
- Analizy zmian składu gazów i koncentracji wzdłuż ciągów pomiarowych oraz określenia przebiegu niebezpiecznych stref wydzielania CO_2 i/lub CH_4 .
- Określenia dynamiki emisji gazów do stref przypowierzchniowych w funkcji czasu od zamknięcia kopalni.

- Wyników badań oraz oceny występowania przystropowych nagromadzeń metanu i przypadkowych nagromadzeń dwutlenku węgla w pomieszczeniach (budynkach, kanałach, studniach, garażach).
- Opracowania wytycznych wykonywania i sposobów monitorowania gazów w strefach niebezpiecznych – w zapadliskach terenu, szczelinach, w rejonie stref uskokowych i podszadzonych szybów.
- Oceny wpływu profilaktycznego czasowego obniżania poziomu wód w zlikwidowanych kopalniach na możliwość ograniczenia emisji gazów na powierzchni.
- Opracowania wytycznych monitoringu gazów w pomieszczeniach (budynki, kanały, studzienki).
- Doboru metod zwalczania niebezpiecznych nagromadzeń gazów w pomieszczeniach zamkniętych za pomocą przegród izolacyjnych i/lub wentylacji.

Jak wynika z przeprowadzonej analizy, zlikwidowana kopalnia może stanowić lokalne zagrożenie gazowe w terenie pod względem ekologicznym i społecznym. Dla stworzenia odpowiednio bezpiecznych warunków na terenach objętych wpływami dokonanej wcześniej eksploatacji po zlikwidowaniu kopalni konieczne jest zorganizowanie odpowiedniego zespołu analityczno - decyzyjnego oraz służby kontrolno - prewencyjnej. Wymagana będzie szeroko pojęta współpraca z terenowymi organami administracji samorządowej i rządowej.

LITERATURA

1. Cole K.W.: Building over abandoned shallow mines. Paper 1: considerations of risk and reliability. Ground Engineering, January /February 1993, pp. 34 to 37.
2. Projekt celowy nr 9T12A 147 99C/4652 pn.: „Monitoring, środki bezpieczeństwa oraz zwalczanie zagrożeń gazowych związanych z likwidacją Wałbrzyskich Kopalń Węgla Kamiennego”, 2000-2001.
3. Prognoza oraz zwalczanie zagrożeń gazowych na powierzchni w obszarach likwidowanych kopalń węgla. Dokumentacja GIG nr I.1.3.4, 1997.
4. Statham I. ang Treharne: Due to abandoned mining in the South Wales Coalfield: Causes, Mechanisms and Environmental Risk Assessment. 4 Int. Symp. Land Subsidence, Int. Assoc. Scientific Hydrology publ. 200, 1989.

5. Wyniki badań przyczyn i okoliczności zaistniałego wybuchu metanu w szybie III KWK „Morcinek” w dniu 24.06.1999 r.. Dokumentacja GIG-Kopalni Doświadczalnej „Barbara”, lipiec - sierpień 1999.

Recenzent: Dr hab. inż. Jan Drenda
Prof. Politechniki Śląskiej

Abstract

A proper estimation of gas hazards in areas of abandoned mines and limitation of emission of methane and other gases into the subsurface and atmosphere can be done after doing following works:

- Analysis of former mining activities.
- Influence of tectonic dislocation on the migration and emission of gases.
- Influence of inflow – speed and rising of underground water level on the migration and emission of gases.
- Variation of gas composition and gas concentration along the measuring string.
- Determination of gas emission dynamics.
- Testing and estimation of methane concentration under the ceiling and carbon dioxide concentration above the floor in rooms (buildings, ducts, wells, garages).
- Elaboration of instructions for monitoring of gases in hazardous zones.
- Estimation of influence of temporary preventive water drawdown in abandoned mines on the possibility of limitation of gas emission on the surface.
- Elaboration of instructions for monitoring of gases in rooms (buildings, ducts, wells).
- Selection of control methods of dangerous gas concentrations in closed space.

The analysis has shown that the abandoned mine presents a local gas hazard of ecological and social kind. To create adequate safety conditions in the areas of former activity of a abandoned mine it is necessary to organize an analytic and decisive team and a control & preventive service. A perfect cooperation with local and governmental authorities is essential.