

Beata KLOJZY-KARCZMARCZYK*, Janusz MAZUREK**

Badania zawartości rtęci w węglach przeznaczonych dla odbiorców indywidualnych

STRESZCZENIE. Polska jest krajem, w którym tradycyjnie od lat budynki jednorodzinne i małe obiekty usługowo-handlowe na terenach zabudowy rozproszonej (wieś, małe miasta) ogrzewane są najczęściej paliwem węglowym. Odbiorcy indywidualni zaopatrują się w węgiel głównie na składach opałowych. Składy opału sprzedają wiele gatunków (sortymentów) węgla z różnych kopalń. Węgiel sprzedawany na składach różni się od urobku wydobytego bezpośrednio z pokładu (jest produktem wzbogaconym głównie poprzez rozdrobnienie i w efekcie pozbawienie skały płonnej). W związku z tym można spodziewać się, że zawartość metali ciężkich (w tym rtęci) w próbkach węgla kamiennego pobranych ze składu jest inna niż w próbkach pobranych bezpośrednio z ociosów eksploatowanej ściany. Obecność rtęci w węglach jest zjawiskiem powszechnie znanym i udokumentowanym. Jej zawartość w próbkach węgla kamiennego pochodzących z różnych złóż światowych kształtuje się najczęściej na poziomie od 0,03 do 0,3 mg/kg, przy czym zawartość rtęci w poszczególnych pokładach jest znacznie zróżnicowana. Z kolei w dostępnej literaturze mało prezentowanych jest wyników badań zawartości rtęci w produkcie końcowym, zlokalizowanym na składach opałowych, a trafiającym w konsekwencji do odbiorcy indywidualnego.

W pracy przedstawiono wyniki badań zawartości rtęci całkowitej w 25 próbach różnych sortymentów węgla kamiennego, pochodzących z ośmiu kopalń Górnośląskiego Zagłębia Węglowego. Węgłe do badań zostały zakupione w ilości 25 kg z każdego sortu, na jednym z większych, autoryzowanych składów opału z terenu Małopolski, zaopatrującym głównie odbiorców indywidualnych i małe firmy. Wytypowane do badań próby węgla reprezentują zarówno grubsze sortymenty, jak również sortymenty paliwa modyfikowanego (ekogroszek, odsiewka, zmieszany miął węglowy). W opisie prób zastosowano nazewnictwo handlowe,

* Dr inż., ** Mgr inż. – Instytut Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią PAN, Kraków,
e-mail: beatakk@min-pan.krakow.pl, jan@min-pan.krakow.pl

pod jakim sprzedawany jest dany rodzaj paliwa węglowego. Z każdej dużej 25-kilogramowej próby pobrano losowo 5 próbek, które po homogenizacji poddano analizie na zawartość rtęci całkowitej.

Wykonane analizy zawartości rtęci wykazały jej zróżnicowaną obecność w całym badanym materiale. Średnia zawartość rtęci w przebadanych próbkach kształtuje się na poziomie zbliżonym, choć niższym w porównaniu do danych podawanych w literaturze dla próbek pobieranych bezpośrednio ze złoża. W badanych węglach nie stwierdzono również sporadycznych wysokich zawartości punktowych rtęci, obserwowanych niekiedy w próbkach złożowych. Zawartość rtęci całkowitej oznaczona we wszystkich przebadanych próbkach węgla kamiennego zawiera się w granicach od 0,0072 do 0,0852 mg/kg, natomiast jej wartość średnia wynosi 0,0416 mg/kg (w stanie powietrzno-suchym). Brak jest większego zróżnicowania zawartości rtęci w zależności od sortymentu. Jedynie dla próbek reprezentujących różne rodzaje miału węglowego oraz w pojedynczych przypadkach dla ekogroszku i groszku można zauważyć ponad dwukrotne podwyższenie zawartości rtęci w stosunku do uzyskanej średniej. Jak wynika z przeprowadzonych badań, wzbogacanie węgla może wpływać na obniżenie zawartości szkodliwych domieszek rtęci w produkcie finalnym, sprzedawanym na składach opałowych.

SŁOWA KLUCZOWE: składy opału, węgiel kamienny, sortymenty węgla, rtęć całkowita

Wprowadzenie

Węgiel kamienny stanowi podstawowe źródło pozyskiwania ciepła do ogrzewania budynków jednorodzinnych oraz usługowo-handlowych na terenach wsi i małych miast w Polsce. Odbiorcy indywidualni w kraju zaopatrują się w węgiel głównie na składach opałowych. Podmioty te sprzedają wiele gatunków (sortymentów) węgla z różnych kopalń. Na średnich i większych składach opałowych sprzedawanych jest nawet do 30 różnych sortymentów węgla, w tym miału węglowego. Węgiel sprzedawany na składach różni się od urobku (węgla surowego) wydobytego bezpośrednio z pokładu, jest produktem wysortowanym oraz wzbogaconym mechanicznie (głównie poprzez rozdrobienie i w efekcie pozbawienie skały płonnej).

Obecność rtęci w węglach jest zjawiskiem powszechnie znanym i udokumentowanym. Zawartości tego pierwiastka w węglach są zróżnicowane, przy czym w surowym węglu kamiennym są przeważnie niższe niż w węglu brunatnym (m.in. Bojakowska, Sokołowska 2001; Chmielniak i in. 2012). W węglach rtęć występuje w kilku formach, prawdopodobnie głównie jako rtęć dwuwartościowa. Większość związków rtęci w węglach (60–70%) występuje w połączeniach z siarką w postaci domieszek do pirytu FeS_2 oraz jako siarczek rtęci HgS . Część rtęci może być również związana z macerałem węglowym oraz występować jako składnik frakcji organicznej w węglach, co stanowi pozostałe 30–40% (m.in. Bojakowska, Sokołowska 2001; Głodek, Pacyna 2007).

W Polsce nie wykonuje się regularnych badań wydobywanego węgla na zawartość rtęci, a dostępne wyniki badań naukowych dość różnią się od siebie. Z porównania wyników

badan prezentowanych w literaturze wynika, że w polskich kopalniach węgla kamiennego, średnią zawartość rtęci w węglach surowych można szacować na poziomie pomiędzy 0,06 a 0,15 mg/kg, choć spotykane są również zawartości znacznie odbiegające od tego przedziału (Bojakowska, Sokołowska 2001; Bojarska 2006; Wojnar, Wisz 2006; Smoliński 2007; Chmielniak i in. 2012; Michalska, Białecka 2012; Okońska i in. 2013; Kłojzy-Karczmarczyk, Mazurek 2013). Zawartość rtęci w węglach złóż światowych jest także znacznie zróżnicowana i kształtuje się najczęściej na poziomie od 0,03 do 0,3 mg/kg. Wyniki badań przeprowadzonych na próbkach węgla pochodzących z USA wskazują na rozpiętość zawartości rtęci w granicach 0,03–0,20 mg/kg, z Rosji 0,07–0,12 mg/kg, z Chin 0,06–0,08 mg/kg, z Australii 0,05–0,1 mg/kg oraz z Wielkiej Brytanii na poziomie 0,11 mg/kg (<http://ec.europa.eu/> 2004; Olkusi 2007; Smoliński 2007).

W związku z tym, że węgiel sprzedawany na składzie opałowym poddany został przeróbce mechanicznej, można spodziewać się, że próbki węgla ze składu mogą zawierać domieszki metali ciężkich (w tym rtęci) w trochę innych proporcjach niż próbki surowe, pobrane bezpośrednio z ociosów eksploatowanej ściany. Z danych literaturowych wynika, że fizyczne procesy wzbogacania węgla pozwalają usunąć z niego od 26 do 47% rtęci (Wichliński i in. 2012). Na zmiany zawartości rtęci w węglach wzbogaconych mechanicznie czyli takich, jak sortymenty węgla sprzedawane na składach opału, wskazują również badania innych autorów (Michalska, Białecka 2012). W literaturze mało jest prezentowanych wyników badań zawartości rtęci w produkcie końcowym (w tym ze składów opałowych), trafiającym do szerokiej grupy odbiorców indywidualnych. Badania obecności rtęci w węglach pozyskanych ze składów opału są wykonywane znacznie rzadziej niż badania węgla surowych, pozyskanych z opróbowania kopalnianego.

Energetyczne wykorzystanie węgla kamiennego jest jednym z podstawowych antropogenicznych źródeł emisji rtęci (m.in. Bojakowska, Sokołowska 2001; Lorenz 2005; Kłojzy-Karczmarczyk, Mazurek 2007; Olkusi 2007; Smoliński 2007; Kłojzy-Karczmarczyk, Mazurek 2008; Lorenz, Grudziński 2008; Leśniewska i in. 2009; Chmielniak i in. 2012; Wichliński i in. 2012). Zanieczyszczenie pochodzące ze spalania węgla w budynkach jednorodzinnych i małych kotłowniach lokalnych jest adekwatne do stopnia zużycia węgla przez tę grupę odbiorców. W ciągu ostatnich lat struktura zużycia paliw energetycznych w Polsce zmieniła się w niewielkim stopniu. Paliwa dominujące w gospodarce energetycznej to nadal węgiel kamienny oraz węgiel brunatny. Udział węgla w produkcji energii elektrycznej w latach 1993–2010 kształtował się w granicach od 95 do 97% (Blaschke 2005; Grudziński 2010; Barchański 2010). Odbiorcy indywidualni, po elektrowniach i elektrociepłowniach oraz przemyśle i budownictwie, są na trzecim miejscu pod względem zużycia węgla w Polsce, mając około 13% udziału w ogólnym zużyciu tego paliwa (Stala-Szlugaj 2011a, b). Polski węgiel kamienny jest też przedmiotem eksportu do innych krajów europejskich (Olkusi, Stala-Szlugaj 2012).

Celem badań przedstawionych w prezentowanej pracy jest określenie zawartości rtęci w próbkach, wzbogaconych mechanicznie, gotowych produktów handlowych, jakimi są różne sortymenty węgla kamiennego – w tym miału węglowego – dostępne dla odbiorców indywidualnych na składach opałowych i porównanie uzyskanych wyników z publikowanymi w literaturze informacjami o zawartości rtęci w pokładach węgla kamiennego

Górnośląskiego Zagłębia Węglowego oraz w produktach wzbogaconych fizycznie. W pracy przedstawiono wyniki analiz próbek różnych sortymentów węgla kamiennych pozyskanych w roku 2013, z jednego z autoryzowanych składów opału z terenu Małopolski.

1. Przedmiot i metodyka badań

W pracy dokonano analizy zawartości rtęci całkowitej w 25 próbach różnych sortymentów węgla kamiennego, pochodzących z ośmiu kopalń Górnośląskiego Zagłębia Węglowego. Węgłe do badań zostały zakupione w roku 2013 w ilości 25 kg z każdego sortu, na jednym z większych, autoryzowanych składów opału z terenu Małopolski, zaopatrującym głównie odbiorców indywidualnych i małe firmy. Wytypowane do badań próby węgla reprezentują zarówno grubsze sortymenty, jak również sortymenty paliwa modyfikowanego (ekogroszek, odsiewka, zmieszany miął węglowy). W ich opisie zastosowano nazewnictwo handlowe, pod jakim sprzedawany jest dany rodzaj paliwa węglowego (tab. 1). Stosowane nazewnictwo pozwala na ewentualne porównanie wyników analiz prób pochodzących z innych składów opału sprzedających te same produkty.

W procesie przygotowania próbek analitycznych z każdej, dużej 25-kilogramowej próby pobrano losowo 5 próbek o wadze około 1 kg, które po homogenizacji (rozdrabnianiu i mieszaniu, uziarnienie $< 0,2$ mm) poddano analizie na zawartość rtęci. W wyodrębnionych 125 próbkach oznaczono i podano zawartość całkowitą rtęci w stanie powietrzno-suchym (analitycznym). Dla każdej próbki wykonano dwa oznaczenia, a jako wynik prezentowanej analizy przyjęto średnią arytmetyczną z przeprowadzonych pomiarów. Dla każdego sortymentu wykonano zatem po 10 powtórzeń pomiarów zawartości rtęci, co znacząco uwiarygodnia uzyskane wyniki.

Autorzy wykorzystali do badań metodę analityczną, będącą modyfikacją klasycznej metody AAS, umożliwiającą pomiar progowych (rzędu nanogramów) ilości rtęci w próbkach stałych i ciekłych różnego pochodzenia, której zaletą jest możliwość eliminacji etapu wstępnego przygotowania próbki. Mineralizacja próbki odbywa się wewnątrz analizatora, bezpośrednio przed etapem detekcji. Pozwala to na zminimalizowanie strat rtęci, jakie występują zawsze w procesie mineralizacji próbki w klasycznych metodach analitycznych. Do wykonania oznaczeń rtęci użyto dedykowanego spektrometru absorpcji atomowej AMA-254 firmy Altec. Zastosowana w pracy metoda wykorzystuje do oznaczania zawartości rtęci w próbkach węgla analogiczne techniki analityczne, jak zalecane m.in. w pracy Okońskiej i in. (2013).

TABELA 1. Uśrednione wyniki pomiarów zawartości rtęci całkowitej w próbkach pochodzących z wybranych sortymentów węgla oferowanych przez skład opału – badania IGSMiE PAN

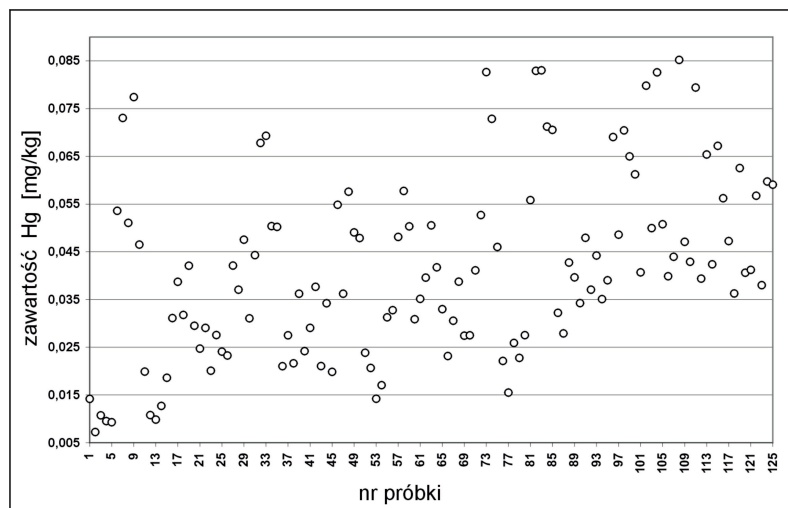
TABLE 1. The averaged results of measurements of the total mercury content in the samples from selected assortments of coal offered by the fuel depots – studies of MEERI PAS

Nr próbek	Nazwa handlowa produktu na składzie opału (sortyment – próba)	Zawartość Hg [mg/kg] (w stanie powietrzno-suchym)		
		wartość średnia	wartość min.	wartość max.
1–5	węgiel kostka KWK 1	0,01019	0,00724	0,01418
6–10	węgiel orzech KWK 1	0,06033	0,04650	0,07743
11–15	węgiel kostka KWK 2	0,01437	0,00984	0,01989
15–20	węgiel orzech KWK 2	0,03464	0,02950	0,04208
21–25	węgiel orzech KWK 3	0,02510	0,02008	0,02906
26–30	węgiel orzech KWK 4	0,03621	0,02327	0,04754
31–35	węgiel kostka KWK 4	0,05640	0,04430	0,06932
36–40	węgiel kostka KWK 5	0,02612	0,02104	0,03621
41–45	węgiel orzech KWK 5	0,02837	0,01985	0,03768
46–50	węgiel gruby KWK 6	0,04913	0,03622	0,05760
51–55	węgiel gruby KWK 7	0,02141	0,01422	0,03126
55–60	węgiel orzech KWK 6	0,04397	0,03087	0,05775
61–65	węgiel orzech I KWK 7	0,04000	0,03298	0,05054
66–70	węgiel orzech KWK 7	0,02948	0,02316	0,03875
71–75	węgiel groszek KWK 8	0,05907	0,04111	0,08265
76–80	węgiel groszek KWK 6	0,02277	0,01550	0,02754
81–85	węgiel ekogroszek 1	0,07271	0,05582	0,08302
86–90	węgiel ekogroszek 2	0,03535	0,02790	0,04276
91–95	węgiel ekogroszek 3 KWK 6	0,04067	0,03510	0,04793
96–100	węgiel miał KWK 6	0,06286	0,04860	0,07045
101–105	węgiel miał odsiewka 0–30 mm	0,06077	0,04070	0,08260
106–110	węgiel miał 19 KWK 5	0,05181	0,03989	0,08522
111–115	węgiel miał 23	0,05876	0,03938	0,07943
116–120	węgiel miał KWK 7	0,04858	0,03626	0,06254
121–125	węgiel miał 25 KWK 5	0,05095	0,03800	0,05906

2. Analiza wyników badań

W tabeli 1 zestawiono uśrednione wyniki analiz zawartości rtęci całkowitej w wyodrębnionych 125 próbkach pochodzących z 25 wybranych sortymentów (analizowanych prób), oferowanych przez skład opału. W tabeli zamieszczono również wartości minimalne i maksymalne rtęci uzyskane w analizach próbek z danego sortymentu.

Zawartość rtęci całkowitej, oznaczona we wszystkich przebadanych 125 próbkach węgla kamiennego, w tym miału węglowego, zawiera się w granicach od 0,0072 do 0,0852 mg/kg, natomiast jej wartość średnia wynosi 0,0416 mg/kg. W przedziale ograniczonym dolnym i górnym kwantylem (25 i 75%) zawartość rtęci mieści się w granicach 0,0274–0,0511 mg/kg, przyjmując średnią wartość 0,0392 mg/kg. Zbiorcze zestawienie oznaczonych zawartości rtęci we wszystkich przebadanych próbkach węgla kamiennego, pochodzących ze składu węglowego przedstawiono graficznie na rysunku 1.

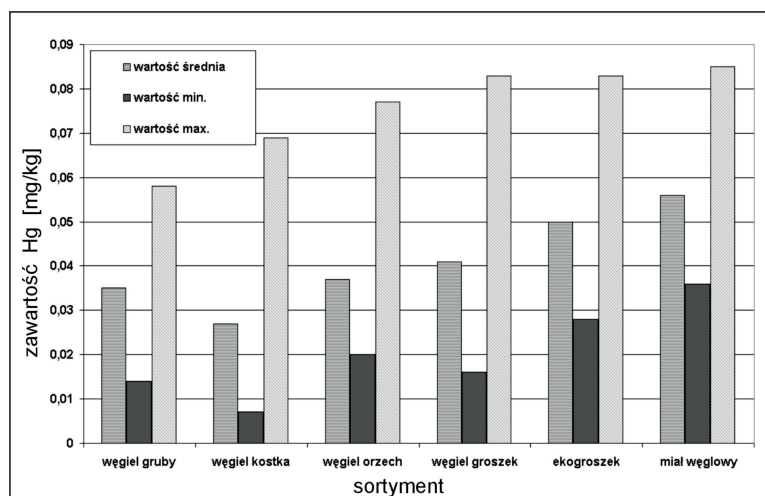


Rys. 1. Zbiorcze zestawienie wyników oznaczenia zawartości rtęci we wszystkich próbkach węgla pochodzących z wybranych sortymentów węgla oferowanych przez skład opału – badania IGSMiE PAN

Fig. 1. Summary of the results of determination of mercury content in all samples of coal from selected assortments of coal offered by the fuel depots – studies of MEERI PAS

Uśredniono ponadto wyniki pomiarów zawartości rtęci całkowitej w badanych próbkach węgla w podziale na grupy ziaren o ściśle określonych wymiarach i specyficznej nazwie handlowej (sortymenty). Wartości uśrednione dla poszczególnych sortymentów węgla przedstawiono na rysunku 2. Uzyskane wyniki zostały porównane z wartościami dla próbek węgla surowego oraz wzbogacanego, podawanymi w pracach różnych autorów i zestawione w tabeli 2. Wyniki przeprowadzonej analizy są zgodne z danymi podawanymi w literaturze.

Biorąc pod uwagę pochodzenie próbek węgla z poszczególnych sortymentów (tab. 1, rys. 1 i 2), najwyższą zawartość maksymalną rtęci stwierdzono dla „miału 19 KWK 5”,



Rys. 2. Uśrednione wyniki pomiarów zawartości rtęci całkowitej w badanych próbkach węgla, dla poszczególnych sortymentów węgla, ze składu opału – badania IGSMiE PAN

Fig. 2. The averaged results of measurements of the total mercury content in the tested coal samples from different assortments of coal offered by fuel depots – studies of MEERI PAS

sięgającą 0,0852 mg/kg. Najniższą zawartość minimalną rtęci na poziomie zaledwie 0,0142 mg/kg pomierzono natomiast w próbkach węgla „kostka KWK 1”. W wyniku przeprowadzonych analiz stwierdzono, że większość sortymentów miału i pojedyncze sortymenty ekogroszku i groszku charakteryzowały się zawartościami maksymalnymi rtęci, przekraczającymi dwukrotną wartość średniej uzyskanej ze wszystkich pomiarów (powyżej 0,08 mg/kg). W pozostałych sortymentach wykazano maksymalną zawartość rtęci na poziomie wyraźnie niższym (przeważnie pomiędzy 0,03 a 0,07 mg/kg). Najniższą wartość średnią obliczono dla sortymentu grubszego, typu kostka (0,0268 mg/kg), natomiast najwyższą dla miału węglowego (0,0556 mg/kg).

Analiza uzyskanych wyników prowadzi do wniosku, że w sortymentach węglowych sprzedawanych w składach opału obserwuje się podobne zróżnicowanie zawartości rtęci całkowitej jak w węglu surowym z pokładów GZW. Nie stwierdza się jednak występowania pojedynczych ekstremalnych (powyżej 1 mg/kg) zawartości rtęci, jak to ma niekiedy miejsce w próbkach węgla surowych.

Średnia zawartość rtęci w próbkach badanych sortymentów, sprzedawanych na składzie, jest zdecydowanie niższa od wykazywanych w węglach energetycznych w pracy Okońskiej i in. (2013) oraz kształtuje się również na wyraźnie niższym poziomie w stosunku do danych podawanych dla węgla surowych w pozostałych pracach innych autorów (Bojakowska, Sokołowska 2001; Chmielniak i in. 2012), co zostało zestawione w tabeli 2. Wyniki uzyskane przez autorów pracy są porównywalne z prezentowanymi w pracy Michalskiej i Białeckiej (2012). Porównanie jest uzasadnione metodycznie, ponieważ prezentowane w pracy wyniki badań zostały uzyskane tą analogiczną metodą analityczną, co zalecana i stosowana w pracach Okońskiej i in. (2013), Chmielniaka i in. (2012) oraz Michalskiej i Białeckiej (2012).

TABELA 2. Porównanie uśrednionych wyników zawartości rtęci w węglach ze składu opału z zawartością rtęci w węglach kamiennych z pokładów GZW oraz produktach handlowych publikowanych w literaturze

TABLE 2. Comparison of average results of mercury content in coal from a fuel depot with mercury content in the coal from the seams of the USCB and commercial products as published in prior studies

Rodzaj węgla kamiennego	Przedział zawartości rtęci całkowitej [mg/kg]	Uśredniona zawartość rtęci całkowitej [mg/kg]
Węgiel kamienny ze składu opałowego (łącznie dla wszystkich sortymentów) ¹	0,007–0,085	0,042
Węgiel kostka ze składu opałowego ¹	0,007–0,069	0,027
Węgiel orzech ze składu opałowego ¹	0,020–0,077	0,037
Węgiel groszek ze składu opałowego ¹	0,016–0,083	0,041
Miał węglowy ze składu opałowego ¹	0,036–0,085	0,056
Węgiel kamienny z obszaru GZW ²	0,001–0,758	0,060
Węgiel kamienny z obszaru Polski ²	0,001–0,967	0,085
Węgiel energetyczny z obszaru GZW ³	0,070–0,276	0,138
Groszek węglowy ⁴	0,020–0,090	0,068
Węgiel orzech ⁴	0,020–0,110	0,053
Węgiel kostka ⁴	0,020–0,070	0,043
Miał węglowy ⁴	0,020–0,190	0,088
Węgiel kamienny z obszaru GZW ⁵	0,019–0,168	0,073

¹ Wg autorów pracy.

² Wg Bojakowskiej i Sokołowskiej 2001.

³ Wg Okońskiej i in. 2013.

⁴ Wg Michalskiej i Białeckiej 2012.

⁵ Wg Chmielniaka i in. 2012.

Podsumowanie i wnioski

W pracy przedstawiono wyniki badań zawartości rtęci całkowitej w 25 próbach różnych sortymentów węgla kamiennego, pochodzących z ośmiu kopalń Górnosląskiego Zagłębia Węglowego. Wykonane analizy zawartości rtęci wykazały jej zróżnicowaną obecność w całym badanym materiale. Zawartość rtęci całkowitej, pomierzona we wszystkich wyodrębnionych próbkach węgla kamiennego mieści się w granicach od 0,0072 do 0,0852 mg/kg, przy czym jej wartość średnia wynosi 0,0416 mg/kg.

Średnia zawartość rtęci w badanych próbkach węgla ze składu opałowego kształtuje się na poziomie zauważalnie niższym, w porównaniu do danych dotyczących zawartości rtęci podawanych w literaturze dla próbek surowych, pobieranych bezpośrednio ze złoża. W badanych węglach nie stwierdzono również sporadycznych wysokich zawartości punktowych rtęci, obserwowanych niekiedy w próbkach złożowych. Brak jest większego zróżnicowania zawartości rtęci w zależności od sortymentu. Jedynie dla próbek reprezentujących różne rodzaje miały węglowego – oraz w pojedynczych przypadkach dla groszku i ekogroszku – można zauważyć słabą tendencję wzrostową i podwyższenie zawartości rtęci powyżej wartości średniej, uzyskanej dla całej partii badanego materiału.

Jak wynika z przeprowadzonych badań oraz na podstawie porównania uzyskanych wyników z wartościami dla próbek węgla surowego, podawanymi w pracach różnych autorów, fizyczne wzbogacanie węgla poprzez usuwanie skały płonnej może spowodować wyraźne obniżenie zawartości szkodliwych domieszek rtęci w produkcie finalnym, takim jak węgiel sprzedawany na składach opałowych.

Literatura

- BARCHAŃSKI B., 2010 – A jednak węgiel to teraźniejszość i przyszłość energetyki. *Polityka Energetyczna* t. 13, z. 2, s. 11–27.
- BLASCHKE W., 2005 – Węgiel kamienny energetyczny — jego przyszłość w kraju i na świecie. *Gospodarka Surowcami Mineralnymi* t. 21, z. spec. 1, s. 71–82.
- BOJAKOWSKA I., SOKOŁOWSKA G., 2001 – Rtęć w kopalniach wydobywanych w Polsce jako potencjalne źródło zanieczyszczenia środowiska. *Biuletyn Państwowego Instytutu Geologicznego* 394, s. 5–54.
- BOJARSKA K., 2006 – Concentration of mercury in Polish hard coals. MEC3 Third International Expert's workshop, Katowice June 5–7 2006.
- CHMIELNIAK i in., 2012 – CHMIELNIAK T., MISZTAŁ E., KMIEĆ M., MAZUREK J., 2012 – Rtęć w węglach stosowanych w polskim sektorze energetycznym. *Wydawnictwo Górnicze, Karbo* nr 3, s. 154–163.
- EURELECTRIC Comments on the Consultation Document Development of the EU Mercury Strategy; 2004; <http://ec.europa.eu/>
- GŁODEK A., PACYNA J.M., 2007 – Możliwości redukcji emisji rtęci ze spalania węgla. *Ochrona Powietrza i Problemy Odpadów* t. 4, nr 2, s. 53–63.
- GRUDZIŃSKI Z., 2010 – Konkurencyjność wytwarzania energii elektrycznej z węgla kamiennego i brunatnego. *Polityka Energetyczna* t. 13, z. 2, s. 157–171.
- KŁOZY-KARCZMARCZYK B., MAZUREK J., 2007 – Zanieczyszczenie gleby związkami rtęci w zasięgu oddziaływania konwencjonalnej elektrowni na paliwo węglowe. *Polityka Energetyczna* t. 10, z. spec. 2, s. 593–601.
- KŁOZY-KARCZMARCZYK B., MAZUREK J., 2008 – Badania rtęci w wybranych złożach ropy naftowej regionu karpackiego. *Polityka Energetyczna* t. 11, z. 1, s. 211–217.
- KŁOZY-KARCZMARCZYK B., MAZUREK J., 2013 – Studies of mercury content in selected coal seams of the Upper Silesian Coal Basin (Badania zawartości rtęci w wybranych pokładach węgla kamiennego Górnośląskiego Zagłębia Węglowego). *Gospodarka Surowcami Mineralnymi* t. 29, z. 4 (w druku).

- LEŚNIEWSKA i in., 2009 – LEŚNIEWSKA E., SZYMKOWSKA M.I., PARYJCZAK T., 2009 – Główne źródła rtęci w organizmach ludzi nie narażonych zawodowo. Rocznik Ochrona Środowiska (Annual Set of Environment Protection), Środkowo-Pomorskie Towarzystwo Naukowe Ochrony Środowiska t. 11, str. 403–419.
- LORENZ U., 2005 – Skutki spalania węgla kamiennego dla środowiska przyrodniczego i możliwości ich ograniczania. Materiały Szkoły Eksploatacji Podziemnej, Sympozja i Konferencje nr 64, s. 97–112.
- LORENZ U., GRUDZIŃSKI Z., 2008 – Mercury emission and its content in hard and brown coal. Gospodarka Surowcami Mineralnymi t. 24, z. 3/1, s. 271–288.
- MICHALSKA A., BIAŁECKA B., 2012 – Zawartość rtęci w węglu i odpadach górniczych. Prace Naukowe GIG – Górnictwo i Środowisko, Nr 3/12, s. 73–87.
- OKOŃSKA i in., 2013 – OKOŃSKA A., URUSKI Ł., GÓRECKI J., GOŁAŚ J., 2013 – Metodyka oznaczania zawartości rtęci całkowitej w węglach energetycznych. Gospodarka Surowcami Mineralnymi t. 29, z. 2, s. 39–50.
- OLKUSKI T., 2007 – Porównanie zawartości rtęci w węglach polskich i amerykańskich. Polityka Energetyczna t. 10, z. spec. 2, s. 603–611.
- OLKUSKI T., STALA-SZLUGAJ K., 2012 – Odbiorcy polskiego węgla energetycznego w eksporcie. Polityka Energetyczna t. 15, z. 4, s. 215–227.
- SMOLIŃSKI A., 2007 – Energetyczne wykorzystanie węgla źródłem emisji rtęci – porównanie zawartości tego pierwiastka w węglach. Ochrona powietrza i problemy odpadów nr 2 (238), s. 45–53.
- STALA-SZLUGAJ K., 2011a – Spalanie węgla kamiennego w sektorze komunalno-bytowym – wpływ na wielkość „niskiej emisji”. Rocznik Ochrony Środowiska t 13, s. 1877–1889.
- STALA-SZLUGAJ K., 2011b – Surowce energetyczne na rynku drobnych odbiorców. Polityka Energetyczna t. 11, z. 2, s. 361–373.
- WICHLIŃSKI i in., 2012 – WICHLIŃSKI M., KOBYLECKI R., BIS Z., 2012 – Przegląd metod ograniczenia emisji rtęci w elektrowniach podczas spalania paliw stałych. Polityka Energetyczna t. 15, z. 4, s. 151–160.
- WOJNAR K., WISZ J., 2006 – Rteć w polskiej energetyce. Energetyka 4 (59).

Beata KLOJZY-KARCZMARCZYK, Janusz MAZUREK

Studies of mercury content in coal intended for individual customers

Abstract

Poland is a country where traditionally for many years houses and small commercial buildings in dispersed settlements (rural villages, small towns) are most commonly heated using coal. Individuals buy the coal mainly from fuel depots. These depots sell many assortments of coal from different mines.

Coal sold at the depots is different from the raw material extracted directly from the seam. It is a product beneficiated mainly by fragmentation, resulting in deprivation of waste rock. Therefore, it can be expected that the content of heavy metals (including mercury) in samples taken from the coal at a depot is different than in samples taken directly from an operating face of a mining longwall. The presence of mercury in coal is a well-known and documented phenomenon. Its content in coal samples from different deposits around the world is usually at a level between 0.03 and 0.3 mg/kg, although the mercury content in particular seams varies significantly. However, existing research offers only a few studies of mercury content in the final product located at fuel depots, which is consequently utilized by individual customers.

This paper presents the results of a study of the total mercury content in 25 samples of various coal assortments from eight mines of the Upper Silesian Coal Basin. The examined coal was purchased in quantities of 25 kg of each assortment at one of the largest, authorised fuel depots in the Małopolska region which supplies mainly individuals and small businesses. The coal samples selected for the study represent both thicker assortments as well as modified fuel assortments (eco-pea coal, remnant, mixed coal dust). In the description of the samples, trade names under which a particular type of coal fuel is sold were used. From each large, 25-kilogram test sample, five smaller samples were randomized and, after homogenization, analyzed for total mercury content.

The completed analyses of mercury content indicated its diverse presence throughout the studied material. The average mercury content in the tested samples is at a similar level, but significantly lower than the data reported in studies of samples taken directly from the deposit. In the analysed coal, the occasional spikes in mercury content sometimes found in the deposit samples were not observed. Total mercury content determined for all the tested samples of coal ranged from 0.0072 to 0.0852 mg/kg, whereas the mean value was 0.0416 mg/kg (in the air-dry state). No bigger differences in mercury content were observed regardless of the assortment. Only in samples from various types of coal dust and in one case of eco-pea coal and pea coal was increased mercury content of more than double the obtained mean value noticed. As is clear from the conducted research, the beneficiation of coal can result in a lower content of harmful mercury impurities in the final product sold at fuel depots.

KEY WORDS: fuel depots, coal, coal assortments, total mercury content

