

OCENA SZANS PODZIEMNEGO ZGAZOWANIA WĘGLA W NIEZAGOSPODAROWANYCH ZŁOŻACH LUBELSKIEGO ZAGŁĘBIA WĘGLOWEGO

ASSESSMENT OF UNDERGROUND COAL GASIFICATION CHANCES IN THE UNDEVELOPED LUBLIN COAL BASIN DEPOSITS

Edyta Sermet, Jerzy Górecki - AGH Akademia Górniczo-Hutnicza, WGGiOŚ, KGZiG, Kraków

W artykule przedstawiono stan rozpoznania Lubelskiego Zagłębia Węglowego, pozycję geologiczną i charakterystykę złóż pod kątem możliwości podziemnego zgazowania węgla (PZW). Warunkami niezbędnymi do efektywnego stosowania PZW są: minimalna miąższość pokładów 1,5m, typy węgla 31-32 (33), położenie poza półkami bezpieczeństwa wyznaczonymi z uwagi na zagrożenie wodne od nadkładu i minimalna powierzchnia parceli spełniającej powyższe warunki 1,5 km². Podkreślono konieczność lepszego rozpoznania złoża w aspekcie projektowania podziemnego zgazowania.

W złożach LZW znajduje się około 900 mln ton węgla na obszarach potencjalnie atrakcyjnych do zgazowania – wytypowanych w obrębie złóż w różnych pokładach.

Przy aktualnym stanie wiedzy na temat PZW nie ma podstaw do rozważania tej metody jako alternatywnej, ani uzupełniającej dla konwencjonalnych metod eksploatacji w warunkach LZW.

Słowa kluczowe: Lubelskie Zagłębie Węglowe, kryteria podziemnego zgazowania węgla

This paper presents the characteristics of the Lublin Coal Basin (LCB) and its geological setting from the perspective of underground coal gasification (UCG). The most promising seam qualities and coal properties for the primary conditional assessment of effective UCG have been marked out. These include minimal thickness of 1.5m, coal types 31-32 (33), location outside the range of safety pillars and minimal surface area of parcels of 1.5 km². Better exploration of deposits is necessary. Currently, 900 million tones of coal are suitable for UCG – in various deposits and different parts of Lublin beds profile. The current state of knowledge on UCG processes precludes this method as an alternative or a supplement for traditional mining methods of exploitation.

Key words: Lublin Coal Basin, basic criteria of underground coal gasification

Wstęp

Podziemne zgazowanie węgla (PZW), jako jedna z form wykorzystania gospodarczego złóż węglowych jest procesem znanym od przełomu XIX i XX wieku [4, 5]. Podejmowane od prawie stu lat eksperymenty w zakresie PZW kończyły się w większości przypadków niepowodzeniem lub były krótkotrwałe. Jedyną instalacją działającą na skalę przemysłową przez dłuższy czas znana jest ze złoża twardego węgla brunatnego Angren w Uzbekistanie, choć pozyskiwany tam gaz syntezowy nie jest najwyższej jakości [6]. Inne instalacje komercyjne, np. Chinchilla w Australii, Majuba w RPA i Wulonchabu w Chinach, działają od niedawna na ograniczoną skalę w pokładach o dużej miąższości i w dogodnych warunkach geologiczno-górnictwowych eksploatacji. Projekty nowych eksperymentów i instalacji pilotowych mają być realizowane m.in. w USA, Kanadzie, Australii, Nowej Zelandii, Chinach, Indiach, Pakistanie i Chile [5]. Nadal odczuwalny jest niedostatek rozstrzy-

gnięć modelowych i doświadczalnych. Skuteczne i efektywne pozyskiwanie gazu z węgla możliwe jest przede wszystkim z pokładów grubych o miąższości od 2-3 do kilkunastu i więcej metrów, zaś wpływ innych czynników na potrzeby PZW nie jest jednoznacznie wyjaśniony.

Czy specyfika polskich zagłębi węglowych, niski stan rozpoznania wielu obszarów złożowych i tradycje bądź plany rozwoju górnictwa stosującego konwencjonalne metody eksploatacji, dają szansę na stosowanie PZW jako metody alternatywnej, albo uzupełniającej? Podjęte ostatnio w Polsce badania nad opracowaniem wysokoefektywnych technologii zgazowania węgla obejmują m.in. ocenę dostępnej bazy zasobowej na potrzeby PZW. Najogólniej, dotychczasowa ocena ta prowadzi do ostrożnego formułowania możliwości stosowania PZW raczej na skalę lokalną.

Ponizej przedstawiono ocenę stanu zasobów niezagospodarowanych złóż Lubelskiego Zagłębia Węglowego na potrzeby zgazowania tzw. metodą bezszybową. Metoda ta, stosowana

w większości światowych eksperymentów i instalacji pilotowych, polega na udostępnieniu złoża otworami wierconymi z powierzchni – pionowymi, kierowanymi i kierunkowymi [5].

Stan rozpoznania geologicznego i zagospodarowania złóż LZW

W Lubelskim Zagłębiu Węglowym udokumentowano 11 złóż o zróżnicowanej powierzchni od kilkunastu do prawie trzystu km² w sztucznych granicach, wyznaczonych prawie wyłącznie wzdłuż linii łączących skrajne otwory badawcze na obszarach objętych pracami rozpoznawczymi. W dokumentacjach geologicznych wykorzystano dane z ponad pięciuset pełnordzeniowych otworów wiertniczych.

Najbardziej interesujące pod względem znaczenia geologiczno-gospodarczego okazały się złoża z okolic Łęcznej w tzw. Centralnym Rejonie Węglowym (CRW). Tam też zlokalizowano jedyną do tej pory kopalnię (użytkownikiem złoża jest Lubelski Węgiel „Bogdanka” S.A.). Pozostałe złoża CRW, to rozpoznane głównie w kategorii C₁ złoża Lublin K-3, Lublin K-6-7, Lublin K-8 i Lublin K-9 oraz udokumentowane wyłącznie w kategorii C₂ złoża Lublin K-4-5. Na północny-zachód od CRW rozpoznano złoża Kolechowice i Kolechowice II, udokumentowane później jako złoża Kolechowice Nowe (tylko kategoria C₂) oraz złoża Ostrów (kategoria C₁+C₂). Kolejne złoża, to złoża Chełm II (na SE od CRW) oraz złoża Sawin i Orzechów (na E i NE o CRW) – wszystkie udokumentowane wyłącznie w kategorii C₂.

Ogółem zasoby 10 niezagospodarowanych złóż LZW, udokumentowane według kryteriów bilansowości obowiązujących do końca 2011 roku, wynoszą 8 460 549 tys. ton (około 8,5 mld ton), w tym 1 359 187 tys. ton w kategorii C₁ (16,1%) i 7 101 362 tys. ton, tj. 83,9% w kategorii C₂ [1]. Złoża niezagospodarowane są zatem rozpoznane nierównomiernie, w przewadze słabo, niewystarczająco z punktu widzenia projektowania górnictwa.

Podsumowanie historii badań geologicznych, pozycję geologiczną LZW, budowę poszczególnych złóż, rodzaj i jakość kopaliny oraz geologiczno-górnictwa warunki przyszłej eksploatacji przedstawiono m.in. w obszernych monografiach i opracowaniach kartograficznych [8, 2, 11].

Najważniejsze cechy budowy geologicznej złóż LZW

Lubelskie Zagłębie Węglowe jest położone w brzeżnej strefie platformy wschodnioeuropejskiej. Utwory karbonu leżą na starszych osadach paleozoiku i skałach krystalicznych proterozoiku. Najbardziej węglorasobną formacją karbonu jest formacja lubelska (warstwy lubelskie, westfal A-B), której miąższość zmienia się od kilkadziesiątu do kilkuset metrów. Warstwy te buduje w przewadze seria mułowcowo-iłwocowa (średnio około 42% mułowców i 34% iłowców). Piaskowce występują podrzędnie i zazwyczaj bez większych prawidłowości, stanowiąc średnio 16% profilu. W warstwach lubelskich występuje około 50 przewarstwień i pokładów węgla o miąższościach od 0,05 do 3,8 m, najczęściej 0,8-1,5 m. Tylko około 24 pokłady tzw. profilu kompilowanego osiągają miąższości bilansowe. Udział utworów fitogenicznych nie przekracza 8%. Zwraca uwagę to, że prawie 80% pokładu ma złożoną budowę wewnętrzną. Zmiany miąższości są znaczne, w pokładach występuje nawet 4-5 przerostów, z których najgrubsze powodują

rozszczepienie pokładów, dość powszechne są także ścięcia erozyjne. Szczególną cechą wszystkich złóż jest występowanie niewielu pokładów grubych o miąższościach powyżej 1,5 m, zresztą z reguły o ograniczonym zasięgu w poszczególnych obszarach złożowych. Najatrakcyjniejsze, najgrubsze, mało zmienne o największym zasięgu występowania są pokłady 391 i 385. Względnie stałe, dostatecznie grube, możliwe do zagospodarowania w różnych formach są pokłady 397, 394, 389, 382, 377 i 375. Pokłady pozostałe są najczęściej cienkie i bardzo zmienne.

Tektonika złóż jest słabo rozpoznana, dotyczy to zwłaszcza tektoniki uskokowej. Rozciągłość warstw lubelskich ma zasadniczo kierunek NW-SE, a kąty upadów nie przekraczają zazwyczaj kilkunastu stopni. Główne uskoki o zasięgu ponadlokalnym (regionalnym) i zrzutach do kilkadziesiątu metrów mają przebieg NE-SW i NW-SE. W złożach niezagospodarowanych nic nie wiadomo praktycznie na temat występowania uskoków „pokładowych” o niewielkich zrzutach i lokalnym zasięgu.

Utwory karbońskie są przykryte nadkładem o grubości powyżej kilkuset metrów, wzrastającej z NE na SW. W profilu przeważają węglanowe utwory kredowe (400-600 m), inne ogniwa stanowią osady jurajskie, lokalnie pokrywy trzeciorzędowe i wszędzie utwory czwartorzędowe, na ogół nie grubsze niż 50 m. Zasadniczym czynnikiem konfliktowości geologiczno-górnictwa warunków udostępnienia złóż jest właśnie gruby i silnie zawodniony nadkład. Szczególne zagrożenia wodne pochodzą ze spękanych utworów kredy górnej, piaskowców fosforytonośnych albu oraz osadów jurajskich.

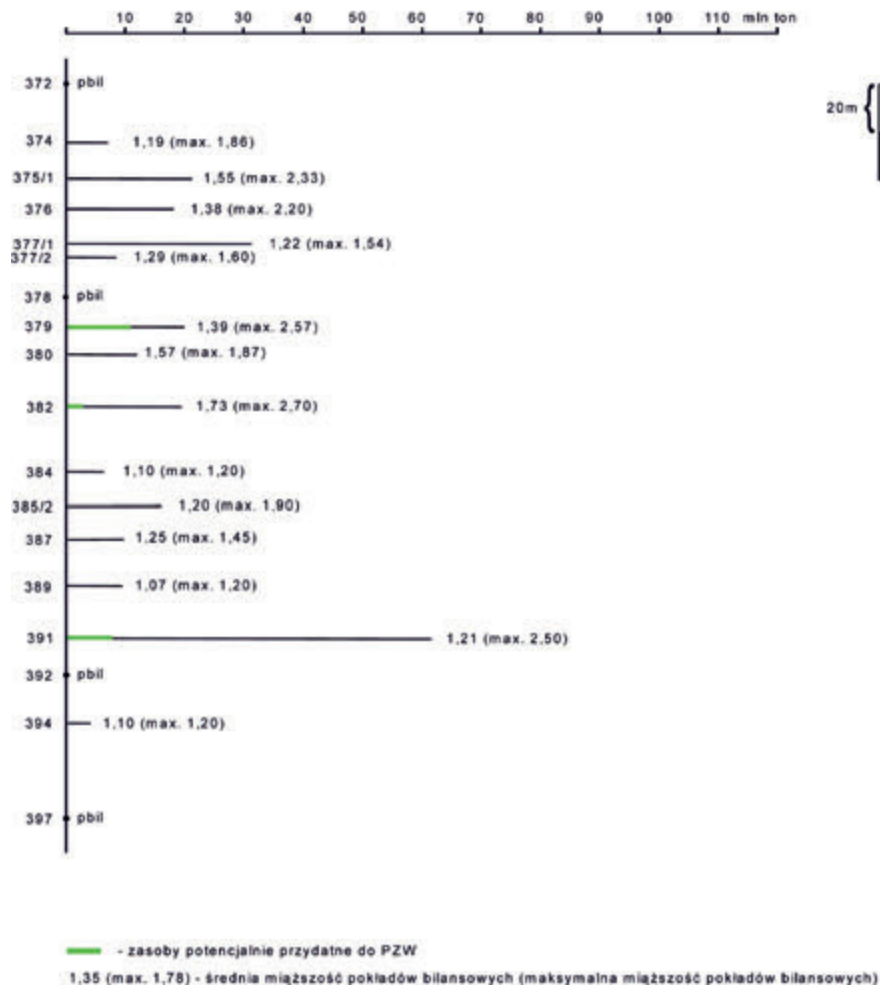
Podziemne zgazowanie węgla metodą otworową

Kryteria kwalifikacji węgla do podziemnego zgazowania metodą otworową – określone przy aktualnym stanie wiedzy (niewiedzy?) – dotyczą przede wszystkim miąższości pokładów, właściwości węgla, budowy wewnętrznej złoża (ciągłości, przerostów itp.), warunków hydrogeologicznych w złożu i jego otoczeniu (szczelności pokładów w rejonie gazogeneratora), tektoniki złóż oraz budowy i grubości nadkładu [3, 6, 7].

Rola poszczególnych czynników kwalifikacyjnych jest zróżnicowana, często niewyjaśniona [6, 9, 10].

Wstępną ocenę bazy zasobowej potencjalnie atrakcyjnej dla PZW oparto na kilku czynnikach najlepiej uzasadnionych doświadczeniami praktycznymi. Może się okazać, że zasoby węgla lubelskich dla potrzeb PZW okażą się znacznie bardziej ograniczone po uwzględnieniu większej liczby czynników ograniczających podziemne zgazowanie. Za najważniejsze kryterium kwalifikacji pokładów do podziemnego zgazowania uznano miąższość węgla przekraczającą 1,5 m; przydatność pokładów o miąższości 1 – 1,5 m jest niewyjaśniona, raczej wątpliwa. W wielu pokładach, nawet o dużych zasobach, miąższość >1,5 m w ogóle nie występuje lub jest stwierdzona na małym obszarze.

Uważa się, że efektywne zgazowanie jest możliwe w przypadku węgla energetycznych typów 31 – 32, ewentualnie 33. Węgla płomienne typu 31 i gazowo-płomienne typu 32.1 i 32.2 dominują w północnej części LZW, węgle gazowe typu 33 występują podrzędnie. Strefa węgla gazowo-kokowego typu 34 obejmuje głównie południową część LZW. Ogółem udział węgla energetycznych o niskiej spiekalności wynosi w całym LZW niemal 90%.



Rys.1. Położenie pokładów i struktura zasobów w złożu Lublin K-9
Fig.1. Location of coal seams and structure of reserves in the Lublin K-9 deposit

Partie pokładów węgla energetycznych o miąższościach $>1,5$ m powinny być szczelnie izolowane od zawodnionego nadkładu karbonu produktywnego. Szczegółowe wymagania co do tej szczelności nie są potwierdzone żadnymi eksperymentami. Przyjmujemy, że przestrzeń w półkach bezpieczeństwa wyznaczonych do głębokości 100 m od stropu karbonu nie powinna być objęta podziemnym zgazowaniem. Wprawdzie tylko nielicznym pokładom w LZW towarzyszą piaskowce (nie tworzące zresztą warstw ciągłych na dużym obszarze), ale kontakty hydrauliczne zawodnionego nadkładu z karbonem poprzez wychodnie pokładów na strop karbonu i uskoki szczelność pokładów wyraźnie obniżają. Nie wiadomo jaki wpływ na efektywność zgazowania będzie miało bliskie położenie sąsiednich pokładów – odległości te rzadko przekraczają kilkanaście metrów, a zasięg migracji gazów w stropie zgazowywanego pokładu może okazać się większy.

Nie ma żadnej pewności co do roli przerostów skał płonnych w pokładach; najlepiej, aby ich nie było, ale większość pokładów przerosty takie zawiera.

Innym ograniczeniem bazy zasobowej dla PZW jest wymóg minimalnej powierzchni parceli pokładu o miąższości $>1,5$ m, położonego poza półkami bezpieczeństwa. Parcela powinna mieć powierzchnię około $1,5$ km² i występować z dala od uskoczków ponadlokalnych. Parcele o takiej charakterystyce są odosobnione i w przypadku planowania eksperymentalnego zgazowania wymagają lepszego rozpoznania. Otwory rozpoznawcze, mogące służyć później jako otwory eksploatacyjne, powinny być wiercone w odległościach poni-

żej 500 m, będą zatem kosztowne z uwagi na dużą głębokość (najczęściej 800-1000 m).

Niektóre warunki niezbędne dla efektywnego PZW przy obecnym stanie wiedzy [6] są w LZW spełnione. Dotyczy to m.in. zawartości popiołu w węglu (najczęściej nie przekracza 15%), wilgotności higroskopijnej węgla (w węglu energetycznym na ogół nie więcej niż kilkanaście %), zawartości siarki (średnio poniżej 2% - najniższa w centralnej części zagłębia, najwyższe wartości w peryferyjnych rejonach LZW) oraz metanonośności (niska $<2\text{m}^3/\text{t}_{\text{CSW}}$ lub jej brak).

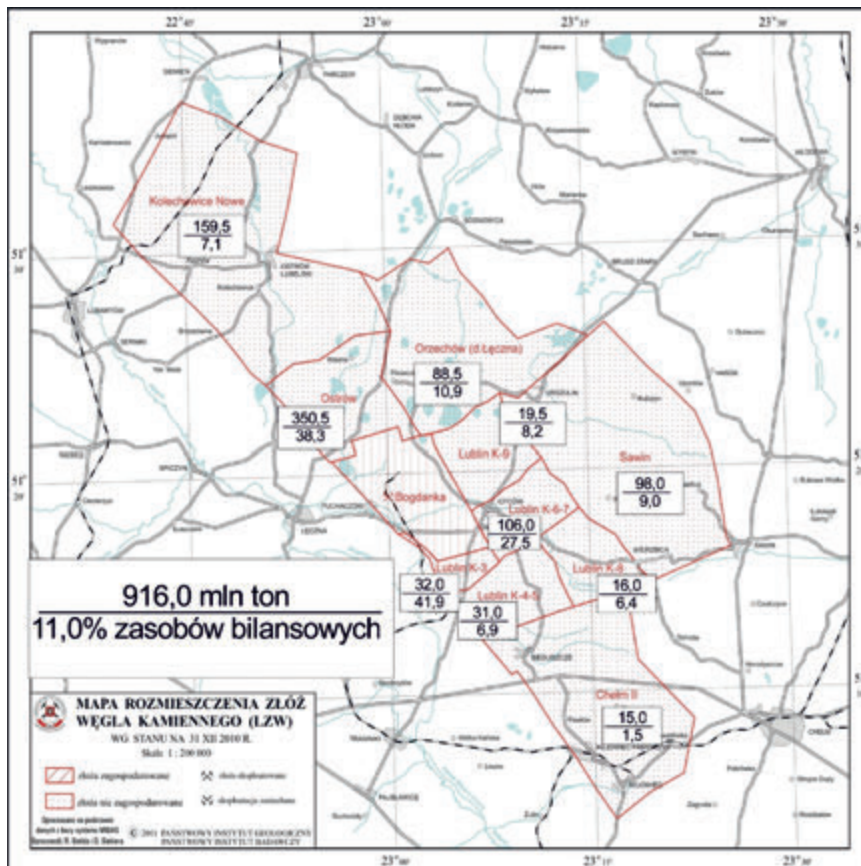
Dodatkowym ograniczeniem możliwości wykorzystania wytypowanych rejonów mogą być uwarunkowania środowiskowe. Niektóre z rejonów potencjalnie atrakcyjnych dla PZW występują w granicach lub w pobliżu wielkoobszarowych form ochrony przyrody (parków narodowych, parków krajobrazowych, rezerwatów, obszarów chronionego krajobrazu i obszarów Natura 2000).

Z przeprowadzonej analizy bazy zasobowej LZW [10] wynika, że zasoby potencjalnie przydatne do zgazowania występują w sporym rozproszeniu w poszczególnych obszarach złożowych i w profilu warstw lubelskich.

Największy udział zasobów w pokładach węgla energetycznych o miąższości $>1,5$ m, poza półkami bezpieczeństwa od stropu karbonu oraz w parcelach o powierzchni minimum $1,5$ km² stwierdzono w niewielkim złożu Lublin K-3, złożu Orzechów i złożu Lublin K-6-7. Złóża te przylegają do granic złoża Bogdanka i mogą być z uwagi na dużą węglozasobność przedmiotem tradycyjnego zagospodarowania górniczego w



Rys.2. Mapa pokładu 379 (złożo Lublin K-9) z obszarami potencjalnie przydatnymi do PZW
 Fig.2. Map of 379 seam with areas potentially useful for UCG (Lublin K-9 deposit)



Rys.3. Zasoby węgla potencjalnie przydatne do podziemnego zgazowania
 Fig.3. Coal reserves potentially useful for underground coal gasification

nieodległej przyszłości. Przeznaczenie najbardziej atrakcyjnych części tych złóż (najgrubszych pokładów) na potrzeby PZW nie wydaje się rozwiązaniem alternatywnym dla konwencjonalnej eksploatacji podziemnej, zwłaszcza z punktu widzenia racjonalnej gospodarki złożem.

Najniższy udział zasobów potencjalnie przydatnych dla PZW notuje się w złożu Chełm II (co wynika głównie z największego udziału zasobów węgla gazowo-koksowych typu 34, nieprzydatnych do zgazowania), niski – poniżej przeciętnego – w złożach Lublin K-8, Lublin K-4-5, Lublin K-9, Kolechowice Nowe i Sawin. Na rysunku 1 pokazano przykładową strukturę zasobów złoża Lublin K-9, a na rysunku 2 – mapę pokładu 379, w którym na powierzchni 3,5 km² wskazano około 10 mln ton węgla typu 32 potencjalnie przydatnych dla PZW.

Ogółem zasoby węgla przydatne dla PZW szacuje się w złożach niezagospodarowanych LZW na około 900 mln ton, rozmieszczonych nieregularnie w planie i w profilu złóż (rys. 3), co stanowi niespełna 11% całości zasobów bilansowych.

Podsumowanie

Złoża Lubelskiego Zagłębia Węglowego mogą być objęte w niewielkim zakresie zgazowaniem termicznym metodą otworową (bezszybową), systemem otworów wierconych z powierzchni. Projektowanie podziemnego zgazowania wymaga jednak całościowego spojrzenia na racjonalną gospodarkę złożami LZW.

W niezagospodarowanych złożach tego zagłębia występują partie pokładów, w których miąższość węgla energetycznego typów 31-32 (33) przekracza 1,5 m na powierzchniach powyżej 1,5 km², ale ich udział oraz rozmieszczenie w granicach złóż i profilu pionowym poza stropową częścią profilu warstw lubelskich są mocno zróżnicowane.

Zasoby potencjalnie atrakcyjne dla PZW wynoszą około 900 mln ton, tzn. ponad 10% całości zasobów bilansowych, ale należy pamiętać, że wyeksploatowanie tą metodą małych fragmentów najbogatszych pokładów może przeszkodzić w wybraniu pozostałych technikami konwencjonalnymi.

Z uwagi na niski stopień dokładności rozpoznania złóż, obszary typowane do PZW wymagają kosztownego zagęszczenia sieci rozpoznawczej (do odległości między otworami nie większych niż 500 m).

Potencjalna eksploatacja fragmentów złóż metodą otworową będzie musiała uwzględnić również uwarunkowania środowiskowe, gdyż rozległe instalacje powierzchniowe mogą kolidować z wielkoobszarowymi formami ochrony przyrody, zwłaszcza obszarami Natura 2000.

Przy aktualnie niskim stanie wiedzy na temat PZW, niedostatku modelowania i badań eksperymentalnych, brakuje realnych podstaw rozważania tej metody jako alternatywnej bądź uzupełniającej dla konwencjonalnych metod eksploatacji w warunkach Lubelskiego Zagłębia Węglowego [7]. Możliwości jej lokalnego zastosowania na niewielką skalę powinny być określone w trakcie dalszych badań.

Pracę wykonano w ramach zadania badawczego pt. „Opracowanie technologii zgazowania węgla dla wysokoefektywnej produkcji paliw i energii elektrycznej” finansowanego przez NCBR w ramach strategicznego programu badań naukowych i prac rozwojowych pt.: „Zaawansowane technologie pozyskiwania energii” oraz częściowo w ramach badań statutowych KGZiG AGH.

Literatura

- [1] *Bilans zasobów kopalin i wód podziemnych w Polsce wg stanu na 31 XII 2011r.*, Państw. Inst. Geol. – Państw. Inst. Bad., Warszawa, 2012
- [2] Dembowski Z., Porzycki J. (red)– *Karbon Lubelskiego Zagłębia Węglowego*. Prace Państw. Inst. Geol., CXXII, Warszawa, 1988
- [3] 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
- [4] Hajdo S., Klich J., Ptak K.– *Uwarunkowania podziemnego zgazowania węgla – 100 lat rozwoju metody*. Górn. i Geoinż. R. 34, z. 4, s. 225 – 235, 2010
- [5] Ludwik-Pardała M., Niemołko K.– *Przegląd metod podziemnego zgazowania węgla na podstawie wybranych przeprowadzonych prób na świecie*. Przegl. Górn., 2, s.8-16, 2013
- [6] Nieć M.– *Geologiczne bariery i ograniczenia dla podziemnego zgazowania węgla*. Biul. PIG 448, s.183-194, 2012
- [7] Nieć M., Chećko J., Górecki J., Sermet E. - *Uwarunkowania geologiczno-złożowe stosowania PZW w polskich złożach węgla kamiennego*, Przegl. Górn., 2, s.26-36, 2013
- [8] Porzycki J.– *Atlas geologiczny Lubelskiego Zagłębia Węglowego*. Inst. Geol., Warszawa, 1978
- [9] Sermet E., Górecki J.– *Szanse podziemnego zgazowania węgla na przykładzie złoża Sawin (Lubelskie Zagłębie Węglowe)* Biul. PIG, 448, s. 201 – 208, 2012
- [10] Sermet E., Górecki J. - *Podstawowe kryteria możliwości podziemnego zgazowania węgla w Lubelskim Zagłębiu Węglowym*. Zesz. Nauk. IGSMiE PAN, nr 83, s. 185 – 192, 2012
- [11] Zdanowski A.– *Jakość węgla w Lubelskim Zagłębiu Węglowym*. Biul. Państw. Inst. Geol., 439 (1): 189 – 195, 2010