

Halina MACHOWSKA¹

WĘGIEL-ENERGETYKA-EKOLOGIA

COAL-POWER INDUSTRY-ECOLOGY

Abstrakt: W pracy przedstawiono: strukturę paliwową wytwarzania energii elektrycznej, wpływ energetyki, bazującej na węglu, na środowisko naturalne, efekt cieplarniany, emisję rtęci z energetycznego spalania węgla, wymogi Unii Europejskiej w zakresie ograniczenia emisji rtęci, metody i technologie, pozwalające na obniżenie emisji rtęci z procesów spalania węgla.

Słowa kluczowe: węgiel, rtęć w węglu, emisja rtęci, energetyka, ekologia

Wstęp

W drugiej połowie XXI wieku należy spodziewać się zasadniczych zmian w światowej strukturze zużycia paliw pierwotnych, wynikających z ich dostępności. Paliwa kopalne, a w szczególności węgiel będzie dominował z uwagi na rosnące w skali świata zapotrzebowanie na energię elektryczną. Węgiel to jedyny surowiec, pozwalający na zaspokojenie potrzeb energetycznych przez około 200 lat, zasoby ropy naftowej będą się wyczerpywały za 45 lat, a gazu ziemnego za 60 lat. Wiele krajów UE produkuje obecnie energię elektryczną z węgla z powodu lokalnej dostępności tego paliwa. Wyczerpywanie się naturalnych zasobów węglowodorowych może zostać znacznie przyspieszone z powodu intensywnego wzrostu zapotrzebowania na nośniki energii pierwotnej, głównie w krajach azjatyckich, jak Chiny i Indie. Dlatego też nieunikniony będzie powrót do wykorzystania najbardziej zasobnego na świecie surowca energetycznego, jakim jest węgiel [1].

Węgiel a emisja rtęci

Węgiel kamienny wraz z węglem brunatnym są gwarancją polskiego bezpieczeństwa energetycznego.

Struktura wytwarzania energii elektrycznej w Polsce kształtuje się następująco: węgiel kamienny - 56%, węgiel brunatny - 36,9%, gaz - 2,9%, odnawialne źródła energii - 4,2%.

Struktura zużycia węgla kamiennego w Polsce przedstawia się następująco: energetyka - 54%, koksownie - 14,2%, ciepłownictwo - 13,5%, przemysł przetwórczy - 8,2%, gospodarstwa domowe - 10,1% [2].

W Polsce wzrost zapotrzebowania na energię finalną do 2030 wyniesie około 45%, a na energię pierwotną około 35%.

Elektroenergetyka zawodowa w Polsce odpowiedzialna jest za emisje, a mianowicie: CO₂ około 45%, SO₂ - 55%, NO_x - 30% i pyłu 10% [3].

Wyprodukowanie 1 kWh energii elektrycznej jest związane z uwolnieniem do atmosfery około 1000 g CO₂, 8-12 g SO₂, 3-4 g NO_x.

¹ Instytut Chemii i Technologii Organicznej, Wydział Inżynierii i Technologii Chemicznej, Politechnika Krakowska im. T. Kościuszki, ul. Warszawska 24, 31-155 Kraków, email: hmach@chemia.pk.edu.pl

* Praca była prezentowana podczas konferencji ECOpole'13, Jarnóltówek, 23-26.10.2013

Struktura paliwowa wytwarzania energii elektrycznej Polskiej Grupy Energetycznej w 2020 roku to 15,8 GW, w tym: węgiel brunatny - 56%, węgiel kamienny - 18%, gaz - 15%, OZE - 11%, w 2035 roku to 21,3 GW, w tym: węgiel brunatny - 33%, węgiel kamienny - 5%, gaz - 11%, OZE - 14%, energia jądrowa - 37% [4].

Głównym źródłem rtęci emitowanej do atmosfery w wyniku działalności człowieka jest spalanie kopalnych surowców energetycznych, zwłaszcza węgla, na które przypada 45% całkowitej emisji rtęci, dalsze 18% tej emisji wiąże się z wydobywaniem złota ze skał i piasków złotoносnych. Dwie trzecie całkowitej emisji rtęci na świecie pochodzi z Azji, głównie z Chin. W Chinach i Indiach głównym źródłem rtęci są elektrownie węglowe, które produkują energię elektryczną, natomiast w Afryce Południowej źródłem rtęci są kopalnie złota.

Warunkiem przyszłego wzrostu udziału węgla jako surowca energochemicznego jest wprowadzenie czystych technologii węglowych. Związane jest to z kosztem i niełatwym technicznie problemem usuwania, magazynowania i utylizacji CO₂ z gazów spalania i przerobu.

Po wstąpieniu do UE Polska została zobowiązana do przekształceń w polskiej energetyce poprzez respektowanie wytycznych zawartych w Komunikacie Komisji dla Rady i Parlamentu Europejskiego - Strategia Wspólnoty w Zakresie Rtęci - Bruksela 28.01.2005. Jednym z głównych źródeł uwolnień rtęci jest spalanie węgla. Spalanie węgla w elektrowniach o mocy przekraczającej 50 MW zostało określone w Dyrektywie IPPC (Integrated Pollution Prevention and Control), Dyrektywie Rady 96/61/WE z dnia 24.09.1996 roku, dotyczącej zintegrowanego zapobiegania zanieczyszczeniom i ich kontroli, Dz.U.L 257 z 10.10.96. - tak jak inne główne źródła emisji, takie jak metale, cement oraz przemysł chemiczny, oraz w Dyrektywie 2001/80/WE.

BREF dla dużych źródeł spalania określa, że w celu redukcji metali ciężkich ze spalania węgla najlepszy poziom kontroli może być osiągnięty przez zastosowanie filtrów tkaninowych FF (fabric filter) i odpylaczy elektrostatycznych ESP (electrostatic precipitator) w kombinacji z procesami odsiarczania gazów spalinowych FGD (flu gas desulfurization). Aby uzyskać większą redukcję emisji rtęci, poleca się utlenianie i adsorpcję rtęci na odpowiednich materiałach. Poziom emisji poniżej 0,05 mg/m³ jest zaliczany do najlepszych dotychczas dostępnych technologii.

Zgodnie z BAT, redukcja emisji rtęci w przypadku spalania węgla kamiennego powinna wynosić od 70 do 98%, a dla węgla brunatnego od 30 do 70%. Niższa dopuszczalna redukcja emisji rtęci przy spalaniu węgla brunatnego wynika z niższej zawartości węgla w popiołach, które powstają ze spalania węgla brunatnego, i wyższej zawartości rtęci w spalinach [5].

Ponieważ w Europie poziom rtęci w powietrzu jest poniżej poziomu, wpływającego na zdrowie ludzi, dlatego w dyrektywie nie ujęto uregulowań względem rtęci.

Rtęć jest naturalnym składnikiem węgla i związana jest głównie z pirytem FeS₂. Występuje jako rtęć dwuwartościowa, która tworzy kompleksy z substancją humusową, lub w siarczankach żelaza [6]. Spalanie węgla brunatnych powoduje wyższą emisję rtęci do atmosfery od spalania węgla kamiennych. Podczas spalania węgla substancja mineralna ulega głębokim przemianom fizycznym i chemicznym, w wyniku których powstają żużle i popioły lotne. Rtęć emitowana do atmosfery występuje głównie w postaci elementarnej

zaadsorbowanej na drobnych cząsteczkach pyłu oraz w postaci gazowej. Rtęć może rozprzestrzeniać się w atmosferze na bardzo duże odległości (setki km).

Na podstawie badań [6] zawartości rtęci w węglach kamiennych i węglach brunatnych eksploatowanych w Polsce mieściły się w zakresie od kilku do kilkuset ppb. Średnia jej zawartość w węglu kamiennym wynosiła w złożach: dolnośląskim - 399 ppb, lubelskim - 105 ppb i górnośląskim (najniższa zawartość rtęci) - 60 ppb.

Średnie zawartości rtęci w węglu brunatnym były wyższe od zawartości rtęci w węglu kamiennym. Zbadane złoża węgla brunatnego zawierały od kilkudziesięciu do ponad 1000 ppb rtęci, a średnia jej zawartość wynosiła 322 ppb i była kilka razy wyższa od zawartości w węglu kamiennym. Najwyższą średnią zawartość rtęci stwierdzono w węglu brunatnym ze złoża Bełchatów- 416 ppb, a najniższą ze złoża Lubstów - 199 ppb.

Zawartość rtęci w skałach płonnych, towarzyszących węglowi kamiennemu w złożach, była zbliżona do zawartości rtęci w węglu. Średnia zawartość rtęci w skałach płonnych, występujących w zbadanych złożach węgla kamiennego wynosiła 129 ppb. Zawartość rtęci w skałach płonnych z kopalń węgla brunatnego była niższa od zawartości rtęci w próbkach węgla. Średnia zawartość rtęci w zbadanych skałach płonnych ze złóż węgla brunatnego wynosiła 97 ppb i była znacznie niższa niż w węglu, jak również znacznie niższa niż w skałach płonnych ze złóż węgla kamiennego.

Badania węgla stosowanych w polskich elektrowniach [7] wykazały, że średnia zawartość rtęci w węglu kamiennym wynosiła od 50 do 150 ppb, a w węglu brunatnym od 120 do 370 ppb, czyli ilość rtęci wprowadzana z węglem brunatnym do spalania w energetyce zawodowej jest około trzy razy większa niż wprowadzona z węglem kamiennym. Według badań, emisja rtęci przy spalaniu węgla w elektrowniach na terenie Polski wahała się w granicach 40-90%. Podczas spalania węgla rtęć skupiona była głównie w popiele lotnym i w niewielkiej ilości w żużlu. I tak, podczas spalania węgla kamiennego ilość rtęci w popiele lotnym wynosiła od 130 do 1000 ppb, a w żużlu od 2 do 30 ppb. Dla spalanego węgla brunatnego ilość rtęci w popiele lotnym wynosiła od 130 do 1400 ppb, a w żużlu od 15 do 90 ppb. Różny stopień emisji rtęci wynika z tego, że każdy węgiel ma inną zawartość rtęci, ponadto większy udział popiołu w węglu wpływa na większą zawartość rtęci oraz różny stopień emisji rtęci może wynikać z rodzaju stosowanego paleniska: kocioł pyłowy, fluidalny, rusztowy, wyposażenia kotła w instalacje odpylania: elektrofiltr, filtr workowy oraz instalacje odsiarczania zabudowane w ciągu spalin [7].

Rtęć emitowana podczas procesu spalania węgla występuje w postaci rtęci metalicznej Hg^0 , rtęci utlenionej Hg^{+2} oraz rtęci związanej z popiołem Hg_p . Obydwie formy rtęci Hg^0 i Hg^{+2} mają różne właściwości fizykochemiczne i dlatego też różnie zachowują się w spalinach oraz w atmosferze. Zachowanie takie wymusza selektywne traktowanie każdej formy. Rtęć metaliczna Hg^0 jest formą trwałą, lotną, trudno rozpuszczalną w wodzie i łatwo rozprzestrzeniałą w przyrodzie na dalekie odległości. Rtęć utleniona Hg^{+2} jest formą rozpuszczalną w wodzie oraz szybko ulega mokrej lub suchej depozycji.

W literaturze istnieje stosunkowo mało danych na temat związków Hg^{+2} . Ogólnie przyjęte jest, że dominuje forma $HgCl_2$, jednakże może to być również HgO , $HgSO_4$.

Wzbogacanie węgla przed procesem spalania, a zwłaszcza usuwanie pirytu, odpylanie i oczyszczanie gazu może znacznie zmniejszyć emisję szkodliwych substancji powstałych w procesie spalania, w tym rtęci.

Wyznaczone wartości krajowej emisji metali ciężkich do powietrza w 2010 roku wskazują, że w porównaniu z emisjami 2009 roku nastąpił wzrost wielkości emisji krajowej rtęci o około 4,4%. Ten niewielki wzrost emisji rtęci został spowodowany przede wszystkim większym zużyciem węgla kamiennego i brunatnego w procesie spalania i w procesach przemysłowych. I tak, udział największych sektorów w emisji Hg (rtęci) w Polsce w roku 2010 wraz z Kodami SNAP (Selected Nomenclature for Air Pollution/ klasyfikacja źródeł emisji zanieczyszczeń) przedstawia się następująco [8]:

Kod SNAP 01. 59,1% - procesy spalania w sektorze produkcji i transformacji energii

Kod SNAP 02. 12,0% - procesy spalania poza przemysłem

Kod SNAP 03. 23,4% - procesy spalania w przemyśle

Kod SNAP 04. 5,3% - procesy produkcyjne

Kod SNAP 09. 0,2% - zagospodarowanie odpadów

Porównanie emisji całkowitych z 2010 roku z 2009 rokiem przedstawia się następująco:

Hg 104,43% (2010 r. 14,846 Mg i 2009 r. 14,216 Mg)

Emisja Hg ogółem 2010/2009 wyniosła 104,43%.

Dla przykładu przedstawiono również wielkość emisji dla SO₂ i NO_x:

SO₂ 112,99% (2010 r. 973 586,864 Mg i 2009 r. 861 682,310 Mg)

NO_x 105,44% (2010 r. 866 807,452 Mg i 2009 r. 822 093,748 Mg)

Pakiet klimatyczny

W dniu 23.01.2008 r. Komisja Europejska przedstawiła pakiet dokumentów, tzw. pakiet energetyczno-klimatyczny.

Problem z polityką klimatyczną w Polsce powstał w 2008 roku, kiedy to Komisja Europejska zaczęła forsować cele redukcyjne, licząc je od 2005 roku. Taka metoda całkowicie pomija redukcje dokonane w Polsce w latach 90. Ponadto UE doprowadziła do zaostrzenia polityki klimatycznej w 2010 roku przez wprowadzenie niekorzystnego dla węgla systemu rozliczania emisji w przemyśle energochłonnym, a mianowicie zawyżanie cen emisji na rynku pozwoleń (tzw. backloading).

Pakiet klimatyczny obecnie staje się problemem nie tylko dla Polski. Wszystkie branże energochłonne (papier, szkło, stal, chemia) w polityce klimatycznej widzą główną przyczynę wysokich cen energii oraz utratę konkurencyjności. W czasach kryzysu ma to coraz większe znaczenie. Jednak pojawia się koniunktura na zmiany i, dla przykładu w Niemczech została zablokowana redukcja emisji CO₂ w nowych, produkowanych, głównie tam, samochodach [9].

Wspólna polityka energetyczna w Unii Europejskiej zmierza do zapewnienia w długim okresie bezpieczeństwa energetycznego oraz produkcji energii z zachowaniem zasad zrównoważonego rozwoju.

Podstawowe kierunki nowej polityki energetycznej to:

- do 2020 roku udział energii odnawialnej ma stanowić średnio 20%, przy równoczesnym obniżeniu emisji ditlenku węgla o 20% i wzroście średniej sprawności wytwarzania energii elektrycznej w UE o 20%,

- do 2030 roku produkcja energii elektrycznej będzie w źródłach, w których nie istnieje emisja ditlenku węgla, natomiast elektrownie węglowe zmuszane będą do usuwania ditlenku węgla i do sekwestracji,
- w 2050 roku do eksploatacji będą dopuszczone tylko bezemisyjne elektrownie i związane głównie ze stosowaniem wodoru, paliw odnawialnych i syntezy jądrowej.

Wnioski

Międzynarodowa Agencja Energii podaje, że w najbliższych dekadach świat nie będzie w stanie zaspokoić swojego zapotrzebowania na energię bez węgla. Dzięki nowym technologiom będzie on coraz bardziej ekologicznym surowcem energetycznym.

Unijna polityka energetyczno-klimatyczna dyskryminuje węgiel, gdyż nie dotknęła ropy, choć ten surowiec i wytwarzane z niego paliwa odpowiadają za porównywalną część emisji ditlenku węgla (spaliny samochodowe to 65% wszystkich zanieczyszczeń powietrza w UE).

Paliwa te są spalane przez auta z bardzo niską efektywnością, bo do napędzania wykorzystują one tylko 1% zawartej w benzynie czy oleju napędowym energii. W elektrowniach węglowych ten wskaźnik wynosi dziś średnio 35-45% dzięki modernizacji istniejących czy budowie nowych bloków oraz wprowadzaniu, służących temu nowych technologii, tzw. bloków na parametry nadkrytyczne oraz bloków na parametry supernadkrytyczne.

Stosowane od niedawna technologie, nazywane „czystymi technologiami węglowymi”, oraz nowe metody produkcji energii z węgla mają na celu podniesienie sprawności energetycznej bloków węglowych i zmniejszenie emisji ditlenku węgla oraz pyłów i gazów, szkodzących otoczeniu. Należą do nich m.in. kotły pyłowe i fluidalne, instalacje odsiarczania i odazotowania spalin, spalanie węgla z biomasą, spalanie w tlenie czy w powietrzu z podwyższoną zawartością tego gazu, zgazowanie węgla, w tym zgazowanie podziemne, synergia jądrowo-węglowa oraz wychwytywanie i magazynowanie ditlenku węgla metodą CCS (Carbon Capture and Storage). Metoda ta budzi największą wątpliwość, gdyż na razie jest nieopłacalna i znacząco obniża sprawność energetyczną bloków. Nie ma też wciąż pewności, że zatłaczanie ditlenku węgla pod ziemię nie będzie wpływać negatywnie na środowisko.

Wśród wyznaczonych przez Komisję Europejską celów polityki klimatycznej do 2030 roku znalazły się postulaty ograniczenia emisji gazów cieplarnianych o 40% i wzrost do 30% w zakresie OZE łącznie dla wszystkich krajów Unii oraz wprowadzenia obowiązkowego zwiększenia efektywności energetycznej o 40%. Eksperci z Krajowej Izby Gospodarczej czy Central Europe Energy Partners uważają, że przyjęcie tak rygorystycznych celów w zakresie ograniczenia emisji i zwiększania udziału zielonej energii (która dziś kosztuje prawie trzy razy tyle co energia wytworzona ze spalania węgla) spowoduje wzrost ceny za 1 MWh nawet o 100%. Skutkiem tego będzie przenoszenie zakładów do krajów, nienarzucających sobie ograniczeń, jak USA, gdzie cena gazu, z którego wytwarza się aż 60% energii, jest pięciokrotnie niższa [10]. Unia Europejska odpowiada zaledwie za 12% światowej emisji CO₂ i jej plany redukcyjne, bez kroków poczynionych przez innych, nie przyczynią się do poprawy klimatu, a uczynią gospodarkę UE mniej konkurencyjną.

Literatura

- [1] Ściążko M. Uwarunkowania wdrożenia zero-emisyjnych technologii węglowych w energetyce, Zabrze: Wyd IChPW; 2007.
- [2] Szczepaniuk M. Dziennik Gazeta Prawna. 29.07.2013.
- [3] www.Polityka Energetyczna Polski do 2030 r.
- [4] Szczepaniuk M. Dziennik Gazeta Prawna. 9.05.2013.
- [5] Reference Dokument on BAT for the Large Combustion Plants. Seville-Spain. 2003.
- [6] Bojakowska I, Sokołowska G. Biul Państw Instyt Geol. 2001;394:5-54.
- [7] Wojnar K, Wisz J. Energetyka. 2006;4:280-283.
- [8] www.kobize.pl krajowy ośrodek bilansowania i zarządzania emisjami.
- [9] Szymański K. Rzeczypospolita. 16.07.2013.
- [10] Rzeczypospolita, Energia i surowce. 6.02.2014.

COAL-POWER INDUSTRY-ECOLOGY

Faculty of Chemical Engineering and Technology
Tadeusz Kościuszko Cracow University of Technology

Abstract: In this work fuel structure of electric energy production is presented, and also coal based power industry influence on the environment, greenhouse effect, mercury emissions from coal burned in power stations, UE requirements regarding limits of mercury emissions from coal burning power stations are also discussed.

Keywords: coal, mercury in coal, mercury emission, power industry, ecology