



Międzynarodowa Konferencja  
„Przyszłość węgla w gospodarce świata i Polski”  
Katowice 15-16 listopada 2004. Wyd. GIPH, Katowice, s. 170-177

prof. dr hab. inż. Wiesław **BLASCHKE**  
Instytut Gospodarki Surowcami Mineralnymi  
i Energią PAN, Kraków

## Problemy produkcji czystych węgla jako źródła wytwarzania czystej energii

### Streszczenie

*W referacie zasygnalizowano cele programu Clean Coal Technology. Omówiono zagadnienia związane z przygotowaniem czystych węgla do spalania. Podano jakość miałów energetycznych, w tym używanych w energetyce zawodowej. Stwierdzono małą podaż „czystych węgla” związaną jednak z ograniczonym na nie popytem. Omówiono o czynniki powodujące ograniczenie produkcji czystych węgla. Zwrócono uwagę na fakt, iż nie ma istotnych powodów ograniczających dostawy czystych węgla. Jakość węgla w złożach jest bardzo dobra, a stan przeróbki (choć niezadawalający) umożliwia produkcję czystych węgla. Produkcja czystej energii z czystego węgla wymaga jedynie współpracy pomiędzy górnictwem węgla kamiennego a energetyką zawodową z pominięciem partykularnych branżowych interesów.*

### 1. Wprowadzenie

Polska jest największym producentem węgla kamiennego w Europie. Około 85% produkcji stanowi węgiel do celów energetycznych, pozostałą część stanowi węgiel do koksowania. Eksport węgla kamiennego był zawsze znaczącą pozycją w bilansie handlowym i źródłem poważnej ilości dewiz. W ostatnich latach stanowi on około 20% produkcji. Głównymi odbiorcami zagranicznymi polskiego węgla kamiennego są kraje Unii Europejskiej.

Węgiel kamienny jest w Polsce podstawowym surowcem energetycznym. Jego wydobycie odbywa się w dwóch zagłębiach węglowych: Górnosląskim i Lubelskim. Wielkość zasobów operatywnych węgla kamiennego wynosi około 5,2 mld ton i wystarczą one na pokrycie potrzeb naszej gospodarki na wiele dziesięcioleci. Głównymi użytkownikami węgla kamiennego w kraju są: energetyka, koksownictwo, pozostały przemysł oraz indywidualni odbiorcy.

W Górnosląskim Zagłębiu Węglowym występują wszystkie typy węgla energetycznego i koksującego. W Lubelskim Zagłębiu Węglowym aktualnie występują tylko węgle energetyczne – jest to zagłębie rozwojowe.

Jednym z najważniejszych problemów technicznych i ekonomicznych związanych z produkcją czystego węgla kamiennego jest jego przeróbka mechaniczna (wzbogacanie). W wyniku procesów przerobczych z urobku uzyskuje się określone sortymenty węgla o żądanej jakości, bądź sortymenty posiadające określone własności techniczne i technologiczne związane z jego dalszym wykorzystaniem. Technologia wzbogacania

węgla jest dostosowana do wymagań jakościowych odbiorców krajowych i zagranicznych oraz do charakterystyki technologicznej węgla surowego.

Program technologii produkcji czystych węgla zaczęto w Polsce wprowadzać z dużym opóźnieniem w stosunku do krajów zachodnich. Program ten, jak wiadomo, ma na celu opracowanie nowych technologii pozyskiwania i użytkowania węgla, które pozwolą na utrzymanie ostrych norm (limitów) emisji zanieczyszczeń do atmosfery przy dalszym jego użytkowaniu. Znaczące osiągnięcia w tym zakresie ma energetyka (oczyszczanie spalin, poprawa metod spalania). Górnictwo, poza stopniową eliminacją eksploatacji słabych jakościowo pokładów węglowych, zatrzymało się na etapie doskonalenia procesów klasycznego wzbogacania.

W amerykańskim programie Clean Coal Technology szczególny nacisk położono na opracowanie nowych lub udoskonalenie znanych technologii w całym cyklu użytkowania węgla. Cykl ten obejmuje:

- ◆ oczyszczenie węgla przed spalaniem wraz z przygotowaniem mieszanek węglowych o jakości gwarantującej utrzymanie limitów emisji (Precombustion),
- ◆ eliminację szkodliwych domieszek w trakcie spalania przez doskonalenie metod spalania (Advanced combustion),
- ◆ oczyszczanie spalin (Advanced postcombustion),
- ◆ nowe konwersje węgla – zgazowanie, upłynnianie, piroliza (Conversion).

Autorzy amerykańskiego programu uważają, że żadnemu z wymienionych powyżej kierunków działania nie można przypisać decydującej roli. Problem należy rozwiązać kompleksowo, wykorzystując wszystkie możliwości tych kierunków. Uważa się, że tylko równoległe stosowanie trzech pierwszych kierunków może dać zadawalające efekty przy najniższych nakładach.

Przygotowanie „czystego węgla” do spalania (Precombustion) odbywa się w zasadzie dwuetapowo. Etap pierwszy obejmuje klasyczną przeróbkę, etap drugi natomiast obejmuje dodatkowe czynności i procesy poprawiające parametry jakościowe wstępnie wzbogaconego węgla.

## **2. Przygotowanie czystego węgla do spalania**

Pierwszy etap „tworzenia czystego węgla” oparty jest na klasycznych metodach jego wzbogacania. Węgiel surowy (urobek węglowy) poddawany jest procesom przeróbczym, które w cyklach wzbogacania uwzględniają usuwanie skały płonnej i wysokopopiołowych przerostów. Wzbogacanie prowadzi się w separatorach cieczy ciężkiej, w osadzarkach, w cyklonach wodnych, w separatorach zwojowych oraz za pomocą flotacji. Układ technologiczny procesu przeróbczego, dobór poszczególnych metod wzbogacania, a nawet urządzeń uwarunkowany jest właściwościami (tzw. technologicznymi) poszczególnych kierowanych do przeróbki węgla. Kryterium decydującym jest stworzenie możliwości jak najdoskonalszego oczyszczenia węgla surowego, a więc pełne odkamienienie urobku oraz usunięcie jak największej ilości wolnych ziarn piritu. Klasyczne metody wzbogacania są, poza metodami flotacyjnymi, najtańszym sposobem zmniejszenia emisji zanieczyszczeń do atmosfery. Ma to znaczenie dla producenta ze względu na koszt pozyskania produktów handlowych. Ma też znaczenie dla użytkownika, który względnie tanio kupić może paliwo o parametrach jakościowych dopuszczających je do spalania. Stopień oczyszczenia z popiołu i siarki w procesach przeróbczych jest różny dla węgla pochodzących z różnych kopalń. Zależy to od sposobu związania domieszek mineralnych z masą organiczną węgla oraz od procentowego udziału siarki organicznej i siarki piritowej. Ponadto istotne jest, w jaki sposób związana jest siarka piritowa z ziarnami urobku, tzn. czy tworzy zrosty z węglem, ze skałą płonną czy też są to uwolnione ziarna piritowe.

Drugi etap „tworzenia czystego węgla” oparty jest na różnych metodach, w tym uśredniania, selektywnego rozdrabniania, tworzenia mieszanek. Etap ten stosowany powinien być wówczas, gdy węgiel wzbogacony metodami klasycznymi podczas spalania przekracza dopuszczalne limity emisji SO<sub>2</sub>. Dotyczy to także węgla, których czystość urobku nie wymagała poddawania go procesom wzbogacania. W praktyce operacjom tym poddawane są koncentraty węgla kamiennych. W tej grupie działań najczęściej wykorzystywane są, podane poniżej, sposoby dostosowania parametrów jakościowych węgla do określonych wymagań poszczególnych odbiorców.

- ◆ *Uśrednianie parametrów jakościowych* – możliwe jest łączenie węgla o różnej zawartości siarki tak, aby po spaleniu nie przekroczyć dopuszczalnych limitów emisji. Warunkiem podstawowym takiego procesu jest zapewnienie stałej dostępności każdego z dobranych eksperymentalnie gatunków węgla. Przy łączeniu węgla przestrzegany być musi odpowiedni reżim uśredniania. Uśrednianie węgla nie może być bowiem dokonywane wyłącznie w celu uzyskania odpowiedniej zawartości siarki. Uśredniony węgiel musi mieć także odpowiednią (dostosowaną do parametrów pracy kotłowej) zawartość popiołu, wartość opałową oraz innych składników.
- ◆ *Selektywne rozdrabnianie* – zastosowanie tej metody ma na celu uniknięcie konieczności mieszania (łączenia) węgla lub wprowadzenia oczyszczania spalin. Metoda może być stosowana dla węgla o dużej zawartości siarki pirytovej i niskiej zawartości siarki organicznej. Węgiel poddawany jest specjalnej metodzie kruszenia, a następnie selektywnego mielenia. Te procesy prowadzi się w zakładach przerobczych. Piryt jako twardszy nie ulega przemieleniu także przy odpowiednio prowadzonym procesie rozdrabniania, np. w młynach misowo-kulowych w elektrowniach. Wówczas stosunkowo łatwo jest oddzielić go od pyłu węglowego. Stosując metodę selektywnego rozdrabniania usuwa się około 90% siarki pirytovej i większość popiołu. Koszty usuwania siarki (przeliczone na tonę SO<sub>2</sub>) są stosunkowo niskie.
- ◆ *Tworzenie mieszanek węglowo-wapiennych* – zastosowanie tej metody ma miejsce w przypadku występowania w węglach znacznych ilości siarki organicznej. Technologia polega na odpowiednim kruszeniu wzbogaconego węgla, a następnie selektywnym mieleniu z równoczesnym usuwaniem pirytu. Następnie dodaje się określone ilości zmielonego kamienia wapiennego, a także odpowiednie promotory i katalizatory. Te wszystkie dodatki reagują z pozostałą siarką organiczną, która uwalniana jest podczas spalania. Pozwala to na dodatkowe usunięcie 70-80% SO<sub>2</sub>. W ten sposób redukuje się od 80 do 90% całkowitej ilości siarki w węglu. Metoda ta może być zastosowana praktycznie dla każdego rodzaju węgla znajdującego się na rynku.
- ◆ *Bardzo głębokie wzbogacanie węgla* – procesom tym poddawane są koncentraty węglowe lub węgle surowe o dobrych parametrach jakościowych. Węgiel kierowany jest do kruszenia, często selektywnego, w celu rozluźnienia (uwolnienia) drobnych i bardzo drobnych wprysnięć skały płonnej, w tym także bardzo drobno uziarnionych pirytovej. Tak przygotowany materiał poddawany jest wzbogacaniu metodami: flokulacji selektywnej, aglomeracji, aglomeracji selektywnej, flotacji i innymi, np. ługowanie bakteryjne, wzbogacanie w ciekłym dwutlenku węgla. Większość tych procesów wymaga ściśle określonego reżimu technologicznego, a także odczynników o odpowiednich właściwościach.

W praktyce krajowej nie rozwinęły się jeszcze metody dodatkowego przygotowania „bardziej czystszy węgla”. Stosowane są w zasadzie klasyczne metody wzbogacania węgla. Stosuje się, na niewielką skalę, uśrednianie węgla i próbuje się optymalizować te procesy. Niestety nadal znaczna część miałów energetycznych nie jest wzbogacana. Ogranicza to możliwości selektywnego mielenia czy tworzenia mieszanek węglowo-wapiennych.

### 3. Przeróbka mechaniczna węgla kamiennego w Polsce

W Polsce, w przemyśle węglowym pracuje 45 zakładów przeróbki węgla kamiennego. Poziom techniczny wyposażenia zakładów przerobczych w maszyny i urządzenia oraz zakres wzbogacania zależą od typu węgla; im wyższy typ węgla, tym z reguły szerszy zakres jego wzbogacania i bardziej nowoczesne maszyny. W przypadku węgla koksowego wzbogacanie prowadzone jest w pełnym zakresie. Zdolności produkcyjne zakładów przerobczych i ich sekcji technologicznych są wykorzystywane w zależności od potrzeb rynkowych. Ogólnie można stwierdzić, że stopień wykorzystania zdolności produkcyjnych w zakresie wzbogacania węgla jest niezadawalający.

To, co najbardziej odróżnia krajowy poziom przeróbki mechanicznej węgla kamiennego od poziomu światowego, sprowadza się do następujących zagadnień:

- ◆ w zagranicznych zakładach przeróbki mechanicznej węgla, zgodnie z zasadą osiągania maksymalnego zysku w procesach wzbogacania węgla, dąży się do odzysku substancji węglowej z materiału surowego (urobku węglowego). Stosuje się pogłębione i zoptymalizowane wzbogacanie węgla,
- ◆ zagraniczne zakłady przeróbki mechanicznej węgla kamiennego wyposażone są w nowocześniejsze i bardziej wydajne maszyny przerobcze o wysokiej pewności ruchowej.
- ◆ wprowadzona automatyka procesowa bardzo poważnie ogranicza zatrudnienie w zakładach przerobczych. Standardowe zatrudnienie w najnowocześniejszych zakładach przerobczych wynosi zaledwie kilka osób na zmianę i jest kilkakrotnie mniejsze niż w naszych zakładach przerobczych.

Aktualny poziom przeróbki mechanicznej węgla kamiennego w Polsce jest z jednej strony odbiciem potrzeb odbiorców węgla, a z drugiej strony jest odbiciem poziomu technicznego produkcji maszyn przerobczych a także możliwości importu tych maszyn. Oceniając ogólnie można stwierdzić, że poziom ten pomiędzy poszczególnymi zakładami przerobczymi jest mocno zróżnicowany. W nowych zakładach przerobczych poziom przeróbki mechanicznej węgla nie odbiega od poziomu europejskiego. W starych zakładach przerobczych opóźnienie ocenić można na około 20 lat.

#### **4. Czynniki powodujące ograniczenie ilościowe produkcji „czystych węgla”**

Problem produkcji „czystych węgla” w Polsce jest dość złożonym zagadnieniem. Z jednej strony są to możliwości techniczne wzbogacania węgla. Nie wszystkie kopalnie posiadają odpowiednie zakłady przerobcze. Jest to jednak problem drugorzędny, ponieważ istnieją prywatne zakłady przerobcze mogące świadczyć usługi wzbogacania. Z drugiej strony są to potrzeby użytkowników węgla, którzy w umowach kupna/sprzedazy stawiają warunki co do jakości węgla. Węgiel do celów energetycznych kierowany na rynek krajowy jest znacznie zróżnicowany co do jakości. Zależy to przede wszystkim od zakresu mechanicznego wzbogacania.

Ręczne wzbogacanie węgla grubego zostało praktycznie wyeliminowane (tylko 0,05% produkcji koncentratów). Węgiel energetyczny w zakresie +20(10) mm jest mechanicznie wzbogacany, a uzyskane wyniki jakościowe są dobre. Grube sortymenty, poza przypadkami ich kruszenia, nie są kierowane do procesów wytwarzania energii elektrycznej.

Inna sytuacja występuje w zakresie wzbogacania miałów energetycznych. Udział miałów energetycznych wzbogaczanych, sprzedawanych jako koncentraty, w ogólnej produkcji netto wyniósł około 15,0%, co odpowiada rocznej produkcji 15,4 mln ton. Po uwzględnieniu udziału mechanicznie wzbogaczanych miałów dodawanych w skład mieszanek energetycznych (około 10,8 mln ton) łączna produkcja wzbogaczanych miałów energetycznych wyniósł 26,2 mln t, co stanowi 27,6% produkcji netto, 30,7% produkcji węgla energetycznego i 37,0% produkcji miałów energetycznych. Ponad 60% miałów energetycznych nie jest wzbogacana i jest kierowana do użytkowników w stanie surowym.

W związku z wstąpieniem Polski do Unii Europejskiej, górnictwo musi być przygotowane do konkurencji na wspólnotowym rynku węgla. Obowiązujący na tym rynku standard dla energetycznego węgla kamiennego to:

- ◆ wartość opałowa – 25 000 kJ/kg,
- ◆ zapopielenie – maksymalnie 12-15%,
- ◆ zasiarczenie – maksymalnie 0,8-1,0%.

Tymczasem w Polsce najwięksi użytkownicy węgla energetycznego nie są w zasadzie zainteresowani zakupem dobrego jakościowo węgla. Przykładowo w 2001 roku odbiorcy węgla energetycznego zakupili węgle o podanej poniżej jakości:

- ◆ miały niewzbogacane – (38,3% produkcji miałów) o parametrach: 20,6 MJ/kg, 22,6% popiołu, 0,86% siarki,
- ◆ mieszanki energetyczne – (39,9% produkcji miałów) o parametrach: 22,1 MJ/kg, 21,1% popiołu, 0,87% siarki,

- ◆ miały wzbogacone – (21,8% produkcji miałów) o parametrach: 24,8 MJ/kg, 12,0% popiołu, 0,72% siarki.

Energetyka zawodowa ograniczała zakupy węgla lepszej jakości, zwiększając zapotrzebowanie na miały gorszej jakości. W tej sytuacji kopalnie przygotowywały produkty handlowe zgodnie z życzeniami odbiorców. I tak miałów energetycznych:

- ◆ o zawartości do 15% popiołu sprzedano 13,6 mln tn (19,3% produkcji miałów),
- ◆ o zawartości 15,1 do 22% popiołu sprzedano 31,8 mln ton (45,0% produkcji miałów),
- ◆ o zawartości powyżej 22% popiołu sprzedano 25,2 mln ton (35,7% produkcji miałów).

Tu trzeba dodać, że przeważająca ilość miałów o zawartości do 15% popiołu została sprzedana na eksport.

Przyczyny małego zainteresowania zakupami dobrego jakościowo węgla przez energetykę wynikają z kilku powodów.

Po pierwsze – budowane w okresie powojennym elektrownie przystosowywane były do spalania węgla nie wzbogaconego (tzw. surowych miałów energetycznych). Dostosowane one miały kotły do spalania węgla o zawartości popiołu od 20% do 35%. Im później budowane były elektrownie tym wyższą zawartość popiołu przyjmowano jako gwarancyjną jakość węgla. Z tego też powodu nie budowano zakładów przerobczych wzbogacających miały energetyczne. W ówczesnym okresie nie przywiązywano bowiem większego znaczenia do problemu zanieczyszczenia środowiska wskutek spalania złej jakości węgla.

Po drugie przeprowadzane w ostatnich latach modernizacje elektrowni i elektrociepłowni nie zakładały dużych zmian w zakresie jakości spalanego węgla. W większości przypadków zakładano spalanie węgla o zawartości popiołu od 18% do 25%. Powody takiej polityki wynikały ze stosowanego systemu cen węgla a także ze sposobu rozliczania się pomiędzy elektrowniami i elektrociepłowniami a kupującymi energię Polskimi Sieciami Elektroenergetycznymi. Ceny węgla jakościowo dobrego były oczywiście wysokie – zgodne z relacjami cenowymi ekwiwalentnych jakościowo węgla na rynkach międzynarodowych. Ale nie to było głównym powodem zakupów gorszych gatunkowo węgla. Funkcjonujący system rozliczeń zakupów energii elektrycznej oparty był na cenie węgla o parametrach jakościowych: 21 MJ/kg, 22% popiołu, 0,9% siarki. Węgiel o takich parametrach jest w zasadzie węglem niewzbogaconym. Nie wdając się w szczegóły można stwierdzić, że system rozliczeń powodował, że elektrowniom nie opłacało się kupować węgla o lepszej jakości. Systemy te (system cen i system rozliczeń) przestały już obowiązywać, ale wywarły one poważne skutki zarówno przy modernizacji elektrowni jak i ograniczeniu przez kopalnie podaży węgla dobrej jakości.

## 5. Podsumowanie

Produkcja czystych węgla jest uzależniona przede wszystkim od żądań jakościowych odbiorców węgla kamiennego. Jeżeli nie będą oni zainteresowani zakupami czystego węgla, to taki węgiel nie będzie produkowany przez kopalnie.

Istnieją możliwości techniczne i technologiczne przygotowywania przez zakłady przerobcze czystego węgla do spalania. Brakujące moce przerobcze łatwo jest uzupełnić.

Krajowy węgiel kamienny w złożach jest dobrej jakości. Badania wykazują, że wystarczy z węgla usunąć ziarna czystego kamienia, aby otrzymać produkty handlowe o zawartości od 8% do 12% popiołu (w rzadkich przypadkach do 15% popiołu). Możliwe też jest głębokie wzbogacanie węgla pozwalające osiągnąć koncentraty (z niektórych kopalń) o zawartości popiołu od 4% do 6%. Ale na węgle takie nie ma praktycznie zapotrzebowanie.

W Polsce problem uzyskiwania „czystych węgla”, ze względów rynkowych, zatrzymał się na etapie klasycznego wzbogacania (odkamieniania węgla). Tworzy się mieszanki energetyczne z węgla surowego i węgla wzbogaconego. Nie ma to jednak na celu przygotowanie czystego węgla, lecz dostosowanie produktów handlowych do potrzeb rynku.

Przyszłością, i to prawdopodobnie dość odległą, będzie przejście do kolejnego etapu produkcji „czystych węgla” do spalania. Produkcja bardzo czystych węgla (w rozumieniu amerykańskiego programu Clean Coal Technology) zależy będzie od zmiany nastawienia użytkowników węgla.

Produkcja czystej energii z czystego węgla wymagać będzie współdziałania górnictwa węgla kamiennego z energetyką zawodową. Pominąć będzie trzeba partykularne branżowe interesy. Celem winna być optymalizacja (technologiczna i ekonomiczna) produkcji czystej energii w rachunku kosztów ciągniętych od przodka eksploatacyjnego węgla do dostarczenia energii dla końcowych użytkowników.

## Literatura

1. Sablik J.: „Technologia czystego węgla” – amerykański program przeciwdziałania skażeniu powietrza w wyniku utylizacji węgla w energetyce”. Przegląd Górniczy 1991, nr 5.
2. Blaschke W.: Technologie czystego węgla. Przygotowanie czystego węgla do spalania. Mat. Symp. „Kierunki modernizacji górnictwa”. Zeszyt IV. Wyd. Centrum PPGSMiE PAN, Kraków, 1991.
3. Blaschke W.: Technologie czystego węgla. Energetyka nr 2, 1992.
4. Blaschke W., Mokrzycki E., Blaschke S.A., Grudziński Z., Lorenz U.: Clean Coal Technology in Poland – Problem of Pre-combustion Coal Benefication. Proceedings 5<sup>th</sup> International Energy Conference – Energex’93. Volume IV. Wyd. Korea Institute of Energy Research. Seoul. Korea, 1993.
5. Blaschke W., Blaschke S.A., Gawlik L., Grudziński Z., Kapinos J., Lorenz U., Mokrzycki E. (red.), Olkusiński T., Ozga U., Rżany J.: Technologie czystego węgla na etapie przeróbki i przygotowania węgla do użytkowania. Studia i Rozprawy nr 35. Wyd. Centrum PPGSMiE PAN. Kraków 1994.
6. Blaschke W., Lorenz U., Grudziński Z.: Przeróbka mechaniczna węgla a ekologia. Wiadomości Górnicze nr 5, 1995.
7. Hycnar J.J. (red.), Blaschke W., Mokrzycki E. (red.), Rondio K., Ściążko M.: Technologie czystego węgla – odsiarczanie i demineralizacja za pomocą silnych zasad. Studia, Rozprawy, Monografie nr 40. Wyd. Centrum PPGSMiE PAN, Kraków, 1995.
8. Blaschke W., Gawlik L., Noras L.: Coal Mining in Poland in the Aspect of Present and Environmental Regulation. Proceedings of the Fourth International Conference on Environmental Issues and Waste Management in Energy and Mineral Production – SWEMP’96. Cagliari, Italy, 1996.
9. Blaschke W., Gawlik L., Lorenz U., Mokrzycki E.: Environment Protection in the Program of Polish Coal Mining Industry Reform. Sbornik referatu 10 Mezinarodni Konference Hornicka Ostrava nt. „Utlum, likvidace, historie a tradice uhelneho hornictvi”. Ostrava, Czechy, 2000.
10. Blaschke W., Nycz R.: Clean Coal Preparation Barriers in Poland. Proceedings International Workshop on Clean Coal Use – a Reliable Option for Sustainable energy. Vol. 1. Wyd. GIG. Szczyrk 2001.
11. Blaschke W., Nycz R.: Clean Coal Preparation Barriers in Poland. Proceedings 9<sup>th</sup> International Energy Conference – Energex 2002. Applied Energy. Vol. 74. No 3 – 4. Elsevier Science Ltd. 2003.
12. Blaschke Z., Blaschke W.: Ocena celowości wzbogacania węgla na potrzeby energetyki w samodzielnych zakładach przerobczych. Studia, Rozprawy, Monografie nr 116. Wyd. Instytut GSMiE PAN, Kraków 2003.
13. Nycz R., Majka-Myrcha B.: Stan obecny i perspektywy wzbogacania węgla kamiennego w Polsce. Inżynieria Mineralna. Z. S. 3(10). Wyd. PTPK. Kraków 2003.
14. Blaschke W., Nycz R.: Problemy produkcji czystych energetycznych węgla kamiennych. Zeszyty Naukowe Wydziału Budownictwa i Inżynierii Środowiska Politechniki Koszalińskiej. Zeszyt Nr 21. Seria: Inżynieria Środowiska. Wydawnictwo Uczelniane Politechniki Koszalińskiej. Koszalin 2003.
15. Ney R., Blaschke W., Lorenz U., Gawlik L.: Hard coal as a source of clean energy in Poland. 19<sup>th</sup> World Energy Congress. Sydney – Australia 2004.