



Sposoby poprawy negatywnego skutku oddziaływania węgla na środowisko przyrodnicze poprzez stosowanie alternatywnych metod jego wykorzystania

Tadeusz Olkuski
AGH Akademia Górniczo-Hutnicza

1. Wstęp

Tradycyjne metody użytkowania węgla prowadzące się głównie do jego spalania w celu wytworzenia energii elektrycznej i ciepła budzą coraz większy sprzeciw ekologów oraz parlamentarzystów europejskich. Wprowadzane coraz ostrzejsze normy ochrony środowiska, wynikające z polityki energetycznej Unii Europejskiej, wyrażającej się we wdrażanym obecnie pakiecie energetyczno-klimatycznym, mogą doprowadzić do dekarbonizacji europejskiej gospodarki. Spowoduje to ogromne straty w postaci zmniejszenia się konkurencyjności produktów wytwarzanych w Unii oraz wzrostem bezrobocia na skutek likwidacji miejsc pracy w górnictwie oraz ucieczki kapitału zaangażowanego w energochłonne procesy takie jak elektroenergetyka, ciepłownictwo, hutnictwo itp. Wywoła to również efekt bezrobocia w tych branżach. Należy pamiętać, że w Polsce ponad sto tysięcy osób zatrudnionych jest w górnictwie węgla kamiennego, a trzeba jeszcze uwzględnić osoby zatrudnione w górnictwie węgla brunatnego, a także firmy okołogórnnicze. Likwidacja górnictwa w Polsce mogłaby spowodować wzrost bezrobocia o około 500 tys. osób, czyli ponad jedną czwartą obecnego stanu. Należy mieć nadzieję, że do realizacji takiego scenariusza nie dojdzie. Trzeba jednak podjąć odpowiednie kroki, aby dostosować się do obowiązujących przepisów ochrony klimatu.

Niewątpliwie węgiel, tak jak i inne paliwa, posiada zarówno wady jak i zalety. Do wad należy zaliczyć, między innymi, emisję dużych ilości szkodliwych substancji do atmosfery podczas jego spalania, niską sprawność przemiany energii chemicznej w energię cieplną, bezpowrotne zniszczenie surowca mogącego służyć w przyszłości do innych celów, wysoki koszt eksploatacji podziemnej oraz uznawanie węgla przez ekologów jak również dużą część społeczeństwa, za tzw. brudną energię. Do zalet można natomiast zaliczyć duże zasoby, wystarczające przy obecnym poziomie wydobywania na około 200 lat, występowanie złóż węgla na wszystkich kontynentach, stabilność cen węgla w długiej perspektywie, możliwość importu węgla z różnych krajów, brak realnego zagrożenia w przypadku awarii [21, 22].

Najłatwiejszym sposobem poprawy negatywnego skutku oddziaływania sektora węglowego na środowisko przyrodnicze jest poprawa efektywności jego spalania.

2. Efektywność spalania

W 2011 roku, dokładnie 15 kwietnia, ogłoszona została w Dzienniku Ustaw Ustawa o Efektywności energetycznej [30]. Weszła ona w życie 11 sierpnia tegoż roku i była wdrożeniem dyrektywy 2006/32/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 5 kwietnia 2006 r. w sprawie efektywności końcowego wykorzystania energii i usług energetycznych [7]. W Ustawie zdefiniowano pojęcie efektywności energetycznej jako stosunek uzyskanej wielkości efektu użytkowego danego obiektu, urządzenia technicznego lub instalacji, w typowych warunkach ich użytkowania lub eksploatacji, do ilości zużycia energii przez ten obiekt, urządzenie techniczne lub instalację, niezbędnej do uzyskania tego efektu.

Aby poprawić efektywność gospodarki należy przede wszystkim zadbać o jak najlepsze, czyli efektywne, gospodarowanie paliwami i energią. Efektywność wymaga poniesienia na początku wydatków finansowych, niemniej jednak, w dłuższej perspektywie opłaca się, gdyż wielkość zaoszczędzonych środków finansowych rekompensuje z nadmiarem poniesione wydatki. W dalszej części Ustawy określono przedsięwzięcia służące poprawie efektywności energetycznej jako działania polegające na wprowadzaniu zmian lub usprawnień w obiektach, urządzeniach technicznych lub instalacjach, w wyniku których uzyskuje się

oszczędność energii. Chociaż ustawa w dużej mierze dotyczy efektywnego gospodarowania energią elektryczną i ciepłą, wprowadza białe certyfikaty i wiele mówi o auditingu energetycznym, niemniej jednak, efektywność energetyczną można i należy stosować również w odniesieniu do procesów spalania paliw. Aby osiągnąć lepsze efekty spalania trzeba odejść od tradycyjnych prostych metod do nowocześniejszych, lepiej wykorzystujących energię chemiczną w nich zawartą i nie wpływających negatywnie, lub przynajmniej w niewielkim stopniu, na środowisko naturalne.

3. Nowoczesne metody spalania

Do nowoczesnych technologii spalania węgla można zaliczyć [20]:

- blok energetyczny kocioł-turbina na parametry podkrytyczne 17,0 MPa/540°C,
- blok energetyczny na parametry nadkrytyczne 24,6 MPa/565°C,
- blok energetyczny kocioł-turbina na parametry ultranadkrytyczne 31,6 MPa/595°C,
- atmosferyczny kocioł fluidalny za złożem cyrkulacyjnym,
- blok gazowo-parowy PFBC (Preasurized Fluidized Bed Combustion), sprawność bloku 47%,
- blok gazowo-hybrydowy z reaktorem transportującym, sprawność bloku 49,7%.

Wszystkie te technologie wymagają jeszcze wielu prac naukowo-badawczych, ale należy mieć nadzieję, że prace te zakończą się sukcesem, co pozwoli na dalszy rozwój elektroenergetyki i zapewni następnym pokoleniom nieograniczony dostęp zarówno do energii elektrycznej jak i ciepłej. Należy jednak pamiętać, że rozwijanie i wdrażanie wysoko-sprawnych niskoemisyjnych technologii przetwarzania węgla jest związane z dążeniem do osiągnięcia lepszej sprawności energetycznej wykorzystania go jako surowca energetycznego i chemicznego, jak też z koniecznością ograniczenia negatywnego oddziaływania na środowisko przyrodnicze procesów produkcji energii elektrycznej i ciepła [3].

Rozwój czystych technologii węglowych ukierunkowany jest również na tworzenie układów poligeneracyjnych łączących wytwarzanie energii elektrycznej z produkcją, na przykład, silnikowych paliw płyn-

nych, metanolu, czy też wodoru w zależności od potrzeb i odpowiednich zasobów węgla [27].

Nowe możliwości wykorzystania węgla polegają też na tworzeniu mieszanek paliwowych w celu uzyskania wymaganych parametrów. Aby móc spalać węgiel w piecach indywidualnych i komunalnych produkuje się paliwa bezdymne. Jest to węgiel odgazowany w niskiej temperaturze więc nie posiada tak dużej ilości części lotnych jak zwykły węgiel, przez co spala się mniej intensywnie, a przy tym nie wydziela dymu. Jest to więc paliwo ekologiczne. Badania takie prowadzone były w Instytucie Chemicznej Przeróbki Węgla pod koniec XX wieku [17, 28, 31]. Paliwo takie jest tańsze od gazu i z ekonomicznego punktu widzenia powinno być stosowane na szeroką skalę.

Pył węglowy można stosować nie tylko w paleniskach pyłowych dużych elektrowni, ale w cementowniach, hutach i ciepłowniach. Do tego celu można wykorzystywać koncentraty flotacyjne po dokładnym wysuszeniu. Pył taki jest tańszy od oleju opałowego. Odbiorca posiadający urządzenia do suszenia i mielenia węgla może przygotować pył u siebie, co dodatkowo zmniejsza koszty [12].

Jedną z metod wykorzystywania węgla jest tworzenie suspensji węglowych, czyli tzw. ciekłego węgla. Węgiel ten jest mieszaniną wody i oleju albo metanolu. Substancja taka to gęsta ciecz o lepkości 700–1 000 cP. Dużą zaletą takiego paliwa jest niska emisja tlenków azotu oraz łatwa produkcja. Aby uzyskać tego rodzaju suspensję, miesza się pył węglowy w ilości 48–75% z cieczą i dodaje około 3% dodatków stabilizujących. Suspensje węglowe można stosować nawet do silników spalinyowych. W takim przypadku węgiel musi być głęboko odpirytowany ($S = 0,2\%$) i odpopielany ($A = 0,2\%$) [12].

Czysty węgiel o bardzo niskiej zawartości popiołu i siarki oraz o kaloryczności porównywalnej z kalorycznością olejów opałowych można uzyskać na drodze aglomeracji olejowej [4, 13] lub demineralizacji za pomocą silnych zasad [10]. Z takiego węgla uzyskuje się suspensje o najlepszych parametrach. Można stosować go do sporządzania brykietowanych paliw ekologicznych, jako węgiel aktywny oraz wymiennicz jonowy. Jest to oczywiście uboczny kierunek wykorzystania węgla ale stanowi pewną alternatywę dla tradycyjnego jego użytkowania.

4. Uwodornienie

Jedną z metod nowoczesnego wykorzystania węgla jest jego uwodornienie. Jest to przyszłościowy kierunek nie mający w tej chwili praktycznego znaczenia, lecz w przyszłości może okazać się bardzo dobrym sposobem wykorzystania, przynajmniej części, naszych znacznych zasobów tego surowca. Polska posiada 48,54 mld ton zasobów bilansowych węgla kamiennego [2] oraz 20,04 mld ton zasobów prognostycznych i 31,65 mld ton zasobów perspektywicznych [1]. Obecnie wodór na skalę przemysłową produkuje się głównie poprzez reforming gazu ziemnego. Można do tego celu wykorzystać również paliwa stałe. W procesie bezpośredniego uwodornienia następuje przekształcenie paliwa stałego, czyli węgla, na paliwa płynne (substytuty ropy naftowej), przy czym istnieją technologie, w których uwodornieniu poddawane są ciekłe produkty odgazowania węgla, czyli smoła i prasmoła [3, 16]. Wodór, jak już wspomniano, można produkować również z gazu ziemnego i ropy naftowej. Z oczywistych względów, w Polsce powinno się jednak promować wytwarzanie wodoru z węgla. Niestety, wszystkie technologie takiej produkcji jak reforming parą wodną, półspalanie, autotermiczny reforming, czy zgazowanie, w mniejszym lub większym stopniu wymagają stosowania wysokich temperatur. Jeśli ciepło potrzebne do przeprowadzenia tych reakcji będzie pochodziło ze spalania surowców kopalnych, to taka produkcja wodoru będzie nieodłącznie związana z produkcją dwutlenku węgla. Drugim źródłem emisji dwutlenku węgla jest reakcja jego powstawania związana z reakcjami generującymi wodór. W związku z tym, produkcja wodoru musi być skojarzona z sekwestracją CO₂, w przeciwnym razie stosowanie wodoru jako paliwa nie przyczyni się do obniżenia emisji dwutlenku węgla do atmosfery [18]. Zagadnienie paliwa wodorowego zostało obszernie opracowane przez Narodową Radę Badań (*National Research Council* – NRC) w USA. Jedną z zasadniczych konkluzji zawartych w raporcie sporządzonym przez NRC jest stwierdzenie, że wprowadzenie nowych technologii produkcji wodoru bez emisji dwutlenku węgla oraz bezpiecznego użytkowania, magazynowania i dystrybucji wodoru jako paliwa wymaga kilku dziesiątków lat [19]. Można też znaleźć opinie, że efektywność energetyczna całego ciągu procesów, od produkcji wodoru poprzez dystrybucję i użytkowanie w ogniach paliwowych, jest niższa niż dla ciągu technologicznego wytwarzania, dystrybucji i użytkowania energii elektrycznej u końcowego użytkownika [9].

Aby otrzymać wodór z gazu procesowego należy usunąć składniki zanieczyszczające, których ilość dochodzi nawet do 10%. Zanieczyszczeniami tymi są: para wodna, ditlenek węgla, resztkowy tlenek węgla oraz związki siarki i ewentualnie azot, jeśli zgazowanie prowadzone jest w reaktorze z transportem węgla w strumieniu azotu. Najlepszym sposobem oczyszczania wodoru pochodzącego z gazów wodoronośnych jest adsorpcja zmiennociśnieniowa (PSA). Jej podstawowymi zaletami są: wysoka czystość otrzymanego produktu, elastyczność względem zmian składu doprowadzanego gazu, niewielka strata ciśnienia oraz ekonomika procesu. Do oczyszczania wodoru można też stosować układy membranowe oraz separację kriogeniczną. Technologia PSA charakteryzuje się dużą sprawnością separacji, wynoszącą dla wodoru 90% i umożliwiającą pozyskania wodoru o czystości powyżej 99,9%, a także dużą zdolnością separacji CO i CO₂ [26].

5. Zgazowanie

Polska jako kraj posiadający znaczne zasoby węgla powinna rozpatrywać możliwości jego wykorzystania poprzez zgazowanie. Najlepiej przygotowaną do wykorzystania tego procesu jest branża energetyczna, a najkorzystniejszym rozwiązaniem byłby proces IGCC (*Integrated Gasification Combined Cycle* – Zintegrowany układ gazowo-parowy) [15].

Zgazowanie węgla jest technologią znaną od dziesiątków lat. Ze względu na stosunkowo niskie ceny gazu przez wiele lat nie opłacało się zgazowywać węgla. W ostatnim czasie powrócono jednak do tematu zgazowania ze względu na możliwość pozyskania paliwa z rodzimego surowca energetycznego jakim jest węgiel, podczas gdy większość gazu musimy sprowadzać zza granicy po bardzo wysokich cenach.

Jak już wspomniano, zgazowanie węgla jest procesem znanym od dawna. W latach 1972–2007 powstało w świecie 21 doświadczalnych i komercyjnych instalacji IGCC do zgazowania węgla, pozostałości przeróbki ropy naftowej, biomasy i odpadów. Bloki energetyczne oparte na tych instalacjach miały moc 15–550 MW, a w sumie ich moc wyniosła 4050 MW. Bloki te wykorzystywane są do produkcji energii elektrycznej w układach gazowo-parowych, do produkcji pary, produkcji wodoru i metanolu [11]. Około połowa gazu powstającego w procesach zgazowania pochodzi z węgla [5, 26].

Do procesu zgazowania nadaje się każdy rodzaj węgla zarówno kamiennego jak i brunatnego. Aby utrzymać odpowiednie parametry zgazowania powinno się stosować węgiel o stosunkowo niskiej zawartości popiołu (do 15%), a najlepiej około 10% oraz o wartości opałowej powyżej 22 MJ/kg. Zawartość siarki nie jest w tym przypadku istotna, gdyż nie wpływa ona na jakość zgazowania i usuwana jest podczas oczyszczania gazu procesowego. Ze względu na brak zasobów o takich parametrach wstępnie do zgazowania wytypowano węgle z kopalń Janina, Bogdanka, Piast i Ziemowit [3]. Trudno spodziewać się, aby w warunkach polskich, doszło do wdrożenia na skalę przemysłową technologii podziemnego zgazowania węgla. Podziemne zgazowanie wymaga zwiększonej i szczelności górotworu, co w warunkach Górnego Śląska jest niemożliwe do spełnienia, ze względu na ponad stuletnią eksploatację zasobów w tym regionie i wynikający z tego faktu znaczny stopień naruszenia górotworu i poprzecinanie go licznymi wyrobiskami. Dodatkowo warstwy nadkładowe muszą być słabo przepuszczalne, pozbawione szczelin, warstw wodonośnych i zbiorników wodnych. Należy też pamiętać, że Śląsk jest regionem gęsto zaludnionym i ewentualne niekontrolowane wydostanie się produktów zgazowania na powierzchnię może doprowadzić do tragedii. Podziemne zgazowanie węgla można będzie ewentualnie zastosować do wykorzystania zasobów w kopalniach, w których zakończono eksploatację lub w tych pokładach, gdzie inna metoda eksploatacji jest niemożliwa.

Bardzo obiecująco zapowiada się natomiast zgazowanie węgla na powierzchni. Procesy takie stosowane są już na skalę przemysłową w kilku krajach. Obecnie w ramach Konsorcjum Naukowo-Przemysłowego „Zgazowanie węgla” realizowany jest projekt „Opracowanie technologii zgazowania węgla dla wysokoefektywnej produkcji paliw i energii”. W skład Konsorcjum weszły: Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie (Lider Projektu), Główny Instytut Górnictwa w Katowicach, Instytut Chemicznej Przeróbki Węgla w Zabrzu i Politechnika Śląska w Gliwicach, jako partnerzy naukowci. Ze strony przemysłu w Konsorcjum uczestniczą: Katowicki Holding Węglowy S.A., KGHM Polska Miedź S.A., Tauron Polska Energia S.A., Południowy Koncern Energetyczny S.A., Południowy Koncern Węglowy S.A., ZAK S.A. Celem projektu jest opracowanie dwóch instalacji pilotażowych, jedna do zgazowania węgla na powierzchni, a druga pod ziemią. Dopiero po zakończeniu prac będzie można ocenić ich efekty i ewentualne praktyczne zastosowanie.

Można w tej kwestii wykorzystać doświadczenia innych krajów. W Queensland w Australii podziemne zgazowanie węgla prowadzone jest od 1999 roku. W Chinach w miejscowości Majiata uruchomiono w 2008 roku pierwszy zakład na świecie produkujący syntetyczną ropę przez bezpośrednie upłynnianie węgla. Na jedną tonę tak powstałej ropy zużywa się 3,5 tony węgla [29]. Podobne zakłady planowane są również w USA. Polska posiadająca duże zasoby węgla, a niewielkie zasoby ropy naftowej, mogłaby również w tym kierunku rozwijać jego wykorzystywanie.

6. Koszty wytwarzania energii elektrycznej

W tabeli 1 przedstawiono koszty wytwarzania energii elektrycznej z różnych źródeł oraz w różnych układach technologicznych. Dla technologii wykorzystujących takie źródła energii jak gaz ziemny, olej opałowy, węgiel, energię atomową, biomasę, wiatr, wodę i słońce, dokonano prognozy kosztów wytwarzania energii elektrycznej w latach 2020 i 2030. Prognozę przedstawiono w Euro/MWh. Prognozy można porównać ze stanem faktycznym w 2007 roku. W ostatniej kolumnie tabeli przedstawiono sprawność poszczególnych technologii, jako jeden z podstawowych parametrów świadczących o efektywności przedsięwzięcia.

Przedstawione dane pokazują wyraźnie przewagę kosztową węgla nad innymi surowcami energetycznymi. W 2007 roku energia elektryczna wytwarzana poprzez spalanie węgla w kotłach pyłowych była najtańsza, wynosiła 40–50 Euro/MWh. Nieznacznie droższa energia elektryczna pochodziła z węgla spalanego w kotłach fluidalnych. Koszt takiej energii oscylował między 45, a 55 Euro/MWh. Identyczny koszt dotyczył technologii IGCC, czyli zintegrowanego układu gazowo-parowego. Nieco wyższy był koszt energii pochodzącej z gazu ziemnego. W układzie kombinowanym TG/TP wynosił on 50–60 Euro/MWh, a w cyklu otwartym TG – 65–75 Euro/MWh. W przypadku energii atomowej dolny graniczny koszt był podobny do kosztu energii wytwarzanej z węgla i z gazu, lecz górna granica wynosiła 80 Euro/MWh, co znacznie przewyższało koszt energii z wyżej wymienionych surowców.

Tabela 1. Koszty wytwarzania energii elektrycznej z różnych źródeł oraz w różnych układach technologicznych [6]

Table 1. Electric energy production costs – sources and technological systems [6]

Źródło energii	Technologia		Koszty produkcji energii elektrycznej			
			Stan na 2007 [Euro ₂₀₀₅ /MWh]	Prognozy na 2020 [Euro ₂₀₀₅ /MWh]	Prognozy na 2030 [Euro ₂₀₀₅ /MWh]	Sprawność 2007 [%]
Gaz ziemny	TG – cykl otwarty	–	65–75	90–95	90–100	38
	Układ kombinowany	–	50–60	65–75	70–80	58
	TG/TP CCS	–	bd	85–95	80–90	49
Olej opałowy	silnik dieslowski	–	100–125	140–165	140–160	45
	Układ TG/TP	–	90–105	125–135	125–135	53
Węgiel	spalanie pyłowe	–	40–50	65–80	65–80	47
		CCS	bd	80–105	75–100	35
	spalanie fluidalne	–	45–55	75–85	75–85	40
	IGCC	–	45–55	70–80	70–80	45
		CCS	bd	75–90	65–85	35
Energia atomowa	reaktory rozszczepiające	–	50–80	45–80	45–80	35
Biomasa	drewno	–	80–195	85–200	85–205	24–29
	biogaz	–	55–215	50–200	50–190	31–34
Wiatr	duże farmy	–	75–110	55–90	50–85	–
	małe farmy	–	85–140	65–115	50–95	–
Elektrownie wodne	duże	–	35–145	30–140	30–130	–
	małe	–	60–185	55–160	50–145	–
Elektrownie słoneczne	fotowoltaiczne	–	520–880	270–460	170–300	–
	Koncentrujące – parowe	–	170–250	110–160	100–140	–

CCS – Carbon Capture and Storage – Metoda polegająca na wychwycie, transporcie i składowaniu dwutlenku węgla; IGCC – Integrated Gasification Combined Cycle – Zintegrowany układ gazowo-parowy; TG – Turbina Gazowa; TP – Turbina Parowa.

Pozostałe źródła energii dawały zdecydowanie wyższe koszty energii elektrycznej. Na przykład olej opałowy, stosowany powszechnie w energetyce krajów Europy zachodniej do połowy lat siedemdziesiątych ubiegłego wieku, czyli do początków kryzysu naftowego, a obecnie mało istotny w strukturze wytwarzania energii elektrycznej, dawał energię elektryczną dwa razy droższą od energii pochodzącej z węgla, a nawet z gazu. Odnawialne źródła energii były i nadal są zdecydowanie droższymi źródłami pozyskania energii elektrycznej. Zdarzają się wprawdzie elektrownie wodne, w których koszt wytworzenia 1 MWh wynosi 35 Euro, ale w tej samej grupie dużych elektrowni wodnych można znaleźć i takie, w których 1 MWh kosztuje 145 Euro. W małych elektrowniach wodnych koszty są zdecydowanie wyższe. Z innych źródeł odnawialnych akceptowalnym kosztem może być jeszcze koszt 55 Euro/MWh energii pozyskiwanej z biogazu. Niestety górna granica kosztowa wytwarzania energii elektrycznej z tego surowca wynosi aż 215 Euro/MWh, co zupełnie dyskwalifikuje wytwarzanie energii elektrycznej po takim koszcie. Farmy wiatrowe również wytwarzają energię elektryczną znacznie drożej, a elektrownie słoneczne to na razie energetyka przyszłości.

Reasumując zagadnienia dotyczące kosztów wytwarzania energii elektrycznej należy stwierdzić, że w chwili obecnej nadal najkorzystniejszą metodą wytwarzania tejże energii jest spalanie węgla kamiennego oraz węgla brunatnego. W trosce o stan środowiska naturalnego należy jednak stosować nowoczesne technologie węglowe mające wysoką sprawność i nie wpływające tak niekorzystnie na środowisko jak tradycyjne elektrownie.

W węglu znajdują się niestety pierwiastki śladowe, które podczas spalania przenikają do atmosfery lub przechodzą do produktów odpadkowych [23]. Pierwiastki te mają niekiedy właściwości radioaktywne. Do pierwiastków radioaktywnych występujących w węglu zalicza się: uran (U), tor (Th) i ich liczne produkty rozkładu wliczając w to rad (Ra) i radon (Rn). Oprócz tego w węglu występują inne pierwiastki, bardziej niebezpieczne, do których zalicza się arsen, selen lub rtęć. Prowadząc eksploatację węgla, a następnie jego spalanie, należy brać pod uwagę te fakty. Dodatkowo działalność górnicza powoduje straty środowiskowe takie jak: straty związane ze składowaniem odpadów, straty w budynkach, straty związane z utratą zdrowia, straty związane ze zrzutem wód słonych, straty w drogach i budowlach drogowych, straty w lasach, straty w gospodarce wodnej, straty w gruntach i plonach, straty w infrastrukturze technicznej,

straty spowodowane emisją ścieków, jak też koszty dodatkowe (związane z odszkodowawczym postępowaniem administracyjnym) [24].

Można oczywiście próbować wprowadzić w Polsce energetykę jądrową, tak jak to uczyniono przed laty we Francji i do dnia dzisiejszego nie było większych awarii. O bezpieczeństwie technologii energetycznych przekonuje wielu naukowców. Na przykład Prof. Bohdal podczas Forum Dyskusyjnego nt. „Bezpieczeństwo energetyczne kraju – niekonwencjonalne źródła energii” stwierdził, że elektrownie jądrowe są najbardziej bezpiecznymi i najbardziej przychylnymi dla ochrony środowiska zakładami energetycznymi [8]. Należy pamiętać, że słowa te zostały wypowiedziane jeszcze przed katastrofą w Fukushima. Obecnie wiele państw europejskich, takich jak na przykład Niemcy, odchodzą od energetyki jądrowej. W naszym kraju także wzrosła grupa przeciwników wykorzystywania atomu do celów energetycznych. Gaz ziemny i ropa naftowa również są surowcami nie zapewniającymi bezpieczeństwa energetycznego, gdyż w większości sprowadzane są zza granicy, a konkretnie z kierunku wschodniego, nie gwarantującego ciągłości dostaw, o czym przekonała się Ukraina w styczniu 2009 roku.

7. Podsumowanie

Analizując możliwości zastosowania alternatywnych metod wykorzystywania węgla do celów energetycznych należy stwierdzić, że jest ich wiele i niektóre z nich wydają się być bardzo perspektywiczne. Można na przykład wprowadzać nowoczesne techniki spalania, wdrażać bloki energetyczne kocioł-turbina na parametry podkrytyczne, bloki energetyczne na parametry nadkrytyczne, bloki energetyczne kocioł-turbina na parametry ultra nadkrytyczne, atmosferyczne kotły fluidalne ze złożem cyrkulacyjnym, bloki gazowo-parowe oraz bloki gazowo-hybrydowe. Obecnie w Polsce trwają intensywne prace nad zgazowaniem węgla. Jest to kolejna metoda jego wykorzystania bardzo perspektywiczna, zwłaszcza w odniesieniu do zgazowania naziemnego. Gaz syntezowy można otrzymywać w procesie zgazowania częściowego (powietrznego) lub całkowitego, czyli tlenowego. Obecnie prowadzone prace ukierunkowane są na tlenowe zgazowanie ciśnieniowe, lecz druga metoda też jest możliwa, chociaż wymaga wprowadzenia do generatora dużej ilości powietrza aby zachować wysoki stosunek tlenu do pierwiastka węgla zawartego w paliwie. Powołane w 2010 roku Konsorcjum „Zgazowanie

węgla” składające się z wielu jednostek naukowo-badawczych oraz partnerów przemysłowych z branży górniczej daje nadzieję na rozwiązanie trudnych problemów praktycznego wdrażania tych technologii.

Wszystkie alternatywne metody energetycznego wykorzystywania węgla mają na celu ochronę środowiska naturalnego, poprzez mniejszą, a nawet zerową, lub prawie zerową, emisję szkodliwych gazów oraz pyłów. Oczywiście przedsięwzięć ekologicznych nie można rozpatrywać w oderwaniu od aspektów ekonomicznych. Nawet najlepszy projekt, jeśli okaże się zbyt drogi, nie zostanie wdrożony. Nie można przerzucać kosztów ochrony klimatu na społeczeństwo podnosząc rachunki za prąd. Wszelkie nowe metody muszą być wdrażane stopniowo przy akceptacji mieszkańców danego kraju.

Praca finansowana z badań statutowych AGH nr 11.11.210.217

Literatura

1. *Bilans Perspektywicznych Zasobów Kopalin Polski wg stanu na 31.12.2009 r.* Państwowy Instytut Geologiczny. Warszawa, 2010.
2. *Bilans Zasobów Kopalin i Wód Podziemnych w Polsce według stanu na 31 grudnia 2011 r.* Państwowy Instytut Geologiczny. Warszawa, 2012.
3. **Blaschke W., Lorenz U., Ozga-Blaschke U.:** *Krajowa baza surowcowa dla przemysłu energochemicznego przetwórstwa węgla.* Karbo nr 4, s. 190–196 (2009).
4. **Blaschke Z.:** *Aglomeracja olejowa i flokulacja selektywna mulów węglowych.* XII Międzynarodowy Kongres Przeróbki Węgla nt. „Nowe technologie i nowe urządzenia do przeróbki węgla”. Sympozja i Konferencje. Wyd. Centrum PPGSMiE PAN. Kraków, t. 3, nr 11, s. 139–153 (1994).
5. **Chmielniak T., Ściążko M.:** *Technologie zgazowania węgla.* Karbo nr 2. 93–97 (2007).
6. *Communication from the Commission to the European Parliament, The Council, The European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions, Second Strategic Energy Review – An EU Energy Security and Solidarity Action Plan, Energy Sources, Production Costs and Performance of Technologies for Power Generation, Heating and Transport {COM(2008) 744} [W:]* *Technologia wychwytywania i geologicznego składowania dwutlenku węgla (CCS) sposobem na złagodzenie zmian klimatu.* Raport przygotowany na zlecenie Polskiej Konfederacji Pracodawców Prywatnych Lewiatan. Warszawa, listopad, 2010.

7. Dyrektywa 2006/32/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 5 kwietnia 2006 r. w sprawie efektywności końcowego wykorzystania energii i usług energetycznych oraz uchylająca dyrektywę Rady 93/76/EWG. Dziennik Urzędowy Unii Europejskiej. L 114/64.
8. **Gawłowski S., Listowska-Gawłowska R., Piecuch T.:** *Uwarunkowania i prognoza bezpieczeństwa energetycznego Polski na lata 2010–2110*. Rocznik Ochrona Środowiska (Annual Set the Environment Protection), 12, 127–176 (2010).
9. **Hammerschlag R., Mazza P.:** *Questioning Hydrogen*. Energy Policy, t. 33. 2039 (2005).
10. **Hycnar J., Mokrzycki E.:** *Technologie czystego węgla – odsiarczanie i demineralizacja za pomocą silnych zasad*. Studia, Rozprawy, Monografie. Nr 40. Wyd. Centrum PPGSMiE PAN Kraków, 1994.
11. **Hycnar J.:** *Aspekty ekologiczne procesu zgazowania paliw*. Polityka energetyczna. Tom 10, z.2 specjalny, 177–187 (2007).
12. **Hycnar J.:** *Górnictwo węgla kamiennego – wyzwania rynku w nowym stuleciu*. Przegląd Górniczy, nr 1, 1–12 (2001).
13. **Ignasiak L., Szymocha K., Pawlak W., Kramer J.:** *Postęp w technologii selektywnej aglomeracji*. XII Międzynarodowy Kongres Przeróbki Węgla nt. „Nowe technologie i nowe urządzenia do przeróbki węgla”. Sympozja i Konferencje. Wyd. Centrum PPGSMiE PAN. Kraków, t. 3, nr 11, 195–203 (1994).
14. *Informacja Statystyczna o Energii Elektrycznej*. Agencja Rynku Energii. Nr 12. Warszawa, grudzień, 2012.
15. **Jasiński A.:** *Zgazowanie jako czysta technologia wykorzystania surowców zawierających węgiel*. Karbo, nr 2, 67–74 (2010).
16. **Karcz A., Ściażko M.:** *Energochemiczne przetwórstwo węgla do paliw ciekłych*. Wiadomości górnicze, nr 2, 2007.
17. **Kubica K.:** *Paliwo bezdymne, własności i metody testowania*. IChPW. Zabrze, 1994.
18. **Marzec A.:** *Energetyka wodorowa – co to oznacza dla roli węgla?* Karbo, nr 2, s. 109–111 (2007).
19. **Marzec A.:** *Wodór jako powszechne paliwo – więcej cieni niż blasków*. Karbo, nr 1, 9 (2004).
20. *Model ekologicznego i ekonomicznego prognozowania wydobycia i użytkowania czystego węgla*. Tom 1: Bazy i prognozy gospodarki surowcami energetycznymi oraz strategii i kierunki rozwoju sektora paliwowo-energetycznego. Tom 2: Efektywność technologii czystego spalania węgla. Praca zbiorowa pod red. J. Sablika. Główny Instytut Górnictwa. Katowice, 2004.
21. **Olkusi T.:** *Analiza produkcji węgla kamiennego i jego wykorzystanie w wytwarzaniu energii elektrycznej w Polsce*. Studia Rozprawy Monografie Nr 174. Wyd. Instytut GSMiE PAN. Kraków, 2012.

22. **Olkuski T.:** *Węgiel czy atom – trudny wybór*. Polskie Elektrownie 2010, 22–28 (2010).
23. **Olkuski T., Stala-Szlugaj K.:** *Pierwiastki promieniotwórcze w węglu oraz produktach odpadowych powstających podczas jego spalania*. Rocznik Ochrona Środowiska (Annual Set the Environment Protection), 11 (2009).
24. **Piontek B.:** *Koszty środowiskowe w rachunku kosztów funkcjonowania kopalni węgla kamiennego*. Rocznik Ochrona Środowiska (Annual Set the Environment Protection), 1 (1999).
25. *Sprawozdanie z Działalności Prezesa Urzędu Regulacji Energetyki w 2011 roku*. Urząd Regulacji Energetyki. Warszawa, 2012.
26. **Ściążko M., Dreszer K.:** *Ocena możliwości wdrożenia nowych technologii przetwórstwa węgla w Polsce*. Karbo, nr 4, s. 206–216 (2009).
27. **Ściążko M., Dreszer K.:** *Uwarunkowania techniczne i ekonomiczne nowych technologii wykorzystania węgla*. Szkoła Eksploatacji Podziemnej. Sympozja i Konferencje. Nr 74. Wyd. Instytut GSMiE PAN. Kraków, 2009.
28. **Ściążko M.:** *Chemiczne przetwórstwo węgla*. IChPW. Zabrze, 1994.
29. **Taubman J.:** *Węgiel i alternatywne źródła energii. Prognozy na przyszłość*. Wyd. Naukowe PWN. Warszawa, 2011.
30. Ustawa z dnia 15 kwietnia 2011 r. o Efektywności energetycznej (Dz.U. Nr 94, poz. 551, 951).
31. **Zieliński H., Ściążko M., Tramer A.:** *Węglowe paliwa ekologiczne*. XII Międzynarodowy Kongres Przeróbki Węgla nt. „Nowe technologie i nowe urządzenia do przeróbki węgla”. Sympozja i Konferencje. Wyd. Centrum PPGSMiE PAN. Kraków, t. 5, nr 11, 195–201 (1994).

Alternate Methods Used for Reduction of Negative Influence of Hard Coal onto Natural Environment

Abstract

Chosen methods of the hard coal use due to more and more restrictive standards of the natural environment protection have been presented in this study. Traditional combustion of hard coal used for electric and heat energy production meets strong protest of ecologists and considerable part of the local inhabitants, what forces changes of the electric and heat energy production structure in Poland. According to the author's opinion, fast elimination of the raw material being a base of Polish power industry, or use of substitute raw materials for example renewable energy sources, is actually not realistic. In the year 2011, 59,0% of electric energy was based on the hard coal combustion and 33,5% was based on brown coal combustion. Thus in total, over 90% of electric

energy is related with coal combustion. Also in heat engineering branch, in the year 2011, hard coal was a dominant fuel used for heat production (76,3%), and in plants belonging to PKD 35.3 group consumption of hard coal was even greater (92%). Renewable energy sources should be used locally, if it is only possible and economically profitable. Thus coal must be a basis of domestic power system, but its use should be modified, for example via introduction of new combustion techniques, implementation of boiler-turbine power units with sub-critical parameters, power units with over-critical parameters, fluidal boilers with recirculation system, gas-steam and gas-hybrid, as well as coal gasification or hydrogenation.

Analysis of the use of alternative coal applications in power industry proved that they are numerous and some of them are very perspective. Intensive works related with coal gasification are actually conducted in Poland. It is very perspective method, particularly in case of earth gas. Synthesis gas can be obtained as a product of partial (air) gasification or total gasification (oxygen). Works aimed at oxygen pressure gasification are actually conducted in Poland. However, second method is also possible but it requires introduction of great amount of the air into generator in order to keep high oxygen-carbon ratio in the fuel. A consortium named as „Zgazowanie węgla” created in the year 2010 and consisting of a number of research units and their partners from mining industry allows solution of difficult problems and practical implementation of new technologies. Underground coal gasification requires presence of compact leak-proof rock body, what is not realistic in conditions of the Upper Silesian Coal Basin because of over one hundred old exploitation excavations within this region and resulting destruction of the rock body as well as cutting the rock body with numerous excavations. From the other side, ground gasification is quite sufficient and should not be troublemaking.

All alternative methods of the coal use in power industry are aimed at natural environment protection via reduced or even zero emission of harmful gases and dusts. However, environmental protection aspects should be considered together with economical aspects. Even the best project, if too expensive, will never be implemented. Cost of the climate protection must not be transferred to local community by raising the electric energy bills. Every new method should be implemented gradually with acceptance of local citizens.