

PODZIEMNE ZGAZOWANIE WĘGLA KAMIENNEGO – NIESPEŁNIONE NADZIEJE WYKORZYSTANIA BAZY ZASOBOWEJ

UNDERGROUND COAL GASIFICATION - UNFULFILLED EXPECTATIONS OF RESOURCES BASE RECOVERY

Marek Nieć - Akademia Górniczo-Hutnicza i Instytut Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią PAN, Kraków

Jarosław Chećko, Anna Krzanowska, Tomasz Urych - Główny Instytut Górnictwa, Katowice

Jerzy Górecki, Edyta Sermet - Katedra Geologii Złożowej i Górniczej, Akademia Górniczo-Hutnicza, Kraków

Przy obecnym stanie wiedzy na temat podziemnego zgazowania węgla brak jest podstaw dla rozważania metody PZW ani jako alternatywnej ani uzupełniającej dla konwencjonalnych metod eksploatacji w warunkach polskich złóż węglowych. Nie wyklucza to szans jej lokalnego zastosowania na małą skalę. Analiza uwarunkowań złożowych i środowiskowych pozwoliła wytypować cztery obszary (jeden w Górnośląskim Zagłębiu Węglowym i trzy w Lubelskim Zagłębiu Węglowym o łącznych zasobach bilansowych 49 mln ton) najbardziej prawdopodobnego projektowania instalacji pilotowych.

Słowa kluczowe: podziemne zgazowanie węgla, zasoby

The current state of knowledge on UCG processes, precludes from considering it as an alternative or a supplement for traditional exploitation methods, given the condition of coal deposits in Poland. However, this method can be applied on a limited scale.

Analysis of deposit and environmental conditions helped predict the four areas (1 in Upper Silesian Coal Basin and 3 in the Lublin Coal Basin of the total reserves 49 million tonnes) most likely pilot plant design.

Keywords: underground coal gasification, resources

Podziemne zgazowanie od ponad 100 lat inspirowało próby zastosowania tej metody do eksploatacji złóż węgla. W tym czasie podejmowane były (i nadal są prowadzone) liczne próby jego stosowania w wielu krajach (pierwsze w byłym Związku Socjalistycznych Republik Radzieckich, kolejne m.in. w USA, północno-zachodniej Europie, Indiach, Australii, Nowej Zelandii, RPA i Chinach). Tylko w trzech przypadkach udało się uruchomić eksploatację na skalę przemysłową twardych węgla brunatnych w zagłębiach kuźnieckim i podmoskiewskim, a także na złożu Angren w Uzbekistanie (Fyodorov i in. 1984). Uzyskiwano gaz, który był wykorzystywany tylko na cele lokalne. Początkowe niepowodzenia nie osłabiły intensywności prac nad procesem zgazowania. Zainteresowanie tą metodą eksploatacji węgla budzi coraz większą chęć poznania warunków jej stosowania. Prowadzone w wielu krajach badania i rosnąca w świecie uwaga skupiana na możliwościach stosowania PZW skłoniła do rozważania perspektyw wykorzystania metody podziemnego zgazowania w złożach polskich. Zakładano, że podziemne zgazowanie:

- może być w Polsce alternatywą dla konwencjonalnych metod eksploatacji węgla, zwłaszcza w pokładach, których wydobycia nie podejmuje się ze względów ekonomicznych lub z powodu istniejących zagrożeń, w szcze-

gólności w pokładach cienkich, na dużej głębokości, a także w resztkach nie wyeksploatowanych pokładów w kopalniach likwidowanych,

- pozwoli na bardziej efektywne i mniej kosztowne wykorzystanie zasobów (Palarski i in. 2009, Magda 2011, Magda i in. 2012).

Niestety, jeszcze przed rozpoczęciem regularnych prac badawczych prezentowano, w sposób nieodpowiedzialny, całą bazę zasobową polskich złóż węgla jako podwalinę dla optymistycznej oceny możliwości stosowania PZW na szeroką skalę (Białecka 2008a, b, 2009, Bednarczyk 2007, Stańczyk 2008).

W latach 2010 – 2015, w ramach strategicznego programu badań naukowych i prac rozwojowych pt.: „Zaawansowane technologie pozyskiwania energii”, finansowanego przez NCBR, w zadaniu badawczym „Opracowanie technologii zgazowania węgla dla wysokoefektywnej produkcji paliw i energii elektrycznej” wykonana została systematyczna analiza możliwości stosowania PZW i ocena zasobów realnie przydatnych do zgazowania podziemnego z uwzględnieniem specyficznych cech budowy geologicznej polskich zagłębi węglowych oraz warunków występowania i właściwości pokładów węgla. Rozpatrywana była możliwość podziemnego zgazowania węgla w trzech wariantach:

Tab. 1. Kryteria stosowane do kwalifikacji pokładów węgla kamiennego do podziemnego zgazowania
 Tab. 1. The eligibility criteria for coal seams for underground coal gasification

Parametr	Wartość kryterialna	Uwagi
Mięszkość węgla w pokładzie	>1,5 m	
Typ węgla	31-32	typ 33 warunkowo
Odległość od uskoków	>50 m	
Odległość od głównych poziomów wodonośnych	>100 m	
Odległość od pokładów sąsiednich lub warstw zawodnionych	>20 m	w złożu wielopokładowym
Minimalne zasoby bilansowe bloku złoża spełniającego powyższe parametry	>10 mln t	przy założeniu 50% wykorzystania
Położenie poza wielkoobszarowymi formami ochrony przyrody i terenami trwale zabudowanymi		odległość od obszarów zabudowanych > 500m

- za pomocą otworów wierconych z powierzchni (metodą bezszybową),
- w złożu udostępnionym wyrobiskami górniczymi (metodą szybową),
- za pomocą otworów wierconych z wyrobisk górniczych (metodą hybrydową).

Pojawiającym się zasadniczym pytaniem jest czy PZW stanowi szansę czy zagrożenie dla racjonalnej i pozbawionej dużego ryzyka gospodarki złożem spełniającej równocześnie wymagania ochrony środowiska.

Mimo licznych prób i doświadczeń stosowania PZW stan wiedzy na temat warunków, w jakich może być ono realizowane w sposób efektywny i bezpieczny, jest nadal niezadowalający. Na podstawie dotychczasowego stanu poznania można określić podstawowe wymagania, jakie musi spełniać pokład węgla kwalifikowany do zgazowania podziemnego (Nieć 2010, Nieć i in. 2014, tab. 1).

Wykazywane w bilansach zasobów złóż kopalni zasoby polskich węgla kamiennych i brunatnych (miękkich) są bardzo duże. Niestety, nie świadczy to o możliwości całkowitego wykorzystania ich w omawianym procesie. Uwzględniając kryteria stawiane dla możliwości stosowania podziemnego zgazowania węgla stwierdza się, że stosowanie PZW w złożach węgla brunatnego wyklucza z zasady brak ich szczelności w sąsiedztwie otworów silnie zawodnionych oraz bardzo dużą wilgotność węgla (do ponad 50%).

W polskich zagłębiach z uwagi na zróżnicowanie uwarunkowań geologiczno-górniczych, stanu zagospodarowania złóż węgla kamiennego (zagospodarowane, eksploatowane przez istniejące zakłady górnicze; w obszarach kopalń zlikwidowanych; w złożach niezagospodarowanych), szczegółowa ocena możliwości stosowania PZW w złożach węgla kamiennego przeprowadzona została na podstawie analizy map pokładowych wszystkich udokumentowanych złóż. W wyniku wykonanych badań stwierdzono, że potencjalne zasoby węgla kamiennego dla PZW są bardzo ograniczone. Podstawowym problemem jest możliwość dalekiej migracji toksycznych gazów (głównie CO) i produktów pirolizy węgla stwarzających istotne zagrożenie. Problemy tej migracji nie są dotychczas w pełni wyjaśnione i wymagają dalszych badań.

Stosowanie PZW w złożach zaniechanych nie jest możliwe ze względu na nieuszczelnienie górotworu naruszonego przez wcześniej prowadzoną eksploatację, zatem szczególnie niebezpieczne z uwagi na bardzo duże ryzyko migracji na powierzchnię gazów powstałych w procesie zgazowania.

PZW metodą szybową w złożach eksploatowanych konwencjonalnie jest uzależnione od planów zagospodarowania złoża. Może być stosowane wyjątkowo, gdy nie zagraża racjonalnemu wykorzystaniu części złoża nie zakwalifikowanych do PZW i musi być rozpatrywane indywidualnie w nawiązaniu do planów gospodarki złożem (należy zaznaczyć, że w planach zagospodarowania żadnego z obecnie eksploatowanych złóż, nie przewiduje się prowadzenia podziemnego zgazowania). Doświadczenia instalacji pilotowej w kopalni Wieczorek pokazują, że: PZW może być stosowane w określonych warunkach geologicznych, technicznych (w szczególności systemu wentylacji) i organizacyjnych zakładu górniczego.

Stosowanie metody hybrydowej (górnico-wiertniczej) do eksploatacji głęboko położonych pokładów wymaga rozwiązania szeregu problemów badawczych (możliwość zgazowania „in situ” węgla koksowych, które dominują na takiej głębokości), technicznych (wiercenia głębokich otworów z wyrobisk górniczych) oraz organizacyjnych (utrzymania dostępnych wyrobisk górniczych). Pewne utrudnienie może także stanowić bardzo duża metanonośność węgla do ponad $15 \text{ m}^3/\text{t}_{\text{csw}}$. Rozwiązaniem może być jednak wcześniejsze odmetanowanie pokładów.

Ponadto, zasoby węgla poniżej głębokości 1000 m są tylko częściowo rozpoznane w stopniu odpowiadającym kategoriom D i C₂, choć wiadomo, że w Zagłębiu Górnośląskim na głębokości poniżej najniższego dotychczas tradycyjnie udostępnianego poziomu eksploatacyjnego tj. poniżej 1000-1250 m występują znaczne zasoby węgla. W niektórych rejonach (w granicach kopalń i złóż niezagospodarowanych) perspektywy zasobowe są szacowane do głębokości 1500-1600 m.

W złożach niezagospodarowanych możliwość stosowania PZW jest ograniczona przez wiele czynników (tab. 2), m.in.: zaburzenia ciągłości pokładów, zróżnicowania typów węgla, zróżnicowane odległości pomiędzy pokładami o miąższości osiągającej co najmniej 1,5 m. Obecnie dodatkowym i zarazem znaczącym utrudnieniem przy typowaniu obszarów potencjalnie przydatnych do zgazowania jest stosunkowo niski stopień poznania ich budowy wewnętrznej.

W wyniku przeprowadzonej analizy przydatności pokładów węgla kamiennego do PZW metodą bezszybową w złożach nieeksploatowanych (niezagospodarowanych) stwierdzono do głębokości 1000 m, zasoby:

- w Górnośląskim Zagłębiu Węglowym 393 mln t (tylko

Tab. 2. Czynniki ograniczające lub wykluczające (przy obecnym stanie wiedzy) możliwość stosowania PZW
 Tab. 2. Factors excluding of limiting the possibilities of the UCG process application

Zagłębie	Czynniki ograniczające	Czynniki wykluczające
Dolnośląskie	niewielki udział węgla typu 32-33	nie wyjaśniona możliwość zgazowania węgla koksowych i antracytu
	zaburzenia tektoniczne	niewyjaśniony wpływ CO ₂ w gazach złożowych na przebieg PZW
	zagrożenia wyrzutami węgla i skał	
Lubelskie	niewielkie fragmenty odosobnionych pokładów o miąższości ponad 1,5 m, liczne przerosty płonne w pokładach	pokłady położone blisko stropu serii węglonośnej pod nadkładem zawodnionych utworów jurajskich i kredowych
	częściowo pokłady węgla typów 33 i wyższych	
Górnośląskie	pokłady o miąższości ponad 1,5 m w serii mułowcowej (warstwy załęskie i brzeskie) blisko położone w stosunku do siebie i innych o miąższości mniejszej, blisko siebie położone pokłady w warstwach siodłowych (w górnośląskiej serii piaskowcowej) bez dostatecznej wzajemnej izolacji	pokłady w krakowskiej serii piaskowcowej (grupy 100 i 200) ze względu na wysoką przepuszczalność piaskowców i występowanie w ich obrębie użytkowych poziomów wodonośnych
	metanonośność pokładów ponad 2 m ³ /t _{csw} , zwykle poniżej pokładu 328 oraz pod nadkładem mioceńskim	niewyjaśniony wpływ metanonośności węgla na przebieg jego podziemnego zgazowania
	częste, bardzo silne zuskokowanie	często przyczyna pozostawiania niewybranych resztek pokładów
	znaczny udział węgla koksowych (typ 34 – 35) zwłaszcza w pokładach głęboko położonych	niewyjaśniona możliwość zgazowania węgla koksowych

Tab. 3. Zasoby węgla kamiennego przydatne dla podziemnego zgazowania
 Tab. 3. Resources of coal useful for underground coal gasification

Zagłębie	Złoże		Zasoby mld/t		
			bilansowe	warunkowo przydatne dla PZW (pokłady > 1,5m)	możliwe dla stosowania PZW
Górnośląskie	Zagospodarowane	Analizowana możliwość stosowania PZW	9,243	0,637	w zależności od PZZ
		Pozostałe	9,451	przeważnie węgle koksowe	
	W kopalniach zlikwidowanych		3,624	0,085	praktycznie brak
	Niezagospodarowane	Wystarczająco rozpoznane	11,179	0,510	0,393
		Niewystarczająco rozpoznane	7,967	nieoceniwane	
Lubelskie	Zagospodarowane		0,79	nieprzewidywane	
	Niezagospodarowane		8,799	0,878	0,579
Dolnośląskie	W kopalniach zaniechanych		0,360	0	0

- w 6 złożach),
- w Lubelskim Zagłębiu Węglowym 579 mln t (w 6 złożach),
- w Dolnośląskim Zagłębiu Węglowym brak takich zasobów (tab. 3).

Występują one we fragmentach pokładów, są rozproszone w pionie i w poziomie. Zastosowanie PZW spowoduje brak możliwości wykorzystania pozostałych zasobów z powodu emisji i dalekiej migracji toksycznych gazów wytwarzanych w procesie podziemnego zgazowania węgla – w szczególności tlenu węgla. Z tego powodu, ze względu na wymagania racjonalnej gospodarki złożami i wykorzystania ich zasobów, podziemne zgazowanie w warunkach polskich złóż węgla

kamiennego może być dopuszczalne tylko wówczas, gdy nie spowoduje zagrożenia dla potencjalnej eksploatacji metodami klasycznymi.

W granicach Górnośląskiego Zagłębia Węglowego praktycznie brak jest możliwości stosowania PZW w krakowskiej serii piaskowcowej (z warstw libiąskich grupy 100 i łazickich grupy 200) z powodu ich słabej izolacji, występowania wśród słabo związanych wodonośnych piaskowców mających kontakt z głównymi poziomami wód podziemnych. W większości obszaru GZW stosowanie podziemnego zgazowania może być utrudnione lub nawet uniemożliwione przez silne zuskokowanie złóż.

W Lubelskim Zagłębiu Węglowym występują tylko

pojedyncze pokłady o miąższości ponad 1,5 m, z reguły na ograniczonym obszarze, które mogą być brane pod uwagę jako obiekt gazyfikacji.

W Dolnośląskim Zagłębiu Węglowym przeszkodę dla stosowania podziemnego zgazowania stanowią intensywne zaburzenia tektoniczne, dominujący udział węgla koksowych (od typu 34) i antracytu oraz niewyjaśniona rola dużego udziału CO₂ w gazach złożowych i związanego z tym zagrożenia wyrzutami węgla i skał.

Po wszechstronnej analizie wszystkich uwarunkowań złożowych i środowiskowych, w tym budowy wewnętrznej pokładów, charakteru skał stropowych i spągowych oddzielających badany pokład od pokładów sąsiednich itd., wytypowano ostatecznie jako najbardziej perspektywiczne stosunkowo niewielkie parcele zasobowe. Projektowanie lepszego rozpoznania złoża i budowa instalacji demonstracyjnej byłyby tam najmniej kolizyjne z zasadami racjonalnej gospodarki złożem wielopokładowym i przy uwzględnieniu uwarunkowań środowiskowych. Kryteria takie spełniają zasoby w czterech obszarach:

- w GZW w złożu Warszawice-Pawłowice w pokładzie 330/1 - 11,6 mln t zasobów bilansowych (ok. 6 mln t operatywnych) na głębokości ok. 200 – 300 m,
- w LZW w złożu K-9 w pokładzie 379 - około 13 mln t zasobów bilansowych (7 mln t operatywnych) na głębokości ok. 750 m i w złożu K-4-5 w pokładzie 375 - około 11 mln t zasobów bilansowych (6 mln t operatywnych) na głębokości ok. 780 - 840 m (oba obszary znajdują się w granicach udzielonych koncesji na rozpoznanie złóż dla klasycznej eksploatacji podziemnej) oraz w złożu Sawin w pokładzie 377/1 – około 13,5 mln t zasobów bilansowych (ok. 7 mln t zasobów operatywnych), na głębokości 705-740 m.

Fragmenty pokładów typowane do PZW, przed podjęciem prac pilotowych, wymagają bardziej szczegółowego rozpoznania.

Analiza warunków geologicznych w polskich zagłębiach węglowych (GZW, LZW i DZW) wykazała, że stwarzają one ograniczenia, a niekiedy barierę dla bezpiecznego stosowania PZW.

Praca wykonana w ramach Zadania Badawczego nr 3 finansowanego przez NCBiR na podstawie Umowy nr SP/E/3/7708/10 i częściowo w ramach badań statutowych AGH nr 11.11.140.320.

Literatura

- [1] Bednarczyk J., 2007 – *Rozwój technologii podziemnego zgazowania węgla i perspektywy jej przemysłowego wdrożenia*. Górn. i Geoinż. r. 31, z. 3, ISSN 1732-6702
- [2] Białecka B., 2008 a – *Estimation of coal resources for UCG in the Upper Silesian Coal Basin*, Poland. Nat. Resources Research. V.17, nr 1, p.21 –28, ISSN 1520-7439
- [3] Białecka B., 2008 b – *Podziemne zgazowanie węgla. Podstawy procesu decyzyjnego*. Prace GIG, Katowice; ISSN 1643-7608
- [4] Białecka B., 2009 – *An assessment of prospective reserves for underground coal gasification in Poland*. In: Deep mining challenges. International Mining Forum 2009. CRC Press/Balcema. London et al. P. 157 - 168
- [5] Fyodorov N. A., Krein E. V., Zvygiantsev K. N. 1984 – *Underground coal gasification and its application in world practice*. In; Energy resources of the world. 27th nt. Geol. Congress. Coll 02 Reports vol. 2, p.121 – 133. P.O.Nauka. Moscow
- [6] Green M. (2008) – *Underground coal gasification, state of the art*. Clean Coal Conf. Bedewo, Poland
- [7] Magda R., 2012 – *Ekonomiczne aspekty podziemnego zgazowania węgla – na przykładzie złoża Seelyville w stanie Indiana*. Polit. Energet. T. 15, z. 1, s. 21 – 34; ISSN 1429 - 6675
- [8] Magda R., Franik T., Woźny T., Załucki J., 2012 – *Próba oszacowania kosztów procesu podziemnego zgazowania węgla kamiennego*. Polit. Energet. t. 15, z. 2, s. 71 – 85; ISSN 1429 – 6675
- [9] Nieć M., 2012 - *Geologiczne bariery i ograniczenia dla podziemnego zgazowania węgla*. Biul. PIG 448, s. 183 – 194; ISSN 0867-6143
- [10] Nieć M., Górecki, J. Chećko J., Sermet E., 2014 – *Stan bazy zasobowej węgla w Polsce i jej problemy złożowo-środowiskowe w odniesieniu do eksploatacji metodą odziemnego zgazowania*. Przegl. Górn. nr 11, s. 28 -37; ISSN 0033-216X
- [11] Palarski J., Stozik G., Jendruś R., 2013 – *Wpływ deformacji górotworu na warunki ochrony powierzchni oraz zasobów użytkowych wód podziemnych przy podziemnym zgazowaniu węgla*. Mat. Konf. XII dni miernictwa górnictwa i ochrony terenów górniczych. Brenna, s. 406 – 417.
- [12] Stańczyk K., 2008 – *Czyste technologie użytkowania węgla*, GIG, Katowice; ISSN 1643-7608

* * *