

Piotr CIEŚŁOK  
Politechnika Śląska, Gliwice

## PROGNOZOWANIE ZAWARTOŚCI ORAZ CHARAKTERU CHEMICZNEGO POPIOŁÓW NA PODSTAWIE BADAŃ MIKROPETROGRAFICZNYCH WĘGLA

**Streszczenie.** Dzięki odpowiednio przeprowadzonej analizie mikropetrograficznej węgla handlowych z KWK Krupiński sporządzono prognozę ich popielności. Ponadto wykazano zależności pomiędzy popielnością węgla wywodzącą się z odpowiednich grup minerałów, a składem chemicznym ich popiołów.

## FORECASTING OF CONTENT AND CHEMICAL CHARACTER ASHES FOR THE BASE OF MICROPETROGRAPHICAL EXAMINATIONS OF COAL

**Summary.** With the use to right analysis commercial coals from Krupiński coal mine drawing up a forecast of their content of ash. Moreover, relations were demonstrated between content of ash coming from minerals in coal and chemical composition of their ashes.

### 1. Wprowadzenie

Do głównych kierunków użytkowania węgla należy jego spalanie w elektrowniach zawodowych. Związane jest to jednak z powstawaniem znacznej ilości odpadów stałych, czyli popiołów i żużli [2]. Popioły węglowe, które do niedawna traktowane były jako uciążliwy odpad energetyczny, w dobie rozwoju świadomości ekologicznej oraz nowoczesnych technologii stały się produktem niemal całkowicie gospodarczo wykorzystywanym w różnych gałęziach przemysłu [2, 4]. Głównym czynnikiem determinującym możliwość ich zagospodarowania jest skład chemiczny, który w największym stopniu wpływa na wartości parametrów technologicznych, określających przydatność popiołów dla danej technologii.

Na zróżnicowanie składu chemicznego popiołów wpływ ma wiele czynników. Jednym z głównych jest charakter substancji mineralnej (SM) występującej w węglu [5, 6, 7, 8].

W niniejszym artykule przedstawiono wyniki badań mikropetrograficznych węgla ze szczególnym uwzględnieniem rodzaju i sposobu występowania substancji mineralnej oraz wyniki badań chemicznych popiołów uzyskanych w wyniku spalania tych węgla.

Celem podjętych badań była próba wykazania, iż na podstawie odpowiednio przeprowadzonej analizy mikropetrograficznej węgla możliwe jest prognozowanie popielności oraz charakteru chemicznego popiołów uzyskanych w wyniku ich spalania, co umożliwiłoby ich bardziej optymalne wykorzystanie jako surowca w różnych gałęziach przemysłu.

Przedmiotem badań były węgle handlowe oferowane przez KWK Krupiński (JSW SA).

Zmienna i przeważnie wysoka zawartość popiołu w węglach z eksploatowanych w kopalni pokładów, powoduje konieczność ich wzbogacania w procesie przeróbki mechanicznej. Efektem wzbogacania węgla jest 5 produktów handlowych, z których pobrano próbki do badań. Są to:

- koncentrat węgla przeznaczonego do koksowania (sortyment – miał, M II,  $\phi < 20$  mm),
- półprodukt (przerost) z osadzarek, przedstawiający węgiel do celów energetycznych o ograniczonej ilości klasy mułowej (sortyment – miał, MIIA,  $\phi < 20$  mm),
- koncentrat węgla ze wzbogacania ręcznego do celów opałowych (niesort Ns,  $\phi > 80$  mm),
- koncentrat węgla kamiennego do celów opałowych, z powtórnego wzbogacania w osadzarkach (sortyment – orzech O,  $\phi 20-80$  mm),
- flot do celów opałowych (sortyment – muł wzbogacony Mu,  $\phi 0-0,5$  mm).

## 2. Metodyka badań

Badania mikropetrograficzne węgla wykonano wykorzystując zmodyfikowaną metodę analityczną Ammosowa I.I. [1, 3]. Metoda analityczna Ammosowa wykorzystywana jest w analizie wzbogalności węgla, prognozuje się w niej wychód: koncentratu węglowego, produktu pośredniego, odpadów oraz zawartość popiołu w tych produktach na podstawie udziału ziarn węgla w różnym stopniu zmineralizowanych.

W metodzie zastosowanej w pracy również wydzielono grupy ziarn ze względu na skład substancji organicznej i ilościowy udział wyróżnionych rodzajów substancji mineralnej, mianowicie: mikrolitotypy (czyste i zmineralizowane), karbomineryty oraz mineryty.

Ponadto, za B. Hanak (1983) wyróżniono trzy grupy ziarn, ze względu na zawartość fuzynitu i semifuzynitu, mające wpływ na zróżnicowanie gęstości ziarn oraz dokonano obliczeń masy składników petrograficznych  $Q$  oraz masy popiołu w oznaczonych składnikach mikropetrograficznych  $q$ , przyporządkowując ziarnom odpowiedni współczynnik popielności  $K^1$  [3].

Uzyskane wyniki były podstawą do obliczenia udziału mikrolitotypów, karbominerytów, minerytów oraz ich popielności z uwzględnieniem substancji mineralnej (grupy minerałów).

Do obliczeń zastosowano następujące wzory:

$$\text{UDZIAŁ MIKROLITOTYPÓW:} \quad W_{mi} = \frac{Q_{mi}}{Q_c} \cdot 100 \% \quad (1)$$

$$\text{POPIELNOŚĆ MIKROLITOTYPÓW:} \quad A_{mi} = \frac{q_{mi}}{Q_{mi}} \cdot 100 \% \quad (2)$$

$$\text{UDZIAŁ KARBOMINERYTU:} \quad W_k = \frac{Q_k}{Q_c} \cdot 100 \% \quad (3)$$

$$\text{POPIELNOŚĆ KARBOMINERYTU:} \quad A_k = \frac{q_k}{Q_k} \cdot 100 \% \quad (4)$$

$$\text{UDZIAŁ MINERYTU:} \quad W_m = \frac{Q_m}{Q_c} \cdot 100 \% \quad (5)$$

$$\text{POPIELNOŚĆ MINERYTU:} \quad A_m = \frac{q_m}{Q_m} \cdot 100 \% \quad (6)$$

$$\text{POPIELNOŚĆ PRÓBKII:} \quad A_C = \frac{q_c}{Q_c} \cdot 100 \% \quad (7)$$

$$\text{POPIELNOŚĆ PRÓBKII UZYSKANA Z MINERAŁÓW ILASTYCH} \quad A_{il} = \frac{q_{cil} + \frac{q_{mic}}{3}}{Q_c} \cdot 100 \% \quad (8)$$

$$\text{POPIELNOŚĆ PRÓBKII UZYSKANA Z SIARCZKÓW} \quad A_s = \frac{q_{cs} + \frac{q_{mic}}{3}}{Q_c} \cdot 100 \% \quad (9)$$

$$\text{POPIELNOŚĆ PRÓBKII UZYSKANA Z WĘGLANÓW} \quad A_w = \frac{q_{cw} + \frac{q_{mic}}{3}}{Q_c} \cdot 100 \% \quad (10)$$

$$\text{POPIELNOŚĆ CAŁKOWITA PRÓBKII} \quad A_C = A_{il} + A_s + A_w \quad (11)$$

gdzie:

$q_{mic}$  – masa popiołu składników z mikrolitotypów czystych;  $q_{cil}$  – masa popiołu składników z minerałów ilastych;  $q_{cs}$  – masa popiołu składników z siarczków;  $q_{cw}$  – masa popiołu składników z węglanów

W ramach pracy wykonano również badania chemiczne popiołów uzyskanych w wyniku

<sup>1</sup>  $K$  – wsp. popielności – średnia zawartość popiołu w danym składniku petrograficznym podzielona przez 100

spalenia poszczególnych produktów handlowych, które obejmowały wykonanie klasycznej analizy na mokro, w celu oznaczenia w nich zawartości następujących składników: SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, CaO, MgO, SO<sub>3</sub>, Na<sub>2</sub>O, K<sub>2</sub>O oraz zawartości wilgoci i strat prażenia.

### 3. Omówienie wyników badań

#### 3.1. Wyniki analizy mikropetrograficznej węgla z poszczególnych produktów handlowych

Na podstawie przeprowadzonej analizy mikropetrograficznej próbek produktów handlowych węgla uzyskano wyniki, które przedstawiono w tablicach 1–3.

Tablica 1

Wyniki analizy petrograficznej próbki niesortu

Składniki mikropetrograficzne węgla	Zawartość $V$ [% obj]			Gęstość $\gamma$ [10 <sup>3</sup> kg/m <sup>3</sup> ]	Masa składników $Q = V \cdot \gamma$			Współcz. popielności $K$	Masa popiołu $q = V \cdot \gamma \cdot K$			
	ilaste	siar	węgl		ilaste	siar	węgl		ilaste	siar	węgl	
<b>Mikrolitotypy niezmineralizowane</b>												
Grupa 1: wityt+klaryt+duroklaryt	46,1			1,26	58,1			0,015	0,9			
Grupa 2: klaroduryt+witryneryt	7,5			1,30	9,8			0,06	0,6			
Grupa 3: fuzyt+witryneryt+klaroduryt	4,9			1,34	6,6			0,10	0,7			
<b>mikrolitotypy czyste (m<sub>ic</sub>)</b>	<b>58,5</b>				<b>74,5</b>				<b>2,2</b>			
<b>Mikrolitotypy zmineralizowane</b>												
Grupa 1: wityt+klaryt+duroklaryt+ +min. ilaste	12,6			1,33	16,8			0,11	1,8			
wityt+klaryt+siarczki Fe		7,1		1,33	9,4			0,06	0,6			
Grupa 2: klaroduryt+ witryneryt+min. ilaste	1,7			1,35	2,3			0,12	0,3			
Grupa 3: fuzyt+ duryt inert.+ +witryneryt + węglany			2,8	1,37	3,8			0,12	0,5			
<b>mikrolitotypy zmineralizowane (m<sub>il</sub>)</b>	<b>14,3</b>	<b>7,1</b>	<b>2,8</b>		<b>19,1</b>	<b>9,4</b>	<b>3,8</b>		<b>2,1</b>	<b>0,6</b>	<b>0,5</b>	
	24,2				32,3				3,2			
<b>Razem mikrolitotypy (m<sub>i</sub>)</b>	<b>82,7</b>				<b>106,8</b>				<b>5,4</b>			
<b>Karbargilit</b>												
Grupa 1: wityt+klaryt+min. ilaste	2,6			1,52	4,0			0,40	1,6			
Grupa 2: klaroduryt+witryneryt+ +min. ilaste	0,8			1,56	1,2			0,39	0,5			
<b>Karbopiryt</b>												
Grupa 1: wityt+klaryt+duroklaryt+ +siarczki Fe	1,5			1,52	2,3			0,19	0,4			
Grupa 2: witryneryt+duryt lipt.+siarczki Fe	0,4			1,56	0,6			0,20	0,1			
Grupa 3: fuzyt+witryneryt+siarczki Fe	1,1			1,60	1,8			0,22	0,4			
<b>Karbankeryt</b>												
Grupa 1: wityt+węglany				0,5	1,52	0,8			0,21	0,2		
Grupa 3: fuzyt+węglany				2,6	1,60	4,2			0,23	1,0		
<b>Razem karbomineryt (k)</b>	<b>3,4</b>	<b>3,0</b>	<b>3,1</b>		<b>5,2</b>	<b>4,7</b>	<b>5,0</b>		<b>2,1</b>	<b>0,9</b>	<b>1,2</b>	
	9,5				14,9				4,2			
min. ilaste +wityt	2,3			1,76	4,0			0,69	2,8			
siarczki Fe	3,0			5,0	15,0			0,6	9,0			
węglany				2,5	2,7	6,8			0,7	4,8		
<b>Razem mineryt (m)</b>	<b>2,3</b>	<b>3,0</b>	<b>2,5</b>		<b>4,0</b>	<b>15,0</b>	<b>6,8</b>		<b>2,8</b>	<b>9,0</b>	<b>4,8</b>	
	7,8				25,8				16,6			

cd. tabl. 1

Łącznie w próbce ( c )	20,0	13,1	8,4		28,3	29,1	15,6		7,0	10,5	6,5
$\Sigma = m_1+k+m$	100,0				147,5				26,2		

Tablica 2

Wyniki analizy petrograficznej próbki orzecha

Składniki mikropetrograficzne węgla	Zawartość $V$ [% obj]			Gęstość $\gamma$ [10 <sup>3</sup> kg/m <sup>3</sup> ]	Masa składników $Q = V \cdot \gamma$			Współcz. popielności $K$	Masa popiołu $q = V \cdot \gamma \cdot K$		
	ilaste	siar	węgl		ilaste	siar	węgl		ilaste	siar	węgl
<b>Mikrolitoty niezmierzalne</b>											
Grupa 1: wityryt+klaryt+duroklaryt+ +wityrertolitypt		49,2		1,26		62,0		0,015		0,9	
Grupa 2: klaroduryt+wityrertyt+ +duryt lipt.		4,5		1,30		5,9		0,06		0,4	
Grupa 3: fuzyt+wityrertyt+klaroduryt		6,3		1,34		8,4		0,10		0,8	
<b>mikrolitoty czyste (m<sub>ic</sub>)</b>	60,0				76,3				2,1		
<b>Mikrolitoty zmierzalne</b>											
Grupa 1: wityryt+klaryt+min. ilaste+ wityryt+klaryt+siarczki Fe	19,8	7,9		1,33 1,33	26,3	10,5		0,11 0,06	2,9	0,6	
Grupa 2: klaroduryt+ wityrertyt+min. ilaste	4,5			1,35	6,1			0,12	0,7		
Grupa 3: fuzyt+ duryt inert.+ + wityrertyt + węglany			0,3	1,37			0,4	0,12			0,05
<b>mikrolitoty zmierzalne (m<sub>ic</sub>)</b>	24,3	7,9	0,3		32,4	10,5	0,4		3,6	0,6	0,05
	32,5				43,3				4,3		
<b>Razem mikrolitoty (m<sub>i</sub>)</b>	92,5				119,6				6,4		
<b>Karbargilit</b>											
Grupa 1: wityryt+klaryt+min. ilaste	0,9			1,52	1,4			0,40	0,6		
Grupa 2: klaroduryt+wityrertyt+ +min. ilaste	0,4			1,56	0,6			0,39	0,2		
<b>Karbopiryt</b>											
Grupa 1: wityryt+klaryt+duroklaryt+ +siarczki Fe		1,4		1,52		2,1		0,19		0,4	
Grupa 3: fuzyt+wityrertyt+siarczki Fe		0,7		1,60		1,1		0,22		0,2	
<b>Karbankeryt</b>											
Grupa 3: fuzyt+węglany			1,3	1,60			2,1	0,23			0,5
<b>Razem karbomineryt (k)</b>	1,3	2,1	1,3		2,0	3,2	2,1		0,8	0,6	0,5
	4,7				7,3				1,9		
min. ilaste siarczki Fe węglany	0,9			1,76 5,0 2,7	1,6			0,69 0,6 0,7	1,1	3,6	
		1,2				6,0					1,3
			0,7				1,9				
<b>Razem mineryt (m)</b>	0,9	1,2	0,7		1,6	6,0	1,9		1,1	3,6	1,3
	2,8				9,5				6,0		
<b>Łącznie w próbce ( c )</b>	26,5	11,2	2,3		36,0	19,7	4,4		5,5	4,8	1,9
<b><math>\Sigma = m_1+k+m</math></b>	100,0				136,4				14,3		

Z uwagi na ograniczoną liczbę stron artykułu, zamieszczono jedynie wyniki analiz dwóch próbek. Pozostałe próbki wykonano w identyczny sposób, a zbiorcze zestawienie obliczonych wartości dla wszystkich przeanalizowanych próbek przedstawiono w tabelicy 3.

Wykazano zróżnicowany, prognozowany udział poszczególnych składników mikropetrograficznych, a także zmienną popielność w produktach handlowych węgla.

Prognoza udziału mikrolitotypów ustaliła się w przedziale od 65,3 % w miale MIIA do 90,3 % w węglu przeznaczonym do koksowania MII. Udział karbominerytów w prognozie wahał się w granicach od 4,0 % w węglu przeznaczonym do koksowania MII, do 12,0 % w miale MIIA, natomiast zawartość minerytu prognozuje się w granicach od 5,7 % w sortymencie MII do 22,7 % w miale MIIA (tabl. 3).

Tablica 3  
Zestawienie wyników mikropetrograficznej analizy węgla handlowych z KWK Krupiński

Składniki mikropetrograficzne i ich parametry		Niesort		Orzech		MIIA		MII		Mu	
Mikrolitotypy	Udział $W_{mi}$ [%]	72,4		87,7		65,3		90,3		82,1	
	Popielność $A_{mi}$ [%]	5,1		5,4		5,4		4,8		5,0	
Karbomineryt	Udział $W_k$ [%]	10,1		5,3		12,0		4,0		7,0	
	Popielność $A_k$ [%]	28,2		26,0		30,8		25,9		29,0	
Mineryt	Udział $W_m$ [%]	17,5		7,0		22,7		5,7		10,9	
	Popielność $A_m$ [%]	64,3		63,8		64,5		64,5		63,9	
$A_{il}$ [%]		5,2	29,4**	4,5	43,3	8,4	38,4	4,2	46,7	5,2	39,7
$A_s$ [%]		7,6	43,0	4,0	38,4	8,1	37,0	4,0	44,4	5,8	44,3
$A_w$ [%]		4,9	27,6	1,9	18,3	5,4	24,6	0,8	8,9	2,1	16,0
$A_C$ [%]		17,7	100	10,4	100	21,9	100	9,0	100	13,1	100
$A_L^*$ [%]		17,0		7,3		22,4		8,1		13,7	

\* – popielność próbki oznaczona laboratoryjnie

\*\* – procentowy udział popielności związanej z obecnością min. ilastych ( $A_{il}$ ), siarczków ( $A_s$ ), węglanów ( $A_w$ ) przy założeniu: wartość  $A_L = 100\%$

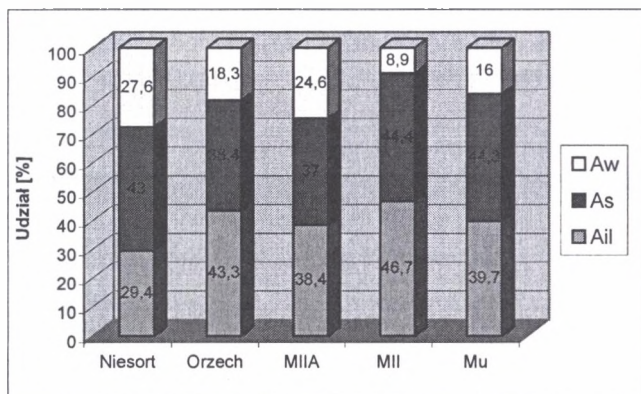
Zgodnie z przewidywaniami w próbkach o najwyższej popielności oznaczonej laboratoryjnie, mianowicie w próbkach mialu MIIA, niesortu oraz mułu wzbogaconego Mu stwierdzono wysoki udział karbominerytu i minerytu (tabl. 3). W produktach tych prognoza mikropetrograficzna wykazała jednocześnie najniższą zawartość mikrolitotypów. Węgla handlowe o wyraźnie zredukowanej popielności w wyniku procesów wzbogacania (orzech, MII) charakteryzują się wyższą prognozowaną zawartością mikrolitotypów oraz niższymi prognozowanymi udziałami karbominerytów i minerytu.

We wszystkich przypadkach popielność całkowita próbki obliczona według wzoru (7) jest równa sumie popielności cząstkowych uzyskanych z poszczególnych grup minerałów (11).

Prognozowane proporcje popielności uzyskanych z minerałów ilastych oraz pozostałych grup minerałów w produktach handlowych węgla wykazują pewne zależności (rys. 1).

Analizując popielności związane z poszczególnymi grupami minerałów w próbkach, można zaobserwować, iż w próbkach o niskiej popielności (MII, orzech, muł wzbogacony Mu) stwierdzono wyższą prognozowaną popielność wywołaną obecnością minerałów ilastych oraz niższą popielność związaną z obecnością węglanów, aniżeli w pozostałych próbkach.

W próbce niesortu oraz miazła MIIA mamy do czynienia z odwrotnymi proporcjami (rys. 1).



Rys. 1. Prognozowana popielność wywołana obecnością minerałów ilastych ( $A_{il}$ ); siarczków żelaza ( $A_s$ ) oraz węglanów ( $A_w$ ) w poszczególnych produktach handlowych węgla

Fig. 1. Forecast of the content of ash from clay minerals ( $A_{il}$ ); iron sulphides ( $A_s$ ) and carbonates ( $A_w$ ) in individual of commercial coals

Prognozowana popielność próbek węgla wywołana obecnością siarczków wykazała, iż wysoki jej udział występuje w próbkach węgla przeznaczonego do koksovania (MII) oraz mułu wzbogaconego (Mu) i niesortu. W pozostałych próbkach udział tej popielności jest niższy o kilka procent (tabl. 3).

Prognozowana popielność próbek nieznacznie różni się od oznaczonej laboratoryjnie  $A_L$  (tabl.3). Zbliżone wartości popielności uzyskano w przypadku próbek miazła MIIA (różnica 0,5 % od wartości oznaczonej), mułu wzbogaconego Mu (różnica 0,6 % od wartości oznaczonej) oraz niesortu (różnica 0,7 % od wartości oznaczonej), natomiast największą różnicę pomiędzy wartością prognozowaną a oznaczoną laboratoryjnie zaobserwowano w przypadku próbki orzecha (3,1 %).

### 3.2. Wyniki analizy chemicznej popiołów z produktów handlowych węgla

Przeprowadzone badania chemiczne popiołów z poszczególnych węgla handlowych wykazały dość znaczne różnice w ich składzie (tabl. 4).

Charakterystyczną, wspólną cechą badanych popiołów jest wysoka w nich zawartość  $Al_2O_3$ , która w próbce z węgla przeznaczonego do koksowania (MII) dochodzi prawie do 35 %. Główny składnik  $SiO_2$  wykazał zróżnicowaną zawartość w zakresie 37,04 % w orzechu do 50,15 % w miale MIIA.

Zawartości CaO oraz MgO są porównywalne we wszystkich próbkach popiołów, z wyjątkiem popiołów sortymentu klasy orzech, gdzie występuje podwyższona zawartość CaO oraz niesortu, gdzie obserwuje się zubożenie w MgO.

Zwraca także uwagę dość wysoka zawartość  $Na_2O$ , szczególnie w próbce popiołu z sortymentu orzech oraz mułu wzbogaconego Mu.

Tablica 4

Wyniki analizy chemicznej popiołów z produktów handlowych węgla KWK Krupiński

Wyszczególnienie	NIESORT	ORZECH	MIIA	MII	Mu
$SiO_2$	47,33	37,04	50,15	43,25	47,80
$Al_2O_3$	29,50	32,09	29,05	34,75	31,61
$Fe_2O_3$	11,01	12,14	6,67	7,37	5,94
CaO	6,91	10,13	6,25	7,00	6,31
MgO	0,50	1,98	2,10	2,01	2,00
$Na_2O$	1,16	1,69	0,85	1,14	1,46
$K_2O$	0,59	0,71	0,76	0,68	0,82
$SO_3$	2,12	2,58	1,41	1,78	1,14
Wilgoć	0,19	0,20	0,29	0,23	0,23
Straty praż.	1,63	2,27	2,29	2,07	2,44
$\Sigma$	100,94	100,83	99,82	100,28	99,75
* $SiO_2/Al_2O_3$	2,73	1,95	2,93	2,10	2,56
* $K_2O/Al_2O_3$	0,02	0,02	0,02	0,01	0,02
Moduł tlenkowy	4,2	2,9	5,3	4,8	5,6

Popioły z produktów handlowych wykazują jeszcze znaczne straty prażenia (w większości przypadków wynoszą powyżej 2 %) oraz znikomą zawartość wilgoci. Znaczne są także zawartości  $SO_3$  szczególnie w próbkach popiołów orzecha i niesortu.

Analizując wyniki badań chemicznych popiołów można zauważyć odmienny charakter chemiczny sortymentu orzech w stosunku do pozostałych. Wśród sortymentów węgla wzbogaconych ich popioły charakteryzują się najmniejszym udziałem  $SiO_2$  (37,04 %) oraz największą zawartością CaO (10,13 %),  $SO_3$  (2,58 %),  $Na_2O$  (1,69 %) oraz  $Fe_2O_3$  (12,14 %).

Obliczone stosunki molekularne  $SiO_2/Al_2O_3$  wskazują na obecność w składzie substancji mineralnej węgla minerałów ilastych, głównie kaolinitu. W prawie wszystkich próbkach



popiołów (z wyjątkiem próbki sortymentu klasy orzech) wartość tego stosunku waha się między 2,10–2,93, co wskazuje na występowanie wolnej krzemionki w składzie substancji mineralnej (tabl. 4). W próbce popiołu sortymentu orzech wartość  $SiO_2/Al_2O_3$  jest nieco niższa od 2, co może wskazywać na obecność w węglu amorficznych żeli krzemionkowo-glinowych [5]. Bardzo niskie wartości wykazał stosunek  $K_2O/Al_2O_3$  (0,01 – 0,02), co może dowodzić małego udziału illitu wśród minerałów ilastych.

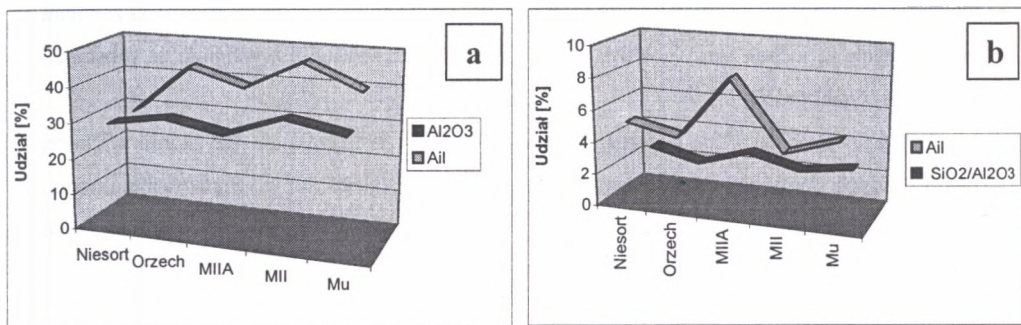
Charakteryzując badane popioły na podstawie obliczonego modułu tlenkowego (tabl. 4) można stwierdzić, iż wszystkie przedstawiają charakter mniej lub bardziej krzemianowy,

gdyż zawiera się on w przedziale  $2 < \frac{SiO_2 + Al_2O_3}{CaO + MgO + Fe_2O_3} < 6$  (tabl. 2).

### 3.3. Próba określenia zależności pomiędzy składem chemicznym popiołów a wynikami analizy mikropetrograficznej poszczególnych produktów handlowych węgla

Porównując wyniki analizy mikropetrograficznej zawartości i charakteru mineralicznego popiołów badanego węgla z wynikami analizy chemicznej próbek popiołów można zaobserwować pewne zależności.

Wykazano bowiem analogie w udziale prognozowanej popielności uzyskanej z minerałów ilastych a zawartością  $Al_2O_3$  oraz stosunku molekularnego  $SiO_2/Al_2O_3$  (rys. 2).



Rys. 2. Porównanie udziałów prognozowanej popielności z minerałów ilastych z zawartością  $Al_2O_3$  oraz  $SiO_2/Al_2O_3$   
 Fig. 2. Comparison between content of ash from clay minerals and contents  $Al_2O_3$  and  $SiO_2/Al_2O_3$

Trend zmienności w porównywanych próbkach jest niemal identyczny, na co wskazuje zbliżony kształt krzywych na rys. 2. Podobieństwo wykazują także kształty krzywych ilustrujące zmienność w badanych próbkach popielności wywodzącej się z minerałów ilastych i stosunek  $SiO_2/Al_2O_3$  (rys. 2b).

#### 4. Podsumowanie wyników badań

Przeprowadzone badania mikropetrograficzne węgla handlowych oferowanych przez KWK Krupiński wykazały, iż możliwe jest prognozowanie ich popielności, a także przybliżonego charakteru chemicznego ich popiołów.

W wyniku mikropetrograficznych badań metodą I.I. Ammosowa [1] zmodyfikowaną przez B. Hanak [3] i dostosowaną przez Autora do analizy substancji mineralnej i popielności węgla uzyskano bardzo zbliżone prognozy ich popielności. W większości zbadanych węgla różnica między popielnością prognozowaną a oznaczoną laboratoryjnie nie przekraczała 1 %. Wyjątek stanowił sortyment orzech, gdzie prognoza była mniej dokładna.

Przebadane popioły węglowe posiadają charakter krzemianowy (moduł tlenkowy zawiera się w przedziale  $2 < \frac{SiO_2 + Al_2O_3}{CaO + MgO + Fe_2O_3} < 6$ ). Charakteryzują się dużą, choć zróżnicowaną zawartością głównego składnika  $SiO_2$ , oraz wykazują wysokie zawartości  $Al_2O_3$ . Na uwagę zasługuje odmienny charakter chemiczny popiołu z sortymentu orzech. Charakteryzuje się on najmniejszym udziałem  $SiO_2$  (37,04 %) oraz największą zawartością  $CaO$  (10,13 %),  $SO_3$  (2,68 %),  $Na_2O$  (1,69 %) oraz  $Fe_2O_3$  (12,14 %).

Wykazano analogie pomiędzy prognozowaną popielnością pochodzącą z minerałów ilastych a zawartością  $Al_2O_3$  oraz  $SiO_2/Al_2O_3$ . Obserwowane na rys. 2b przesunięcia załamania na krzywych są jednak tym większe, im więcej wolnej krzemionki występuje w substancji mineralnej danej próbki.

Przedstawione w pracy badania są kontynuowane i zmierzają do uzyskania większej liczby danych. Pozwolą one wyznaczyć matematyczne zależności pomiędzy charakterem mineralogicznym substancji nieorganicznej węgla a składem chemicznym popiołów, na co wskazują przedstawione w niniejszej pracy wyniki.

#### LITERATURA

1. Ammosow I. I.: Promyszliennoginiticzeskaja klassifikacija uglej – Izdatielstwo Nauka – Moskwa, 1964.
2. Górka L., Mokrzycki E., Suwała W.: Możliwości zagospodarowania popiołów i żużli ze spalania węgla kamiennego. Przegląd Górniczy, Nr 11, 1984.
3. Hanak B.: Charakterystyka petrograficzna węgla koksowych z kopalni „Moszczenica” dla określenia ich wzbogacalności. Prace Geologiczne PAN, Nr 127, Wydawnictwa Geologiczne, Warszawa 1983.
4. Kanafek J., Fojcik E.: Wykorzystanie popiołów lotnych w górnictwie – aspekty techniczne. Ochrona Środowiska Prawo i Polityka, Nr 1 (11), 1998.
5. Kuhl J.: Czy i jaki wpływ wywiera nieorganiczna substancja mineralna w węglu kamiennym na jego własności mechaniczne. Przegląd Górniczy nr 10, 1962.

6. Kuhl J.: Substancja mineralna w węglu. Przegląd Górniczy nr 2, 1980.
7. Mastalerz M., Hower J.C., Drobnik A., Mardon S.M., Lis G.: From in-situ coal to fly ash: a study of coal mines and power plants from Indiana. *International Journal of Coal Geology* 59, 2004.
8. Strugała A.: Substancja mineralna węgla kamiennego i jej przemiany w procesie koksowania. *Gosp. Surow. Mineral.*, t. 14, z. 1, 1998.

Recenzent: Prof. dr hab. inż. Eugeniusz Mokrzycki