

PORÓWNANIE WYNIKÓW OCENY WIZUALNEJ Z WYNIKAMI CHEMICZNEGO OPRÓBOWANIA JEDNEGO ZE ZŁOŻ CYNKOWO-OŁOWIOWYCH

UKD 553.444:[620.111.1.003.1:543.04.003.1(438-13)]

W trakcie eksploatacji złóż, w myśl obowiązujących przepisów przeprowadza się ocenę jakości kopaliny na podstawie systematycznego opróbowania wyrobisk i badań laboratoryjnych pobieranych próbek. Metoda ta, wymagająca zwykle wiele czasu, ma dla bieżącej kontroli eksploatacji ograniczone zastosowanie, uzyskuje się bowiem wyniki ze znacznym opóźnieniem. W kopalniach rud cynku i ołowiu stosowana jest w tym celu ocena wizualna zawartości metali. Praktyka górnicza wykazuje, że jej wyniki są zadowalające. W celu określenia dokładności tej oceny i zorientowania się w jakim stopniu może ona zastąpić tradycyjne opróbowanie dokonano porównania jej wyników z wynikami analiz chemicznych.

Badania prowadzono na podstawie wyników opróbowania przodków wyrobisk górniczych pięciu pól eksploatacyjnych jednej z kopalń Zn-Pb rejonu olkuskiego. Dla każdego stanu przodka określano wstępnie zawartości metali w rudzie na podstawie obserwacji udziału procentowego skupień kruszczowych widocznych na powierzchni całego przodka. Następnie w próbce pobranej z przodka systemem punktowo-powierzchniowym oznaczano je laboratoryjnie.

Minerały kruszczowe: ZnS i PbS występują zwykle w dużych, łatwo zauważalnych skupieniach. Przy niewielkim ich udziale w rudzie zawartości metali oceniano z dokładnością do 0,5%, przy większym — do 1% metalu. Dla ołowiu, w przypadku braku widocznych skupień galeny, przyjmowano zawartości równe 0%.

W badaniach wykorzystano 307 par oznaczeń cynku i 302 ołowiu. Przeprowadzono analizę korelacyjną wyników obu ocen oraz porównywano wyznaczone na ich podstawie średnie zawartości metali w poszczególnych polach eksploatacyjnych. Dla ołowiu, ze względu na jego niskie zawartości w próbkach, obliczenia prowadzono w dwóch wariantach:

- I — tylko dla próbek, w których możliwa była ocena zawartości tego metalu makroskopowo,
- II — dla wszystkich wyników analiz.

WYNIKI ANALIZY KORELACYJNEJ

Analiza korelacyjna poszczególnych wyników oceny makroskopowej i laboratoryjnej wykazała ich dużą zgodność. Zestawienie współczynników korelacji obliczonych dla każdego pola i wszystkich danych łącznie podają: tab. I i II.

Współczynniki korelacji r dla cynku wahają się w granicach od 0,63 do 0,93, dla ołowiu w I wariantcie obliczeń od 0,66 do 0,90, w II wariantcie są odpowiednio wyższe: od 0,73 do 0,93. W celu zbadania istotności tej korelacji uzyskane wyniki porównano

z wartościami krytycznymi r na poziomie istotności $\alpha = 0,05$ i $\alpha = 0,001$. Stwierdzono, że obliczone wartości r znacznie przewyższają odpowiednie wartości krytyczne nawet na poziomie istotności $\alpha = 0,001$ (tab. I i II). Tak więc można przyjąć, że wyniki analizy makroskopowej i chemicznej we wszystkich przypadkach są ze sobą dobrze skorelowane. Zależność jest liniowa, a jej wykresy dla wybranych pól przedstawia ryc. 1a i b. Równania prostych regresji, określających współzależności wyników obu analiz w poszczególnych polach są do siebie bardzo zbliżone. Dla wszystkich danych łącznie mają postać zilustrowaną na ryc. 2.

Dla cynku związek między analizą chemiczną (y) a oceną wizualną (x) można opisać równaniem:

$$y = 1,11x + 0,07$$

dla ołowiu:

$$y = 0,90x + 0,42$$

Przy ocenie wizualnej nieco zaniża się zawartości metali. Jest to zatem ocena ostrożna. Jej dokładność, wyrażona przez średnie bezwzględne odchylenia między wynikami obu analiz, wynosi: dla cynku od 0,58 do 1,37% w poszczególnych polach eksploatacyjnych, średnio 1,02%, dla ołowiu: od 0,51 do 1,05%, średnio 0,60% metalu.

PORÓWNANIE ŚREDNICH ZAWARTOŚCI METALI

Średnie zawartości cynku i ołowiu w poszczególnych polach eksploatacyjnych obliczone na podstawie analizy chemicznej są z reguły nieco wyższe niż szacowane makroskopowo (tab. III i IV). Wynika to zapewne z obecności w złożu mineralizacji rozproszonej, niedostrzegalnej gołym okiem.

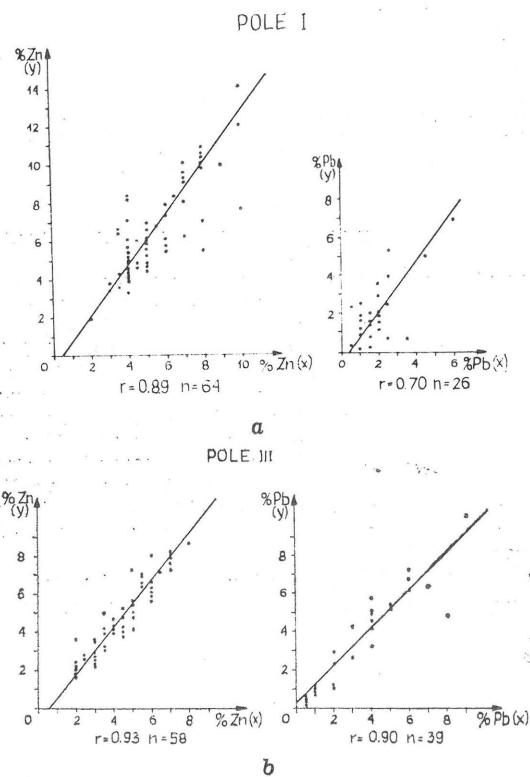
W przypadku cynku różnice w średnich wahały się w granicach od +0,33% do +1,14%; średnio +0,53% (tab. III). Badania wykonane przez J. Muchę* na temat dokładności opróbowania złóż Zn-Pb rejonu olkuskiego wykazały, że różnice w średnich zawartościach cynku określonych na podstawie serii próbek pobieranych w tych samych miejscach mogą dochodzić do 1,5%. Obserwowane różnice między średnimi z ocen wizualnych i analiz chemicznych są niższe. Dokładność ocen wizualnych można więc uznać za zadowalającą.

Test równości wariancji zawartości Zn, oszacowanych na podstawie wyników obu analiz, wykazał

* Mucha J. — Dokładność opróbowania Śląsko-krakowskich rud Zn-Pb. Rudy i Metale 1977 nr 8.

Tabela I
ZESTAWIENIE WSPÓŁCZYNNIKÓW KORELACJI
DLA CYNKU

Nr pola	Ilość danych	r_{Zn}	$r_{kryt.} \alpha=0,001$
I	64	0,89	0,41
III	58	0,93	0,42
IV	73	0,63	0,40
V	52	0,77	0,44
VI	60	0,74	0,41
Ogółem	307	0,84	0,32



Ryc. 1a i b. Wykres zależności wyników oceny zawartości Zn i Pb na podstawie analizy chemicznej (y) i makroskopowej (x) w wybranych polach eksploatacyjnych.

Fig. 1a, b. Comparison of results of estimations of Zn and Pb content in selected mining fields by means of chemical (y) and macroscopic (x) analyses.

istotność jej różnic w przypadku wszystkich (poza III) pól eksploatacyjnych (tab. III). Wariancje określone na podstawie analiz chemicznych są znacznie wyższe niż oszacowane na podstawie oceny makroskopowej. Może to być spowodowane błędami popełnianymi przy opróbowaniu złoża.

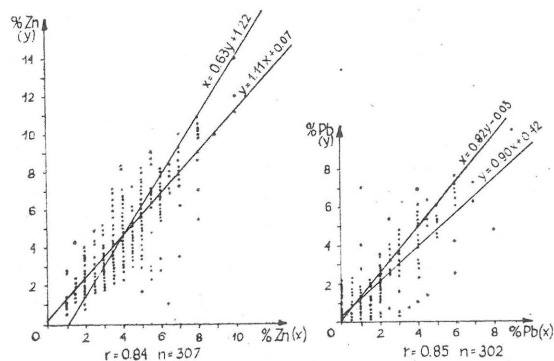
Przeprowadzone testowanie istotności różnic między średnimi testem Welcha — Aspina wykazało, że na poziomie $\alpha = 0,05$ różnice te można uznać za nieistotne w polach III, IV i VI, oraz za prawdopodobnie istotne w polach I i V (tab. III).

W przypadku ołowiu bezwzględne różnice między średnimi w poszczególnych blokach wahały się w granicach od $-0,14$ do $+0,17\%$ w I wariancie obliczeń, przy uwzględnieniu wszystkich wyników analiz (II wariant) były odpowiednio wyższe: od $-0,01$ do $+0,32\%$ metalu. Zastosowany test wykazał brak istotności różnic wariancji i średnich w przypadku wszystkich pól eksploatacyjnych (tab. IV).

Dla próbek, w których ocena wizualna zawartości ołowiu nie była możliwa, zestawiono histogram wyników analizy chemicznej, Zawartości metalu w

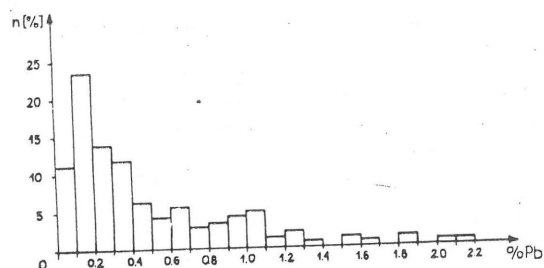
Tabela II
ZESTAWIENIE WSPÓŁCZYNNIKÓW KORELACJI
DLA OŁOWIU

Nr pola	Wariant obliczeń	Ilość danych	r_{Pb}	$r_{kryt.} \alpha=0,001$
I	I	26	0,70	0,59
	II	64	0,82	0,41
III	I	39	0,90	0,52
	II	58	0,93	0,42
IV	I	58	0,66	0,42
	II	73	0,73	0,38
V	I	30	0,89	0,56
	II	47	0,89	0,46
VI	II	60	0,61	0,41
Ogółem	I	153	0,78	0,32
	II	302	0,85	0,32



Ryc. 2. Wykres zależności wyników analizy chemicznej (y) i makroskopowej (x) na podstawie wszystkich danych.

Fig. 2. Comparison of results of chemical (y) and macroscopic (x) analyses based on all the available data.



Ryc. 3. Histogram wyników analizy chemicznej zawartości Pb przy ocenie makroskopowej = 0% metalu.

Fig. 3. Histogramme of results of chemical analyses for the case when the macroscopic analysis showed Pb content equal zero.

tych próbkach wahały się z reguły w granicach od 0,05 do 1,1%, w niektórych tylko przypadkach były to zawartości wyższe — max. 2,16%. Średnia zawartość Pb wynosiła w nich 0,49%, a więc mieściła się w granicach dokładności oceny wizualnej. Z zestawionego histogramu (ryc. 3) wynika, że najczęstszą klasę reprezentują zawartości od 0,1 do 0,2% Pb, natomiast próbki o zawartościach do 0,5% stanowią

Tabela III

PORÓWNANIE ŚREDNICH I WARIANCJI ZAWARTOŚCI CYNKU

Nr pola	Ilość danych	Analiza mikroskop.			Analiza chemiczna			Różnica między średnimi	Test równości wariancji		Test równości średniej	
		$\bar{x}$ [%]	s^2	s	$\bar{x}$ [%]	s^2	s		F	$F_{kr\alpha=0,05}$	t	$t_{kr\alpha=0,05}$
I	64	5,55	3,68	1,92	6,69	6,45	2,54	+1,14	1,75	1,53	2,86	1,96
III	58	4,44	2,59	1,61	4,71	3,76	1,94	+0,27	1,45	1,55	0,80	1,98
IV	73	4,36	2,28	1,51	4,69	4,49	2,12	+0,33	1,97	1,49	1,08	1,96
V	52	2,83	1,25	1,12	3,46	3,13	1,77	+0,63	2,50	1,60	2,17	1,96
VI	60	3,49	1,10	1,09	3,82	2,34	1,53	+0,33	1,97	1,53	1,36	1,96
Ogółem	307	4,22	3,03	1,74	4,73	5,33	2,31	+0,53	1,76	1,23	3,21	1,96

Tabela IV

PORÓWNANIE ŚREDNICH I WARIANCJI ZAWARTOŚCI OŁOWIU

Nr pola	Wariant obliczeń	Ilość danych	Analiza mikroskop.			Analiza chemiczna			Różnica między średnimi	Test równości wariancji		Test równości średnich	
			$\bar{x}$ [%]	s^2	s	$\bar{x}$ [%]	s^2	s		F	$F_{kr\alpha=0,05}$	t	$t_{kr\alpha=0,05}$
I	I	26	1,94	1,49	1,22	2,06	2,82	1,68	+0,12	1,89	1,96	0,29	2,01
	II	64	0,79	1,51	1,23	1,02	1,90	1,38	+0,23	1,26	1,53	0,99	1,98
III	I	39	2,74	5,02	2,24	2,60	5,57	2,36	-0,14	1,11	1,72	0,26	2,64
	II	58	1,84	5,02	2,24	1,83	4,97	2,23	-0,01	1,01	1,54	0,02	1,98
IV	I	58	2,53	2,99	1,73	2,59	4,49	2,12	+0,06	1,50	1,54	0,16	1,98
	II	73	2,01	3,42	1,85	2,17	4,28	2,07	+0,16	1,25	1,47	0,49	1,98
V	I	30	1,72	1,28	1,13	1,89	2,19	1,48	+0,17	1,71	1,86	0,50	2,00
	II	47	1,09	1,46	1,21	1,41	1,90	1,38	+0,32	1,30	1,60	1,23	1,98
Ogółem	I	153	2,33	3,06	1,75	2,37	4,12	2,03	+0,04	1,34	1,35	0,18	1,97
	II	302	1,18	2,86	1,69	1,46	3,06	1,75	+0,28	1,07	1,20	2,00	1,96

66,2% ogółu wszystkich danych. Zawartości powyżej 1% pojawiają się sporadycznie. Ponieważ większość obserwacji stanowią zawartości poniżej 0,5% Pb, a więc pozabilansowe, ocena ich równa 0% nie powoduje dużego błędu a zarazem istotnego zróżnicowania średnich w danych polach eksploatacyjnych.

Dużą zgodność uzyskano również przy porównaniu wyników oceny makroskopowej z wynikami analiz chemicznych urobku, pochodzącego z części złoża wyeksploatowanego w okresie jednego roku. Średnie zawartości metali w partii wyeksploatowanej, oszacowane na podstawie oceny wizualnej, wynosiły dla cynku — 4,15%, dla ołowiu — 1,16%, określone zaś na podstawie analizy chemicznej urobku osiągały odpowiednio wielkości:

$$\bar{x}_{Zn} = 4,06\%, \quad \bar{x}_{Pb} = 1,46\%$$

PODSUMOWANIE WYNIKÓW I WNIOSKI

Przeprowadzone badania wykazały, że ocena zawartości składników użytecznych w rudzie wykonywana przez dobrze wyszkolonego i sumiennego obserwatora niewiele różni się od wyników analiz chemicznych, a uwzględniając błędy popełniane przy

opróbowaniu i przygotowaniu próbki do analizy można uznać, że ma ona wystarczającą dokładność. Choćby poszczególne wyniki różniły się między sobą, to średnie zawartości metali w danej partii złoża w większości przypadków są zbliżone. Zaobserwowane różnice w średnich zawartościach Zn w polach I i V mogą wynikać z niezbyt precyzyjnej oceny obserwatora, bowiem w pozostałych trzech polach ocena ta, wykonywana przez inne osoby, miała większą dokładność. W przypadku ołowiu nie stwierdzono zróżnicowania w średnich, a analiza korelacyjna wykazała dla obu metali dużą zgodność wyników.

W celu uniknięcia wpływu czynnika osobowego na ocenę zawartości metali, można zalecić wykonywanie analizy makroskopowej przez dwóch obserwatorów i uśrednianie jej wyników. Tradycyjne opróbowanie wyrobisk eksploatacyjnych może być tym samym ograniczone tylko do okresowych badań kontrolnych, co pozwoli na znaczne zmniejszenie jego kosztów.

Opróbowanie wizualne można zastosować nie tylko dla oceny jakości rudy przy bieżącej eksploatacji, ale również dla innych celów, np. szacowania zasobów. Zmniejszono by to znacznie i pracochłonność opróbowania i w znacznym stopniu ułatwiło pracę służby geologicznej kopalń.

SUMMARY

The paper presents comparison of results of macroscopic evaluations and chemical sampling of one of zinc-lead deposits. Correlative analysis of the results was carried out and the mean contents of Zn and Pb, obtained with the use of the two methods for the same exploitational areas were compared. It was found that the evaluations of content of usable components in ore, made by an experienced observer, do not differ much from the results of chemical analyses. It is suggested to carry out macroscopic evaluations by two observers and to average the obtained results.

The use of macroscopic evaluations, periodically tested by chemical sampling, would make the sampling markedly less expensive and time-consuming.

РЕЗЮМЕ

В статье проведено сравнение результатов визуальной оценки с результатами химического опробования одного из цинково-свинцовых месторождений. Проведен коррелятивный анализ результатов этих оценок и сравнены определённые на их основании средние содержания Zn и Pb в отдельных эксплуатационных полях. Авторы констатируют, что оценка содержания полезных компонентов в руде, проведенная опытным наблюдателем, только немного отличается от результатов химических анализов. Предлагается проведение визуальной оценки двумя наблюдателями и усреднение её результатов. Применение визуальной оценки, проверяемой периодически химическими опробованиями, значительно уменьшит стоимость и трудоёмкость опробования.