

Jarosław KASZUBKIEWICZ, Dorota KAWAŁKO  
Akademia Rolnicza, Wrocław  
Andrzej MIZERA  
KGHM CUPRUM sp. z o.o. Centrum Badawczo - Rozwojowe we Wrocławiu

## **MODYFIKACJA WŁAŚCIWOŚCI ODPADÓW POFLOTACYJNYCH RUD MIEDZI, POD KĄTEM ICH REKULTYWACJI, POPRZEZ DODATEK RÓŻNYCH KOMPONENTÓW MINERALNYCH**

**Streszczenie.** Na powierzchni zbiornika odpadów po flotacji rud miedzi przeprowadzono doświadczenie polowe, w którym przeanalizowano właściwości fizyczne i chemiczne gruntu z dodatkiem odpadów mineralnych kamieniołomu, piaskowni oraz zwałowiska skały płonnej z udostępnienia złoża rud miedzi. Dodatek tych minerałów w niewielkim stopniu poprawił analizowane właściwości.

## **MODIFICATION OF FLOTATION SEDIMENTS PROPERTIES FOR ITS RECULTIVATION BY THE ADDITION OF SELECTED MINERAL COMPOUNDS**

**Summary.** At the surface of tailing impoundment in Wartowice (Lower Silesia) four experimental sites were covered with decimeter thick layer of chosen mineral compounds. Those mineral substances were taken from stone-pit, sand-pit and vein rock stockyard located in the neighborhood of flotation pond. Mineral compounds were mixed with flotation sediments and left four eight weeks for stabilization of physical and chemical properties. The influence of used compounds on the properties of obtained mixtures were examined. Critical properties of flotation sediments such as salinity, pH, content of macronutrients, water and air capacity, and concentration of copper, zinc and lead were examined in those mixtures.

### **1. Wstęp**

Eksploatacji pokładów miedzi w tak zwanym „starym zagłębiu miedziowym” na obszarze Dolnego Śląska towarzyszyła budowa i eksploatacja zbiorników osadów poflotacyjnych. Największy z nich jest zbiornik zlokalizowany w miejscowości Wartowice

w gminie Warta Bolesławiecka. Eksploatację zbiornika rozpoczęto w kwietniu 1971 roku, a wypełnianie zakończono w roku 1990 wraz z likwidacją Zakładów Górniczych „Konrad”. Powierzchnia zbiornika wynosi obecnie 220 ha, a objętość zgromadzonych w nim osadów 19,4 miliona m<sup>3</sup> [6]. Miąższość osadów w zbiorniku waha się w granicach od 1,5 do 28 m. Zbiornik został zaprojektowany i zbudowany według wymogów stawianych wodnym zbiornikom retencyjnym ograniczonym zaporami typu filtracyjnego [7].

Po upływie 16 lat od zakończenia eksploatacji zbiornika brak jest na jego powierzchni nawet szczałkowej okrywy roślinnej.

Głównymi czynnikami uniemożliwiającymi powstanie okrywy roślinnej są: niekorzystne właściwości powietrzno-wodne osadów, wysokie zasolenie szczególnie na samej powierzchni zbiornika, całkowity brak przyswajalnego fosforu, odczyn wykraczający poza granice tolerancji większości roślin oraz występowanie wysokich koncentracji miedzi z dużym udziałem rozpuszczalnych form tego pierwiastka [1, 2]. Istotnym problemem są również warunki termiczne na płaskiej niezacienionej powierzchni jasnoszarych osadów.

Zgodnie z Miejscowym Planem Zagospodarowania Przestrzennego Gminy Warta Bolesławiecka, zbiornik ma być zagospodarowany w kierunku leśnym. Przeprowadzenie udanej rekultywacji wymagać będzie ograniczenia bądź likwidacji niekorzystnego oddziaływania opisanych powyżej czynników. Jedną z możliwych do zastosowania metod jest wymieszanie powierzchniowej warstwy osadów z dostępnymi (w sensie kosztów pozyskania i transportu) utworami mineralnymi. Należy zaznaczyć, że zastosowanie substancji organicznych jest ryzykowne ze względu na możliwość gwałtownego uruchomienia zawartej w osadach miedzi [3]. Pozytywny wpływ dodania dostępnych utworów mineralnych na właściwości fizyczne osadów poflotacyjnych wykazali Mizera i wsp. 2004.

## 2. Cel pracy

Celem pracy było określenie, czy i w jakim stopniu wymieszanie osadów po flotacji miedzi, składowanych w zbiorniku w miejscowości Warta Bolesławiecka, z dostępnymi w dużych ilościach w jego otoczeniu i możliwymi do przetransportowania substancjami mineralnymi poprawia krytyczne właściwości osadów uniemożliwiające powstanie na ich powierzchni okrywy roślinnej.

### 3. Metodyka badań

#### 3.1. Sporządzanie mieszanin glebowych

Dla oceny przydatności różnych minerałów do modyfikacji właściwości fizycznych i fizykochemicznych odpadów poflotacyjnych dokonano ich wymieszania z osadami poflotacyjnym. Na poletkach o powierzchni 100 m<sup>2</sup> naniesiono warstwę materiałów mineralnych o miąższości około 8 cm, które wymieszano z osadami poflotacyjnymi poprzez przekopanie do głębokości 20 – 25 cm. Powierzchnię poletek wyrównano przez zagrabienie.

Doświadczenie wykonano w następujących kombinacjach:

- nr I – odpad poflotacyjny + nadkład z kamieniołomów „Bober”,
- nr II – odpad poflotacyjny + nadkład hałdy skały płonej,
- nr III – odpad poflotacyjny + nadkład z piaskowni „Jurków”,
- nr IV – odpad poflotacyjny, przekopany i wyrównany.

Po upływie 8 tygodni z poszczególnych kombinacji doświadczalnych z głębokości 0-10 cm, 15-25 cm, 30-40 cm pobrano próby gruntu w stanie nienaruszonym do analizy właściwości wodnych, fizykochemicznych oraz zawartości metali ciężkich [4].

#### 3.2. Właściwości gruntów

W próbkach gruntu analizowano następujące właściwości:

- skład granulometryczny – metodą areometryczno-sitową zgodną z normą PN-R- 04033 (1998),
- odczyn gleby: pH w wodzie i w 1M KCl – metodą potencjometryczną,
- gęstość właściwą fazy stałej ( $\rho_s$ ) piknometrycznie,
- gęstość objętościową ( $\rho_b$ ) – grawietrycznie w pierścieniach Nitzsa,
- porowatość całkowitą obliczano ze wzoru  $P_c = 1 - \frac{\rho_b}{\rho_s}$ ,
- przebieg krzywych retencji wodnej z użyciem bloków piaszkowych, piaskowo-kaolinowych oraz średnio- i wysokociśnieniowych aparatów Richarda,
- w oparciu o przebieg krzywych pF obliczano wybrane pojemności wodne zestawione w tabeli 2,

- przewodnictwo właściwe metodą konduktometryczną w zawiesinie o proporcji wody do gleby jak 1:5 (przeliczenia na zasolenie dokonano w oparciu o krzywą wzorcową dla chlorku potasu),
- zawartość przyswajalnych form fosforu i potasu metodą Egnera-Riechma oraz magnezu metodą Schachtschabla,
- całkowitą zawartość metali ciężkich Cu, Pb, Zn metodą atomowej spektrofotometrii absorpcyjnej po mineralizacji w kwasie nadchlorowym.

## 4. Wyniki badań

### 4.1. Skład granulometryczny komponentów mineralnych użytych do mieszanin

Odpady poflotacyjne wypełniające zbiornik w rejonie powierzchni doświadczalnej miały skład granulometryczny pyłów ilastych. Odpady zgromadzone w osadniku wykazują pewną przestrzenną zmienność wynikającą z przebiegu procesu napełniania zbiornika. Nie zawierały części szkieletowych oraz jedynie znikome ilości frakcji piaszczystych. Dominowały w nich frakcje o wymiarach od 0,006 do 0,05 mm, a więc pył drobny i ił pyłowy gruby. Zawartość iłu koloidalnego była stosunkowo niewielka i wynosiła od 4 do 6% (tab. 1, rys. 1d).

Materiał nadkładowy z kamieniołomów „Bober” charakteryzował się znaczną zawartością frakcji szkieletowych. Ich udział wynosił 16 % w stosunku do całej masy utworu. W oparciu o skład części ziemistych zakwalifikowano go jako glinę lekką (tab. 1, rys. 1a).

Tabela 1

Skład granulometryczny osadów poflotacyjnych, zastosowanych dodatków mineralnych oraz uzyskanych mieszanin

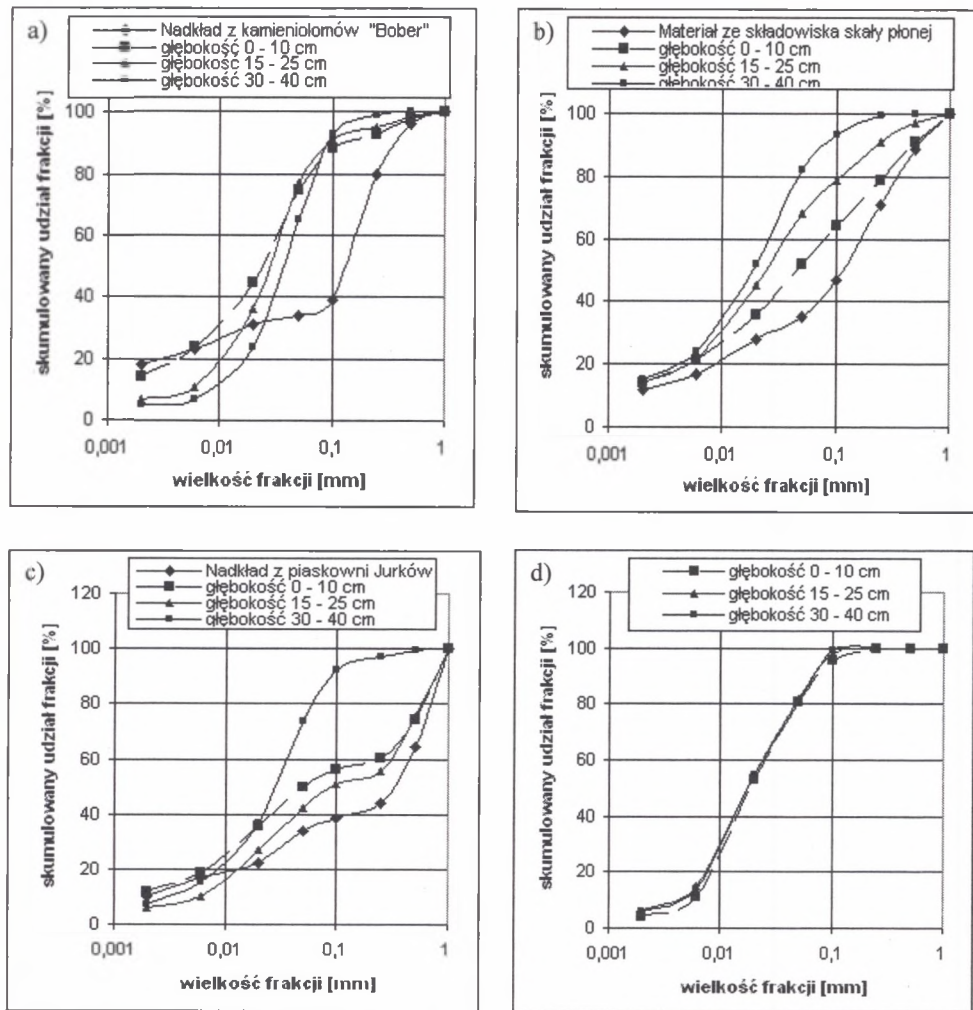
Lp.	Głębokość pobrania próby [cm]	Kombinacja	Zawartość poszczególnych frakcji [%]									Definicja grupy granulometrycznej	
			Części szkieletowe	Części ziemiste									
				>1 mm	1-0,5	0,5-0,25	0,25-0,1	0,1-0,05	0,05-0,02	0,02-0,006	0,006-0,002		<0,002
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
1	Nadkład z kamieniołomów "Bober"		16	4	16	41	5	3	8	5	18	gl	

cd. tabeli 1

2	0 - 10	I Poletko z dodatkiem nadkładu z kamieniołomów „Bober”	2,5	2,0	5,3	4,3	13,4	30	21	10	14	gsp
3	15 - 25		3,5	1,3	3,5	4,2	14,0	41	25	4	7	pli
4	30 - 40		0	0,0	0,8	6,2	28,0	41	17	2	5	plg
5	Materiał ze składowiska skały pónnej		37	11	18	24	12	7	11	5	12	gl
6	0 - 10	II Poletko z dodatkiem materiału ze składowiska skały pónnej	40	9,3	12,3	14,5	12,0	16	15	7	14	gsp
7	15 - 25		18	3,1	5,8	12,3	10,8	23	23	8	14	gsp
8	30 - 40		0,8	0,1	0,3	6,5	11,1	30	28	9	15	gcp
9	Nadkład z piaskowni „Jurków”		36	35,4	20,5	5,7	4,4	12	5	7	10	gl
10	0 - 10	III Poletko z dodatkiem nadkładu z piaskowni „Jurków”	23	25,5	14,2	4,0	6,3	14	17	7	12	gs
11	15 - 25		20	24,7	19,5	5,0	8,8	15	17	4	6	gl
12	30 - 40		1	0,4	2,3	5,0	18,3	37	22	8	7	pli
13	0 - 10	IV Czyste opady poflotacyjne	0	0,0	0,2	3,8	15,0	28	42	7	4	ip
14	15 - 25		0	0,0	0,1	1,9	16,0	27	40	9	6	ip
15	30 - 40		0	0,0	0,2	0,8	18,0	26	41	8	6	ip

Materiał ze składowiska skały pónnej w Iwinach charakteryzował się znaczną zawartością frakcji szkieletowych, spośród których dominowały części żwirowe. W oparciu o skład części ziemistych zakwalifikowano go jako glinę lekką (tab. 1, rys. 1b).

Materiał nadkładowy z piaskowni „Jurków” również charakteryzował się znaczną zawartością frakcji szkieletowych. Ich udział wynosił aż 36 % w stosunku do całej masy utworu. W oparciu o skład części ziemistych zakwalifikowano go również jako glinę lekką (tab. 1, rys. 1c).



Rys. 1. Krzywa uziarnienia mieszanin powstałych przez dodanie substancji mineralnych do odpadów poflotacyjnych: a) nadkładu z kamieniołomu „Bober”, b) dodatek skały płonnej ze K1, c) dodatek nadkładu z piaskowni „Jurków”, d) odpady poflotacyjne

Fig. 1. Size distribution Curie of mixtures arose with addition of mineral substances to flotation spoils: a) spoil from quarry “Bober”, b) addition of rock from K1, c) spoil from quarry “Jurków”, d) flotation spoils

#### 4.2. Właściwości wodne badanych utworów

Wymieszanie osadów poflotacyjnych z dodatkami mineralnymi spowodowało spadek kapilarnej pojemności wodnej w warstwach 0-10 cm oraz 15-25 cm. Stwierdzono bardzo wyraźny spadek połowej pojemności w warstwach 0-10 cm i 15-25 cm, szczególnie na poletkach z dodatkiem skały płonnej oraz nadkładu z piaskowni „Jurków” (tab. 2). Przy

niewielkich zmianach porowatości całkowitej oznacza to korzystny wzrost aeracji, a zatem dostępności tlenu dla korzeni roślin. Obniżeniu uległa ilość wody dostępnej dla roślin, przy zachowaniu na niezmiennym poziomie ilości wody bardzo łatwo dostępnej (tab.2).

#### 4.3. Właściwości fizykochemiczne

Dodatek materiałów mineralnych nie spowodował istotnych zmian odczynu zarówno mierzonego w wodzie destylowanej, jak i w 1 M KCl (tab. 3). Efekt rozcieńczenia jest natomiast widoczny dla zasolenia badanych utworów. W stosunku do „czystych” osadów poflotacyjnych zasolenie jest wyraźnie niższe dla wszystkich poziomów na poletku z dodatkiem nadkładu z piaskowni „Jurków”. Pewien spadek zasolenia można także zaobserwować w przypadku dodatku materiału ze składowiska skały płonnej, natomiast nie wystąpił on dla nadkładu z kamieniołomów „Bober” (tab. 3).

Dodatek komponentów mineralnych spowodował zmniejszenie pojemności sorpcyjnej gleb wobec kationów o charakterze zasadowym (rys. 2a-d). Efekt wystąpił we wszystkich warstwach dla materiału ze składowiska skały płonnej oraz dla nadkładu z piaskowni „Jurków” i w warstwach 15-25 cm i 30-40 cm dla nadkładu z kamieniołomów „Bober”. Udział poszczególnych kationów nie uległ natomiast statystycznie istotnym zmianom.

Tabela 2

Wybrane właściwości wodne odpadów poflotacyjnych rud miedzi i ich mieszanin

Lp.	Głębokość pobrania próby [cm]	Kombinacja	Kapilarna pojemność wodna pF 0,0	Polowa pojemność wodna pF 2,0	Woda bardzo łatwo dostępna dla roślin pF 2,0 - 2,85	Woda łatwo dostępna dla roślin pF 2,0 - 3,7	Woda dostępna dla roślin pF 2,0 - 4,2
			[cm <sup>3</sup> cm <sup>-3</sup> ]	[cm <sup>3</sup> cm <sup>-3</sup> ]	[cm <sup>3</sup> cm <sup>-3</sup> ]	[cm <sup>3</sup> cm <sup>-3</sup> ]	[cm <sup>3</sup> cm <sup>-3</sup> ]
1	2	3	4	5	6	7	8
1	0 - 10	Odpad poflotacyjny + nadkład z kamieniołomów „Bober”	43,68	36,43	4,90	23,11	31,37
2	15 - 25		44,18	39,68	5,40	30,36	36,44
3	30 - 40		45,67	41,28	10,38	32,04	37,70
4	0 - 10	Odpad poflotacyjny + ze składowiska skały płonnej	34,67	21,57	2,91	8,31	16,91
5	15 - 25		40,86	33,95	3,29	18,03	28,94
6	30 - 40		46,25	41,87	12,23	33,75	38,88

cd. tabeli 2

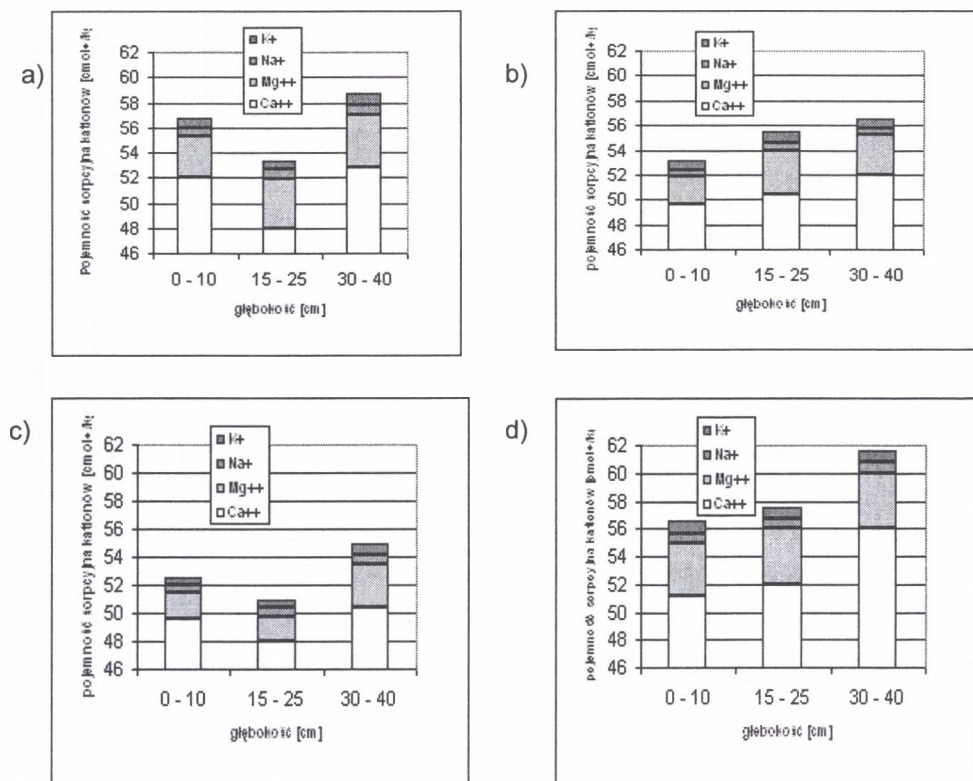
7	0 - 10	Odpad poflotacyjny + nadkład z piaskowni "Jurków"	37,82	18,66	2,72	14,23	15,80
8	15 - 25		42,73	27,23	3,73	17,37	24,19
9	30 - 40		45,96	41,33	5,56	26,79	37,59
10	0 - 10	Czyste odpady poflotacyjne	47,57	40,65	2,47	28,75	36,26
11	15 - 25		46,32	41,15	8,32	31,57	37,97
12	30 - 40		44,79	41,97	3,17	20,92	37,53

Tabela 3

Wybrane właściwości fizykochemiczne odpadów poflotacyjnych rud miedzi i ich mieszanin

Lp.	Głębokość pobrania próby [cm]	Rodzaj dodanego materiału	pH		Przewodnictwo właściwe [ $\mu\text{Scm}^{-1}$ ]	Zasolenie [ $\text{mgkg}^{-1}$ ]
			w $\text{H}_2\text{O}$	w 1M KCl		
1	2	3	4	5	6	7
1	0 - 10	Odpad poflotacyjny + nadkład z kamieniołomów „Bober”	7,8	7,7	450	1295
2	15 - 25		8,1	7,9	420	1209
3	30 - 40		8,1	7,7	950	2734
4	0 - 10	Odpad poflotacyjny + ze składowiska skały płonnej	7,9	7,7	410	1180
5	15 - 25		8,1	7,8	350	1007
6	30 - 40		7,9	7,8	450	1295
7	0 - 10	Odpad poflotacyjny + nadkład z piaskowni „Jurków”	8	7,8	200	576
8	15 - 25		8,1	8	170	489
9	30 - 40		8,2	7,9	180	518
10	0 - 10	Czyste odpady poflotacyjne	8	7,9	470	1353
11	15 - 25		8,1	7,9	450	1295
12	30 - 40		8	7,8	920	2648





Rys. 2. Skład kompleksu sorpcyjnego odpadów poflotacyjnych i mieszanin: a) poletko nr 1, b) poletko nr 2, c) poletko nr 3, d) poletko nr 4

Fig. 2. Composition of sorptive complex of flotation spoils and mixtures: a) plot number 1, b) plot number 2, c) plot number 3, d) plot number 4

#### 4.4. Przystawialne formy makroskładników

Dodatek komponentów mineralnych spowodował zmniejszenie zawartości przyswajalnego potasu i magnezu. Efekt jest szczególnie widoczny w przypadku dodania nadkładu z piaskowni „Jurków” (we wszystkich warstwach) oraz w mniejszym stopniu dla materiału ze składowiska skały płonnej. Stosunkowo najmniejsze zmiany obserwowano przy dodatku nadkładu z kamieniołomów „Bober”.

Nie stwierdzono pozytywnego wpływu dodawanych materiałów na zawartość przyswajalnego fosforu. Pozostaje ona we wszystkich przypadkach na bardzo niskim poziomie i można przypuszczać, że niedobór tego składnika będzie miał silny negatywny wpływ na wzrost i rozwój roślin (tab. 4).

#### 4.5. Całkowita zawartość metali ciężkich

Odnotowano wyraźny spadek koncentracji ołowiu na wszystkich kombinacjach doświadczenia z dodatkiem materiałów mineralnych. Koncentracja tego pierwiastka spadła zarówno w warstwach 0-10 cm, jak i 15-25 cm do poziomu 0,15 - 0,30% w gruncie bez dodatków. Można to uznać za prosty efekt „rozcieńczenia” odpadów poflotacyjnych w warstwie 25 cm (tab. 5). Jednocześnie stwierdzono podwyższone zawartości tego pierwiastka na głębokości 30-40 cm na wszystkich kombinacjach doświadczenia. Stosunek koncentracji wyniósł od 1,84 dla gruntu z dodatkiem nadkładu z piaskowni „Jurków” do 3,09 dla poletka z dodatkiem nadkładu z kamieniołomów „Bober”. Może to wynikać ze zmienności odpadów w warstwie 30 – 40 cm.

Metalem o najwyższych stężeniach w osadach jest miedź. Koncentracja tego metalu w wyniku „rozcieńczenia” gruntu uległa obniżeniu jedynie w warstwie 0 – 10 cm. Spadek zawartości wynosi 0,46 – 0,84%. Zawartość miedzi w warstwie 15-25 cm nie uległa istotnym zmianom, a w warstwie 30 – 40 cm stwierdzono wzrost zawartości tego pierwiastka w zakresie 1,33 – 1,62%. Koncentracje miedzi nawet po zastosowaniu dodatków mineralnych we wszystkich poziomach pozostają w zakresie wartości bardzo wysokich.

Tabela 4  
Zawartość makroskładników w odpadach poflotacyjnych rud miedzi  
i ich mieszaninach

Lp.	Głębokość pobrania próby [cm]	Rodzaj dodanego materiału	Zawartość makroskładników [mg 100g <sup>-1</sup> ]		
			P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Mg
1	2	3	4	5	6
1	0 - 10	Odpad poflotacyjny + nadkład z kamieniołomów „Bober”	<1,0	26,9	23,5
2	15 - 25		<1,0	19,8	32,0
3	30 - 40		<1,0	23,5	31,0
4	0 - 10	Odpad poflotacyjny + ze składowiska skały płonnej	<1,0	25,2	18,8
5	15 - 25		<1,0	26,8	24,5
6	30 - 40		<1,0	24,6	24,0
7	0 - 10	Odpad poflotacyjny + nadkład z piaskowni „Jurków”	<1,0	16,4	12,6
8	15 - 25		<1,0	14,9	11,5
9	30 - 40		<1,0	24,1	23,5

cd. tabeli 4

10	0 - 10	Czyste odpady poflotacyjne	<1,0	29,3	27,5
11	15 - 25		<1,0	27,2	31,0
12	30 - 40		<1,0	27,1	32,5

Tabela 5

Całkowita zawartość wybranych metali ciężkich  
w odpadach poflotacyjnych rud miedzi i ich mieszaninach

Lp.	Głębokość pobrania próby [cm]	Rodzaj dodanego materiału	Całkowita zawartość metali ciężkich [mgkg <sup>-1</sup> ]			Stosunek zawartości metali do poziomu odniesienia wyznaczonego przez poletko bez dodatków mineralnych		
			Pb	Cu	Zn	Pb	Cu	Zn
1	2	3	4	5	6	6	7	8
1	0 - 10	Odpad	31	3272	39	0,21	0,84	0,78
2	15 - 25	poflotacyjny + nadkład z	39	4343	39	0,17	1,54	0,75
3	30 - 40	kamieniołomów „Bober”	473	3754	58	3,09	1,62	1,23
4	0 - 10	Odpad	44	1929	45	0,30	0,49	0,90
5	15 - 25	poflotacyjny +	39	3038	46	0,17	1,08	0,88
6	30 - 40	ze składowiska skały płonnej	323	3097	57	2,11	1,33	1,21
7	0 - 10	Odpad	28	1813	33	0,19	0,46	0,66
8	15 - 25	poflotacyjny + nadkład z	34	2711	36	0,15	0,96	0,69
9	30 - 40	piaskowni „Jurków”	281	3091	55	1,84	1,33	1,17
10	0 - 10	Czysty odpad poflotacyjny	145	3901	50	1,00	1,00	1,00
11	15 - 25		234	2812	52	1,00	1,00	1,00
12	30 - 40		153	2324	47	1,00	1,00	1,00

Zmiany koncentracji cynku były mniejsze niż dla ołowiu i miedzi, miały jednak podobny charakter. Obserwowano obniżenie zawartości tego pierwiastka w warstwach 0 - 10 cm i 15 - 25 cm w gruncie z dodatkiem materiałów mineralnych i nieznaczny przyrost w warstwie 30 - 40 cm. Ilości te można uznać za dopuszczalne zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Środowiska w sprawie standardów jakości gleby oraz standardów jakości ziemi [5].

## 5. Wnioski

W oparciu o wykonane badania można przedstawić następujące wnioski:

1. Dodatek materiałów mineralnych do osadów poflotacyjnych w warstwie 8 cm spowodował spadek kapilarnej i połowej pojemności wodnej w warstwie 0 - 25 cm, tj. w zasięgu mieszania ich z odpadami. Przy zachowaniu niezmięnionej porowatości całkowitej oznacza to poprawę właściwości powietrznych gruntu. Jednocześnie stwierdzono spadek ilości wody dostępnej dla roślin przy zachowaniu na niezmięzionym poziomie ilości wody bardzo łatwo dostępnej.
2. W samych osadach poflotacyjnych stwierdzono wyraźnie niższe zasolenie wszystkich poziomów w kombinacjach z dodatkiem nadkładu z piaskowni „Jurków”. Spadek zasolenia wystąpił także w kombinacji z dodatkiem materiału ze składowiska skały płonnej, natomiast nie wystąpił w kombinacji z nadkładem z kamieniołomów „Bober”. Zastosowanie dodatków mineralnych nie miało zauważalnego wpływu na kwasowość gruntu.
3. Zastosowanie dodatków mineralnych spowodowało nieznaczne zmniejszenie pojemności kompleksu sorpcyjnego przy zachowaniu układu poszczególnych kationów zasadowych.
4. Osady poflotacyjne charakteryzują się wysoką zasobnością w przyswajalne formy magnezu i potasu przy jednoczesnym całkowitym braku przyswajalnego fosforu. Dodatek materiałów mineralnych nie wpłynął na zmianę zawartości tych pierwiastków.
5. Dodatek materiałów mineralnych spowodował obniżenie zawartości miedzi w warstwie 0 - 10 cm. Koncentracja tego pierwiastka w wymieszanych warstwach pozostaje w dalszym ciągu na poziomie, który będzie miał wpływ na wzrost i rozwój roślin.
6. Zastosowanie 8 cm warstwy materiałów mineralnych do gruntów z odpadów poflotacyjnych nie jest zabiegiem wystarczającym. Poprawie właściwości powietrznych towarzyszy w dalszym ciągu nadmierne zasolenie, brak fosforu przyswajalnego, zbyt wysokie pH oraz nadmierna koncentracja miedzi.

7. Przeprowadzenie skutecznej rekultywacji biologicznej będzie wymagało zastosowania warstw materiału o większej miąższości połączonego z nawożeniem gruntu osadników poflotacyjnych i odpowiednim doбором roślin.

*Opracowano na podstawie wyników badań prowadzonych w latach 2004-2006 na składowisku odpadów z flotacji rud miedzi Nr 3 w rejonie Iwin, finansowanych przez KGHM POLSKA MIEDŹ SA w Lubinie.*

*Badania koordynuje KGHM CUPRUM sp. z o. o. Centrum Badawczo -Rozwojowe we Wrocławiu*

## LITERATURA

1. Angelów Z., Chodak T., Kabała C., Kaszubkiewicz J., Szerszeń L.: Oddziaływanie zbiornika odpadów poflotacyjnych Żelazny Most na otaczające środowisko glebowe. Roczniki Akademii Rolniczej w Poznaniu CCCXVII, 56, 2000, str 327 – 339.
2. Chodak T., Kaszubkiewicz J., Mizera A.: Badania wartości glebotwórczej odpadów flotacyjnych i składowiska skały płonnej K-1 w rejonie Iwin w aspekcie ich podatności na zabiegi rekultywacyjne. Cuprum - Czasopismo Naukowo-Techniczne Górnictwa Rud. Nr 1(34) 2005, str. 57-80.
3. Karczewska A.: Metale ciężkie w glebach zanieczyszczonych emisjami hut miedzi -formy i rozpuszczalność. Zeszyty Naukowe Akademii Rolniczej we Wrocławiu, nr 432, 2002.
4. Krztoń K.: Skład i właściwości chemiczne osadów poflotacyjnych zbiornika nr 3 w Iwinach. Wrocław 2003 (maszynopis).
5. Rozporządzenie Ministra Środowiska w sprawie standardów jakości gleby oraz standardów jakości ziemi. 2002. Dz. U. Nr 165 poz.1359.
6. Szerszeń I., Chodak T., Gawron M.: Niektóre właściwości chemiczne i fizykochemiczne osadów poflotacyjnych ze zbiornika „Konrad nr 3” w Iwinach. Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Zielonogórskiego nr 131, Seria Inżynieria Środowiska 12, Zielona Góra 2004.
7. Werno M.: Geotechniczne aspekty bezpieczeństwa składowisk odpadów poflotacyjnych rud miedzi. KGHM PAN Lubin-Gdańsk 1986.

Recenzent: Dr hab. inż. Anna Patrzalek, prof. Pol. Śl.