

Aleksander Lutyński, Jan Szpyrka**

ZAGOSPODAROWANIE DROBNOZIARNISTYCH ODPADÓW ZE WZBOGACANIA WĘGLA KAMIENNEGO

1. Wstęp

Konsekwencją produkcji konwencjonalnego nośnika energii, jakim jest węgiel kamienny, są odpady wydobywcze. Powstają one w przy poszukiwaniu surowca, jego wydobywaniu i wzbogacaniu. Dane Głównego Urzędu Statystycznego wykazują, że w 2007 roku spośród 124,4 mln ton wytworzonych w Polsce odpadów, odpady powstałe przy wydobywaniu węgla kamiennego wyniosły 34,4 mln ton. Stanowiło to około 50% wszystkich odpadów przemysłu wydobywczego i około 27% ogółu odpadów wytworzonych przez przemysł w Polsce. Prezentowane wyniki wskazują, że odpady wytworzone w produkcji węgla kamiennego stanowiły około 40% jego wydobycia. Tak wysoki poziom odpadów w wydobywanej masie urobku wynika ze specyfiki eksploatowanych złóż, technologii stosowanych w procesach wydobywania surowca, polityki gospodarki złożem, zmian technologii wzbogacania surowca oraz zwiększonych wymagań odbiorców produktu końcowego. W odpadach powstałych przy wydobywaniu węgla kamiennego około 94% stanowią odpady przerobcze, które są materiałem skalnym wydobytym w urobku surowym. Materiał ten w procesach wzbogacania kopaliny, a więc w procesach przerobczych, zostaje wydzielony. W wyniku wzbogacania węgla powstają odpady przerobcze gruboziarniste (200÷20 mm), drobnoziarniste (20÷0,5 mm) i odpady mułowe oraz poflotacyjne o ziarnach < 1 (0,5) mm. Zaznaczyć również należy, że do czasów przemysłowego opanowania flotacji węgla koksowych, a więc do lat trzydziestych ubiegłego wieku, znanymi metodami przerobczymi nie można było z urobku usunąć czystego kamienia, który wydatnie pogarszał właściwości koksu. Wobec powyższego ziarna poniżej 1 mm traktowane były jako odpad. Również w przypadku węgla energetycznych ziarna najdrobniejsze uznawano za odpad, ponieważ spalanie ich w kotłach rusztowych było niemożliwe. Z tego względu wymienione odpady deponowano w środowisku, na ogół w stawach osadowych. Niniejszy artykuł dotyczył będzie odpadów węglu-

* Wydział Górnictwa i Geologii, Politechnika Śląska, Gliwice

wych najdrobniejszych — flotacyjnych oraz zdeponowanych w osadnikach w okresach wcześniejszych.

Cechami charakteryzującymi odpady najdrobniejszych są:

- bardzo drobne ziarna,
- wysoka zawartość siarki całkowitej,
- wysoki poziom zawartości wilgoci (pow. 20 %),
- wysoki poziom zawartości substancji węglowej,

a w przypadku odpadów poflotacyjnych dodatkowo:

- pozostałości procesu flotacji — odczynniki flotacyjne,
- pozostałości procesu sedymentacji — flokulanty.

Charakterystyka mineralogiczno-petrograficzna odpadów najdrobniejszych jest związana przede wszystkim z miejscem zalegania i eksploatacji złoża węgla kamiennego.

Zdecydowaną przewagę ilościową w odpadach stanowią:

- łupek, będący skałą osadową, detrytyczną barwy na ogół czarnej, o teksturze warstwowej, aleurytowo-pelitowej charakteryzujący się niską odpornością mechaniczną i oddzielnością łupkową;
- mułowiec, będący skałą osadową lłą, detrytyczną barwy ciemno szarej, o teksturze bezkierunkowej, zbitej, masywnej, aleurytowej charakteryzujący się zróżnicowaną odpornością mechaniczną zależną od zawartości w skale substancji węglowej;
- piaskowiec, będący skałą osadową, detrytyczną barwy szarej (o znacznie zróżnicowanej szarości), zbitej, masywnej o znacznej odporności mechanicznej, zależnej od właściwości spoiwa.

W tabeli 1 przedstawiono orientacyjny skład chemiczny odpadów flotacyjnych podając spotykane zakresy zawartości poszczególnych składników i ich wartości średnie.

Jak łatwo zauważyć, odpady przerobcze zawierają w swoim składzie najwięcej kwarcu i korundu.

Wieloletnia praktyka wykazała, że drobnoziarniste odpadowe klasy powęglowe mogą być wykorzystane jako [3, 8]:

- komponenty mieszanek węglowych i paliw energetycznych,
- komponenty koncentratów węglowych,
- komponenty lub surowiec podstawowy paliw specjalnych (suspensje węglowo-wodne, brykiety itp.),
- samodzielne paliwo energetyczne i technologiczne dla określonych procesów,
- paliwo do regulowania procesów spalania w palenisku (zmiany kaloryczności lub emisyjności paliw podstawowych),

- materiały zabezpieczające przed samozagrzewaniem, zawilgoceniem i pyleniem zwałowisk węgla,
- materiały do uszczelniania gruntów i górotworu,
- materiały do melioracji gleb lekkich,
- komponenty materiałów ceramiki budowlanej,
- surowiec pozyskiwania związków żelaza,
- surowiec do pozyskiwania reduktorów stosowanych w odzysku miedzi z odpadów hutniczych.

TABELA 1
Skład chemiczny odpadów poflotacyjnych

Składnik	Zawartości graniczne, [%]	Zawartość średnia, [%]
SiO ₂	34,66–66,91	49,33
Al ₂ O ₃	13,34–26,50	21,64
TiO ₂	0,83–1,96	1,31
Fe ₂ O ₃	0,91–12,90	5,48
CaO	0,06–4,68	0,93
MgO	0,30–4,33	1,32
K ₂ O + Na ₂ O	1,07–4,33	2,52
S _C *	0,97–3,98	1,82
C*	8,87–30,50	20,55

* Według badań własnych.

Najczęściej odpady wykorzystywane są do produkcji mieszanek węglowych i paliw energetycznych oraz do produkcji koncentratów węglowych. Wykorzystanie takie wymaga na ogół pewnych zabiegów wzbogacenia odpadów węglowych, czyli wydzielenia z nich ziaren węglowych, celem uzyskania koncentratu o wymaganych parametrach jakościowych.

Oszacowanie dokładnej ilości mułów węglowych i odpadów poflotacyjnych zdeponowanych i pozostających do dyspozycji, z możliwością ich wykorzystania, jest ogromnie trudne. W miarę precyzyjne informacje dotyczą odpadów z bieżącej produkcji oraz odpadów zdeponowanych w osadnikach pozostających do dyspozycji kopalń. Ilość odpadów z bieżącej produkcji szacowana jest w granicach od 6 do 14% (średnio 10%) wydobywanego węgla [7], natomiast ilość wykazywanych odpadów zdeponowanych w osadnikach będących w dyspozycji kopalń szacowana jest na poziomie około 7,5 mln Mg. Niektóre szacunki mówią jednak o wielkości 30 mln Mg [4]. Problem oszacowania ilości mułów węglowych i odpadów poflotacyjnych zdeponowanych w osadnikach ziemnych komplikuje fakt,

iz w wielu przypadkach nie są już one własnością kopalń. Znajdują się na terenach przekazanych samorządom lub sprzedanych właścicielom prywatnym.

Pewne, i to wcale niemałe, ilości drobnoziarnistych odpadów węglowych znajdują się także w zlewniach cieków wodnych, kanałów i rzek czy basenach portowych, do których trafiały zamulone wody z niezamkniętych obiegów wodnych zakładów przerobczych oraz w których rozładowywano lub ładowano węgiel na środki transportu wodnego. Poważne wątpliwości co do poprawności oszacowania wielkości składowanych odpadów wynikają z tego, iż w Katedrze, w okresie ostatnich kilku lat prowadzone były badania drobnoziarnistych odpadów węglowych zdeponowanych w kilku miejscach. Były to stawy osadowe trzech kopalń (łącznie siedem zbiorników) oraz jeden zbiornik wodny. Ilość odpadów w tych miejscach szacowana była na kilkanaście mln Mg materiału w stanie roboczym. Przypomnieć należy, że w minionym okresie czynnych było ponad osiemdziesiąt kopalń węgla kamiennego.

Innym problemem od szacowania ilości odpadów węglowych jest znajomość właściwości i jakości tych odpadów. W literaturze przedmiotowej podawane są różne informacje z tego zakresu. Z informacji przedstawionych np. w poz. [4] wywnioskować można, że wyniki badań jakości odpadów cechuje znaczny rozrzut wartości. Celem badań prowadzonych w Katedrze Przeróbki Kopalni i Utylizacji Odpadów Politechniki Śląskiej było określenie przydatności mułów do ich przemysłowego wykorzystania, głównie w energetyce.

2. Wyniki badań mułów węglowych i odpadów poflotacyjnych z osadników ziemnych

W rozdziale przedstawiono przykładowe wyniki badań próbek materiału z trzech stawów osadowych mułów węgla energetycznego i jednego osadnika odpadów poflotacyjnych węgla koksowego.

Z trzech stawów osadowych mułów węglowych, których pojemność szacowana była na około 2,2 mln Mg, pobrano z różnych miejsc 17 próbek materiału z całej głębokości osadnika. Wyniki przeprowadzonej analizy ziarnowej materiału oraz zawartości popiołu w poszczególnych klasach ziarnowych przedstawione zostały w tabeli 2.

Charakterystycznym dla składowanego w osadnikach materiału jest bardzo duża ilość ziarn bardzo drobnych. Udział ziarn o wymiarze poniżej 0,045 mm sięga w niektórych próbkach nawet 75%. Przeciętnie w poszczególnych osadnikach jest to od około 56 do 64%. Ta klasa ziarnowa cechuje się najwyższą zawartością popiołu, która wynosi od około 53 do około 65%. Bardzo niską zawartość popiołu, w granicach od 3,7 do 9,6%, stwierdzono w klasie ziarnowej powyżej 0,3 mm. Ziarn tych jest jednak w ogólnej masie próbek bardzo mało. Ich udział wynosi od 3,6 do 24,2% przy przeciętnej w poszczególnych osadnikach odpowiednio 16,7, 8,5 i 7,3%. Średnia zawartość popiołu w poszczególnych próbkach materiału wynosi od 32,0 do 55,8%.

Po uśrednieniu prób z poszczególnych stawów osadowych wykonano badania podstawowych parametrów mułów węglowych. Wyniki tych badań zamieszczone zostały w tabeli 3.

TABELA 2

Wyniki analizy ziarnowej oraz zawartości popiołu w próbkach mułów węglowych zdeponowanych w osadnikach ziemnych

Numer osadnika	Numer próby	Udział klasy ziarnowej w próbce; zawartość popiołu w danej klasie, [%]							A _{sr}
		> 0,3 mm	A ^d	< 0,3 mm	A ^d	w tym < 0,045 mm	A ^d		
I	1	24,2	8,1	75,8	39,6	51,3	53,8	32,5	
	2	16,8	7,8	83,2	39,1	56,6	54,9	33,8	
	3	18,3	9,6	81,2	38,9	51,6	53,8	33,6	
	4	7,3	6,1	92,7	49,0	70,2	60,5	45,9	
	5	11,5	4,2	88,5	43,9	59,7	60,0	39,3	
	6	22,3	5,6	77,7	45,5	48,3	61,2	36,6	
II	7	23,4	8,2	76,6	39,3	32,7	62,3	32,0	
	8	6,6	8,7	93,4	47,3	66,1	63,3	44,8	
	9	3,9	3,7	96,1	42,7	73,3	60,3	41,2	
	10	7,7	4,6	92,3	48,6	63,5	63,8	45,2	
	11	3,6	5,2	96,4	51,2	74,1	63,3	49,6	
	12	5,8	4,9	94,2	50,0	68,8	63,6	47,4	
III	13	13,8	3,8	86,2	43,0	52,7	61,5	37,6	
	14	4,8	5,1	95,2	50,3	70,6	63,4	48,1	
	15	4,0	4,2	96,0	53,7	75,4	65,1	51,7	
	16	7,6	3,9	92,4	58,4	56,5	62,8	54,3	
	17	6,4	5,9	93,6	59,2	64,6	62,3	55,8	

TABELA 3

Wyniki badań podstawowych parametrów jakościowych mulów węglowych

Numer osadnika	Wartość opałowa Q'_j , [kJ/kg]	Zawartość popiołu A^a , [%]	Zawartość wilgoci W_r^t , [%]	Zawartość siarki S_a^a , [%]
1	9 800±1 800	37,2±5,3	35±2	1,8
2	9 680±1 900	43,3±6,8	36±2	1,2
3	9 390±1 780	49,5±4,3	36±2	1,3

Przedstawione wyniki wskazują na niską jakość mulów zdeponowanych w stawach. Analizując je pod kątem energetycznego wykorzystania stwierdzić można przydatność do użycia w kotłach fluidalnych. Biorąc pod uwagę np. kocioł fluidalny na paliwo, którego właściwości opisano w [4], badane odpady spełniają stawiane warunki. Zakres parametrów paliwa dla tego kotła wynosi bowiem: $A^r = 28$ do 65% i $Q'_j = 7\ 000$ do 17 000 kJ/kg. Zaznaczyć należy, że niektóre z mulów węglowych, charakteryzujących się wysoką zawartością popiołu w najdrobniejszych klasach ziarnowych, wzbogacać można przez klasyfikację, np. na przesiewaczach szybko drgających z przegrodą filtracyjną [2]. Oczywiście jest, że proces wzbogacania zawiesiny wodno-węglowej najkorzystniej prowadzić jest w zakładzie przerobczym, razem z innymi operacjami procesu wzbogacania, z zamkniętym obiegiem wodno-mulowym. Znaczne jednak nagromadzenie drobnoziarnistych odpadów w osadnikach oraz rosnące zapotrzebowanie na węgiel skłania do podejmowania zdeponowanych kiedyś odpadów i efektywnego ich wykorzystania. Problemem mogą być tutaj prawne aspekty tych odpadów, o czym mowa w [3].

Wieloletnie składowanie drobnoziarnistych odpadów węglowych, deponowanie ich w różnych okresach powoduje, że właściwości fizyko-chemiczne tych odpadów mogą utrudnić procesy pozyskiwania materiału o wymaganych parametrach jakościowych. Opisane poniżej wyniki badań miały na celu uzyskanie odpowiedzi na pytanie, czy istnieje możliwość efektywnego wzbogacenia odpadów poflotacyjnych zdeponowanych w wyniku kilkudziesięciu lat działalności kopalni. Z osadnika pobrano szereg prób, uśredniono je i zgodnie z wymogami wydzielono materiał badawczy. Materiałem poddanym badaniom był odpad poflotacyjny po wzbogacaniu węgla typu 35, którego skład ziarnowy i zawartość popiołu w poszczególnych klasach podano w tabeli 4.

Wykonane badania wartości opałowej odpadów poflotacyjnych wykazały, że w stanie analitycznym wynosi ona średnio 16,2 MJ/kg, a w stanie roboczym 9,7 MJ/kg. Całkowita zawartość wilgoci w stanie roboczym w odpadach wyniosła średnio 40,0%, a zawartość popiołu w stanie roboczym 28,17%.

Wydzieloną próbkę odpadów poddano badaniom laboratoryjnym, które miały być podstawą oceny podatności materiału, częściowo utlenionemu w wyniku wieloletniego składowania, na jego wzbogacenie metodą flotacji. Do badań użyto kilku wybranych odczynników flotacyjnych dozując je w procesie w różnych ilościach.

TABELA 4

Skład ziarnowy i zawartość popiołu poflotacyjnych odpadów węglowych

Klasa ziarnowa, [mm]	Wychód, [%]	Zawartość popiołu A^a , [%]
> 0,3	15,2	17,0
< 0,3	84,8	43,3
w tym < 0,045	38,0	54,2
		Średnia zawartość popiołu $A^a = 46,13\%$

Wyniki przeprowadzonych badań, to jest wychód poszczególnych klas produktów oraz zawartość w nich popiołu, dla warunków uznanych za optymalne, a więc dla wybranego odczynnika dozowanego w procesie flotacji w odpowiedniej ilości przedstawiono w tabeli 5.

TABELA 5

Wyniki wzbogacania poflotacyjnych odpadów węglowych

Produkt	Wychód, [%]	Zawartość popiołu A^a , [%]
Koncentrat	54,4	15,2
Odpady > 0,3 mm	3,5	18,8
Odpady < 0,3 mm	45,6	82,7

Wartość opałowa w stanie analitycznym koncentratu uzyskanego w badaniach wyniosła 29,6 MJ/kg. W przypadku tego koncentratu, dla zawartości wilgoci na poziomie 30%, wartość opałowa w stanie roboczym wyniesie 20,7 MJ/kg, a przy zawartości wilgoci 18% — 24,3MJ/kg. Zawartość popiołu w stanie roboczym dla tego samego materiału i dla dwóch poziomów zawartości wilgoci odpowiednio 10,36 i 12,13 %.

Zauważa się, że bardzo dobre odpady uzyskuje się dla ziarn bardzo drobnych < 0,3 mm. Ziarna grubsze > 0,3 mm flotują gorzej, zatem traci się dobre ziarna koncentratowe o niskiej zawartości popiołu w odpadach. Wynika to z długiego okresu składowania i częściowego utlenienia ziarn węglowych.

Przedstawione wyniki badań laboratoryjnych uznać jednak należy za interesujące. Zdeponowane w osadniku odpady poflotacyjne, mimo częściowego utlenienia, wykazały bardzo dobrą podatność na wzbogacenie w procesie flotacji.

3. Wyniki badań drobnoziarnistych odpadów węglowych zdeponowanych w zbiorniku wodnym

W niniejszym rozdziale przedstawiono przykładowe wyniki badań próbek materiału pobranego ze zbiornika wodnego.

Wielkość złoża tych odpadów szacowana jest na około 5 mln Mg. Próbkę zostały pobrane w siedmiu miejscach złoża. W tabeli 6 i 7 zaprezentowano wyniki z dwóch miejsc pobrania.

TABELA 5

Skład ziarnowy materiału z pierwszego miejsca pobrania z oznaczeniami zawartości popiołu w poszczególnych klasach ziarnowych

Klasa ziarnowa, [mm]	Wychód, [%]	Zawartość popiołu A^a , [%]
+ 0,75	0,65	2,03
0,75÷0,5	47,94	2,65
0,5÷0,3	12,18	12,75
0,3÷0,1	26,95	12,43
0,1÷0	12,28	50,76
Suma/średnia	100,00	12,41

TABELA 6

Skład ziarnowy materiału z drugiego miejsca pobrania z oznaczeniami zawartości popiołu w poszczególnych klasach ziarnowych

Klasa ziarnowa, [mm]	Wychód, [%]	Zawartość popiołu A^a , [%]
+ 0,75	5,02	9,78
0,75÷0,5	12,45	16,73
0,5÷0,3	12,30	25,27
0,3÷0,1	22,51	43,82
0,1÷0	47,72	45,77
Suma/średnia	100,00	37,38

W przypadku materiału z pierwszego miejsca pobrania wyniki badań są bardzo interesujące. Wydaje się, że materiał ten może być przeznaczony do wykorzystania energetycznego bez jakichkolwiek dalszych zabiegów. Charakteryzował się on bowiem średnią zawartością popiołu A^a na poziomie 12,41% w stanie analitycznym, zawartością siarki S^a na poziomie 0,88%, wartością opałową w stanie roboczym Q^r — 19 385 kJ/kg przy zawartości wilgoci W^r — 29,49%. Zawartość popiołu i siarki całkowitej w stanie roboczym będzie kształtowała się odpowiednio A^r — 9,99% i S^r — 0,63%.

4. Projekt rozwojowy w zakresie zagospodarowania mułów węglowych

Wyniki przeprowadzonych badań oraz doniesienia literaturowe z przedmiotowego zakresu były podstawą opracowania przez Instytut Mechanizacji Budownictwa i Górnictwa Skalnego Oddział zamiejscowy „Centrum Gospodarki Odpadami” w Katowicach wraz z Katedrą Przeróbki Kopalini i Utylizacji Odpadów Politechniki Śląskiej wniosku o projekt rozwojowy, który został przyznany do realizacji w latach 2009–2012.

Celem projektu jest określenie możliwości włączenia do krajowego bilansu paliwowego istniejących depozytów mułów węglowych. Projekt jest zgodny z Dyrektywą 2006/21/WE Parlamentu Europejskiego i Rady w sprawie zagospodarowania odpadów pochodzących z przemysłu wydobywczego oraz ustawy z dnia 10 lipca 2008 r. o odpadach wydobywczych (Dz.U. z 2008 r. Nr 138, poz. 865) transponującej zapisy Dyrektywy 2006/21/WE do prawodawstwa polskiego.

Cel projektu osiągnięty zostanie w wyniku realizacji 10 wydzielonych zadań badawczych. Zadaniami tymi są:

- 1) Inwentaryzacja istniejących obiektów — depozytów mułów węglowych w kraju wraz z określeniem ich stanu formalno prawnego.
- 2) Identyfikacja ilościowo-jakościowa depozytów mułów węglowych.
- 3) Utworzenie bazy danych zawierających informacje o zidentyfikowanych obiektach — depozytach mułów węglowych.
- 4) Ocena oddziaływania obiektów — depozytów mułów węglowych na środowisko.
- 5) Opracowanie technologii wzbogacania nagromadzonych depozytów mułów węglowych na pełnowartościowe paliwo dla energetyki zawodowej.
- 6) Opracowanie potencjału energetycznego zidentyfikowanych depozytów mułów węglowych dla energetyki zawodowej.
- 7) Opracowanie rozwiązań technicznych, organizacyjnych i prawnych wspierających wykorzystanie istniejących depozytów mułów węglowych w przemyśle energetycznym.
- 8) Określenie kierunków gospodarczego odpadów po procesach wzbogacania depozytów mułów węglowych nagromadzonych w osadnikach.
- 9) Opracowanie programu rewitalizacji terenów zdegradowanych po zakończeniu eksploatacji obiektów — depozytów mułów węglowych.
- 10) Opracowanie strategii rozwoju technologicznego w zakresie wykorzystania depozytów mułów węglowych w bilansie paliwowym kraju.

5. Podsumowanie

Przeprowadzone badania mułów węglowych ze zbiorników ziemnych wykazały, że mogą one znaleźć zastosowanie jako paliwo kotłów fluidalnych. Natomiast badania laborato-

ryjne węglowych odpadów poflotacyjnych wykazały, że istnieje możliwość pozyskania koncentratów o właściwościach pozwalających na przemysłowe ich wykorzystanie. Drobnopiękiste odpady węglowe poddane w przeszłości procesowi flotacji i zdeponowane przez długi okres czasu w osadniku kopalnianym wykazały podatność na ponowne wzbogacanie metodą flotacji. Koniecznym w tym procesie jest dobór odpowiedniego do wzbogacanego materiału odczynnika flotacyjnego dawkowanego w odpowiedniej ilości w procesie flotacji. Również badane odpady węglowe znajdujące się w zbiorniku wodnym wykazały, że cechują się one właściwościami odpowiednimi dla energetycznego ich wykorzystania.

Z tego względu obiecujące wydają założenia realizowanego projektu rozwojowego, który pozwoli na inwentaryzację i oszacowanie istniejących depozytów, a także zaproponowanie najskuteczniejszych technologii pozwalających na efektywne wykorzystanie ich potencjału energetycznego oraz surowcowego.

LITERATURA

- [1] *Baic I., Blaschke W.*: Identyfikacja mułów węglowych i strategia rozwoju technologicznego w zakresie ich gospodarczego wykorzystania. Rozdział w monografii *Paliwo-bezpieczeństwo środowisko. Innowacyjne Techniki i Technologie* Instytut Techniki Górniczej KOMAG. Gliwice, 2010
- [2] *Białas J., Białas M., Lutyński A., Kasztan A., Narloch G.*: Wydzielanie ziaren węglowych z zawieszin odpadowych. *Gospodarka Surowcami Mineralnymi. Kwartalnik Wydawnictwo IGSMiE PAN. Kwartalnik, Tom 15, Kraków, 2001*
- [3] *Gawlik L.*: Prawne aspekty wykorzystania mułów węglowych zdeponowanych w osadach. VII Konferencja Naukowa „Kompleksowe i szczegółowe problemy inżynierii środowiska” Politechnika Koszalińska. Koszalin — Ustronie Morskie, 2005
- [4] *Grudziński Z.*: Analiza porównawcza jakości mułów węgla kamiennego pochodzących z bieżącej produkcji i zdeponowanych w osadnikach ziemnych. VII Konferencja Naukowa „Kompleksowe i szczegółowe problemy inżynierii środowiska” Politechnika Koszalińska. Koszalin — Ustronie Morskie, 2005
- [5] *Hycnar J.J., Bugajczyk M.*: Kierunki racjonalnego zagospodarowania drobnopiękistych odpadów węglowych. *Polityka Energetyczna. Wydawnictwo IGSMiE PAN, Tom 7, Zeszyt Specjalny. Kraków, 2004*
- [6] *Hycnar J. J., Foltyn R., Okulski T., Blaschke S.A.*: Kierunki energetycznego wykorzystania drobnopiękistych odpadów z wydobycia i wzbogacania węgla kamiennego. VII Konferencja Naukowa „Kompleksowe i szczegółowe problemy inżynierii środowiska”. Politechnika Koszalińska. Koszalin — Ustronie Morskie, 2005
- [7] *Karbownik A., Haber M.*: Wykorzystanie mułów węglowych a ochrona środowiska. *Karbo, Nr 10, 1999*
- [8] *Lutyński A., Blaschke W.*: Aktualne kierunki zagospodarowania odpadów przerobczycych węgla kamiennego. *Przegląd Górniczy, 10/2009, s.33–35*