

OCENA POTENCJAŁU ZASOBOWEGO ZŁÓŻ LUBELSKIEGO ZAGŁĘBIA WĘGLOWEGO DO PODZIEMNEGO ZGAZOWANIA WĘGLA

ASSESSMENT OF THE LUBLIN COAL BASIN RESOURCES FOR UNDERGROUND COAL GASIFICATION

Edyta Sermet, Jerzy Górecki – AGH Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie, WGGiOŚ, KGZiG

W artykule omówiono stan udokumentowania i zagospodarowania złóż Lubelskiego Zagłębia Węglowego (LZW) oraz warunki niezbędne do efektywnego stosowania podziemnego zgazowania węgla (PZW). Na tle sformułowanych ograniczeń i barier wykorzystania tej metody oszacowano wielkość zasobów potencjalnie atrakcyjnych do zgazowania, rozmieszczonych w granicach poszczególnych złóż niezagospodarowanych i w różnych pokładach. Przy aktualnym stanie wiedzy, tylko około 10% zasobów bilansowych LZW (869 mln ton węgla) uznaje się za możliwe do PZW. Przyszłość tej metody jako alternatywnej dla konwencjonalnych metod eksploatacji wydaje się ciągle odległa bez dalszych badań modelowych i eksperymentalnych.

Słowa kluczowe: Lubelskie Zagłębie Węglowe, zasoby przydatne do podziemnego zgazowania

This paper reminds the geological exploration and mining development of the Lublin Coal Basin (LCB) and the main factors effective underground coal gasification (UCG) application are showed. In the background of defined restrains and barriers for UCG the resources potentially useful for gasification were demonstrated. In view of the current state of knowledge on UCG processes, only 10% of balanced reserves (869 million tones) are maximal suitable for this method, situated in various undeveloped deposits and different seams. The future of underground gasification is still distant as an alternative for traditional exploitation methods. The additional, experimental and model investigations are necessary.

Key words: Lublin Coal Basin, resources suitable for underground gasification

Wstęp

Identyfikacja krajowej bazy zasobowej węgla kamiennych na potrzeby podziemnego zgazowania jest jednym z podstawowych elementów prac badawczych nad opracowaniem technologii zgazowania węgla dla produkcji paliw i energii elektrycznej [3]. Badania są prowadzone w świadomości, że efektywnych realizacji podziemnego zgazowania węgla (PZW) jest na świecie nadal niewiele, a ich znaczenie przemysłowe ocenia się jako ograniczone. Perspektywa wykorzystania złóż węglowych tą metodą na dużą skalę wydaje się zatem dość odległa. Najlepsze wyniki stosowania PZW osiągnięto do tej pory w pokładach grubych, występujących w dogodnych warunkach geologiczno-górnictwowych i w obszarach nie objętych ograniczeniami środowiskowymi. Zastosowanie tej metody do wykorzystania zasobów resztkowych cieńszych pokładów w złożach objętych wcześniejszą eksploatacją tradycyjnymi metodami może być trudniejsze, mniej efektywne albo wręcz prawie niemożliwe.

Aktualny stan rozpoznania geologicznego i zagospodarowania złóż

W wyniku badań geologicznych prowadzonych przed II wojną światową i realizacji prac geologiczno-poszukiwawczych w okresie powojennym wyznaczono przypuszczalny zasięg lubelskiego basenu karbońskiego. W roku 1967 nowo odkryty obszar znaczących perspektyw zasobowych nazwano Lubelskim Zagłębiem Węglowym [4]. Później określono wielkość powierzchni LZW na około 9,1 tys. km², ale obszar o znaczeniu złożowym (duże zasoby węgla w pokładach o największych miąższościach, najdogodniejsze warunki geologiczno-górnictwowe przyszłej eksploatacji) jest kilkakrotnie mniejszy. Aktualnie powierzchnia złóż udokumentowanych wynosi 1104,7 km², od 14,4 km² (złóże Lublin K-3) do 276,3 km² (złóże Koleczowice Nowe). Tylko jedno złożo Bogdanka o powierzchni 77,4 km² jest zagospodarowane (użytkownik złoża Lubelski Węgiel „Bogdanka” S.A.), pozostałych 10 jest niezagospodarowanych. Według krajowego bilansu zasobów [2] zasoby bilansowe wynoszą 9 259 458 tys. ton (19,2% krajowej bazy

zasobowej węgla kamiennego). Złóża niezagospodarowane są słabo rozpoznane, niewystarczająco z punktu widzenia potrzeb projektowania górniczego. W kategorii C_2 udokumentowano złoża Kolechowice Nowe, Orzechów, Sawin, Chełm II i Lublin K-4-5. Złóża Lublin K-3, Lublin K-6-7, Lublin K-8, Lublin K-9 i Ostrów są rozpoznane głównie w kategorii C_1 . Większość złóż jest aktualnie lub będzie w najbliższym czasie objęta koncesjami na lepsze rozpoznanie pod kątem przyszłego zagospodarowania górniczego.

Pozycję geologiczną LZW, budowę złóż, rodzaj i jakość kopaliny oraz geologiczno-górnicze warunki eksploatacji podsumowano w wielu opracowaniach monograficznych i kartograficznych [13, 5, 18].

Najistotniejszą formacją karbonu ze względu na węglizasobność jest tzw. formacja lubelska (warstwy lubelskie, westfal A – B) o miąższości od kilkudziesięciu do kilkuset metrów. Spośród około 50 przeławień i pokładów węgla tylko 24 osiąga w różnych częściach LZW miąższości bilansowe powyżej 1 m, najczęściej nie większe niż 1,5 m, a największe miąższości rzadko przekraczają 2,5 – 3 m. Są to pokłady od 369 (ten zidentyfikowano wyłącznie w złożu Lublin K-4-5) do 397 (znanego w granicach wszystkich 11 złóż, aczkolwiek o bardzo zmiennej, najczęściej małej – pozabilansowej - miąższości). Najgrubsze, najmniej zmienne, o największym zasięgu występowania w granicach wszystkich lub prawie wszystkich złóż są przede wszystkim pokłady 391, 389, 385 (385/1 i zwłaszcza 358/2), 382, 379, 377 (377/1 i 377/2) oraz 375. Za najatrakcyjniejsze dla zagospodarowania w przeważającej części zagłębia uważa się kilka pokładów w dolnej części profilu warstw lubelskich, od pokładu 382 do pokładu 391. Jedyna w LZW kopalnia „Bogdanka” eksploatuje właśnie pokłady 382 i 385/2 oraz będzie rozwijać wydobywanie w pokładach 389 i 391. Atrakcyjność górnicza pokładów górnej części formacji lubelskiej, ponad pokładem 375, jest bardzo ograniczona. Wszystkie pokłady mają zmienną miąższość i złożoną budowę wewnętrzną (występuje w nich od 0 do 4-5 przerostów, znane są również zaburzenia ciągłości pokładów – wyklinowania, wymycia itp.). Jakość węgla jest także, choć umiarkowanie zróżnicowana z wyraźną przewagą węgla energetycznych typu 31 i 32. W trakcie dokumentowania złóż oznaczono w węglu, choć wrywkowo i niewystarczająco, zawartość pierwiastków śladowych, które współcześnie uważane są za tzw. pierwiastki krytyczne. Największą potencjalną wartość ekonomiczną może mieć german, którego zawartości są wyraźnie wyższe niż w węglach górno- i dolnośląskich [11, 12].

Tektonika złóż jest słabo rozpoznana, ale wydaje się na ogół umiarkowanie lub mało skomplikowana. Uskoków o znaczeniu ponadlokalnym jest niewiele, choć ich ilość i przebieg mogą być zweryfikowane dopiero po lepszym rozpoznaniu złóż. Dopiero roboty górnicze wykryją występowanie uskoku „pokładowych” o lokalnym zasięgu i małych zrzutach. Upady warstw zazwyczaj nie przekraczają kilkunastu stopni, a zasadniczy kierunek rozciągłości pokładów to NW – SE.

Głównym czynnikiem geologiczno-górniczych warunków udostępnienia złóż i ich rozcięcia wyrobiskami jest gruby i silnie zawodniony nadkład, zwłaszcza węglanowych utworów kredowych i osadów jurajskich.

Ogólnie rzecz biorąc, geologiczno-górnicze warunki eksploatacji złóż LZW są niezbyt trudne [7]. Na tę ocenę składa się z jednej strony duża głębokość położenia maksimum zasobów, a z drugiej – średnie zróżnicowanie miąższości niezbyt

grubych pokładów, przeciętne zróżnicowanie typów węgla, prosta tektonika, niezbyt duże zawodnienie, umiarkowane lub niskie zagrożenia gazowe, łatwe warunki geotermiczne i brak kopaliny towarzyszących.

Warunki niezbędne dla efektywnego zgazowania podziemnego

Formułowane wcześniej optymistyczne oceny możliwości szerokiego stosowania PZW w warunkach polskich złóż [1] zostały w ostatnich latach wyraźnie zmodyfikowane [9, 6, 16, 10, 15]. Szczególnie istotne wobec aktualnego stanu wiedzy lub raczej poziomu niewiedzy jest rozróżnienie cech złóż i pokładów oraz właściwości węgla, które:

- są zawsze wymagane dla efektywnej realizacji procesu,
- ich przydatność jest niewyjaśniona,
- przesądzą raczej o nieprzydatności do PZW [9].

Niezależnie od tego podkreśla się również potrzeby zwiększenia dokładności rozpoznania złóż, ich formy i budowy wewnętrznej, tektoniki – zwłaszcza uskokowej oraz warunków hydrogeologicznych w złożu i w nadkładzie – izolacji od poziomów wodonośnych. Wymienione uwarunkowania dotyczą zarówno zgazowania metodą bezszybową (otworami z powierzchni), szybową (z wykorzystaniem istniejących lub projektowanych wyrobisk – szybów i chodników), jak i mieszaną łączącą metodę szybową z otworową.

Uwzględniając dotychczasowe światowe doświadczenia praktyczne, za najważniejsze kryterium kwalifikacji przydatności do PZW uznano miąższość węgla przekraczającą 1,5 m. Przy mniejszej miąższości efektywność procesu szybko spada, wartość opałowa gazu syntezowego maleje, rosną straty ciepła w skałach otaczających itd. W rzeczywistości najbardziej udane instalacje PZW pracują najczęściej w pokładach o miąższości 3 – 10, a nawet 20 m [8]. W warunkach polskich zagłębi węglowych, w tym w Lubelskim Zagłębiu Węglowym, już przyjęcie miąższości minimalnej 2 m ograniczyłoby potencjalną bazę zasobową nawet o połowę. Przy stosowaniu tego kryterium kwalifikacji trzeba zarazem pamiętać, że duże miąższości pokładów są najbardziej atrakcyjne dla tradycyjnych, sprawdzonych technik eksploatacji.

Podziemne zgazowanie może objąć zasadniczo węgle energetyczne, płomienne i gazowo-płomienne typów 31 i 32, ewentualnie gazowe typu 33, które wykazują brak spiekalności lub niską spiekalność oraz wysoką zawartość części lotnych. Dotychczas nie wyjaśniono przydatności do zgazowania węgla typów 34 i wyższych.

Aby spełnić warunek szczelnej izolacji pokładów od wód podziemnych (choć brak eksperymentalnego potwierdzenia wymagań), wyklucza się w warunkach Lubelskiego Zagłębia Węglowego położenie gazogeneratorskiego w odległości mniejszej niż 100 m od bardzo zawodnionego nadkładu utworów jury i kredy. Wpływ tego czynnika jest natomiast ciągle słabo zdefiniowany w zakresie niezbędnej minimalnej grubości utworów izolujących bezpośrednio dany pokład, nieprzepuszczalnych dla toksycznych produktów zgazowania. Występowanie słabozwiązanych, porowatych piaskowców w stropie lub spagu pokładów może ograniczyć lub całkowicie zniweczyć efekt PZW.

Przyjęto także wymóg minimalnej powierzchni parceli pokładów ograniczonych uskokami o znaczeniu ponadlokalnym. Duże uskoki mogłyby stanowić drogi migracji gazów do otoczenia. Parcele położone w bezpiecznej odległości przynajmniej kilkuset metrów od uskoku o znacznych zrzutach powinny mieć powierzch-

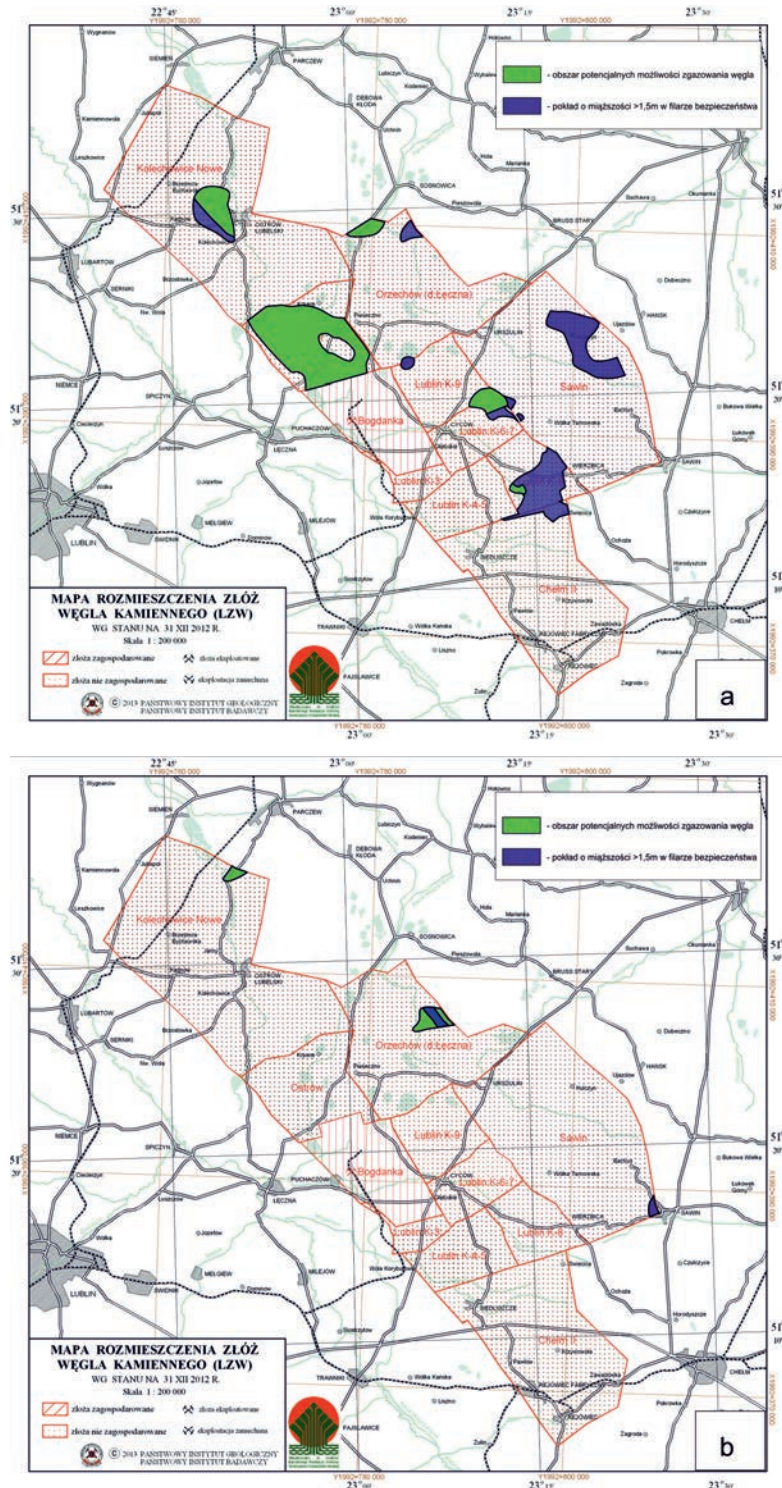
nie nie mniejszą niż około 1,5 km², co oznacza minimalne zasoby takich parcel rzędu 3 mln ton. Czy takie zasoby są wystarczające z punktu widzenia ekonomicznej efektywności? Dotychczas brak jednoznacznych opinii na temat stopnia wykorzystania zasobów przy PZW i zarazem ocen minimalnego zapotrzebowania węgla do zgazowania na okres opłacalnego, amortyzującego inwestycję funkcjonowania elektrowni gazowej.

Wyniki selekcji bazy zasobowej na potrzeby PZW

Biorąc pod uwagę wskazane czynniki potencjalnej przydatności węgla LZW do podziemnego zgazowania, oceniono

wielkość bazy zasobowej możliwej do wykorzystania w ten sposób w poszczególnych złożach.

W obrębie 10 złóż niezagospodarowanych wyznaczono 52 fragmenty pokładów o łącznej powierzchni około 342 km², w większości o powierzchniach 2 – 4 km² (19 parcel), poniżej 2 km² (14 parcel) i 4 – 6 km² (8 parcel), rzadziej większych. Tylko 5 części pokładów węgla energetycznych o zasobach > 3 mln ton i występujących poniżej filarów bezpieczeństwa od spągu zawadzonego nadkładu ma powierzchnie wyraźnie większe: od 17 km² (w złożu Kolechowice) do 52 km² (w granicach złoża Ostrów) – rzecz jasna przy aktualnie słabym stopniu rozpoznania złóż. Największe zasoby o potencjalnej



Rys. 1. Obszary potencjalnie przydatne do PZW w złożach LZW: a) w pokładzie 382; b) w pokładzie 397
Fig. 1. Areas potentially useful for UCG in the undeveloped LCB deposits: a) 382 seam; b) 397 seam

przydatności do PZW występują:

- w pokładzie 382 (195,5 mln ton w 7 złożach),
- w pokładzie 391 (132 mln ton w 7 złożach),
- w pokładzie 385/2 (81 mln ton w 1 złożu),
- w pokładzie 384 (81 mln ton w 2 złożach).

Zasoby średniej wielkości wskazano:

- w pokładzie 389 (67,5 mln ton, 4 złoża),
- w pokładzie 379 (59,5 mln ton, 5 złożów),
- w pokładzie 380 (47 mln ton, 4 złoża),
- w pokładzie 387 (30,5 mln ton, 4 złoża).

W pozostałych 12 pokładach (374, 375, 375/1, 375/2, 376, 377/1, 378, 379/2, 385/1, 387/1, 387/2 i 397) ilość zasobów przydatnych do PZW jest wyraźnie niższa (od 5 do 30 mln ton) i ograniczona do 1-2 złożów.

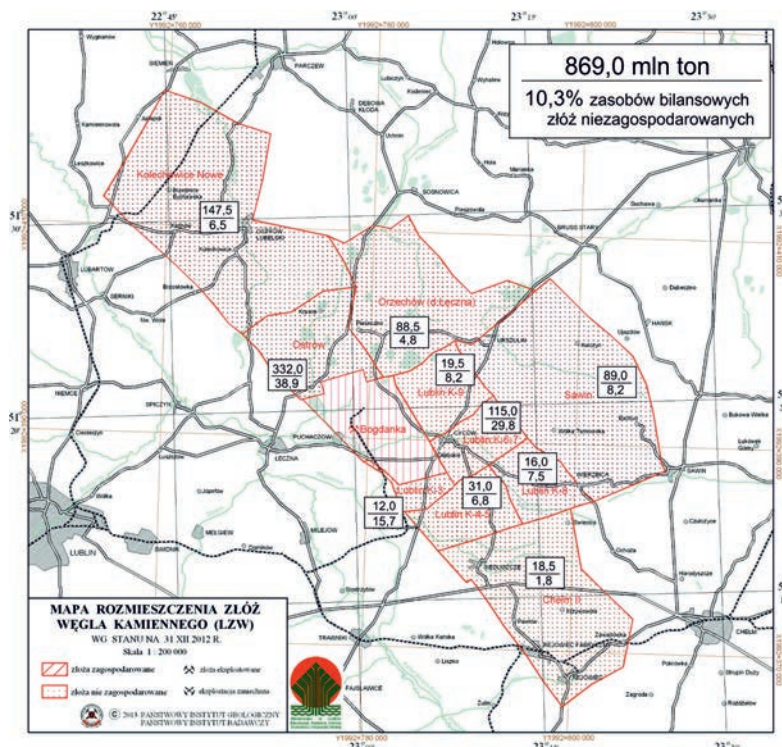
Zasoby poszczególnych parcel typowanych jako obszary zgazowania metodą bezszybową (otworową) wynoszą od 2 – 2,5 mln ton (te parcele mają swoją kontynuację w złożach sąsiednich) do 132 mln ton.

Tylko 10 z 52 parcel ma zasoby powyżej 20 mln ton, w tym 2 największe w złożu Ostrów, 132 mln ton w pokładzie 382 i 81 mln ton w pokładzie 385/2. Najczęściej zasoby wynoszą 4 – 8 mln ton (16 przypadków) i 8 – 12 mln ton (15 parcel). Z dokonanej analizy wynika, że fragmenty pokładów o potencjalnej przydatności węgla do zgazowania są rozproszone w granicach poszczególnych złożów i w profilu warstw lubelskich. Przykłady rozmieszczenia wytypowanych obszarów w pokładach 382 i 397 pokazano na rysunku 1.

Największy udział zasobów o wysokiej przydatności do PZW stwierdzono w złożu Ostrów (38,9% zasobów bilansowych), Lublin K-6-7 (29,8%) i najmniejszym złożu Lublin K-3 (15,7%), ale są to złoża położone w obszarze największej węglizacji, przylegające do granic eksploatowanego złoża Bogdanka i przewidywane raczej w pierwszej kolejności do zagospodarowania górnictwem tradycyjnymi technikami podziemnej eksploatacji. Próby przeznaczenia części pokładów o atrakcyjnej

miąższości (najgrubszych) na potrzeby PZW nie wydają się racjonalne z punktu widzenia gospodarki złożem. Ponadto w złożach Lublin K-6-7 i Lublin K-3 w przewadze występują węgle typu 33, nieco mniej przydatne do zagospodarowania podziemnego. Najmniejszą atrakcyjność dla PZW wykazuje złożo Chełm II (udział węgla przydatnych 1,8%, głównie typu 33, złożo o największym w LZW udziale węgla gazowo-kokosowych typu 34). W złożach pozostałych udział ten jest niższy od przeciętnego dla LZW i wynosi od 4,8 do 8,2% zasobów bilansowych. Ogółem we wszystkich niezagospodarowanych złożach LZW zasoby o najwyższej przydatności do PZW wynoszą 869 mln ton rozproszonych w przestrzeni wielopokładowych złożów, co stanowi 10,3% zasobów bilansowych tych złożów (rys. 2). Gdyby wykluczyć z przedstawionego bilansu tylko parcele, w których miąższość pokładów nie dochodzi nigdzie do 2 m, zasoby te byłyby mniejsze o ponad 200 mln ton.

Wątpliwa wydaje się możliwość podziemnego zgazowania węgla metodą szybową w kopalni Bogdanka. Kopalnia ta eksploatuje najgrubsze, najmniej zmienne pokłady i zgodnie z projektem zagospodarowania złoża i warunkami koncesji nie przewiduje się żadnych eksperymentów wykorzystania zasobów resztkowych pokładów, które spełniałyby kryteria przydatności do PZW. Zarazem, nie stwierdzono warunków prowadzenia zgazowania tzw. metodą hybrydową (udostępnienie resztkowych zasobów poniżej czynnego poziomu eksploatacji otworami z istniejących wyrobisk). Leżące poniżej rozcinanego pokładu 391 pokłady 392, 394 i 397 są cienkie, nie przekraczają prawie nigdzie miąższości 1,5 m, słabiej rozprzestrzenione (zwłaszcza pokład 392), z rosnącym udziałem węgla typu 34 i o małych zasobach nie gwarantujących ekonomicznej opłacalności przedsięwzięcia. Z kolei najgrubsze partie pokładów w górnej części profilu złoża powyżej pokładu 382 (np. pokładu 379 oraz 379/1 i 379/2) nie będą przydatne do zgazowania metodą otworów z powierzchni z uwagi na podebranie pokładów, czyli naruszenie górotworu w wyniku eksploatacji pokładów niżej leżących (pojawiłyby się



Rys. 2. Zasoby węgla potencjalnie przydatne do podziemnego zgazowania
Fig. 2. Coal reserves potentially useful for underground coal gasification

zagrożenia emisją gazów w spekanym górotworze).

Węgla z kopalni Bogdanka, w ogromnej przewadze energetycznej, nadają się natomiast do skutecznego zgazowania naziemnego; najważniejsze parametry kluczowe [17] są spełnione.

Podsumowanie

Zasoby węgla w złożach LZW, określone jako potencjalnie przydatne do podziemnego zgazowania w ilości około 10% całości zasobów bilansowych tego zagłębia, są tylko pozornie duże. W rzeczywistości może się okazać, że realne podstawy rozważania PZW jako w pełni alternatywnej, bądź tylko uzupełniającej dla tradycyjnych metod podziemnej eksploatacji są bardzo słabe. Składa się na to wiele przyczyn. Po pierwsze projektowanie PZW nie może być oderwane od wszechstronnej oceny racjonalności gospodarki złożami LZW. Możliwość przeznaczenia najbardziej atrakcyjnych partii pokładów na potrzeby zgazowania podziemnego budzi wątpliwości zainteresowanych bardziej efektywnym wykorzystaniem złóż konwencjonalnymi technikami górnictwami. Podziemne zgazowanie najgrubszych fragmentów pokładów otworami z powierzchni przeszkodziłoby w wybraniu pozostałych części.

Z kolei obszary typowane wstępnie do PZW wymagają kosztownego rozpoznania z uwagi na konieczność zagęszczenia wcześniejszej sieci rozpoznawczej, a następnie wiercenia wielu otworów eksploatacyjnych o dużej głębokości (w warunkach

LZW chodzi o otwory głębokości od około 800 do ponad 1000 m).

Przeszkodą w stosowaniu PZW metodą bezszybową – niezależnie od innych przeszkód natury geologicznej, górniczo-technicznej i ekonomicznej – mogą okazać się trudne uwarunkowania środowiskowe [14]. Rozległość instalacji powierzchniowych będzie kolidować z licznymi w granicach LZW wielkoobszarowymi formami ochrony przyrody, a konieczność separacji i sekwestracji CO₂ dodatkowo utrudni uzyskanie decyzji o uwarunkowaniach środowiskowych tego typu eksploatacji.

Podkreśla się ciągle bardzo niski stan wiedzy na temat PZW, zwłaszcza w zakresie badań modelowych i eksperymentalnych. Selekcja bazy zasobowej o potencjalnej przydatności do PZW została oparta na kilku najlepiej uzasadnionych czynnikach. Mnogość innych czynników [6, 9] o niewyjaśnionym znaczeniu, np. związanych z cechami złóż wielopokładowych (odległość od pokładów sąsiednich), cechami pokładów (przerosty płonne) i właściwościami węgla (nie wszystkie dostatecznie udokumentowano), może w przyszłości znacznie ograniczyć ilość zasobów.

Weryfikacja szans stosowania PZW w Lubelskim Zagłębiu Węglowym jest trudna również wobec niejasnej strategii zagospodarowania złóż lubelskich. Czy aktualna polityka koncesyjna sprzyja ochronie interesów Skarbu Państwa w imię zapewnienia bezpieczeństwa energetycznego i szerzej – bezpieczeństwa kraju?

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] Białecka B. – Estimation of coal resources for UCG in the Upper Silesian Coal Basin, Poland. Nat. Resources Research. V.17, nr 1, s. 21-28, 2008
- [2] BILANS zasobów złóż kopalni w Polsce wg stanu na 31 XII 2012r., 2013, PSG, Państw. Inst. Geol. – Państw. Inst. Bad., Warszawa, 2013
- [3] Czaplicka-Kolarz K., Galiniak G., Klich J., Strugała A. – Badania procesu podziemnego zgazowania węgla w ramach Projektu NCBiR i ocena bazy surowcowej dla tego procesu. Przegl. Górn. Nr 2, t. 69, s. 1-7, 2013
- [4] Dembowski Z., Porzycki J. – Wyniki prac geologiczno-poszukiwawczych w nowo odkrytym Lubelskim Zagłębiu Węglowym. Przegl. Geol. Nr 1, s. 4-10, 1967
- [5] Dembowski Z., Porzycki J. (red.) – Karbon Lubelskiego Zagłębia Węglowego. Prace Inst. Geol. LXXII, Warszawa, 1988
- [6] Drzewiecki J. – The basic technological conditions of underground coal gasification (UCG). AGH Journal of Mining and Geoengineering. Vol. 36. No 1., p. 117-124, 2012
- [7] Górecki J., Nieć M. – Ocena geologiczno-górnictwowych warunków eksploatacji złóż węgla kamiennego w Polsce. Przegl. Geol. Nr 2, s. 65-67, 1983
- [8] Ludwik-Pardała M., Niemołko K. – Przegląd metod podziemnego zgazowania węgla na podstawie wybranych przeprowadzonych prób na świecie. Przegl. Górn. Nr 2, t. 69, s. 8-16, 2013
- [9] Nieć M. – Geologiczne bariery i ograniczenia dla podziemnego zgazowania węgla. Biul. Państw. Inst. Geol., 448, s. 183-194, 2012
- [10] Nieć M., Chećko J., Górecki J., Sermet E. – Uwarunkowania geologiczno-złożowe stosowania podziemnego zgazowania węgla w polskich złożach węgla kamiennego. Przegl. Górn., 2, s. 26-36, 2013
- [11] Nieć M., Kurek S., Preidl M. – Zagadnienie dokumentowania zawartości pierwiastków śladowych w złożach węgla. Mat. II Sem. Met. rozp. i dok. złóż kop. stałych, s. 185-190, Wyd. AGH, Kraków, 1990

- [12] Plewa M. – Pierwiastki śladowe w węglu Lubelskiego Zagłębia Węglowego. Mat. II Sem. Met. rozp. i dok. złóż kop. stałych, s. 169-184, Wyd. AGH, Kraków, 1990
- [13] Porzycki J. – Atlas geologiczny Lubelskiego Zagłębia Węglowego. Inst. Geol., Warszawa, 1978.
- [14] Sermet E. – Obszary chronione w granicach Lubelskiego Zagłębia Węglowego – potencjalna bariera zagospodarowania złóż. Gór. Odkryw. nr 2, s. 122-127, 2013
- [15] Sermet E., Górecki J. – Główne czynniki ograniczające stosowanie podziemnego zgazowania w polskich złożach węgla kamiennego. Documenta Geonica, nr 1, s. 147-150, Ostrava, 2013
- [16] Sermet E., Górecki J. - Podstawowe kryteria możliwości podziemnego zgazowania węgla w Lubelskim Zagłębiu Węglowym. Zesz. Nauk. IGSMiE PAN, nr 83, s. 185 – 192, 2012
- [17] Sobolewski A., Chmielniak T., Topolnicka T., Świeca G. – Charakterystyka polskich węgla w aspekcie ich przydatności do procesu zgazowania fluidalnego. Przegl. Gór. Nr 2, t. 69, s. 174-183, 2013
- [18] Zdanowski A (red.) – Atlas geologiczny Lubelskiego Zagłębia Węglowego. Państw. Inst. Geol., Warszawa, 1999



Jeziora szurpilskie Jęglówek

fol. Teresa Świerubska