

Edyta SERMET\*,  
Jerzy GÓRECKI\*

## ***Perspektywy podziemnego zgazowania węgla w Lubelskim Zagłębiu Węglowym***

Streszczenie: W artykule omówiono stopień udokumentowania i plany zagospodarowania złóż Lubelskiego Zagłębia Węglowego (LZW) oraz warunki niezbędne do efektywnego stosowania podziemnego zgazowania węgla (PZW). Przy aktualnym stanie wiedzy tylko około 10,4% zasobów bilansowych LZW (878,5 mln ton) uznaje się za możliwe do PZW. Jednak z punktu widzenia racjonalnej gospodarki złożem szanse stosowania tej metody są ograniczone.

Słowa kluczowe: Lubelskie Zagłębie Węglowe, podziemne zgazowanie

### ***Prospects for underground gasification in the Lublin Coal Basin***

Abstract: This paper reminds the geological exploration and mining development of the Lublin Coal Basin (LCB) and the main factors of effective underground coal gasification (UCG). According to the current state of knowledge on UCG processes only 10.4% of balance resources (878.5 million tons) are maximal suitable for this methods. However, from the point of view of deposits management, chances of this method are limited.

Key words: Lublin Coal Basin, underground gasification

### ***Wprowadzenie***

Podziemne zgazowanie węgla (PZW, ang. *underground coal gasification* UCG) jest znanym od przełomu XIX i XX wieku procesem termicznego przekształcenia węgla w gaz przy użyciu w wysokiej temperaturze różnych czynników zgazowujących – powietrza, tlenu

---

\* Dr inż., AGH Akademia Górniczo-Hutnicza, Wydział Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska, Kraków; e-mail: sermet@agh.edu.pl, gorecki@geol.agh.edu.pl.

albo mieszaniny tlenu i pary wodnej. Produktem konwersji do gazu (syngazu) jest mieszanina w różnych proporcjach głównie H<sub>2</sub>, CO, CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub> i CH<sub>4</sub>, a podrzędnie H<sub>2</sub>S, tlenków azotu i siarki itd. PZW jest bardzo trudne do kontroli. Zwłaszcza niebezpieczne jest przejście procesu zgazowania w pożar pokładu węgla, niekorzystna jest również produkcja tzw. gazu kominowego w wyniku spalenia znacznej części produktów odgazowania i pirolizy (Palarski i in. 2009).

Efektywnych realizacji PZW jest na świecie niewiele. Kosztowne badania procesu i doskonalenie technologii odbywają się przynajmniej w kilkunastu krajach, ale większość znanych instalacji ma bardziej demonstracyjny niż komercyjny charakter. W tym sensie zgazowanie podziemne nie stanowi ciągle mocnej alternatywy dla tradycyjnych technik podziemnej eksploatacji złóż węgla kamiennego.

PZW jest najczęściej prowadzone na dwa sposoby:

- metodą bezszybową (otworami z powierzchni, aktualnie najczęściej stosowaną, najbardziej ekonomiczną i perspektywiczną),
- metodą szybową (udostępnienie złoża z istniejących wyrobisk górniczych w kopalniach podziemnych).

Pewne nadzieje na efektywną realizację wiąże się z tzw. metodą hybrydową, polegającą na udostępnieniu resztkowych zasobów złoża otworami z podziemnych wyrobisk górniczych i wykorzystaniu zasobów położonych poniżej czynnych poziomów wydobywczych.

W każdym przypadku najlepsze wyniki stosowania PZW osiąga się do chwili obecnej w pokładach grubych o niewysokim stopniu uwęglenia, w dogodnych warunkach geologiczno-górniczych (chodzi zwłaszcza o szczelność górotworu w otoczeniu zgazowywanych pokładów) i w obszarach o niewielkich ograniczeniach środowiskowych. Wykorzystanie zasobów resztkowych w pokładach cienkich, głęboko położonych, w partiach złóż objętych wcześniej eksploatacją tradycyjnymi metodami jest wątpliwe, praktycznie niemożliwe.

Ocena krajowej bazy zasobowej węgla kamiennych na potrzeby PZW została przewidziana jako jeden z głównych elementów prac badawczych (projektu NCBiR) nad opracowaniem technologii zgazowania dla wysokoefektywnej produkcji paliw i energii elektrycznej (Czaplicka-Kolarz i in. 2013).

W roku 2014 zakończono analizę i identyfikację bazy zasobowej dla podziemnego zgazowania w Lubelskim Zagłębiu Węglowym oraz przystąpiono do opracowania wymagań dotyczących gospodarki złożem przy PZW, w ramach którego będą typowane rejony do ewentualnej instalacji demonstracyjnej PZW metodą otworową w wybranych złożach węglowych Lubelszczyzny. Wyniki wstępnej oceny potencjału zasobowego złóż LZW na potrzeby podziemnego zgazowania były prezentowane w pracach Niecia (2012), Niecia i in. (2013), Sermet, Góreckiego (2012, 2014).

## **1. Aktualny stan i plany zagospodarowania złóż LZW**

Obszar występowania znaczących gospodarczo złóż węgla kamiennego na Lubelszczyźnie nosi od prawie pięćdziesięciu lat nazwę Lubelskiego Zagłębia Węglowego (Dembowski i Porzycki 1967). Najbardziej atrakcyjną część zagłębia o powierzchni przekraczającej 1 100 km<sup>2</sup> obejmuje w chwili obecnej 11 złóż o różnym stopniu rozpoznania i bardzo zróżnicowanej powierzchni. Od przeszło 30 lat jedynym złożem zagospodarowa-

nym jest złoża Bogdanka o powierzchni około 77 km<sup>2</sup>, którego użytkownikiem jest Lubelski Węgiel Bogdanka SA. Ta jedna z najlepszych i najnowocześniejszych firm górniczych branży węglowej na świecie otrzymała w roku 2014 również koncesję na wydobywanie węgla z obszaru Lublin K-3 o powierzchni niespełna 15 km<sup>2</sup>, a aktualnie realizuje koncesję na lepsze rozpoznanie przylegającego do Bogdanki złoża „Ostrów” rozpoznanego do tej pory na większej części w kategorii C2.

W latach 2012–2014, po długim okresie braku zainteresowania lepszym rozpoznaniem i potencjalnym zagospodarowaniem innych złóż, o koncesje na rozpoznanie wystąpiły także inne podmioty:

- PD Co sp. z o.o. (złoża Kulik – obszar Lublin K-4-5; tylko kategoria C<sub>2</sub>, Cyców – obszar Lublin K-6-7, Syczyn – obszar Lublin K-8, Kopina – obszar Lublin K-9 oraz Sawin Południe – część obszaru Sawin),
- Kompania Węglowa SA (złoża Pawłów – część obszaru Chełm II, kategoria C<sub>2</sub>),
- Global Mineral Prospects sp. z o.o. (złoża Sawin II – część obszaru Sawin).

Na razie brak zainteresowania największym obszarowo złożem Kolechowice Nowe o powierzchni ponad 276 km<sup>2</sup> i złożem Orzechów o najmniej korzystnych uwarunkowaniach środowiskowych przyszłej eksploatacji.

Wszystkie plany zagospodarowania złóż dotyczą eksploatacji tradycyjnymi technikami górniczymi, a więc wydobywaniem węgla z pokładów o największej miąższości i najdogodniejszych warunkach geologiczno-górniczych. Ani LW „Bogdanka” SA, ani inni potencjalni użytkownicy nie sygnalizują zainteresowania stosowaniem podziemnego zgazowania węgla. Odnosi się to zwłaszcza do pokładów z dolnej części profilu warstw lubelskich, tj. pokładów 382, 384, 385/2, 389 i 391.

Według stanu na 31.12.2012 r., zasoby bilansowe LZW wynosiły około 9,26 mld ton (Bilans zasobów... 2013). W wyniku udokumentowania przez LW „Bogdanka” SA złóż Lublin K-3 i Lublin K-6-7 z wykorzystaniem nowych granicznych wartości parametrów definiujących złoża zasoby bilansowe tych złóż wzrosły, wobec czego krajowy bilans zasobów według stanu na 31.12.2013 r. podaje wielkość około 9,59 mld ton, w tym 7,30 mld ton, tj. 76,1% w kategorii C2 (Bilans zasobów... 2014).

Syntezę najważniejszych informacji o LZW zawarto m.in. w opracowaniach Porzyckiego (1978), Dembowskiego i Porzyckiego (1988), Zdanowskiego (1999).

## **2. Kryteria efektywnego zgazowania podziemnego**

W ostatnich latach zmodyfikowano oceny możliwości stosowania PZW w polskich zagłębiach węglowych (Drzewiecki 2012; Nieć 2012; Nieć i in. 2013; Sermet i Górecki 2013), odchodząc od wcześniejszych, bardzo optymistycznych ocen możliwości szerokiego stosowania PZW w Polsce (Białecka 2008). Podkreślono niski aktualny stan wiedzy w tym zakresie, zwracając jednocześnie uwagę na potrzebę lepszego rozpoznania złóż, ich formy, budowy wewnętrznej, tektoniki i warunków hydrogeologicznych.

Najważniejszym kryterium kwalifikacji przydatności do PZW jest minimalna miąższość węgla przekraczająca 1,5 metra, gdyż przy mniejszej miąższości proces staje się mniej efektywny (spadek wartości opałowej gazu syntezowego, wzrost strat ciepła w skałach otaczających itd.). Gdyby przyjąć miąższość minimalną 2 m, w warunkach Lubelskiego

Zagłębia Węglowego potencjalna baza zasobowa spadłaby nawet o połowę. Warto zwrócić uwagę na fakt, że pokłady grube są najbardziej pożądane przy stosowaniu sprawdzonych technik tradycyjnej eksploatacji podziemnej.

Zgazowanie podziemne – według dotychczasowych ustaleń – może dotyczyć zasadniczo węgla energetycznych, płomiennych i gazowo-płomiennych typu 31–32, ewentualnie typu 33, wykazujących brak spiekalności lub niską spiekalność oraz wysoką zawartość części lotnych. Brakuje wyjaśnienia przydatności do zgazowania *in situ* węgla typów 34–42.

Wpływ czynnika szczelnej izolacji pokładów od wód podziemnych nie został dostatecznie potwierdzony eksperymentalnie. Przyjęto w warunkach LZW położenie gazogeneratora w odległości większej niż 100 m od bardzo zawodnionego nadkładu jurajsko-kredowego. Efekty PZW mogą być zniweczone przez przerwanie ciągłości utworów izolujących bezpośrednio dany pokład albo przez występowanie słabozwężłych i porowatych piaskowców w stropie lub spągu pokładów.

Drogą migracji toksycznych produktów zgazowania mogą być także uskoki, zwłaszcza duże o znaczeniu regionalnym lub ponadlokalnym. Założono, że parcele wyznaczone w odległości przynajmniej kilkuset metrów od uskoków o znacznych zrzutach powinny mieć powierzchnię powyżej 1,5–2,0 km<sup>2</sup>, co oznacza zasoby minimalne około 3 mln ton.

Z uwagi na niski stopień wykorzystania zasobów przy PZW ta wielkość zasobów parceli o potencjalnej przydatności do zgazowania może się okazać jednak niewystarczająca z punktu widzenia opłacalności inwestycji typu elektrowni gazowej. Byłoby to dalsze ograniczenie ilości parcel dla projektowania w nich PZW.

Dodatkowym kryterium ograniczenia szans PZW są względy środowiskowe, zwłaszcza przy zgazowaniu węgla metodą otworów z powierzchni. Liczne obszary chronione w LZW będą barierą zagospodarowania złóż (Sermet 2013).

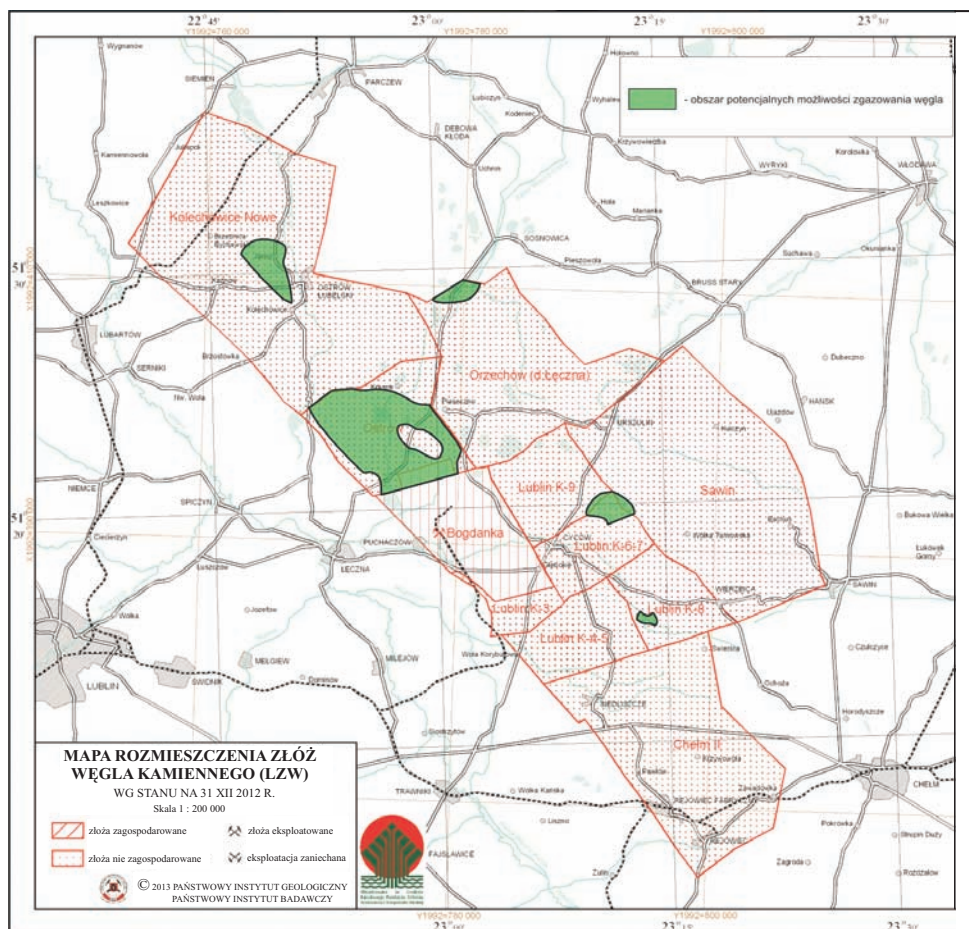
### **3. Wyniki selekcji potencjalnej bazy zasobowej PZW**

Po przyjęciu wcześniej omówionych czynników potencjalnej przydatności węgla lubelskich do podziemnego zgazowania oceniono wielkość bazy zasobowej w niezagospodarowanych złóżach LZW. Wytypowano tam 52 fragmenty pokładów o powierzchni całkowitej około 342 km<sup>2</sup>, przy czym tylko 11 ma powierzchnię powyżej 6 km<sup>2</sup> każdy. Największe zwarte partie kilku pokładów spełniające kryteria przydatności do PZW występują w złożu Ostrów (52 km<sup>2</sup>).

Najwięcej zasobów możliwych do objęcia zgazowaniem podziemnym jest w pokładzie 382–195,5 mln ton w 7 złożach i w pokładzie 391 – 132 mln także w 7 złożach. Stosunkowo duże zasoby wskazano ponadto w innych pokładach dolnej części profilu warstw lubelskich: 385/2, 384, 389, 379, 380 i 387.

Fragmenty pokładów wskazane do dalszych studiów nad możliwościami objęcia ich zgazowaniem są rozproszone w granicach wszystkich udokumentowanych złóż i w profilu warstw lubelskich od pokładu 374 do pokładu 397, do głębokości ich występowania wynoszącej około 1000 m.

Rozmieszczenie wytypowanych obszarów w najatrakcyjniejszym pokładzie 382 pokazano na rysunku 1.



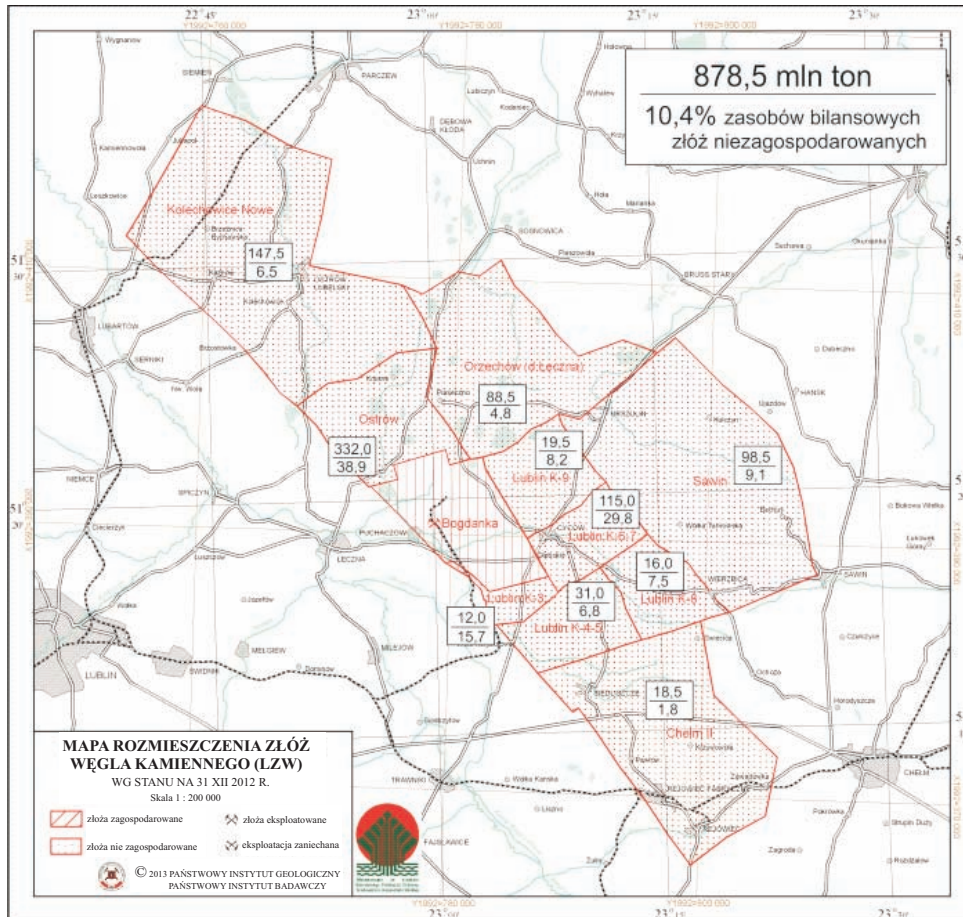
Rys. 1. Obszary potencjalnie przydatne do PZW w pokładzie 382 (LZW)

Fig. 1. Areas potentially useful for UCG in the 382 coal seam (LCB)

Zwraca uwagę fakt, że największy udział zasobów o wysokiej przydatności do PZW stwierdzono w złożach Ostrów (38,9% zasobów bilansowych), Lublin K-6-7 (29,8%) i Lublin K-3 (15,7%), tj. w złożach o największej węgl zasobności i przewidzianych w pierwszej kolejności do zagospodarowania górniczego tradycyjnymi technikami. Można wątpić w racjonalność przeznaczenia części pokładów najgrubszych na potrzeby PZW z punktu widzenia gospodarki złożem w skali całego zagłębia.

We wszystkich 10 niezagospodarowanych złożach LZW zasoby spełniające kryteria przydatności do podziemnego zgazowania wynoszą 878,5 mln ton w całej przestrzeni wielopokładowych złożeń, tzn. 10,4% zasobów bilansowych tych złożeń według stanu rozpoznania na 31.12.2012 r. (Bilans zasobów... 2013), tj. dokumentowanych na obowiązujących do końca 2011 r. kryteriach bilansowości. Zróżnicowanie udziału tych węgla w poszczególnych złożach przedstawiono na rysunku 2.





Rys. 2. Zasoby węgla potencjalnie przydatne do podziemnego zgazowania w LZW

Fig. 2. Coal reserves potentially useful for underground gasification in the LCB

Z rozważań nad przydatnością do PZW metodą szybową wyłączono złożę Bogdanka. Kopalnia eksploatuje najgrubsze i stosunkowo najmniej zmienne pokłady, a w projekcie zagospodarowania złoża i warunkach koncesji nie przewidziano eksperymentów wykorzystania resztkowych zasobów pokładów, które spełniają warunki przydatności do zgazowania. Nie ma tam również warunków prowadzenia zgazowania metodą hybrydową (otworami z wyrobisk najniższego poziomu eksploatacji), gdyż pokłady najniższe 392, 394 i 397 są cienkie, słabo rozprzestrzenione, z rosnącym udziałem węgla typu 34 i o niewielkich zasobach. Wątpliwe jest także zgazowanie otworami z powierzchni pokładów w górnej części profilu złoża, tzn. powyżej pokładu 382 z uwagi na naruszenie górotworu w wyniku eksploatacji pokładów niżej leżących (podebranie pokładów) i niebezpieczeństwo niekontrolowanej emisji gazów w spękanym górotworze.

Podziemne zgazowanie węgla jest nową, ciągle słabo rozpowszechnioną dziedziną górnictwa. Wydaje się, że ta technika eksploatacji nie powinna wymagać zasadniczych zmian w przepisach prawa geologicznego i górniczego. Włączenie do znowelizowanej ostatnio ustawy (Ustawa PGG 2014) kolejnych zmian byłoby tylko jeszcze jednym przejawem nadregulacji prawnej. Za dużymi zmianami PGG opowiadają się Dulewski i in. (2013), a u podstaw tych rozważań stoi wątpliwość czy podziemne zgazowanie *ma cechy wydobywania kopaliny ze złoża* i bardziej kategoryczne stwierdzenie, że podziemne zgazowanie nie jest wydobywaniem kopaliny. Bliższa akceptacji w dyskusji nad kierunkami doskonalenia prawa geologicznego i górniczego jest propozycja Szamałka (2011), żeby złożo zdefiniowano jako: *nagromadzenie minerałów, skał oraz innych substancji, powstałych w wyniku procesów naturalnych lub technicznych procesów przetwarzania skał w górotworze, których wydobywanie może przynieść korzyść gospodarczą*. Jest to ważne, gdyż gaz syntezowy (syngaz) nie jest naturalnym nagromadzeniem kopaliny, ale powstaje jako produkt procesu prowadzonego w złożu kopaliny, która sama nie jest wydobywana, a tylko *in situ* przetwarzana. Inną sprawą pozostaje, od czego należałoby naliczać opłatę eksploatacyjną: od tony przereagowanego węgla w złożu czy od metra sześciennego syngazu, który nie jest kopaliną. Obydwa rozwiązania są dyskusyjne, bo nie wiadomo co znaczy ilość węgla objętego zgazowaniem (bo nie odłączenia od złoża), albo czy np. opłaty za pozyskanie gazu o zróżnicowanej wartości opałowej nie powinny być różne (przez analogię do zróżnicowanych opłat eksploatacyjnych za wydobywanie gazu wysokometanowego i pozostałego). A może zrezygnować z tej opłaty na wzór promocyjnej zerowej stawki przy pozyskiwaniu metanu z węgla kamiennego? Specyfika PZW nakładałaby bez wątpienia obowiązek wprowadzenia szczegółowych przepisów ruchu zakładów górnich realizujących zgazowanie podziemne.

## **Podsumowanie**

Przy aktualnym niskim stanie wiedzy na temat podziemnego zgazowania węgla, szczególnie w odniesieniu do:

- przebiegu procesu w zróżnicowanych warunkach geologicznych,
- warunków migracji gazów w górotwór w otoczeniu georeaktora i skały możliwych z tego tytułu zagrożeń

nie ma obecnie szans rekomendowania metod PZW jako istotnie uzupełniających stosowane techniki eksploatacji. Szczególnie nieprzydatne do PZW są części pokładów cienkich, silnie zuskokowanych oraz położonych w obrębie najbardziej przepuszczalnych i zawodzionych utworów w profilu złóż wielopokładowych. Nie ma postępu w wyjaśnieniu możliwości zgazowania *in situ* węgli wyższych typów oraz wpływu przeobrażeń termicznych skał izolujących pokład na zasięg i drogi migracji gazów toksycznych w górotworze.

Bagatelizowany jest również wpływ uwarunkowań środowiskowych na możliwość podziemnego zgazowania metodą otworową.

W warunkach geologicznych LZW potencjalnie przydatnych do zgazowania jest tylko nie więcej niż około 10,4% zasobów bilansowych zagłębia wbrew wcześniejszym, nieuprawnionym sugestiom szerszej możliwości stosowania tej metody wykorzystania złóż. Mnogość wielu innych czynników o niewyjaśnionym znaczeniu może istotnie ograniczyć wskazaną wstępnie bazę zasobową.

Dużą rolę w kształtowaniu przyszłości PZW odegra polityka koncesyjna Ministra Środowiska, gdyż chodzi o złoża objęte własnością górniczą, do której prawo posiada Skarb Państwa.

W trosce o racjonalność gospodarki złożami i bezpieczeństwo energetyczne kraju zdecydowanie należałoby preferować przy zagospodarowaniu złóż LZW sprawdzone, tańsze i bardziej efektywne techniki eksploatacji górniczej.

Na przyszłość podziemnego zgazowania węgla lubelskich w niezagospodarowanych do tej pory złożach trzeba spojrzeć sceptycznie. Węgla energetyczne LZW z istniejącej kopalni Bogdanka i mających powstać w przyszłości zakładów górniczych mogą być natomiast w przewadze przydatne do skutecznego zgazowania naziemnego.

Praca wykonana w ramach Zadania Badawczego nr 3 finansowanego przez NCBiR na podstawie Umowy nr SP/E/3/7708/10

## Literatura

- Białecka, B. 2008. Estimation of coal resources for UCG in the Upper Silesian Coal Basin, Poland. *Nat. Resources Research*. V.17, nr 1, s. 21–28.
- Bilans zasobów złóż kopalin w Polsce wg stanu na 31 XII 2012 r., 2013, PSG, Warszawa: Państw. Inst. Geol. – Państw. Inst. Bad.
- Bilans zasobów złóż kopalin w Polsce wg stanu na 31 XII 2013 r., 2014, PSG, Warszawa: Państw. Inst. Geol. – Państw. Inst. Bad.
- Czaplicka-Kolarz i in. 2013 – Czaplicka-Kolarz, K., Galiniak, G., Klich, J. i Strugała, A. 2013. Badania procesu podziemnego zgazowania węgla w ramach Projektu NCBiR i ocena bazy surowcowej dla tego procesu. *Przeł. Górn.* Nr 2, t. 69, s. 1–7.
- Dembowski, Z. i Porzycki, J. 1967. Wyniki prac geologiczno-poszukiwawczych w nowo odkrytym Lubelskim Zagłębiu Węglowym. *Przeł. Geol.* Nr 1, s. 4–10.
- Dembowski, Z. i Porzycki, J. (red.) 1988. Karbon Lubelskiego Zagłębia Węglowego. *Prace Inst. Geol.* LXXII, Warszawa.
- Drzewiecki, J. 2012. The basic technological conditions of underground coal gasification (UCG). *AGH Journal of Mining and Geoengineering*. Vol. 36. No 1., p. 117–124.
- Dulewski i in. 2013 – Dulewski, J., Gisman, P. i Wolny, K. 2013. Kierunki zmian prawa geologicznego i górniczego w aspekcie dostosowania do podziemnego zgazowania węgla. *Przeł. Górn.* Nr 2, T. 69, s. 169–173.
- Nieć, M. 2012. Geologiczne bariery i ograniczenia dla podziemnego zgazowania węgla. *Biul. Państw. Inst. Geol.*, 448, s. 183–194.
- Nieć i in. 2013 – Nieć, M., Checko, J., Górecki, J. i Sermet, E. 2013. Uwarunkowania geologiczno-złożowe stosowania podziemnego zgazowania węgla w polskich złożach węgla kamiennego. *Przeł. Górn.* 2, s. 26–36.
- Palarski i in. 2009 – Palarski, J., Wirth, H. i Karaś, H. 2009. Koncepcja eksploatacji złóż węgla brunatnego z zastosowaniem technologii zgazowania termicznego. *Szkola Ekspl. Podziemnej. Symp. i Konf.* IGSMiE PAN nr 74, s. 41–53.
- Porzycki, J. 1978. *Atlas geologiczny Lubelskiego Zagłębia Węglowego*. Warszawa: Inst. Geol.
- Sermet, E. 2013. Obszary chronione w granicach Lubelskiego Zagłębia Węglowego – potencjalna bariera zagospodarowania złóż. *Górn. Odkryw.* Nr. 2, s. 122–127.
- Sermet, E. i Górecki, J. 2012. Podstawowe kryteria możliwości podziemnego zgazowania węgla w Lubelskim Zagłębiu Węglowym. *Zesz. Nauk. IGSMiE PAN*, nr 83, s. 185–192.
- Sermet, E. i Górecki, J. 2013. Główne czynniki ograniczające stosowanie podziemnego zgazowania w polskich złożach węgla kamiennego. *Documenta Geonica* nr 1, s. 147–150, Ostrava.
- Sermet, E. i Górecki, J. 2014. Ocena potencjału zasobowego złóż Lubelskiego Zagłębia Węglowego do podziemnego zgazowania węgla. *Górn. Odkryw.* nr 2–3.



Szamałek, K. 2011. Potencjalne pułapki definicyjne ustawy prawo geologiczne i górnicze powstałe w wyniku rozwoju technik geologicznych i górniczych. *Zesz. Nauk. IGSMiE PAN* nr 81, s. 31–35.

Ustawa z 11.07.2014 o zmianie ustawy prawo geologiczne i górnicze oraz niektórych innych ustaw. *Dz.U.* 2014 poz. 1133.

Zdanowski, A. (red.) 1999. *Atlas geologiczny Lubelskiego Zagłębia Węglowego*. Warszawa: Państw. Inst. Geol.

