

Anna MARZEC*

Strategia rozwoju produkcji energii z węgla

STRESZCZENIE. Przedstawiono wybór zagadnień dotyczących relacji: bezpieczeństwo energetyczne — zmiany klimatyczne — produkcja energii z węgla, omawianych ostatnio na dwu międzynarodowych konferencjach. Pierwsza z nich (Paryż, listopad 2005) została zorganizowana przez Międzynarodową Agencję Energii (*International Energy Agency*). Druga (luty 2006) to posiedzenie Sekcji Zrównoważonej Energii, należącej do Komisji Ekonomicznej ONZ.

Ponadto w artykule omówiono szanse Polski na dywersyfikację importu ropy i gazu ziemnego z niektórych kierunków.

Wzrost światowego zapotrzebowania na energię oraz w dalszym ciągu — dominująca rola kopalnych surowców energetycznych, może doprowadzić do wzrostu emisji dwutlenku węgla z 24 mld ton w 2003 do 37—40 mld ton w 2030 roku. Stanowić to może katastrofalne zagrożenie dla klimatu, jeśli nie zostaną wprowadzone nowe technologie produkcji energii z paliw kopalnych a w szczególności — z węgla, stanowiącego najważniejszy element bezpieczeństwa energetycznego w krajach dysponujących jego zasobami. Opisano trzy strategie działań o różnym horyzoncie czasowym, w sektorze produkcji energii elektrycznej z węgla. Jedną z nich, możliwą do szybkiej realizacji, to wzrost efektywności zarówno produkcji energii z węgla jak i użytkowania energii, co bezpośrednio prowadzi do zmniejszenia emisji dwutlenku węgla. Jej realizacja jest jednakże uzależniona od inicjatywy rządów, polegającej na uruchomieniu instrumentów zachęcających sektor produkcji energii do tego rodzaju działań.

Uwagę zwraca także opinia o konkurencyjności energii elektrycznej (produkowanej z zerową emisją CO₂) w zakresie zastosowania, kosztów inwestycyjnych, zaawansowania technologicznego i efektywności energetycznej — wobec paliwa wodorowego.

* Prof. dr hab. inż. — Zakład Karbochemii PAN, Gliwice; e-mail: marzec@karboch.gliwice.pl

Recenzent: prof. dr hab. inż. Eugeniusz MOKRZYCKI

SŁOWA KLUCZOWE: prognoza, surowce energetyczne, dywersyfikacja importu, Norwegia — eksporter ropy i gazu, Kazachstan — eksporter ropy, Turkmenistan — eksporter gazu, węgiel, CO₂ emisja, energia elektryczna z węgla, strategie rozwoju, energia elektryczna a wodór

Wprowadzenie

W ostatnich kilkunastu miesiącach miały miejsce dwie konferencje międzynarodowe, na których omawiano perspektywy wykorzystywania węgla do produkcji energii, pozostające w związku z koniecznością ochrony klimatu oraz zapewnienia bezpieczeństwa energetycznego.

Uczestników pierwszej z nich (Paris, listopad 2005) stanowili doradcy (*Coal Industry Advisory Board — CIAB*) Międzynarodowej Agencji Energii (*International Energy Agency — IEA*). Doradcy wywodzą się z 16 krajów, które w sumie dostarczają 40% światowej produkcji węgla i zajmują w swoich krajach wysokie stanowiska tak w przemyśle wydobywczym, jak i w produkcji energii elektrycznej, żelaza i stali. Niestety, Polska nie miała swojego przedstawiciela na tej konferencji.

Druga konferencja (Geneva, 2—3 lutego, 2006) została zorganizowana przez Sekcję Zrównoważonej Energii (*Sustainable Energy Section*) Komisji Ekonomicznej ONZ dla Europy (*UN Economic Commission for Europe — UNECE*).

Prognozy światowego zapotrzebowania na surowce energetyczne

Zapotrzebowanie na energię wzrośnie do 2030 roku o 53%. Ta wzrastająca ilość energii będzie w dalszym ciągu produkowana głównie z paliw kopalnych (w 83%); największy udział w produkcji energii będzie miała ropa naftowa z uwagi na potrzeby sektora transportu. Przewidywane zużycie węgla wzrośnie (o 1,4%/rok) z obecnego poziomu 5 200 mln ton do 7 300 mln ton w 2030 r. Nie przewiduje się żadnego znaczącego wzrostu produkcji energii w hydroelektrowniach ani w siłowniach jądrowych. Prognozowany wzrost udziału surowców odnawialnych będzie nieco szybszy niż dotąd, ale także nie osiągnie znaczącego poziomu z uwagi na niski poziom startowy (zagadnienia te omówiono nieco szerzej w publikacji (1)).

Należy zwrócić uwagę na fakt, iż wszystkie wymienione tu dane liczbowe tylko nieznacznie (lub w ogóle nie) różnią się od prognoz wcześniejszych, opublikowanych w roku 2001, a następnie w 2003 roku w USA. Obie te wcześniejsze prognozy zreferowano w [2].

Polska a światowy rynek ropy naftowej i gazu ziemnego

Polska jest państwem uzależnionym od importu ropy naftowej (import stanowi około 97% zużywanej ropy) oraz gazu ziemnego (import stanowi około 70% zużywanego gazu). Naszym dominującym dostawcą jest Rosja, drugi co do wielkości dostawca ropy na świecie oraz największy światowy eksporter gazu.

Konkurencja na światowym rynku wśród importerów ropy będzie coraz bardziej bezwzględna. Do ropy konkurują: USA, Chiny, Japonia, Indie i niemal cała reszta świata za wyjątkiem kilku państw, które mają własne zasoby.

Szanse Polski na dywersyfikację importu ropy trudno oceniać optymistycznie. W tym także szanse na import ropy z Norwegii do Polski trzeba oceniać nadzwyczaj ostrożnie. Od roku 2000 zarówno norweska produkcja ropy, jak i eksport oraz zasoby, systematycznie maleją (źródło: Norway Petroleum Directorate and Statistics). Do grupy obecnych importerów norweskiej ropy należą: Anglia (współwłaściciel pól naftowych Morza Północnego), Holandia, USA, Niemcy, Francja i Kanada.

Większy import gazu ziemnego z Norwegii może być także nierealny. Norwegia produkuje około 65 miliardów m³ rocznie. Jest to ilość, którą zużywa średniej wielkości państwo, np. Włochy (64 miliardy m³). Do grupy obecnych importerów gazu norweskiego należą: Anglia, Niemcy, Holandia, Belgia, Czechy, a także Polska.

W konkluzji przewiduje się, że Unia Europejska w roku 2030 będzie zmuszona do importu (oczywiście z poza swojego terenu) zarówno ropy, jak i gazu w ilości 70% swojego zapotrzebowania.

Rejon Morza Kaspijskiego jako dostawca ropy i gazu do Polski także nie przedstawia się optymistycznie. Kazachstan ma prawdopodobnie drugie co do wielkości światowe zasoby ropy naftowej. Turkmenistan natomiast posiada bogate złoża gazu ziemnego. Problem jednakże w tym, że żaden z projektowanych, czy też będących w budowie ropo- i gazociągów nie zmierza w kierunku Polski (z pominięciem terytorium Rosji). Zainicjowany przez Europejski Parlament, projekt budowy gazowego rurociągu Nabucco (rozpoczęcie budowy w 2008 r.) jak dotąd nie przewiduje budowy żadnego odgałęzienia do Polski. Gaz z Turkmenistanu już jest doprowadzany do Europy, ale za pośrednictwem rurociągów przez terytorium Rosji. W projekcie jest także rurociąg gazowy doprowadzający gaz z Turkmenistanu do Chin.

Eksport ropy z Kazachstanu przedstawia się następująco (na podstawie strony internetowej firmy Ernst & Young Kazakhstan): około 45 mln Mg/rok jest przesyłane rurociągami przechodzącymi przez terytorium Rosji. Projekty przewidują zwiększenie eksportu tą drogą o dalsze 60—0 mln ton. Bezpośrednio do Chin przesył ropy już wynosi około 20 mln Mg/rok i przewidywany jest wzrost o dalsze 20 mln Mg/rok. Rurociąg Baku–Tbilisi–Ceyhan (port turecki na Morzu Śródziemnym) może przesyłać około 50 mln Mg/rok ropy kazachskiej na rynek zachodni.

Prognozy emisji dwutlenku węgla

Konsekwencją wzrostu zużycia paliw kopalnych do produkcji energii będzie wzrost emisji dwutlenku węgla z 24 mld ton w 2003 roku do 37—40 mld ton w 2030 r., jeśli nie zostaną wprowadzone nowe technologie produkcji energii z paliw kopalnych. Cytowane tu ilości dwutlenku węgla emitowanego do atmosfery, stanowiły podstawę jednego ze scenariuszy prognoz zmian klimatu [3]. Nie ulega wątpliwości, że zmiany te miałyby katastrofalne skutki w wielu regionach świata.

Strategie redukcji emisji dwutlenku węgla w sektorze produkcji energii z węgla

Względy bezpieczeństwa energetycznego wskazują na potrzebę maksymalnego wykorzystania węgla, ale w sposób nie prowadzący do negatywnych skutków dla klimatu. Opracowano trzy sposoby działania, odnoszące się głównie do sektora produkcji energii elektrycznej. Ma to bowiem istotne znaczenie z następujących powodów:

- ✧ sektor ten już jest głównym użytkownikiem węgla,
- ✧ zakres użytkowania energii elektrycznej winien objąć także sektor transportu poprzez wprowadzanie do użytku samochodów o napędzie mieszanym (paliwa ciekłe/energia elektryczna). Jest to perspektywa realna — tego typu samochody już są produkowane (Toyota Prius).

Strategia 1

W pierwszym rzędzie należy wyeliminować przestarzałe instalacje produkcji energii elektrycznej z węgla, charakteryzujące się niską 30% efektywnością termiczną i zastąpić je nowoczesnymi instalacjami o efektywności na poziomie 40—45%. Np. w Japonii od kilku lat działają cztery instalacje USC (*Ultra-SuperCritical technology*), które produkują energię z węgla z efektywnością termiczną od 42 do 43,6%. Ich koszty inwestycyjne wyniosły od 1500 USD/kW do 2000 USD/kW. Wzrost efektywności oznacza obniżenie zużycia węgla, a zatem zmniejszenie emisji dwutlenku węgla. Unowocześnienie sektora produkcji energii winno być realizowane nie tylko w 30 krajach należących do OECD (*Organization for Economic Cooperation and Development*), ale także w Chinach (według informacji przedstawiciela Chin na paryskiej konferencji, tu efektywność żadnej instalacji nie przekracza 30%), w Rosji, Indiach oraz we wszystkich krajach rozwijających się.

Strategia 1 charakteryzuje się tym, iż możliwe jest jej szybkie wdrożenie, jeśli tylko rządy uruchomią niezbędne instrumenty zachęty do inwestycji w tym zakresie.

Strategia 2

Działanie w tym zakresie winno polegać na opracowaniu nowych technologii produkcji energii elektrycznej z węgla, charakteryzujących się efektywnością wyższą (~50%) od tych, które są obecnie osiągane w nowoczesnych instalacjach przemysłowych. Oczywiście, dążność do wzrostu efektywności musi obowiązywać nie tylko w sektorze produkcji energii, ale także w sektorze użytkowania energii. Szybkie rozpoczęcie tego rodzaju działań wydaje się najbardziej realne w krajach rozwiniętych.

Strategia 3

W sektorze produkcji energii elektrycznej i ciepłej działanie winno polegać na wdrażaniu procesów wydzielania dwutlenku węgla i magazynowaniu go pod ziemią w takich złożach, z których nie będzie on mógł migrować na powierzchnię ani przedostawać się do podziemnych zasobów wody. Technologie wydzielania, sprężania i transportu dwutlenku są dojrzałe do przemysłowego zastosowania, natomiast rozpoznanie podziemnych złóż, nadających się do jego sekwestracji wymaga czasu. Dlatego przewiduje się, że nawet w krajach uprzemysłowionych sekwestracja dwutlenku węgla — a w konsekwencji przemysłowa produkcja energii z zerową emisją dwutlenku — nastąpi dopiero po 2020 r.

Zgazowanie węgla

Nowoczesna technologia zgazowania węgla do tzw. gazu syntezowego (np. *IGCC — Integrated Gasification Combined Cycle*); instalacja działająca od około 10 lat w stanie Indiana, USA) umożliwia zarówno produkcję energii elektrycznej oraz gazu stanowiącego substytut gazu ziemnego jak i chemikaliów, które dotąd są wytwarzane przez przemysł petrochemiczny z ropy naftowej. Usuwanie wszelkich gazów powodujących efekt cieplarniany, łącznie z dwutlenkiem węgla, może być w tym procesie realizowane w sposób prostszy pod względem technologicznym w porównaniu z procesami bezpośredniego spalania węgla. Taka zatem technologia zgazowania węgla może prowadzić do zmniejszenia zapotrzebowania na gaz ziemny a także, na ropę naftową (w tym ostatnim przypadku, tylko w takim wymiarze w jakim jest ona zużywana na użytek przemysłu petrochemicznego).

Perspektywy masowego zastosowania wodoru jako paliwa

Ostrzeżenia płynące ze środowisk klimatologów [3—5] na temat postępującego ocieplenia klimatu i jego groźnych skutków, m.in. w postaci coraz intensywniejszych ekstremalnych zjawisk pogodowych, wskazują na konieczność jak najszybszego wdrażania wszystkich tych działań (strategia 1, 2 i 3) i ewentualnie procesu zgazowania węgla (z zerową emisją CO₂). Ten oczywisty wniosek bywa jednak niepotrzebnie neutralizowany przez pogląd jakoby powszechne zastosowanie wodoru jako paliwa stanowiło właściwy sposób zapobiegania ociepleniu klimatu oraz uwalniało od konieczności importu ropy dla sektora transportu.

Perspektywy zastosowania wodoru jako paliwa nie były przedmiotem obrad ani na obu wspomnianych na wstępie konferencjach ani też nie były brane pod uwagę przy opracowywaniu raportu, dotyczącego wspomnianych prognoz zmian klimatycznych [3—5] oraz stanu obecnego i przyszłości sektora produkcji energii [6]. Wynika to z narastającego krytycyzmu wobec koncepcji wodoru jako energetycznego surowca.

Zagadnienie wodorowego paliwa zostało obszernie opracowane przez Narodową Radę Badań (*National Research Council*) w USA [7]. Jest to rada powoływana do opracowywania szczególnie społecznie ważnych problemów, w skład której wchodzi specjalistów z dwu Akademii Nauk (*National Academy of Sciences* i *National Academy of Engineering*) oraz Narodowego Instytutu Zdrowia (*National Institute of Health*). Jedną z zasadniczych konkluzji, zawartych w tym raporcie jest stwierdzenie, iż wprowadzenie nowych technologii produkcji wodoru (tzn., bez emisji dwutlenku węgla) oraz bezpiecznego magazynowania, dystrybucji i użytkowania wodoru jako paliwa wymaga kilku dziesiątków lat (te zagadnienia zostały bardziej szczegółowo omówione w publikacji [8]). Nie jest to zatem droga prowadząca do odpowiednio szybkiego zmniejszenia emisji dwutlenku węgla do atmosfery.

Głosy krytyczne wobec wodoru pojawiają się także z kilku innych powodów. Wątpliwość budzi rzekoma wyższość wodoru wobec produkcji i użytkowania energii elektrycznej:

- ✧ produkcja „czystej” energii elektrycznej tzn. bez emisji NO_x, SO_x, PM oraz CO₂, w nowoczesnych elektrowniach jest nie mniej — a może bardziej — realna od produkcji „czystego” wodoru (tzn. wodoru produkowanego z paliw kopalnych ale bez ubocznej emisji dwutlenku węgla);
- ✧ przesył energii elektrycznej nie stwarza technologicznych trudności ani nie prowadzi do równie wysokich kosztów inwestycyjnych jak dystrybucja wodoru;
- ✧ w sektorze użytkowania energii, elektryczność może spełniać identyczne funkcje jak paliwo wodorowe, a technologia jej wykorzystania w pojazdach jest albo dobrze opanowana, albo znacznie bardziej zaawansowana od technologii wykorzystania wodoru. Przykładem są wspomniane już samochody o napędzie hybrydowym (elektrycznym i benzynowym) w porównaniu z samochodami napędzanymi wodorem spalonym w ogniwach paliwowych. Te pierwsze już są produkowane i kupowane (np. Toyota Prius). Te drugie mogłyby stać się konkurencyjne pod następującymi warunkami [9, 10]:

- ✧ koszty produkcji ogniw paliwowych zostaną zmniejszone około 10-krotnie oraz
- ✧ nastąpi przełom w sposobie magazynowania wodoru w pojazdach w taki sposób, aby pojazdy mogły osiągać kilkuset kilometrowy zasięg po jednorazowym tankowaniu wodoru.

Ponadto w literaturze pojawiają się opinie według których, efektywność energetyczna całego ciągu procesów poczynając od produkcji (wodoru lub energii elektrycznej) i dystrybucji, aż do użytkownika (wodoru w ogniwach paliwowych lub energii elektrycznej u końcowego użytkownika) może być wyższa dla energii elektrycznej [11]. Zasadnicze znaczenie ma także bezpieczeństwo na drogach w pojazdach z napędem elektrycznym w porównaniu z napędem wodorowym.

Inne, co prawda niedostatecznie dotąd rozpoznane przez klimatologów zagrożenie (które może wystąpić w przypadku masowego użytkowania wodoru) wynika z faktu, iż spalanie wodoru prowadzi do emisji pary wodnej — najsilniejszego gazu cieplarnianego — do atmosfery. Opublikowane dane dla sektora transportu w USA wskazują, że np.: w 2002 r. sektor ten wyemitował 1,86 mld ton dwutlenku węgla, oraz że w tymże roku byłoby trzeba 84 mln ton wodoru dla całkowitego wyeliminowania w tym sektorze napędu paliwami naftowymi.

Proste obliczenia [12] wykorzystujące te dane wskazują, że ilość molekuł dwutlenku węgla wyemitowanego w 2002 r. byłaby niemal równa ilości molekuł pary wodnej pochodzącej ze spalania wspomnianej ilości wodoru. A zatem w wyniku substytucji naftowych paliw ciekłych przez wodór, w atmosferze pojawiła by się taka sama ilość molekuł ale bardziej aktywnych w tworzeniu efektu cieplarnianego.

Wnioski

1. Potrzeba zapewnienia bezpieczeństwa energetycznego Polski przemawia za tym, aby węgiel miał wysoki udział w produkcji energii.

2. Konieczność zmniejszenia emisji dwutlenku węgla do atmosfery nakłada na wszystkie kraje, w tym także na Polskę, obowiązek realizacji przedsięwzięć:

- ✧ zmierzających do zwiększenia efektywności tak produkcji energii z węgla w elektrowniach (realizacja strategii 1 i 2) i ciepłowniach, jak i zwiększenia efektywności użytkowania energii oraz
- ✧ wydziałania i sekwestracji dwutlenku węgla (strategia 3) w elektrowniach i ciepłowniach.

3. Realizacja tych zadań wymaga udziału Państwa/Rządu, polegającego conajmniej na stworzeniu instrumentów zachęty do takich inwestycji.

4. Ewentualna realizacja zamierzeń produkcji i użytkowania paliwa wodorowego winna podlegać na każdym etapie krytycznej ocenie i porównaniu z produkcją czystej energii elektrycznej i jej użytkowaniem tak pod względem:

- ✧ efektywności energetycznej,
- ✧ kosztów,

- ✧ jak i realnych możliwości wprowadzenia do przemysłu nowych technologii w określonym czasie.

Literatura

- [1] MARZEC A., 2003 — Emisja dwutlenku węgla z paliw kopalnych. Klimatyczne i społeczne konsekwencje. *Nafta-Gaz* nr 3, s. 173—180.
- [2] MARZEC A., 2004 — Światowe prognozy produkcji energii, bezpieczeństwo energetyczne UE a polskie górnictwo węglowe. *Polityka Energetyczna* t. 7, zeszyt specjalny, s. 41—47.
- [3] Intergovernmental Panel on Climate Change; 3rd Assessment Report, 2001 — *Climate Change 2001 — the Scientific Basis. Summary 2001*, IPCC Secretariat, Geneva.
- [4] National Research Council, 2005 — *Understanding and Responding to Climate Change*. Washington D.C., October 2005.
http://dels.nas.edu/basc/climate-change_final.pdf
- [5] International Scientific Conference, Exeter, UK, 1—3 February 2005. *Proceedings of the Conference: Avoiding Dangerous Climate Change*. www.metoffice.gov.uk
- [6] *International Energy Outlook 2005*. Energy Information Administration — Department of Energy, USA.
- [7] National Research Council — *The Hydrogen Economy: Opportunities, Costs, Barriers and R&D Needs*. The National Academies Press, Washington D.C. 2004.
- [8] MARZEC A., 2004 — Wodór jako powszechne paliwo — więcej cieni niż blasków. *Karbo*, 2004, nr 1, s. 9—14.
- [9] ROMM J.J., 2004 — The Hype about Hydrogen: Fact and Fiction in the Race to Save Climate. *Issues in Science and Technology*, 20(3), s. 74—81.
- [10] Debate: Competing Vision of Hydrogen Economy. *Chemical & Engineering News* 2005, 83(34), 30—35.
- [11] HAMMERSCHLAG R., MAZZA P., 2005 — Questioning Hydrogen. *Energy Policy* 33, s. 2039—2043.
- [12] MARZEC A., 2006 — Toward a Hydrogen Fuel — Would its massive use be safe for climate? (in print).

Anna MARZEC

Energy from coal — inevitable necessity

Abstract

Issues referring to relationships: energy safety — climate changes — energy from coal have been described on the basis of two recent international conferences. One of them was Meeting of the IEA

Coal Industry Advisory Board (Paris, November 2005); the other one was 8th Session of the UN ECE Group of Coal in Sustainable Development (Geneva, February 2006).

Moreover, the article describes rather limited diversification possibilities of oil and gas import in Poland.

The increase of world energy demand and energy production still dominated by the use of fossil fuels may result in the carbon dioxide emission from 24 GT in 2003 to 37—40 GT in 2030. The emission poses a serious climatic danger if new technologies of energy production, especially from coal, are not worldwide applied. From the point of view of energy safety, coal use is inevitable in countries that possess coal deposits. Three strategies of CO₂ reduction in coal-based power generation have been described. One of them that can be realized soon, is a replacement of existing power plants by state-of-the-art technologies. The replacement should significantly increase energy efficiency and thus, should lead to lower CO₂ emission.

The time has come for governments' action on creating instruments that could encourage electric energy sector to implement the strategies.

It is also worth to note the opinion on competitive relations between coal-based electric energy and hydrogen fuel. Clean electricity shows the same range of applicability compared with hydrogen, and can be superior with respect of lower investment costs, higher technological advancement and higher energy effectiveness.

KEY WORDS: prospects, primary energy raw materials, import diversification, Norway oil and gas export, Kazakhstan oil export, Turkmenistan gas export, coal, CO₂ emission, coal based electricity, development strategies, electricity contra hydrogen fuel