

Janusz JURECZKA*

***Uwarunkowania geologiczno-złożowe, górnicze i środowiskowe
przedeksploatacyjnego odzysku metanu z pokładów węgla
kierunkowymi otworami powierzchniowymi
w Górnośląskim Zagłębiu Węglowym***

Streszczenie: W polskich zagłębiach węglowych metan z pokładów węgla do tej pory nie był przedmiotem eksploatacji przemysłowej. Rozwój technologii wierceń horyzontalnych otwiera nowe perspektywy dla jego eksploatacji, zwłaszcza w GZW. W złożach eksploatowanych lub przewidzianych do eksploatacji istotne znaczenie ma wyprzedzające odmetanowanie pokładów węgla, które pozwoli na wcześniejsze ujęcie cennego surowca energetycznego, a następnie na eksploatację węgla w korzystniejszej sytuacji górniczej i ekonomicznej. Kluczowym zagadnieniem dla rozwoju eksploatacji/odzysku metanu jest rozpoznanie parametrów węgla, które określają jego własności zbiornikowe oraz wprowadzenie pomiarów zawartości metanu resztkowego i desorbowlanego. Zastosowanie amerykańskiej metody USBM pozwoli na dokładniejsze oszacowanie ilości metanu desorbowlanego, możliwego do pozyskania w procesie odmetanowania górotworu, w tym szczególnie do odzysku przedeksploatacyjnego.

Słowa kluczowe: metan z pokładów węgla, Górnośląskie Zagłębie Węglowe, otwory kierunkowe

***Geological, mining and environmental conditions for pre-mine recovery
of coalbed methane using surface directional wells
in the Upper Silesian Coal Basin***

Abstract: Coalbed methane in the Polish coal basins has never been the subject of commercial exploitation. Development of horizontal drilling technology opens new horizons for its production, especially in the Upper Silesian Coal Basin. Pre-mine methane drainage of coal deposits, both currently exploited and scheduled for future use, is vital since it allows for early recovery of this important energy resource as well as future exploitation of coal in more favorable mining and economic conditions. The key concern for the development of exploitation/recovery of methane is the understanding of coal characteristics, which determine its reservoir

* Mgr, Państwowy Instytut Geologiczny-Państwowy Instytut Badawczy, Oddział Górnośląski, Sosnowiec

properties, along with the implementation of residual and desorbed gas measurements. Implementing the American USBM method will enable more accurate estimation of desorbed methane that could be recovered in the process of degasification of coal beds including pre-mine recovery of methane.

Key words: coalbed methane, Upper Silesian Coal Basin, horizontal wells

Wprowadzenie

Metan z pokładów węgla (MPW) jest gazem naturalnym, akumulowanym w węglu dzięki zjawisku sorpcji. W Polsce jego obecność jest najbardziej charakterystyczna dla złóż węgla kamiennego Górnośląskiego Zagłębia Węglowego (GZW); zdecydowanie mniejsze znaczenie ma w pozostałych zagłębiach – Lubelskim i Dolnośląskim (Kędzior 2008). W skali światowej gaz ten jest traktowany jako jedno z podstawowych alternatywnych źródeł energii (eksploatowany głównie w USA, Australii, Kanadzie, Chinach i Indiach). Ze względu na miejsce i sposób pozyskiwania rozróżnia się kilka jego kategorii:

- CBM (*Coalbed Methane*) – ze złóż niezagospodarowanych górniczo;
- CMM (*Coal Mine Methane*) – ze złóż objętych eksploatacją, w czynnych kopalniach;
- AMM (*Abandoned Mine Methane*) – z kopalń zamkniętych, po zakończeniu eksploatacji.

Podział ten oraz terminologia ukształtowały się w USA, gdzie często wydziela się jeszcze dodatkowe podkategorie (Hadro, Wójcik 2013). W Polsce ze względu na planowane zagospodarowanie metanu z pokładów węgla rozróżniany jest jako:

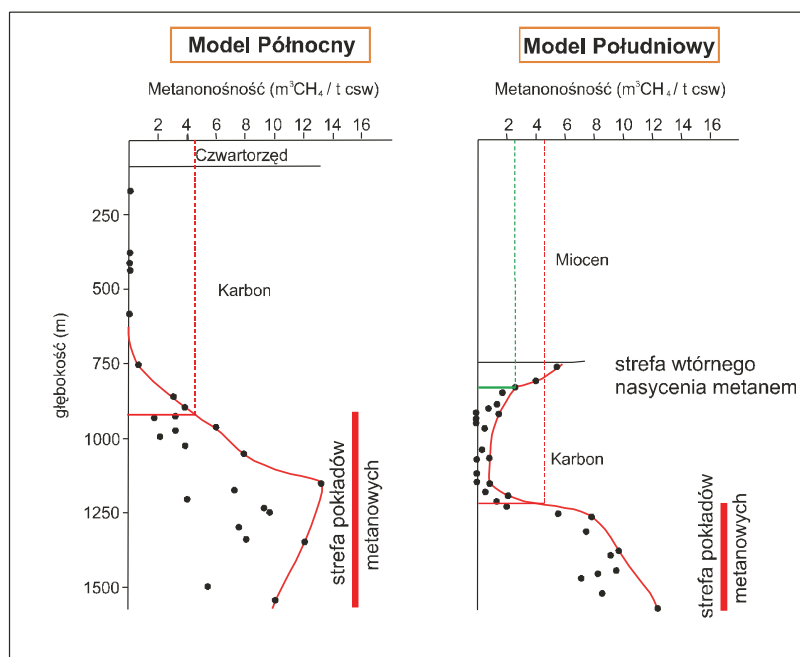
- **kopalina główna** – dokumentowany poza lub poniżej eksploatowanych złóż węgla kamiennego (przewidzianych do eksploatacji);
- **kopalina towarzysząca** – dokumentowany w złożach węgla kamiennego (kopaliny głównej), do głębokości dokumentowania tych złóż (głównie w złożach eksploatowanych).

1. Problematyka metanowa w Górnośląskim Zagłębiu Węglowym

W polskich zagłębiach węglowych metan do tej pory nie był przedmiotem eksploatacji przemysłowej. W złożach niezagospodarowanych górniczo działania rozpoznawcze, podejmowane głównie 15–20 lat temu na obszarze GZW przez amerykańskie kompanie naftowe Amoco i Texaco (w mniejszym zakresie także – Pol-Tex Methane i Metanel), zakończyły się niepowodzeniem. Z kolei w górnictwie węglowym metan jeszcze kilkanaście lat temu traktowany był na ogół jako odpad, na dodatek stwarzający wysokie zagrożenie dla bezpieczeństwa pracy, i w niewielkim stopniu podlegał odzyskowi (głównie na potrzeby własne kopalń). W ostatnich latach sytuacja ta ulega zasadniczym zmianom. Pojawienie się nowych technologii wierceń horyzontalnych oraz udoskonalone techniki stymulacji produktywności metanu otwierają nowe perspektywy dla eksploatacji i odzysku metanu z pokładów węgla. Pierwsze takie wiercenia w GZW – otwory Gilowice 1 i 2H, z 800-metrowym odcinkiem horyzontalnym – wykonała w 2012 r. firma Dart Energy. W otworach tych planowane są dalsze prace badawcze w zakresie stymulacji produktywności metanu prowadzone przez PIG-PIB w ramach zadań państwowej służby geologicznej. Prace te będą uzupełnieniem

innego projektu państwowej służby geologicznej, finansowanego ze środków Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej, a dotyczącego przedeksplatacyjnego odmetanowania pokładów węgla otworami powierzchniowymi. W ramach projektu zostaną odwiercone dwa otwory badawcze w obszarze kopalni Mysłowice-Wesoła (połączone intersekcyjnie otwory Wesoła PIG-1 i PIG-2H, z dwoma 600-metrowymi odcinkami horyzontalnymi).

Również w kopalniach węgla kamiennego w ostatnich latach zintensyfikowano prace związane z odmetanowaniem złóż, przy czym wzrasta ilość metanu, która jest ujmowana i zagospodarowywana. Nadal jednak zasadniczą część metanu uwalnianego podczas eksploatacji węgla emitowana jest poprzez szyby do atmosfery. Przyczyną intensyfikacji odmetanowania kopalń jest sukcesywnie zwiększająca się głębokość eksploatacji i związana z nią wyższa metanonośność udostępnianych pokładów węgla. Obecnie w większości kopalń eksploatacja prowadzona jest na głębokościach w granicach 700–1000 m, a w nadchodzących latach planowana jest do głębokości 1200–1250 m, czyli w interwale zalegania pokładów węgla o największej metanonośności, przekraczającej $8\text{--}10\text{ m}^3\text{CH}_4/\text{t}_{\text{CSW}}$ (rys. 1 – model północny). Obok bieżącego odmetanowania, rozważane jest wprowadzenie wyprzedzającego, przedeksplatacyjnego odmetanowania pokładów węgla, na kilka–kilkanaście lat przed rozpoczęciem eksploatacji. Tego rodzaju działania w obszarach planowanej eksploatacji na nowych polach lub poziomach wydobywczych pozwoliłyby na wcześniejsze ujęcie cennego surowca energetycznego jakim jest metan, a następnie na eksploatację złóż węgla w zdecydowanie korzystniejszej sytuacji górniczej i ekonomicznej, ze względu na zmniejszenie zagrożenia metanowego i poprawę bezpieczeństwa pracy w kopalniach, a co za tym



Rys. 1. Rozkład metanonośności pokładów węgla w GZW (Kotas i in. 1994)

Fig. 1. Distribution of methane content with increasing depth: model cases (Kotas et al. 1994)

idzie znaczące obniżenie kosztów wydobycia. Wspomniany powyżej pierwszy pilotażowy projekt, realizowany przez PIG-PIB, wpisuje się w zakres działań o takim charakterze.

2. Zasoby, odzysk i emisja metanu

Szacowanie zasobów metanu jako kopaliny towarzyszącej, w eksploatowanych złożach węgla kamiennego GZW, sięga lat sześćdziesiątych XX wieku i początkowo dotyczyło pojedynczych kopalń, głównie w południowo-zachodniej części zagłębia. W skali całego GZW pierwsze obliczenia zasobów metanu (jako kopaliny głównej) zostały wykonane na początku lat dziewięćdziesiątych XX w. przez kilka instytucji:

- Państwowy Instytut Geologiczny (Kotas i in. 1990, 1992) – 350 mld m³,
- Katowickie Przedsiębiorstwo Geologiczne (Pękała 1992) – co najmniej 320 mld m³,
- Główny Instytut Górnictwa (Kaziuk i in. 1994) – 442 mld m³.

Obliczenia te związane były z ówczesnym nagłym wzrostem zainteresowania metanem z pokładów węgla jako kopalina mogącą być przedmiotem samodzielnej eksploatacji oraz pojawieniem się potencjalnych zagranicznych inwestorów, bazujących na raporcie amerykańskiej agencji EPA, według którego potencjał zasobowy metanu w GZW sięgał 1300 mld m³ (Pilcher i in. 1991). Raport ten, w którym podstawą obliczeń były zasoby węgla kamiennego oraz wielkość emisji metanu z kopalń, w znaczący sposób odbiegał od obliczeń wykonanych przez polskie instytucje, które w ogólnym ujęciu były dość zbliżone, natomiast rozbieżności w oszacowaniu zasobów wynikały głównie ze zróżnicowania przyjmowanych do obliczeń warunków brzegowych szacowania zasobów metanu. Państwowy Instytut Geologiczny, który potencjał zasobowy metanu oszacował dla potrzeb koncesjonowania złóż, przyjął następujące podstawowe parametry brzegowe:

- maksymalna głębokość – 1500–1600 m,
- grubość pokładów węgla – większa niż 0,3 m,
- metanonośność – co najmniej 4,5 m³/t_{CSW} (tylko w podstawowej strefie metanowych pokładów węgla).

Powyższe parametry były podstawą dla opracowania i późniejszych modyfikacji kryteriów bilansowości złóż metanu z pokładów węgla jako kopaliny głównej i towarzyszącej, których aktualny stan prezentuje tabela 1.

Obowiązujące kryteria bilansowości metanu z pokładów węgla w znacznym stopniu zweryfikowały szacowaną w latach dziewięćdziesiątych XX wieku wielkość zasobów. Według wykonanych kilka lat temu przez Państwowy Instytut Geologiczny (Kwarciański 2011) ponownych obliczeń, bilansowe wydobywalne zasoby metanu w GZW należy szacować na około 168,1 mld m³, w tym zasoby prognostyczne – 54,2 mld m³ i perspektywiczne – 52,8 mld m³ (łącznie około 107,0 mld m³). Pozostała część zasobów w tym oszacowaniu (61,1 mld m³) stanowiły zasoby udokumentowane jako kopalina główna (26,5 mld m³) lub towarzysząca (34,6 mld m³), które według aktualnego bilansu zasobów kopalin (Szuflicki i in. 2012)¹ wynoszą 89,1 mld m³, w tym jako kopalina główna (8 złóż) – 32,2 mld m³ i jako

¹ W przedstawionym zestawieniu z bilansu zasobów kopalin (Szuflicki i in. 2012) pominięto wydzielone w bilansie zasoby metanu jako kopalina towarzysząca w złożach niezagospodarowanych (13 złóż) wynoszące 16,1 mld m³, które w obliczeniach Kwarciańskiego (2011) zostały uwzględnione w grupie zasobów prognostycznych.

TABELA 1. Kryteria bilansowości metanu z pokładów węgla

TABLE 1. Formal balance criteria for coalbed methane

L.p.	Parametr	Jednostka	Wartość brzeżna
Kopalina główna (Rozporządzenie... 2005)			
1.	Maksymalna głębokość dokumentowania	m	1500
2.	Minimalna metanonośność wyznaczająca kontur strefy złożowej	m ³ /t c.s.w.	4,5
3.	Minimalna średnia metanonośność	m ³ /t c.s.w.	ponad 2,5 (większa od resztkowej)*
4.	Minimalna miąższość pokładu węgla kamiennego	m	0,6
Kopalina towarzysząca (Rozporządzenie... 2008)			
1.	Maksymalna głębokość dokumentowania	m	do głębokości udokumentowania kopaliny głównej
2.	Minimalne zasoby bilansowe	mln m ³	60 (<60)*
3.	Minimalna metanonośność	m ³ /t c.s.w.	4,5 (>2,5)*
4.	Minimalna średnia metanonośność wydzielonej części złoża	m ³ /t c.s.w.	większa od resztkowej
5.	Minimalna miąższość pokładu węgla kamiennego	m	0,1

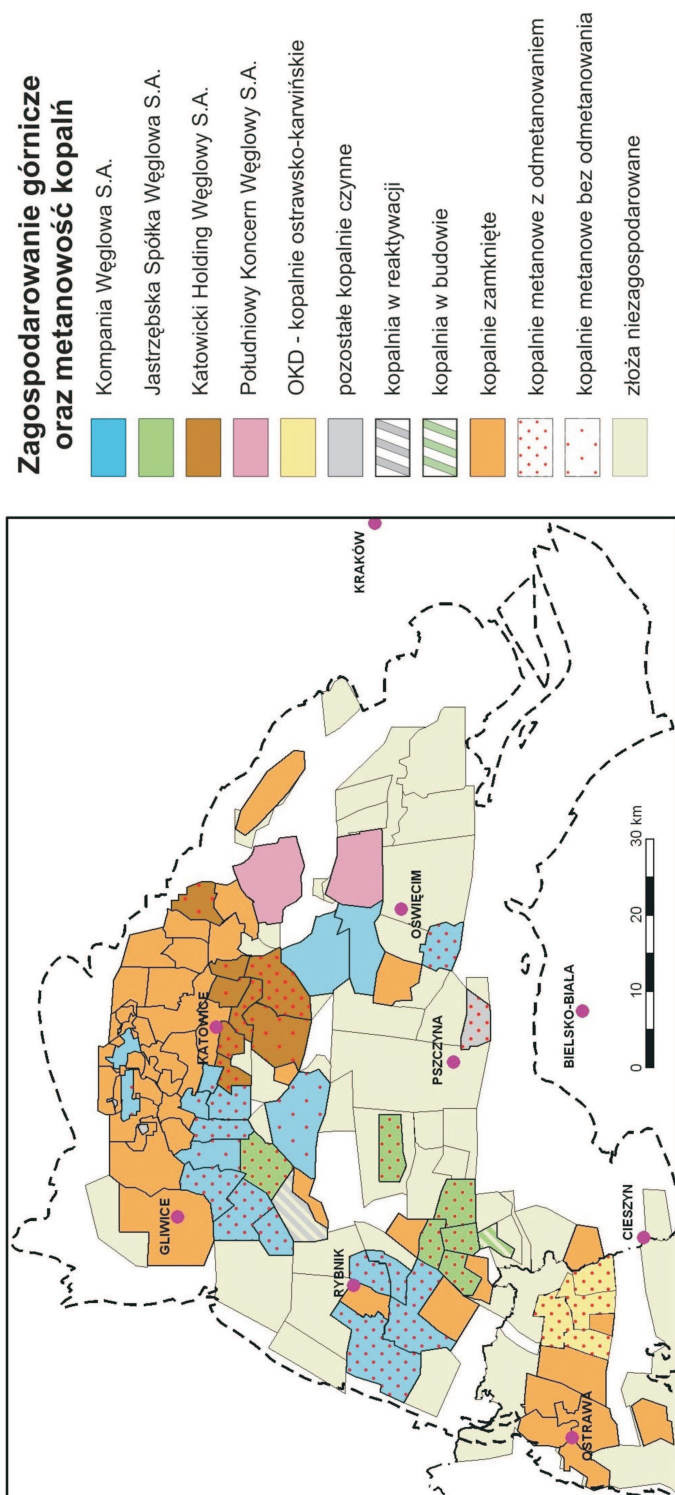
* Wartości brzeżne ujęte w nawiasy dotyczą zasobów pozabilansowych

kopalina towarzysząca (30 złóż) – 39,3 mld m³. Należy przy tym podkreślić, że przedstawione powyżej wydobywalne bilansowe zasoby metanu, liczone zgodnie z obowiązującymi kryteriami, nie wyczerpują całkowitego potencjału zasobowego, w którym należy jeszcze uwzględnić:

- zasoby pozabilansowe, obecnie udokumentowane (Szuflicki i in. 2012) wynoszą 11,0 mld m³,
- zasoby w przystropowej strefie wtórnego nasycenia metanem (rys. 1 – model południowy), które według Hadry i in. (2004) mogą wynosić 5,2 mld m³,
- potencjalne zasoby zalegające poniżej głębokości 1500 m,
- zasoby w pokładach węgla o metanonośności nie przekraczającej 2,5 m³CH₄/t_{csw},
- potencjalne zasoby, które nie zostały oszacowane, poza obszarami prognostycznymi lub perspektywicznymi.

Istotne są zwłaszcza potencjalne zasoby zalegające na większych głębokościach oraz poza wyznaczonymi obszarami prognostycznymi i perspektywicznymi, których oszacowanie uniemożliwia obecny stan rozpoznania geologicznego. Uwzględniając powyższe dodatkowe możliwości poszerzenia bazy zasobowej, uzasadnione jest twierdzenie, że całkowity potencjał zasobowy w GZW można określić na około 230–250 mld m³.

Obecnie w GZW (w polskiej części zagłębia) eksploatacja węgla kamiennego jest prowadzona w 29 kopalniach, w tym w ośmiu dwuruchowych i jednej trzyruchowej (licząc oddzielnie poszczególne ruchy, wydobywanie jest prowadzone w 38 zakładach górniczych). Zdecydowana większość z nich to kopalnie metanowe, w znacznej części stosujące odme-



Rys. 2. Zagospodarowanie złóż węgla kamiennego oraz metanowość kopalń GZW

Fig. 2. Mining development and methane emission from coal mines (USCB)

tanowanie. Tylko cztery kopalnie we wschodniej części zagłębia i dwa niewielkie zakłady górnicze w części północnej prowadzą eksploatację w warunkach niemetanowych (rys. 2). Wykazywana przez kopalnie roczna emisja metanu, tzw. metanu rejestrowanego (metan zawarty w powietrzu wentylacyjnym i metan ujmowany), przekracza 800,00 mln m³. Według danych Głównego Instytutu Górniczego za rok 2011 (Konopko, red., 2012) wyniosła ona 828,82 mln m³ (z 21 kopalń), w tym metanu ujętego – 250,20 mln m³, z którego 166,29 mln m³ zagospodarowano, a pozostałą część wypuszczono do atmosfery. Metan ten w 50% pochodził z wyrobisk eksploatacyjnych, w 48% ze zrobów, a pozostałe 2% z wyrobisk korytarzowych. Łączna ilość metanu wyemitowanego w 2011 r. do atmosfery z 21 kopalń, według powyższych danych, wyniosła 662,53 mln m³, czyli 80% metanu rejestrowanego. Do tego należy doliczyć tzw. metan nierejestrowany, pochodzący z kopalń niemetanowych i słabo metanowych oraz z urobku i skały płonnej, który szacuje się przynajmniej na około 5–10% emisji rejestrowanej, czyli około 40–80 mln m³. Całkowitą roczną ilość emisji metanu do atmosfery z kopalń GZW należy więc określić na około 700–740 mln m³. Warto przy tym zauważyć, że metan uwalniany podczas eksploatacji górniczej węgla i emitowany poprzez szyby do atmosfery w znacznym stopniu przyczynia się do wzrostu efektu cieplarnianego, a ponieważ jego wpływ jest 21-krotnie silniejszy niż CO₂, powyższa wielkość emisji metanu jest równoważna z emisją 15,5 mld m³ CO₂. Problem ten w następnych latach będzie narastał ze względu na coraz wyższą metanonośność eksploatowanych pokładów. Dowodem na to jest utrzymujący się od wielu lat wzrost emisji metanu, pomimo zmniejszającego się wydobycia węgla oraz malejącej liczby kopalń. W przeliczeniu na 1 tonę węgla, wentylacyjna emisja metanu w GZW wzrosła z 300,22 m³/t w 2001 r. do 350,78 m³ w 2010 r., przy spadku wydobycia węgla – odpowiednio – ze 102,78 mln ton do 76,15 mln ton (Patyńska 2012).

3. Kluczowe zagadnienia dla rozwoju eksploatacji/odzysku MPW

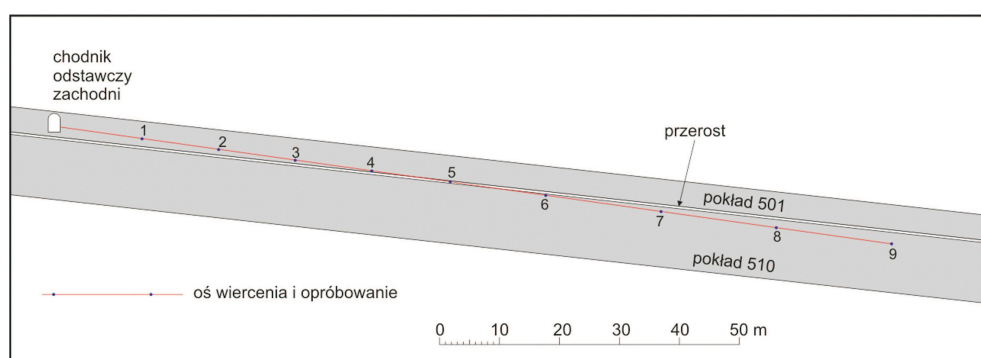
Podstawowe znaczenie dla rozwoju eksploatacji/odzysku metanu ma rozpoznanie parametrów węgla, określających proces desorpcji, dyfuzji i filtracji metanu zaadsorbowanego w obrębie matrycy węglowej podczas jego eksploatacji/odzysku otworami powierzchniowymi lub dołowymi. Badania tych parametrów są w dużej mierze odmienne od powszechnie wykonywanych badań analitycznych węgla dla górnictwa węgla kamiennego, które na ogół są związane z określeniem jakości węgla w celach przemysłowych i dla badań typu MPW mają ograniczone zastosowanie.

Obecny stan rozpoznania parametrów związanych z eksploatacją/odzyskiem metanu praktycznie zawęża się do metanonośności pokładów węgla, przy czym najlepiej są rozpoznane złoża kopalń, dla których oprócz badań w otworach wiertniczych (w tym dołowych) wykonuje się masowe pomiary w wyrobiskach górniczych, których celem jest głównie ocena zagrożeń metanowych oraz projektowanie wentylacji i systemów odmetanowania. Należy jednak zaznaczyć, że są to pomiary określające całkowitą zawartość metanu (podwyższoną o współczynnik 1,33), a stosowana metodyka nie pozwala na określenie wydzielającej się dynamicznie, desorbowalnej części całkowitej zawartości metanu w węglu, możliwej do pozyskania w procesie odmetanowania górotworu, w tym do odzysku przedeksploatacyjnego. W związku z tym należy wdrożyć badania gazowe, umożliwiające rozdzielenie całkowitej metanonośności pokładów węgla na gaz desorbowalny i resztkowy. Obok stosowanej

w polskim górnictwie metody jednofazowej degazacji próżniowej w tzw. „pojemnikach z kulami”, konieczne są badania swobodnej desorpcji (testy desorpcji) opracowaną w USA metodą USBM (*United States Bureau of Mines*), która umożliwia pomiar zawartości metanu resztkowego i oszacowanie ilości metanu desorbowlanego.

Konieczność równoległego stosowania metody USBM potwierdzają badania porównawcze, które zostały wykonane w ramach wspomnianego wyżej projektu, realizowanego przez Państwowy Instytut Geologiczny w KWK Mysłowice-Wesoła. Wyniki degazacji węgla z rdzenia otworu dołowego w pokładach 501–510, wykonane obiema metodami w tych samych interwałach opróbowania, wykazują bardzo istotne i godne uwagi różnice (rys. 3, tab. 2). O ile pomiar całkowitej metanonośności w pojemnikach z kulami (tab. 2 – kol. 9) na ogół nie odbiega od zawartości metanu pomierzonej metodą USBM (tab. 2 – kol. 7), to już ten sam pomiar powiększony o współczynnik 1,33 (tab. 2 – kol. 8), a taki wynik jest podawany jako końcowy, wzbudza wątpliwości. Autor nie neguje stosowania współczynnika 1,33 ze względu na bezpieczeństwo ruchu zakładu górniczego, niemniej jednak może to prowadzić do znaczącego zawyżenia rzeczywistej metanonośności węgla. Ponadto w stosowanej w górnictwie metodyce opróbowania pobierane są dwie (położone obok siebie) próby do dwóch pojemników. Pomiar o niższej zawartości metanu (tab. 2 – kol. 11) zostaje odrzucony. Pomiar tych dwóch prób (tab. 2 – kol. 9 i 11) czasem są zbliżone, a czasem wyraźnie rozbieżne (np. próba z interwału opróbowania nr 6), co zdecydowanie wskazuje na dużą i szybką zmienność metanonośności w obrębie danego pokładu węgla (potwierdzają to również wyniki USBM z tych samych interwałów). I wreszcie – co najbardziej istotne – w warunkach czynnej kopalni, ze względu na możliwość wcześniejszego odgazowania górotworu, będącego skutkiem eksploatacji, mogą występować znaczące różnice w ilości gazu desorbowanego (tab. 2 – kol. 5), co ma podstawowe znaczenie dla przedekspluacyjnego odzysku.

Kolejnym problemem jest bardzo słabe – lub zerowe – rozpoznanie parametrów węgla, które określają jego właściwości zbiornikowe dla metanu. Z parametrów petrofizycznych kluczowym parametrem złożowym decydującym o dopływie gazu z węgla jako skały zbiornikowej jest przepuszczalność, przy czym szczególnie istotne są pomiary *in-situ*



Rys. 3. Schemat opróbowania rdzenia z otworu dołowego G-880 w pokładach 501–510 (KWK Mysłowice-Wesoła)

Fig. 3. Scheme of G-880 borehole core sampling – 501–510 coal seams (Mysłowice-Wesoła Coal Mine)

TABELA 2. Porównanie testów desorpcji (USBM) oraz degazacji próżniowej (pojemniki z kulami) – otwór dolowy G-880 (KWK Mysłowice-Wesola)

TABLE 2. Comparison of desorption tests (USBM) and vacuum degassing (Polish canister method) – G-880 borehole drilled from within the mine (Mysłowice-Wesola Coal Mine)

Pokład	Numer interwału opróbowania	USBM						Całkowita metanonośność (pojemniki z kulami)			
		gaz resztkowy [m ³ /t csw]	gaz desorbowany [m ³ /t csw]	gaz całkowity metan	zawartość metanu [m ³ /t csw]	[m ³ /t csw]	[m ³ /t csw]				
							wynik (pomiar × 1,33)	2 próba	2 próba	2 próba	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
501	1	1,54	0,90	0,70	2,51	1,95	7,713	5,799	7,500	5,639	
	2	3,67	2,37	2,08	6,12	5,37	7,745	5,823	4,971	3,738	
	3	4,13	0,54	0,48	4,69	4,20	6,283	4,724	5,368	4,036	
	4	4,16	0,82	0,74	5,01	4,52	4,074	3,063	3,217	2,419	
510	6	5,14	1,02	0,87	6,20	5,31	5,766	4,335	1,886	1,418	
	7	3,55	0,23	0,17	3,81	2,88	2,538	1,908	2,088	1,570	
	8	1,87	0,50	0,42	2,45	2,06	1,939	1,458	1,107	0,832	
	9	4,03	1,47	1,30	5,65	4,99	5,474	4,116	5,376	4,042	

w otworach wiertniczych, dające wyniki zbliżone do rzeczywistej przepuszczalności pokładów. Laboratoryjne pomiary przepuszczalności dają pewien pogląd, ale nie odzwierciedlają rzeczywistej wielkości tego parametru, z uwagi na pomiar w warunkach odprężonych oraz niejednorodność pokładów węgla. Do ważnych parametrów petrofizycznych węgla określających jego właściwości zbiornikowe należy zaliczyć również pojemność sorpcyjną (miara zdolności węgla do gromadzenia gazu w wyniku procesów adsorpcji i absorpcji w danych warunkach ciśnienia i temperatury złożowej). Dla metanu w warunkach ciśnień złożowych mniejszych od około 200 atmosfer dominującym procesem jest adsorpcja w mikroporach i submikroporach matrycy węglowej. Pojemność adsorpcyjną charakteryzowaną jest za pomocą izoterm sorpcji. Do tej pory badania sorpcji metanu z węgla w warunkach ciśnienia i temperatury złożowej oraz wilgoci nasycenia (*equilibrium moisture*) były wykonywane sporadycznie, ze względu na brak rynku przemysłowego dla metanu pokładów węgla.

Przedstawione powyżej parametry nie wyczerpują spektrum badań analitycznych węgla koniecznych dla opracowania modelu parametrów złoża metanu pokładów węgla, a w następstwie do wykonania symulacji produktywności metanu. Oprócz innych parametrów petrofizycznych, w tym szczególnie porowatości szczelinowej, konieczne są również badania petrograficzne składu macerałowego węgla oraz stopnia dojrzałości termicznej substancji węglowej (w tym materii organicznej rozproszonej w skałach niewęglowych) określonej na podstawie refleksyjności wityryny (*Ro*), istotne dla oszacowania stadium generacji węglowodorów. Dotychczasowe wyniki badań sugerują wyraźny związek pomiędzy rozkładem dojrzałości termicznej substancji węglowej, wyrażonym refleksyjnością wityryny, a pionowym rozkładem metanonośności (Kwarciński, Hadro 2008).

4. Kryteria lokalizacji wierceń kierunkowych

Lokalizacja wierconych z powierzchni otworów kierunkowych dla przedekspluatacyjnego odmetanowania kopalń, w połączeniu z odzyskiem metanu, powinna uwzględniać szereg aspektów geologiczno-złożowych, górniczych i środowiskowych. Podstawowym warunkiem o charakterze logistycznym jest taki wybór lokalizacji wierceń w stosunku do projektowanych robót górniczych, aby po zakończeniu potencjalnego okresu otworowej eksploatacji metanu można było rozpocząć podziemną eksploatację pokładu węgla, w którym wcześniej usytuowano wiercenia horyzontalne. Szczególne znaczenie ma ustalenie lokalizacji osi wierceń w stosunku do projektowanych ścian eksploatacyjnych oraz w stosunku do istniejących zrobów i wyrobisk górniczych, zwłaszcza w przypadku przedekspluatacyjnego odzysku metanu na nowych, głębszych poziomach wydobywczych. Obok szerokiego spektrum uwarunkowań geologiczno-złożowych i górniczych, istotne znaczenie mają również zagadnienia środowiskowe. Przy lokalizacji projektowanych odwiertów rozpoznawczych i produkcyjnych należy uwzględnić szereg specyficznych dla obszaru GZW ograniczeń środowiskowych, w tym: wysoki stopień urbanizacji, rozwiniętą infrastrukturę naziemną i podziemną, duże kompleksy leśne zaliczone do lasów ochronnych oraz przyrodnicze obszary chronione.

Podstawowe kryteria lokalizacji kierunkowych otworów wiertniczych dla rozpoznania, a następnie eksploatacji/odzysku metanu z pokładów węgla, przedstawia tabela 3. Kryteria te

odnoszą się przede wszystkim do otworów, w których będą stosowane zabiegi stymulacji produktywności metanu w odcinkach horyzontalnych, odwierconych w wybranych pokładach węgla. Warto zwrócić uwagę, że pośród kryteriów geologicznych nie ma parametrów petrofizycznych i zbiornikowych węgla. Autor celowo ich nie zamieszcza ze względu na obecny niemal całkowity brak takich danych dla obszaru GZW, o czym była mowa powyżej.

TABELA 3. Podstawowe kryteria lokalizacji kierunkowych otworów wiertniczych dla metanu pokładów węgla

TABLE 3. The basic criteria for the location of horizontal wells for coalbed methane

L.p.	Kryteria geologiczne	Kryteria górnicze	Kryteria środowiskowe
1.	Głębokość zalegania wyznaczonych pokładów węgla do odmetanowania: do 900–1200 m	pokłady dotychczas nieeksploatowane w bezpośrednim sąsiedztwie wierceń, ale dobrze rozpoznane	niski stopień zurbanizowania terenu
2.	Metanonośność pokładów: minimalna $4,5 \text{ m}^3/\text{t}_{\text{CSW}}$, optymalnie nie mniej niż $7\text{--}8 \text{ m}^3/\text{t}_{\text{CSW}}$	dogodny rozkład projektowanych ścian eksploatacyjnych, umożliwiający wiercenia kierunkowe	brak chronionych obszarów przyrodniczych
3.	Mięższość pokładów: minimalna 2,0 m, optymalnie nie mniej 3–4 m	odległość osi wierceń kierunkowych od wyrobisk górniczych: minimum 100–150 m	odległość otworów od zabudowań mieszkalnych: nie mniejsza niż 300 m, optymalnie co najmniej 800 m
4.	Pokłady o stałej mięższości, leżące monoklinalnie (niesfałdowane), bez przerostów, rozszczepień oraz rozmyć	brak wyrobisk górniczych i zrobów poeksploatacyjnych w osi wierceń	obecność utwardzonych dróg dojazdowych
5.	Słabe zaangażowanie tektoniczne, pokłady bez uskoków (ewentualnie do 0,5 m); nachylenie pokładów w kierunku otworu produkcyjnego	możliwość wykonania do pokładów, w rejonie planowanych wierceń, kontrolnych otworów z dostępnych wyrobisk górniczych	powierzchnia obszaru pod zabudowę jednego placu wiertni: około 1 ha
6.	Brak zawodnionych warstw w stropie i spągu pokładów	możliwość bezpośredniego pobrania prób z danych pokładów w sąsiednich rejonach kopalni	możliwość utylizacji wód złożowych
7.	Obecność izolujących utworów w nadkładzie karbonu	pokłady przewidziane do eksploatacji nie wcześniej niż 3–5 lat od rozpoczęcia przedeksploatacyjnego odzysku metanu	obecność linii gazociągu w sąsiedztwie lokalizacji otworów produkcyjnych

Źródło: Jureczka 2013

Podsumowanie

W polskich zagłębiach węglowych metan z pokładów węgla do tej pory nie był przedmiotem eksploatacji przemysłowej. Rozwój technologii wierceń horyzontalnych otwiera nowe perspektywy dla jego eksploatacji, zwłaszcza w GZW, w tym także dla przed-eksploatacyjnego odmetanowania pokładów węgla, w połączeniu z odzyskiem metanu. Działania takie umożliwią wcześniejsze ujęcie cennego surowca energetycznego, a następnie prowadzenie eksploatacji złóż węgla w korzystniejszej sytuacji górniczej i ekonomicznej ze względu na zmniejszenie zagrożenia metanowego i poprawę bezpieczeństwa pracy w kopalniach, a co za tym idzie znaczące obniżenie kosztów wydobycia. Ponadto, w znaczący sposób zmniejszy się emisja metanu do atmosfery, co ma istotne znaczenie dla ograniczania skutków efektu cieplarnianego.

Kluczowym zagadnieniem dla rozwoju eksploatacji/odzysku metanu jest rozpoznanie zbiornikowych parametrów węgla oraz określenie metanonośności pokładów węgla z ujęciem zawartości metanu resztkowego i desorbowalnego. Zastosowanie metody USBM, umożliwiającej pomiar zawartości metanu resztkowego, pozwoli na dokładniejsze oszacowanie ilości metanu desorbowalnego, możliwego do pozyskania w procesie odmetanowania górotworu, w tym szczególnie do odzysku przedeksploatacyjnego, oraz wykonywanie bardziej precyzyjnych prognoz wydzielania metanu do wyrobisk górniczych i projektów przewietrzania wyrobisk.

Literatura

- Hadro J., Wójcik I., 2013 – Metan pokładów węgla: zasoby i eksploatacja. *Prz. Geol.*, 61: 404–410.
- Hadro i in. 2004 – Hadro J., Spinczyk A., Chećko J., 2004 – Ocena potencjału zasobowego MPW dla pokładów węgla zalegających w strefie wtórnego nagromadzenia metanu sorbowanego południowej części niecki głównej. *Narod. Arch. Geol. PIB-PIB*. Warszawa.
- Jureczka J., 2013 – Perspektywy i problemy eksploatacji metanu z pokładów węgla w warunkach złożowych, górniczych i środowiskowych Górnośląskiego Zagłębia Węglowego. [W:] *Wyzwania geologii regionu górnośląskiego w XXI wieku*, red. J. Jureczka. LXXXII Zjazd PTG, Ustroń, 19–21.09.2013. Państwowy Instytut Geologiczny-Państwowy Instytut Badawczy, Warszawa: 18–19.
- Kaziuk i in. 1994 – Kaziuk H., Bromek T., Chećko J., Chudzińska B., 1994 – Warunki występowania metanu pokładów węgla w Górnośląskim Zagłębiu Węglowym i jego zasoby. [W:] *Międzynarodowa Konferencja „Wykorzystanie metanu pokładów węgla”*. Katowice, 5–7.10.1994. Fundacja na rzecz efektywnego wykorzystania energii. Katowice.
- Kędzior S., 2008 – Potencjał zasobowy metanu pokładów węgla w Polsce w kontekście uwarunkowań geologicznych. *Gosp. Sur. Min.* 24, 4/4: 155–173.
- Konopko W. (red.), 2012 – Zagrożenia gazowe. Raport roczny za rok 2011 o stanie podstawowych zagrożeń naturalnych i technicznych w górnictwie węgla kamiennego. Główny Instytut Górnictwa, Katowice.
- Kotas i in. 1990 – Kotas A., Kwarciański J., Jureczka J., 1990 – Obliczenie zasobów metanu w pokładach węgla Górnośląskiego Zagłębia Węglowego oraz ocena możliwości pozyskania. *Narod. Arch. Geol. PIB-PIB*. Warszawa.
- Kotas i in. 1992 – Kotas A., Kwarciański J., Jureczka J., 1992 – Methods of the estimation of coal-bed methane reserves in the Silesia Coal Basin. Główny Instytut Górnictwa, Katowice.
- Kotas i in. 1994 – Kotas A., Kwarciański J., Jureczka J., 1994 – Distribution and resources of coal-bed methane. [W:] Kotas A. (ed.) *Coal-Bed Methane potential of the Upper Silesian Coal Basin, Poland*. *Pr. Państw. Inst. Geol.*, CXLII: 38–51.
- Kwarciański J., 2011 – Metan z pokładów węgla kamiennego. [W:] Wołkowicz S., Smakowski T., Speczik S. (red) *Bilans perspektywicznych zasobów kopalni Polski według stanu na 31 XII 2009*. Państw. Inst. Geol., Warszawa: 63–70.

- Kwarciński J., Hadro J., 2008 – Metan pokładów węgla na obszarze Górnośląskiego Zagłębia Węglowego. *Prz. Geol.*, 56: 485–490.
- Patyńska R., 2012 – Ocena szacowania emisji metanu z metanowych kopalń węgla kamiennego w Polsce w latach 2001–2010. *Prz. Gór.* 12: 35–46.
- Pękała Z., 1992 – Metan pokładów węgla Górnośląskiego Zagłębia Węglowego – problemy rozpoznawania i określania zasobów. *Metan pokładów węgla – biuletyn. Fundacja na rzecz efektywnego wykorzystania energii.* Nr 2. Katowice.
- Pilcher i in. 1991 – Pilcher R.C., Bibler C.J., Glickert R., Machesky L., Williams J.M., 1991 – Poland Coal Bed Methane Report “Assessment of the potential for economic development and utilization of coal bed methane development in Poland”. US Environmental Protection Agency, Washington, DC, USA. EPA/400/1-91/032.
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 20 czerwca 2005 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie kryteriów bilansowości złóż kopalni (Dz.U. Nr 116, poz. 978 z dnia 29 czerwca 2005 r.)
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 23 października 2008 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie kryteriów bilansowości złóż kopalni (Dz.U. Nr 196, poz. 1220 z dnia 03 listopada 2008 r.)
- Szuflicki i in. 2012 – Szuflicki M., Malon A., Tymiński M., 2012 – Bilans zasobów kopalni i wód podziemnych w Polsce według stanu na 31 XII 2011 r. Państw. Inst. Geol. Warszawa.

