

MACIEJ PAWLIKOWSKI\*, JANUSZ MAZUREK\*\*

## Zjawiska mineralogiczne i geochemiczne w hałdzie poflotacyjnej rud Zn-Pb ZGH Bukowno oraz w jej otoczeniu

### Słowa kluczowe

Środowisko, skażenie, żużle, hałdy, rudy Zn-Pb

### Streszczenie

W pracy przedstawiono wyniki badań skażenia metalami ciężkimi środowiska naturalnego, w tym zwłaszcza cynkiem i ołowiem, w rejonie hałd odpadów poprodukcyjnych rud Zn-Pb w otoczeniu zakładów górniczych w Bukowniu.

Badania koncentrowano na poflotacyjnych odpadach powstających w procesie wzbogacania rud Zn-Pb, które składowane są w formie hałd w pobliżu Bukowna. Wykonano badania osadów odprowadzanych tzw. kanałem poflotacyjnym z obszarów wspomnianych hałd. Stwierdzono, że w hałdach występują znaczne ilości pierwiastków ciężkich podobnie, jak w dennych osadach sedymentujących w kanale poflotacyjnym.

Wyniki badań wskazują, że składowane na hałdach odpady powstałe w procesie wzbogacania i hutniczej przeróbki rud Zn-Pb zawierają nadal znaczne ilości metali ciężkich. Dowodzi to niewystarczającej efektywności stosowanych procesów technologicznych.

Rozdrabnianie dolomitów kruszonośnych sprzyja zwiększaniu powierzchni reakcji rozdrobnionych okruchów z otoczeniem, ułatwiając przenikanie metali ciężkich do otoczenia, w tym także do wód gruntowych.

Prezentowane badania pozwalają na ocenę wielkości wynoszenia ciekami z rejonów hałd odpadów poflotacyjnych tych metali wraz z osadami dennymi.

### Wprowadzenie

Problematyka skażenia metalami ciężkimi środowiska naturalnego, w tym zwłaszcza cynkiem i ołowiem, wiąże się bezpośrednio z zagadnieniami geochemicznymi samych złóż rud

---

\* Prof. dr hab. inż., \*\* Mgr inż., Instytut Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią PAN, Kraków.

Recenzował doc. dr hab. inż. Kazimierz Ślizowski

Zn-Pb (Żabiński 1960; Śliwiński 1965; Radwanek-Bąk 1983), jako że w hałdach odpadów produkcyjnych rud Zn-Pb zachodzą zjawiska geochemiczne zbliżone do zjawisk obserwowanych w strefach utleniania złóż tych rud.

Hałdy poprodukcyjne rud Zn-Pb były obiektem zainteresowania już pod koniec lat osiemdziesiątych i na początku lat dziewięćdziesiątych (Szuwarzyński, Kryza 1993). Prowadzone tu badania obejmowały zagadnienia związane z odpadami poflotacyjnymi (Kucha, Czajka 1984; Kucha, et al. 1993; Kucha, Jędrzejczyk i in. 1995, Górecka i in. 1994; Wardas 1996). Podejmowano także zagadnienia związane z utylizacją omawianych odpadów do rekultywacji terenów przemysłowych (Eckes, Trafas 1998). Opracowania te zawierały głównie wyniki badań próbek z samych hałd i ich najbliższego otoczenia, w mniejszym stopniu poruszając problemy dalekiego wynoszenia i dalekiego zanieczyszczenia osadów rzecznych metalami ciężkimi.

Od lat siedemdziesiątych prowadzone są w tym rejonie także intensywne badania chemizmu wód kopalnianych pod kątem ich zanieczyszczenia metalami ciężkimi, zwłaszcza ołowiem i cynkiem (Wilk, Motyka 1977; Adamczyk 1979; Adamczyk 1990; Adamczyk, Haładus 1996). Jak podają Adamczyk i Haładus (1996), wody kanału poflotacyjnego zasobne są głównie w jon siarczanowy (średnio ok. 1000 mg/dm<sup>3</sup>) oraz wolne kationy cynku (ponad 20 mg/dm<sup>3</sup>) przy równocześnie niewielkich ilościach ołowiu.

Prezentowane badania pozwalają na ocenę wielkości wynoszenia ciekami z rejonów hałd odpadów poflotacyjnych tych metali wraz z osadami dennymi.

Badania koncentrowano na poflotacyjnych odpadach powstających w procesie wzbogacania rud Zn-Pb, które składowane są w formie hałd w pobliżu Bukowna. Wykonano badania osadów odprowadzanych tzw. kanałem poflotacyjnym z obszarów wspomnianych hałd. Stwierdzono, że w hałdach występują znaczne ilości pierwiastków ciężkich, podobnie jak w dennych osadach sedymentujących w kanale poflotacyjnym.

## 1. Materiał i metody badań

Do badań pobrano próbki z hałd (rys. 1) oraz z osadów znajdujących się na dnie kanału poflotacyjnego, postępując w kierunku od hałd do ujścia kanału do rzeki Białej.

Badania próbek z hałdy obejmowały obserwacje materiału poflotacyjnego za pomocą mikroskopu polaryzacyjnego do światła przechodzącego oraz rentgenowskie analizy fazowe.

Badania osadów dennych z kanału odprowadzającego wody z hałd poflotacyjnych obejmowały: analizy granulometryczne, obserwacje mikroskopowe w świetle spolaryzowanym, obserwacje w mikroskopie skaningowym, połączone z analizami EDX, fazowe badania rentgenowskie oraz analizy chemiczne metodą absorpcji atomowej we frakcjach <20 μm i 63—20 μm. Osady te okazały się najzasobniejsze w metale wyprowadzane z hałdy.

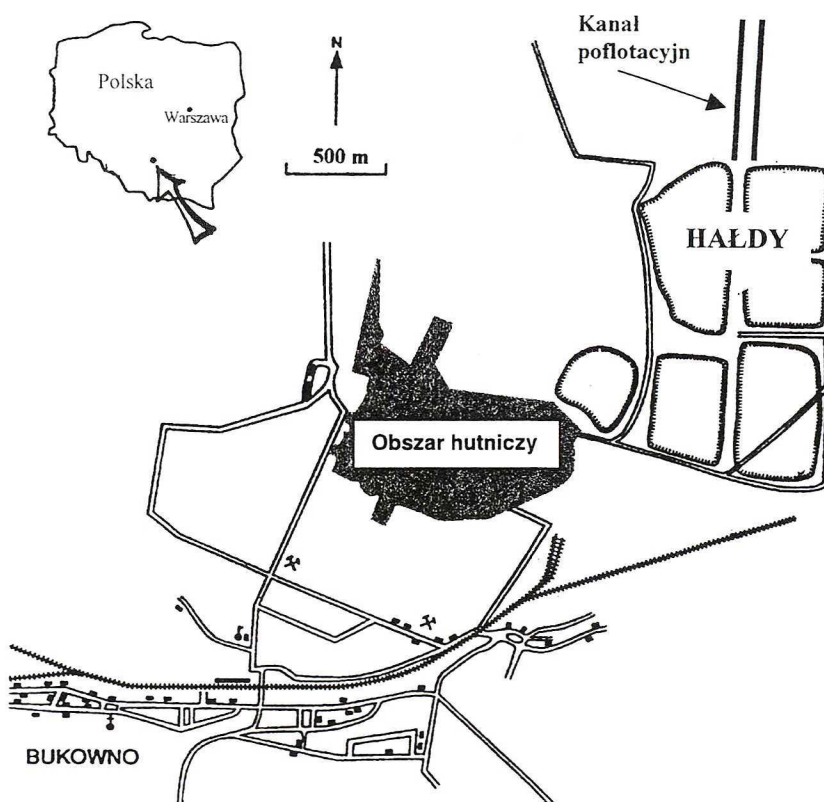
Badania mikroskopowe wykonano w preparatach do spolaryzowanego światła przechodzącego za pomocą mikroskopu Nikon 120. Obejmowały one obserwacje struktur i tekstur badanego materiału. Pozwoliły one także na identyfikację form i sposobu występowania pozostałych w materiale poflotacyjnym minerałów. Obserwowane zjawiska dokumentowano mikrofotografiami.

Badania granulometryczne obejmowały analizy ilościowe materiału we frakcjach  $<20 \mu\text{m}$  i  $63\text{--}20 \mu\text{m}$  oraz  $>63 \mu\text{m}$ . Wyniki tych analiz zestawiono w formie tabelarycznej i graficznej.

Badaniami rentgenowskimi objęto próbki z hałdy oraz osady denne z kanału odprowadzającego wody i osady z hałdy poflotacyjnej. Analizy wykonano na próbkach sproszkowanych wykorzystując dyfraktometr Philips. Interpretację wyników wykonano wykorzystując program identyfikacyjny X-RAYAN.

Badania za pomocą mikroskopu skaningowego obejmowały obserwacje morfologii ziarn materiału wychodzącego z hałdy i transportowanego kanałem poflotacyjnym. Przystawka do analiz chemicznych (EDX) pozwoliła na analizę rozmieszczenia pierwiastków w badanym materiale.

Badania chemiczne osadów z dna kanału poflotacyjnego wykonano metodą ASA oraz ICP we frakcjach  $<20 \mu\text{m}$  i  $63\text{--}20 \mu\text{m}$  wydzielonych z osadów dennych kanału odprowadzającego wody i osady z hałd poflotacyjnych.



Rys. 1. Mapka lokalizacji hałd i kanału poflotacyjnego w rejonie Bukowna

Fig. 1. Localization of investigated area near Bukowno



## 2. Wyniki badań

### 2.1. Materiał pochodzący z hałd

Zarówno materiał z hałd, jak i z ich najbliższego otoczenia jest dosyć mocno zróżnicowany pod względem mineralnym i chemicznym. Z kilkunastu analiz chemicznych materiału pobranego z różnych hałd (Kucha, Jędrzejczyk B., 1995) wynika, że zawartości poszczególnych pierwiastków wahają się w następujących przedziałach: Pb — 408—80 433 ppm, Zn — 1774—119 225 ppm, Cu — 6—12 187 ppm, Ni — 0—512 ppm, Cd — 10—511 ppm, Cr — 3—51 ppm, Mn — 4951—131 868 ppm, Fe — 4951—227 498 ppm. Szczególnie interesujące są najwyższe zawartości pierwiastków, które stwierdzono w materiale pobranym z północnej partii hałd. Można stwierdzić, że właściwie wszystkie analizy materiału z hałd wykazują znaczne zawartości metali ciężkich.

### 2.2. Wyniki badań mikroskopowych w spolaryzowanym świetle przechodzącym

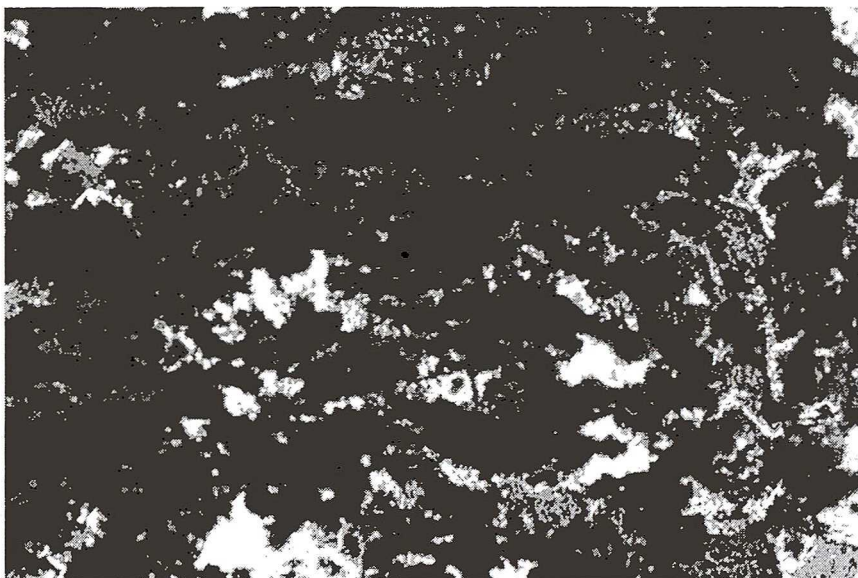
#### 2.2.1. Materiał z hałd

Badania mikroskopowe wskazują, że w materiale składowanym na hałdach występują nie tylko odpady poflotacyjne, lecz także żużle pochodzące ze znajdujących się w pobliżu hut



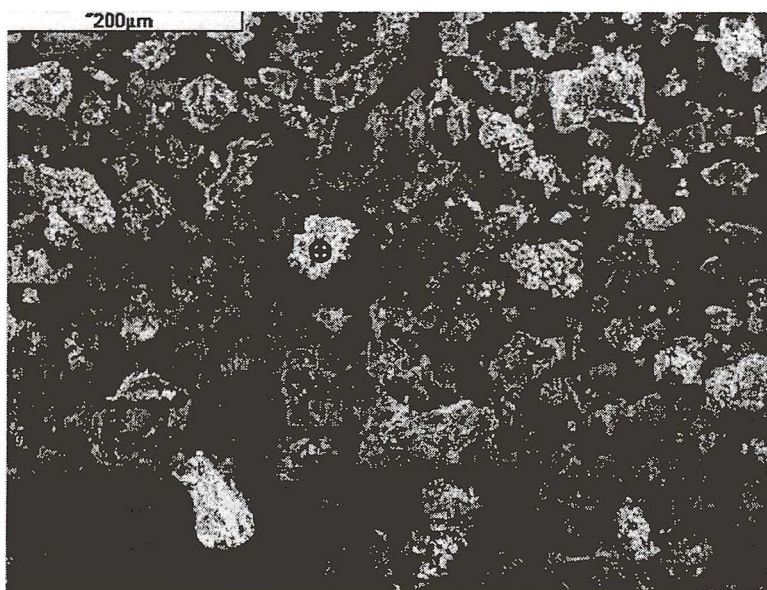
Fot. 1. Rozproszone formy występowania siarczków w dolomicie z hałd poeksploatacyjnych (strzałki). Mikroskop polaryzacyjny; powiększenie 60x

Phot. 1. Microscopic picture of carbonates from material collected on heap. Polarized light, magnification 60x



Fot. 2. Ciemne skupienia o charakterze laminacji siarczanów Fe i Zn w osadzie dennym z kanału poflotacyjnego.  
Mikroskop polaryzacyjny; powiększenie 60x

Phot. 2 Microscopic picture of rests of ore minerals present in remaked material collected from heap.  
Polarized light; magnification 60x



Fot. 3. Ogólny obraz ziarn z frakcji 0,063—0,020 mm wydzielonej z dennych osadów kanału poflotacyjnego.  
Mikroskop skaningowy; powiększenie 2000x

Phot. 3. General microscop picture of fraction 0.063—0.020 mm SEM; magnification 2000x

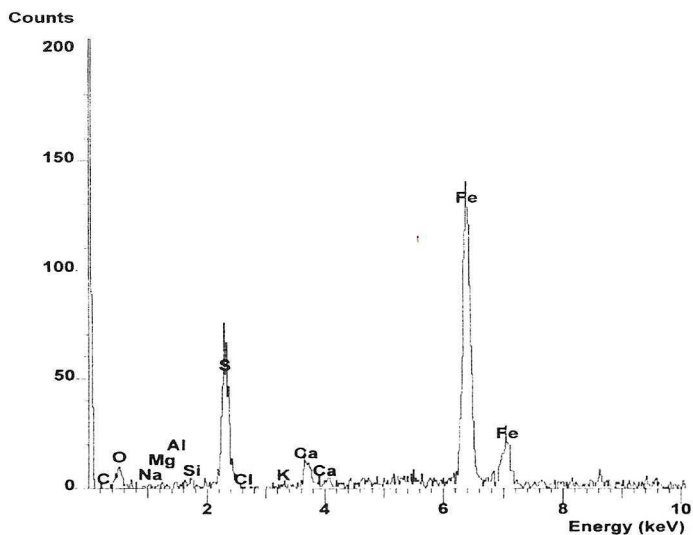
Zn-Pb. W żuźlach tych stwierdzono mikroskopowo występowanie następujących faz utworzonych w procesie hutniczym (Kucha H., Jędrzejczyk B. 1995): spinele chromowe, wustyt, peryklaz, metaliczne żelazo i kohenit, metaliczny ołów, grafit, fosforiki żelaza i krzemki metali, augit, omfacyt, kirszenit, pyrhotyt. Te syntetyczne fazy często przerastają się ze sobą tworząc agregaty polimineralne. Charakteryzują się one zmienną rozpuszczalnością, co oznacza zróżnicowaną podatność na wymywanie z hałd.

Badania mikroskopowe odpadów powstałych podczas wzbogacania surowca Zn-Pb pozwoliły stwierdzić występowanie w złożonym na hałdach materiale następujących minerałów: dolomit, kalcyt, sfaleryt, wurcyt, galena, anglezyt, markasyt, piryt, melibkovit, manganit, piroluzyt. Minerale te tworzą paragenezy w dolomicie lub występują samodzielnie. Mają postać wprysnięć, których wielkość nie przekracza przeważnie kilkunastu do kilkudziesięciu mikrometrów. Interesujące jest, że w materiale pochodzącym z hałdy minerały rudne obserwuje się zarówno w dużych okruchach dolomitu, jak i w drobnoziarnistym materiale poflotacyjnym (fot. 1, 2, 3). Oznacza to, że proces przeróbki i wzbogacania minerałów Zn-Pb nie pozbawia całkowicie dolomitów kruszczośnych mineralizacji rudnej.

### 2.3. Wyniki fazowych badań rentgenowskich

#### 2.3.1. Materiał pochodzący z kanału poflotacyjnego

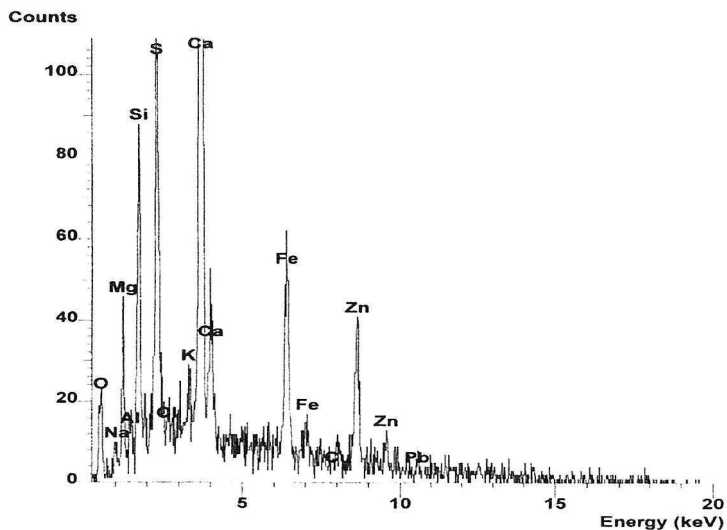
Z badań fazowych wynika, że udział wyżej wymienionych faz mineralnych, zwłaszcza w materiale poflotacyjnym, jest nieduży. Dominuje kwarc i dolomit, zaś ilość towarzyszących



Rys. 2a. Widmo energetyczne EDX materiału występującego we frakcji 0,063—0,020 mm w osadach poflotacyjnych kanału poflotacyjnego. Piki Fe i S wskazują na domieszkę ziarn siarczanów żelaza

Fig. 2a. X-ray pattern of bottom sediment of tested channel





Rys. 2b. Widmo energetyczne EDX materiału występującego we frakcji < 0,020 mm w osadach poflotacyjnych kanału poflotacyjnego. Piki Fe, Zn i S wskazują na występowanie mikroziarn siarczanów żelaza i cynku (sfaleryt)

Fig. 2b. X-ray pattern of bottom sediment of tested channel

im minerałów jest niewielka. Rozpoznano wśród nich śladowe ilości mikroklinu, kaolinitu i albitu (rys. 2a,b). Materiał ten stanowi jasny osad o zmiennym uziarnieniu (tab. 1, rys. 3).

Postępując od rejonów hałdy w dół z biegiem wód kanału obserwuje się następującą granulację osadów: blisko dominuje materiał średnio drobnoziarnisty. Dalej od hałdy wzrasta ilość materiału grubiej ziarnistego. Sytuacja ta wynika ze zwiększającej się z biegiem wody w dennych osadach domieszki materiału detrytycznego, głównie kwarcu oraz okruchów dolomitów wynoszonych bezpośrednio z hałdy i czwartorzędowych osadów z jej najbliższego otoczenia.

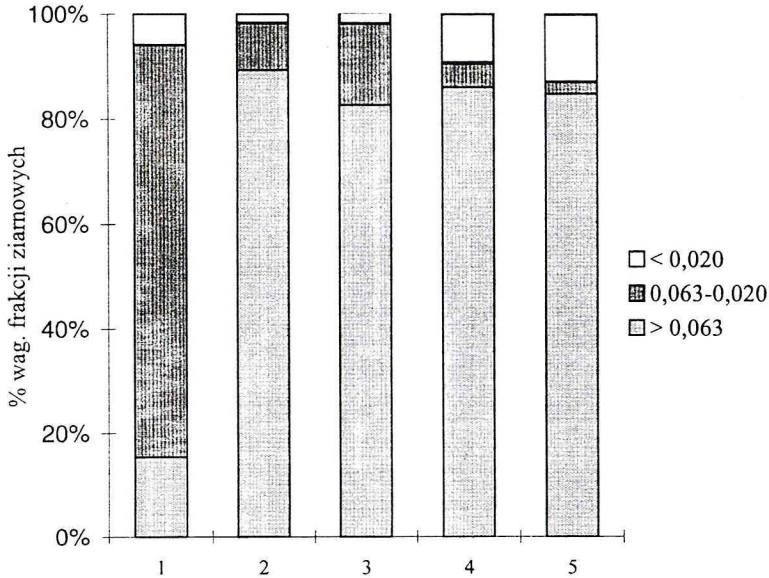
TABELA 1

Zawartość wydzielonych frakcji ziarnowych w poszczególnych próbkach z kanału poflotacyjnego

TABLE 1

Content of separated fractions in tested samples

Kanał poflotacyjny	nr próbki				
	1	2	3	4	5
Frakcje ziarnowe (mm)					
	% wag.				
> 0,063	15	89	83	86	85
0,063—0,020	79	9	15	5	2
< 0,020	6	2	2	9	13



Rys. 3. Udziały (% wag.) frakcji ziarnowych (mm) w poszczególnych próbkach osadów dennych z kanału poflotacyjnego

Fig. 3. Content of separated fractions (%) in tested samples representing bottom sediments from channel

### 3. Wyniki analiz chemicznych

#### 3.1. Materiał pochodzący z kanału poflotacyjnego

Wyniki badań chemicznych osadów z kanału poflotacyjnego zestawiono w tabelach 2—9.

Pierwiastki główne, takie jak wapń i magnez, zachowują się we frakcji  $0,020$ — $0,063$  mm badanych osadów antagonistycznie, zmiany zawartości wapnia idą natomiast w parze ze zmianami zawartości kadmu. Ponieważ dolomit jest jednym z głównych minerałów obecnych w osadach poflotacyjnych oznacza to, że minerały magnezowe strącają się w środkowej części odcinka kanału poflotacyjnego. Cynk i ołów występują w badanych próbkach w zbliżonej ilości, a w miarę oddalania się od hałdy w osadach kanału poflotacyjnego zmniejsza się ilość żelaza (rys. 4). Podobna sytuacja jest z ołowiem. Związane jest to ze strącaniem się tych pierwiastków we wczesnych fazach transportu.

Nieco odmiennie są zawartości oznaczanych pierwiastków we frakcji  $<0,020$  mm. Choć wapń i magnez zachowują się także antagonistycznie, to generalnie ilość wapnia jest większa niż we frakcji grubszej, magnezu zaś mniejsza. W miarę przemieszczania materiału od hałdy w dół z biegiem wody w osadzie przybywa wapnia, a ubywa magnezu.

Wśród innych oznaczanych pierwiastków w osadach poflotacyjnych zastanawiająco wysokie są zawartości manganu, potasu oraz fosforu (tab. 4, rys. 6). Ich ilość waha się od  $0,0X$  do  $0,X\%$  wag., przy czym ilość potasu i glinu wzrasta wraz z oddalaniem się od hałd. Obserwowane zjawisko



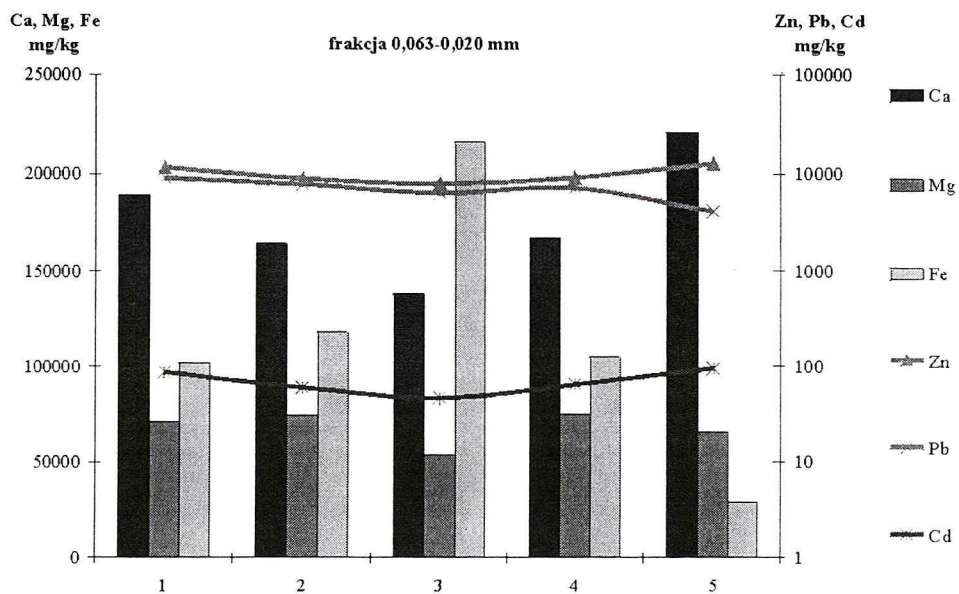
TABELA 2

Zawartość pierwiastków głównych we frakcji 0,020—0,063 mm wydzielonej z osadów dennych kanału poflotacyjnego

TABLE 2

Content of major elements in fraction 0.020—0.063 mm separated from bottom sediments of channel

Frakcja 0,063—0,020 (mm)	Ca	Mg	Fe	Zn	Pb	Cd
nr próbki	mg/kg					
1	189 000	71 200	102 000	11 600	9 000	88
2	164 000	74 300	118 000	8 900	7 780	60
3	138 000	53 900	216 000	7 870	6 270	46
4	167 000	74 800	105 000	9 100	7 120	64
5	221 000	65 700	29 000	12 600	4 040	96



Rys. 4. Zawartość pierwiastków głównych we frakcji 0,020—0,063 mm wydzielonej z osadów dennych kanału poflotacyjnego

Fig. 4. Content of major elements in fraction 0.020—0.063 mm separated from bottom sediments of channel

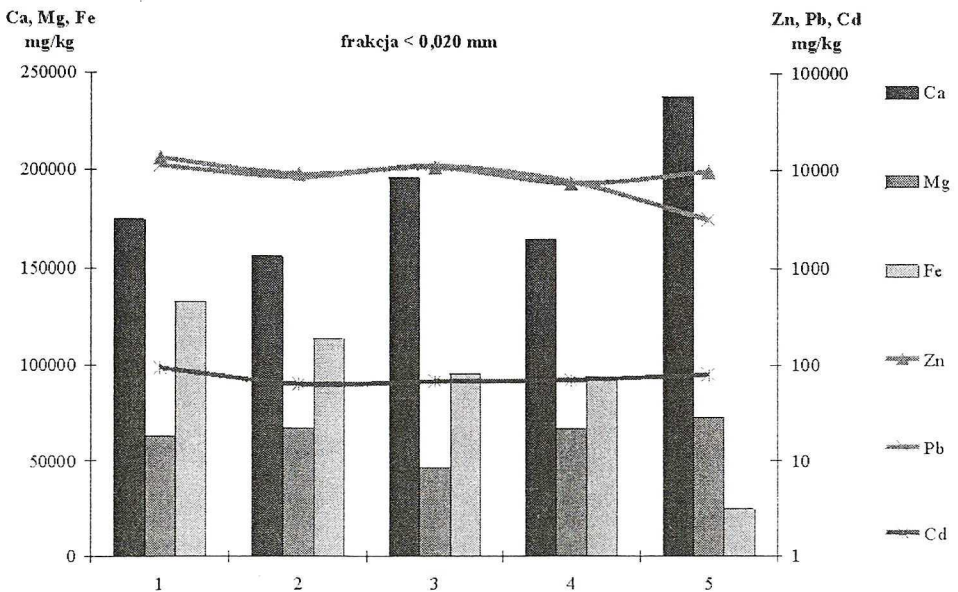
TABELA 3

Zawartość pierwiastków głównych we frakcji &lt; 0,020 mm wydzielonej z osadów dennych kanału poflotacyjnego

TABLE 3

Content of major elements in fraction &lt; 0.020 mm selected from bottom sediments of channel

Fracja < 0,020 (mm)	Ca	Mg	Fe	Zn	Pb	Cd
nr próbki	mg/kg					
1	175 000	63 300	133 000	13 500	11 100	94
2	156 000	67 500	114 000	9 150	8 530	64
3	196 000	46 400	95 700	10 700	11 100	68
4	165 000	67 100	93 700	7 340	7 660	70
5	238 000	72 900	24 500	9 680	3 120	80



Rys. 5. Zawartość pierwiastków głównych we frakcji &lt; 0,020 mm wydzielonej z osadów dennych kanału poflotacyjnego

Fig. 5. Content of major elements in fraction &lt; 0.020 mm separated from bottom sediments of channel

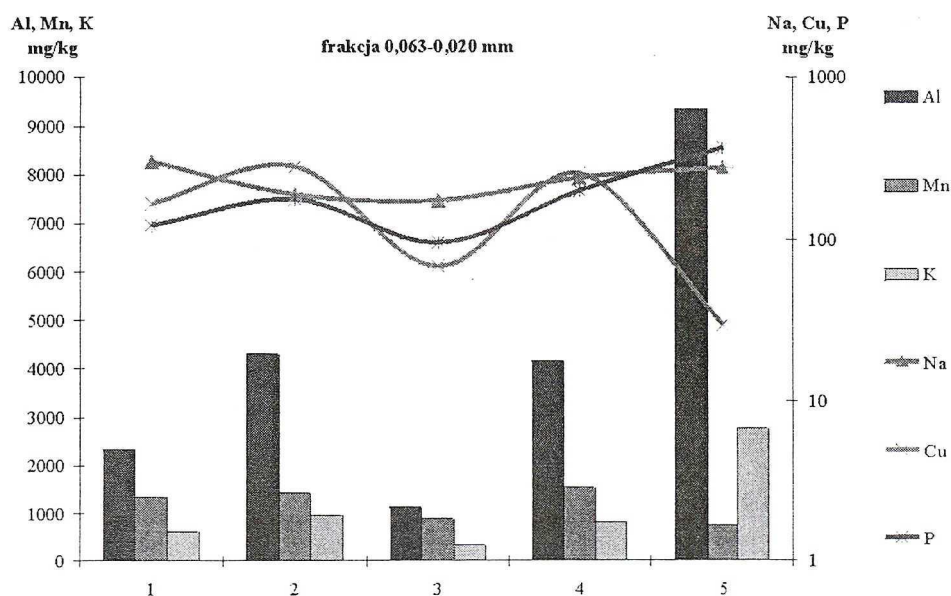
TABELA 4

Zawartość pozostałych pierwiastków we frakcji 0,063—0,020 mm wydzielonej z osadów dennych kanału poflotacyjnego

TABLE 4

Content of other elements in fraction 0.063—0.020mm selected from bottom sediments of channel

Frakcja 0,063—0,020 (mm)	Al	Mn	K	Na	Cu	P
nr próbki	mg/kg					
1	2 350	1 350	610	303	167,0	123
2	4 310	1 430	963	190	282,0	177
3	1 130	882	320	175	68,6	96
4	4 160	1 540	813	240	256,0	200
5	9 360	746	2 770	280	29,5	371



Rys. 6. Zawartość pozostałych pierwiastków we frakcji 0,063—0,020 mm wydzielonej z osadów dennych kanału poflotacyjnego

Fig. 6. Content of other elements in fraction 0.063—0.020 mm separated from bottom sediments of channel



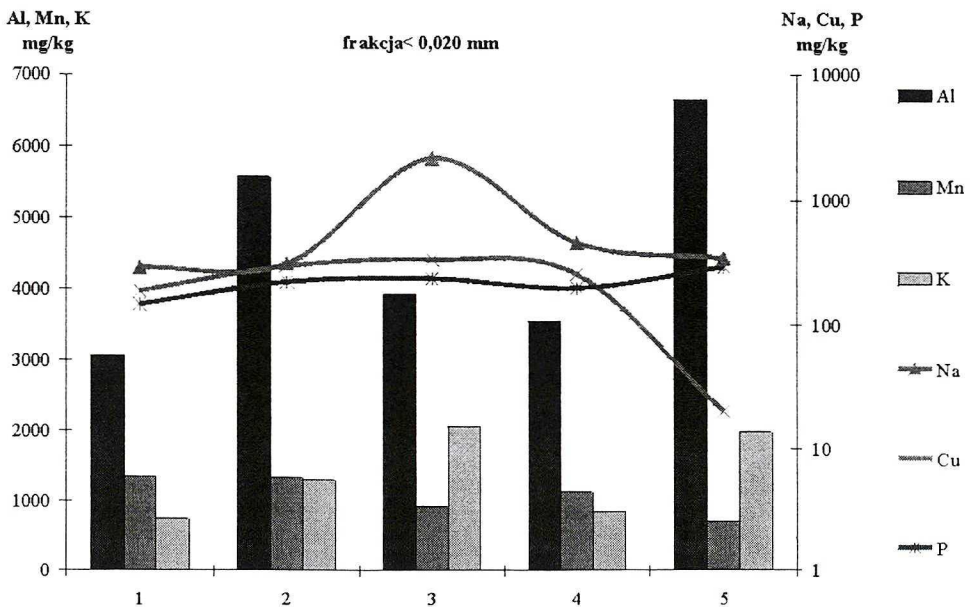
TABELA 5

Zawartość pozostałych pierwiastków we frakcji &lt; 0,020 mm wydzielonej z osadów dennych kanału poflotacyjnego

TABLE 5

Content of other elements in fraction &lt; 0.020 mm selected from bottom sediments of channel

Fracja < 0,020 (mm)	Al	Mn	K	Na	Cu	P
nr próbki	mg/kg					
1	3 070	1 360	745	288	186	145
2	5 580	1 330	1 300	308	294	220
3	3 930	936	2 070	2 170	335	235
4	3 550	1 140	858	455	256	198
5	6 660	702	1 980	345	20	293



Rys. 7. Zawartość pozostałych pierwiastków we frakcji &lt; 0,020 mm wydzielonej z osadów dennych kanału poflotacyjnego

Fig. 7. Content of other elements in fraction &lt; 0.020 mm separated from bottom sediments of channel

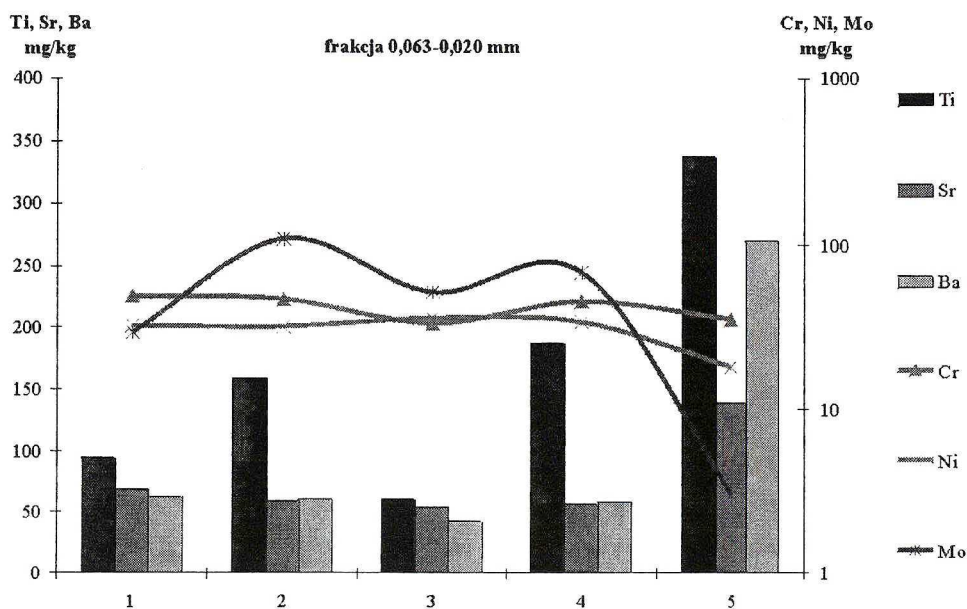
TABELA 6

Zawartość pozostałych pierwiastków we frakcji 0,063—0,020 mm wydzielonej z osadów dennych kanału poflotacyjnego

TABLE 6

Content of other elements in fraction 0.063—0.020 mm selected from bottom sediments of channel

Frakcja 0,063—0,020 (mm)	Ti	Sr	Ba	Cr	Ni	Mo
nr próbki	mg/kg					
1	94,3	68,8	62,7	49,0	32,5	29,5
2	159,0	59,2	60,5	47,0	32,0	109,0
3	60,6	54,2	42,4	33,5	36,0	52,0
4	187,0	56,4	58,2	45,5	34,0	68,5
5	338,0	139,0	270,0	35,5	18,0	3,0



Rys. 8. Zawartość pozostałych pierwiastków we frakcji 0,063—0,020 mm wydzielonej z osadów dennych kanału poflotacyjnego

Fig. 8. Content of other elements in fraction 0.063—0.020 mm separated from bottom sediments of channel

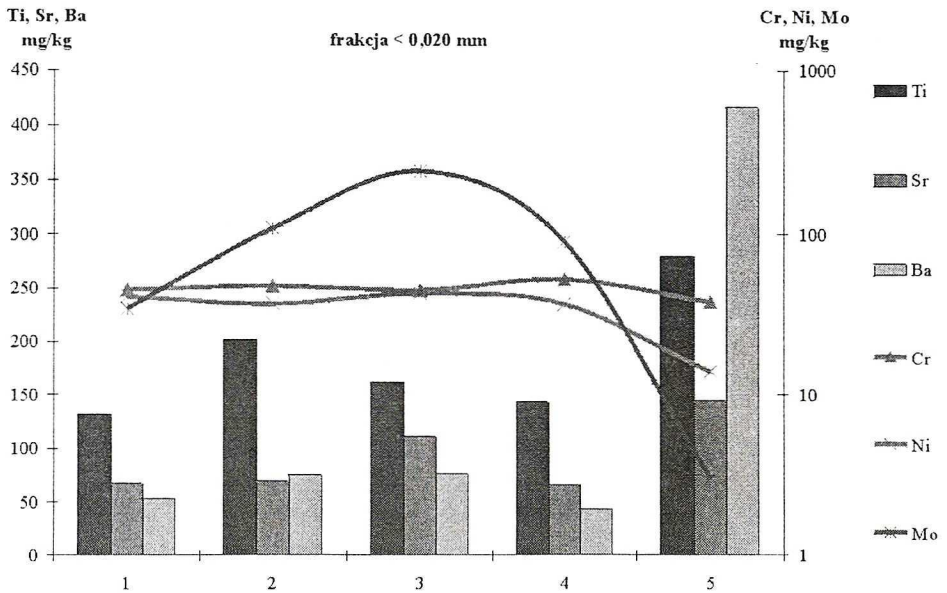
TABELA 7

Zawartość pozostałych pierwiastków we frakcji &lt; 0,020 mm wydzielonej z osadów dennych kanału poflotacyjnego

TABLE 7

Content of other elements in fraction &lt; 0.020 mm selected from bottom sediments of channel

Frakcja < 0,020 (mm)	Ti	Sr	Ba	Cr	Ni	Mo
nr próbki	mg/kg					
1	132	67,0	53,1	45	41	34,5
2	202	68,8	74,6	48	37	109,0
3	162	111,0	76,1	45	43	245,0
4	143	65,7	43,5	53	37	90,5
5	280	144,0	417,0	38	14	3,0



Rys. 9. Zawartość pozostałych pierwiastków we frakcji &lt; 0,020 mm wydzielonej z osadów dennych kanału poflotacyjnego

Fig. 9. Content of other elements in fraction &lt; 0.020 mm separated from bottom sediments of channel



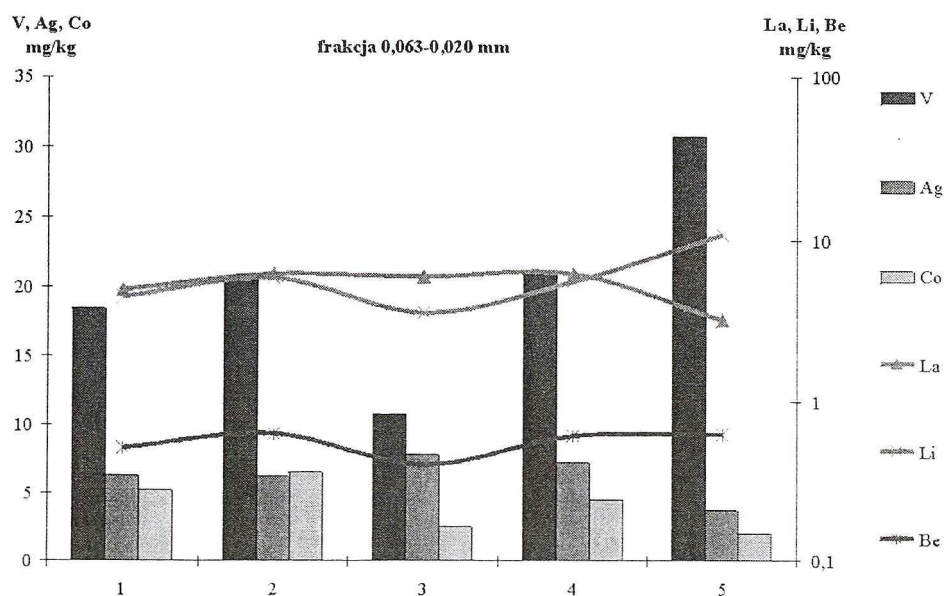
TABELA 8

Zawartość pozostałych pierwiastków we frakcji 0,063—0,020 mm wydzielonej z osadów dennych kanału poflotacyjnego

TABLE 8

Content of other elements in fraction 0.063—0.020 mm selected from bottom sediments of channel

Frakcja 0,063—0,020 (mm)	V	Ag	Co	La	Li	Be
nr próbki	mg/kg					
1	18,5	6,3	5,25	5,0	4,5	0,515
2	20,5	6,2	6,5	6,25	5,9	0,635
3	10,8	7,8	2,5	6,0	3,6	0,405
4	21,0	7,2	4,5	6,25	5,6	0,61
5	30,8	3,7	2,0	3,25	10,9	0,625



Rys. 10. Zawartość pozostałych pierwiastków we frakcji 0,063—0,020 mm wydzielonej z osadów dennych kanału poflotacyjnego

Fig. 10. Content of other elements in fraction 0.063—0.020 mm from bottom sediments of channel

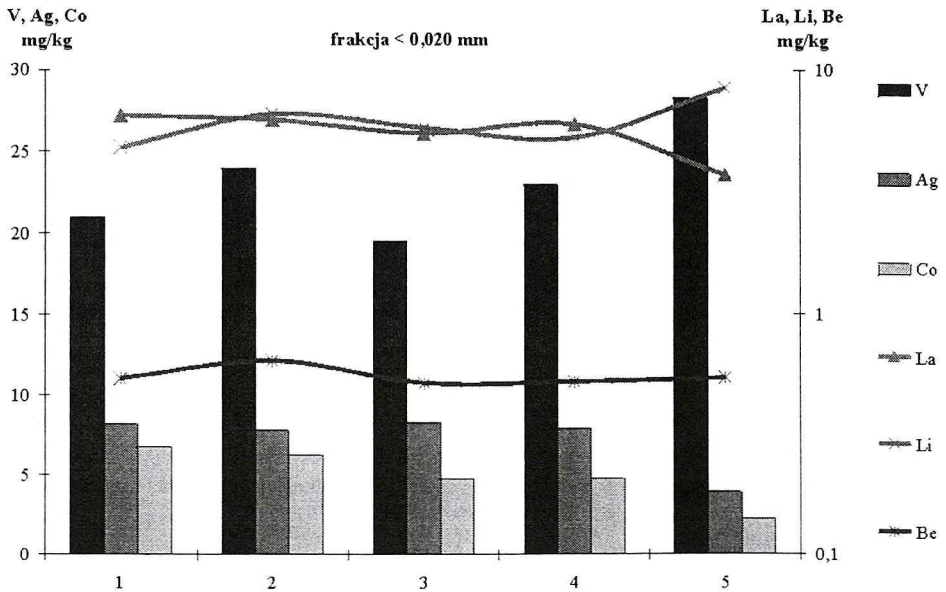
TABELA 9

Zawartość pozostałych pierwiastków we frakcji &lt; 0,020 mm wydzielonej z osadów dennych kanału poflotacyjnego

TABLE 9

Content of other elements in fraction &lt; 0.020 mm selected from bottom sediments of channel

Frakcja < 0,020 (mm)	V	Ag	Co	La	Li	Be
nr próbki	mg/kg					
1	21,0	8,2	6,75	6,5	4,8	0,545
2	24,0	7,8	6,25	6,25	6,6	0,645
3	19,5	8,3	4,75	5,5	5,8	0,52
4	23,0	7,9	4,75	6,0	5,3	0,525
5	28,3	3,9	2,25	3,75	8,5	0,545



Rys. 11. Zawartość pozostałych pierwiastków we frakcji &lt; 0,020 mm wydzielonej z osadów dennych kanału poflotacyjnego

Fig. 11. Content of other elements in fraction &lt; 0.020 mm separated from bottom sediments of channel

dotyczy zawartości wspomnianych pierwiastków w obu analizowanych frakcjach, przy czym w drobniejszej frakcji wzrost zawartości tych pierwiastków nie ma charakteru jednostajnego.

Współwystępowanie ze sobą potasu i glinu sugeruje, że potas obecny jest w osadach w formie glinokrzemianów. Potwierdziły to badania rentgenowskie dokumentując obecność w osadach domieszki mikroklinu. Sugeruje to, że potas dostaje się do osadów kanału poflotacyjnego wraz ze skaleniami potasowymi z naturalnych osadów piaszczystych otaczających kanał.

Interesujące i podwyższone w stosunku do tła są zawartości także innych metali we frakcji drobniejszej od 0,020 mm (tab. 5, rys. 7). Dotyczy to m.in. miedzi, której ilość w odpadach poflotacyjnych może osiągać nawet wartość 0,03 % wag.

Wśród pozostałych obecnych w ilościach śladowych pierwiastków oznaczono Ti, Sr, Ba, Cr, Ni, Mo, V, Ag, Co, La, Li, Be. Ilość tytanu i baru oraz wanadu nieznacznie wzrasta w osadach wraz z biegiem kanału poflotacyjnego. Pozostałe pierwiastki obecne są w ilościach wahających się w niezbyt szerokich granicach, przy czym ich ilość wyraźnie przekracza poziom naturalnego tła geochemicznego w tym rejonie.

Równocześnie, w miarę oddalania się od hałd wzrasta udział frakcji drobnej  $<20 \mu\text{m}$ , która to frakcja jest zasobna w minerały ilaste, lecz także w pierwiastki metali ciężkich.

## Wnioski

Zakwaszenie środowiska hałdy wynika zarówno z deszczów, a zwłaszcza z reakcji chemicznych w materiale zgromadzonym w hałdzie i rozpuszczania nie tylko poflotacyjnych resztek dolomitu, lecz także syntetycznych faz mineralnych powstałych w procesach hutniczej przeróbki rud Zn-Pb.

Sedymentacja minerałów zawierających oznaczane metale, w tym także metale ciężkie, ma w kanale poflotacyjnym charakter strefowy. Blisko źródła zanieczyszczającego z wody kanału poflotacyjnego strącają się np. substancje zawierające związki żelaza, wapnia. Natomiast związki zawierające srebro, kobalt i molibden obcane są z biegiem kanału w coraz mniejszych ilościach. Równocześnie wanad w nieco większych ilościach występuje dalej od źródła tego metalu. Wraz z facjalnym rozmieszczeniem oznaczanych pierwiastków w osadach dennych kanału poflotacyjnego obserwuje się z biegiem w dół „rozcieńczenie” tych osadów domieszkami pochodzącymi z naturalnych osadów czwartorzędowych otaczających zarówno hałdy, jak i kanał poflotacyjny.

Składowane na hałdach odpady powstałe w procesie wzbogacania i hutniczej przeróbki rud Zn-Pb zawierają nadal znaczne ilości metali ciężkich. Dowodzi to niewystarczającej efektywności stosowanych procesów technologicznych.

Rozdrabnianie dolomitów kruszczośnych sprzyja zwiększaniu powierzchni reakcji rozdrobnionych okruszków z otoczeniem ułatwiając przenikanie metali ciężkich do otoczenia, w tym także do wód gruntowych.

## LITERATURA

- A d a m c z y k A., 1977 — Cynk i ołów w wodach dołowych kopalń rejonu olkuskiego. Praca doktorska, AGH, Kraków.  
 A d a m c z y k 1990 — Wpływ górnictwa cynku i ołowiu w rejonie olkuskim na wody podziemne i powierzchniowe.  
 Zesz. Nauk. AGH, Sozologia i Sozotechnika z. 32, Kraków.



- Adamczyk, Haładus 1996 — Zmiany jakości wód kopalnianych odprowadzanych kanałami ZGH Bolesław. *Gosp. Sur. Min. t. 12, z. 5, s. 379—505.*
- Eckes T., Trafas M., Gruszczyński S., Gołda T., 1998 — Możliwość wykorzystania odpadów poflotacyjnych zprzeróbki rud Zn-Pb do rekultywacji terenów pogórnich. *Arch. Ochr. Środ. vol. 24, nr 2, s. 95—117.*
- Górecka E., Bellok A., Socha J., Wnuk R., Kobitlowski S., 1994 — Variability of metal contents in Zn-Pb flotation waste (ZGH Bolesław, Olkusz area). *Przegl. Geol. no 42. s. 834—841.*
- Kucha H., Bąk B., Wieczorek A., 1983 — Preliminary raport on superstructures in zinc- dolomite. *Miner. Pol. no 14, s. 19—27.*
- Kucha H., Czajka K., 1984 — Sulphide carbonate relationship in Upper Silesian Zn-Pb deposits (Mississippi Valley type), Poland and their genesis. *Trans. Inst. Min. Metall. Appl. Earth Sci. no 93, s. 12—22.*
- Kucha H., Jędrzejczyk B., 1995 — Primary minerals of mining and metallurgical Zn-Pb dumps at Bukowo, Poland, and their stability during weathering. *Miner. Pol. vol. 26, no 2, s. 75—98.*
- Radwanek-Bąk B., 1983 — Petrographic characteristic of oxidated zinc ores in the Bolesław and Olkusz deposits (Southern Poland). *Ann. Soc. Geol. Pol. 53, s. 235—254.*
- Szuwarzyński M., Kryza A., 1993 — Problem odpadów flotacyjnych w górnictwie rud cynku i ołowiu na obszarze Śląsko-Krakowskiej prowincji złożowej. *Przegl. Geol. vol. 41, nr 9, s. 629—633.*
- Śliwiński S., 1965 — The development of the ore — bearing dolomites in Cracow — Silesian area. *Prace Geol. Kom. Nauk. Geol. PAN w Krakowie nr 57, 124 s.*
- Wardas M., 1996 — Charakterystyka chemiczna i fazowa osadów wodnych w rejonie oddziaływania przemysłu cynkowo-olowiowego. *Materiały Symp. pt.: Dynamika zmian środowiska geograficznego pod wpływem antropresji. Kraków 26—27 IX, s. 147.*
- Wilkołajski M., Motyka 1977 — Kontakty między poziomami wodonośnymi w olkuskim rejonie kopalnictwa rud. *Rocz. Pol. Tow. Geol. 47, z. 1.*
- Żabiński W., 1960 — Chemistry of cadmium in the oxidation zone of Silesia- Cracow zinc and lead ore deposits. *Bull. Pol. Acad. Sci. 8, s. 251—254.*

MACIEJ PAWLIKOWSKI, JANUSZ MAZUREK

#### MINERALOGICAL AND GEOCHEMICAL PHENOMENOUS IN SLAG HEAP OF Zn-Pb MINE BUKOWNO AND SURROUNDINGS

#### Key words

Environment, pollution, heap slag, Zn-Pb ores

#### Abstract

Mineralogical and geochemical investigation of slag obtained during the melting of Zn-Pb ores of Bolesław Area (South Poland) were performed. Additionally bottom sediments from channel transporting rests after process of flotation were tested.

Investigations were conducted with the use of polarizing light microscopy, SEM, AAS and ICP methods. Samples of slag were collected at five various points of slag heap localized near of Bolesław (Fig. 1). Microscopic observations conducted at polarized light showed the dolomite as the major components of samples. Relicts of Zn-Pb ores are disseminated between crystals of dolomite. Other materials present in samples are: calcite, sfalerite, wurtzite, galenit, anglezite, markasite, pirite, melibkovite, manganite, pirolusite and iron oxides.

Obtained data showed the material present on heap contains relatively high admixture of heavy elements. This phenomenon suggests that process of remaking did not remove all elements polluting environment of area of Bukowno.

Investigations of sediments collected in channel transporting rests after process of flotation were performed in selected fractions i.e. 0.063—0.020 mm and < 0.020 mm. The amount of following elements was determined: Al, Mn, K, Na, Cu, P, Ti, Sr, Ba, Cr, Ni, Mo, V, Ag, Co, La, Li, Be. Results of analyses are collected in tables and showed on diagrams. Obtained data document fractional sedimentation of tested elements. Near of the centre of pollution are deposited mainly substances containing Zn and Fe. Minerals containing V are deposited at slightly longer distance. The amount of all tested heavy elements decrease with the distance from the center of pollution. This phenomenon is the result of dilution of sediments containing heavy metals by natural sediments transported into the channel from surrounding area.