

Jan B. TOMASZEWSKI *

PROBLEMY RACJONALNEGO WYKORZYSTANIA RUD MIEDZIOWO-POLIMETALICZNYCH ZE ZŁOŻA MONOKLINY PRZEDSUDECKIEJ

Przedstawiono propozycję oddzielnej eksploatacji i przeróbki łupków miedzionośnych w tych częściach złoża monokliny przedsudeckiej, gdzie okruszczowanie miedziowo-polimetaliczne występuje wyłącznie w nich. Łupki te ze względu na wysokie zawartości miedzi i metali współwystępujących stanowią "naturalny koncentrat", który powinien być przerabiany z pominięciem procesów flotacji, co umożliwi uzyskiwanie szeregu metali np. Zn, Co, Mo, V i in. (obok podstawowych miedzi i srebra). Omówiono również zakres badań niezbędnych dla praktycznej oceny zaproponowanej metody.

Złożo należy do największych tego typu na świecie [3]. Zasoby jego są jednak ograniczone i przy obecnym wysokim poziomie wydobycia w niedalekiej przyszłości (rzędu 25-30 lat) ulegną praktycznie wyczerpaniu. Fakt ten przemawia za koniecznością wprowadzenia bardziej racjonalnych metod jego wykorzystania w celu przedłużenia żywotności eksploatacji a także podniesienia uzyskiwanych efektów gospodarczych. W tym celu należy jak najszybciej opracować i wprowadzić do praktyki technologie górnicze i przerobcze umożliwiające opłacalne odzyskiwanie wszystkich użytecznych składników, obecnych w wydobytej ze złoża rudzie miedziowo-polimetalicznej (dotychczas odzyskuje się właściwie tylko miedź i srebro oraz trochę niklu i ołowiu). Równocześnie należy zwalczać tendencje do nadmiernego zwiększania produkcji miedzi drogą zwiększania wydobycia rudy, jak to dotychczas miało miejsce.

Działanie takie spowoduje podwójną korzyść - nie tylko podnosząc

* Instytut Górnictwa Politechniki Wrocławskiej

zysk uzyskiwany z wydobycia i przeróbki każdej tony rudy, przy równoczesnym przedłużeniu żywotności kopalni ale również przysparzając gospodarce krajowej znaczących ilości cennych metali np. molibdenu, wanadu, kobaltu, niklu i in. Można wspomnieć przy okazji, że opanowując technologię odzysku wanadu z rud miedziowo-polimetalicznych nie będziemy potrzebowali wdawać się w bardzo wątpliwą z punktu widzenia opłacalności a być może i technologii, eksploatację złoża rud żelazo-tytanowych z domieszką wanadu w Krzemionkach na Suwalszczyźnie.

Zasygnalizowane problemy wymagają zasadniczych zmian nie tylko w metodach eksploatacji i przeróbki rud ale przede wszystkim zmian w mentalności ludzi kierujących tym przemysłem. Wydaje się że na bazie informacji zebranych w ciągu wieloletnich badań tego złoża oraz informacji o technologiach stosowanych od dawna w świecie przedstawione propozycje powinny być możliwe do zrealizowania. Najważniejszym zadaniem jakie należy na wstępie wykonać jest ustalenie zakresu niezbędnych badań jakie trzeba przeprowadzić aby określić realność proponowanych zamierzeń,

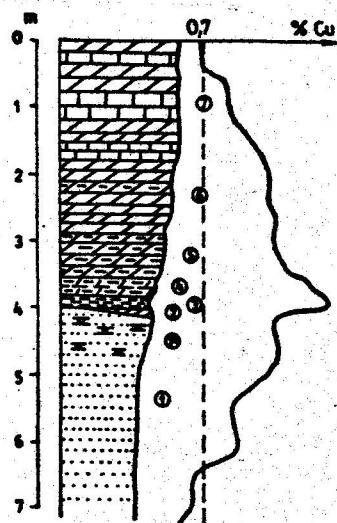
Uwagi o geologicznej budowie złoża

Występuje ono w spagu sosadów cechsztynu i ma formę pokładową (złoże stratyfikowane). Odnacza się jednak bardzo dużą zmiennością [2];

- miąższości (złoże bilansowe od 0,5 do ponad 20 m),
- zawartości miedzi i innych metali (tabela 1), oraz
- wykształcenia litologicznego (okruszczowane dolomity, łupki i piaskowce) (Ryc. 1 i 3).

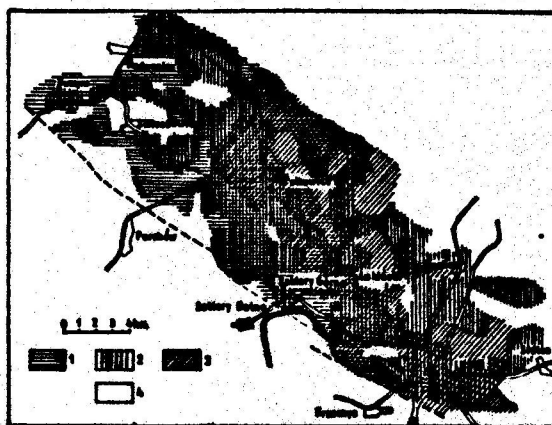
Miąższości poszczególnych, okruszczowanych warstw są zmienne, również ich zasięgi powierzchniowe nie pokrywają się (Ryc. 2). Na podstawie szczegółowych badań wydzielono w obrębie złoża siedem typów litologicznych profilu złoża (Ryc. 3). Największe obszary zajmują typy - I, II i III, ale typ IV (okruszczowanie bilansowe tylko w łupkach) zajmuje również znaczące powierzchnie głównie w północno-zachodniej i wschodniej częściach złoża.

Okruszczone piaskowce (t.zw. ruda piaskowcowa) składają się z ziarn kwarcu z niewielką domieszką skałeni i okruchów innych skał, przeważnie krzemionkowych. Spoiwo piaskowca tworzą minerały ilaste, a w części stropowej węglanowe (dolomit i kalcyt). Lokalnie spoiwo piaskowca może stanowić anhydryt i gips - zanika wtedy okruszczowanie miedzią. Ilość spoiwa wyraźnie maleje w kierunku spagu. Pod względem chemicznym (tabela 1) głównym składnikiem piaskowców jest krzemionka (SiO_2). Przeważającą jej część stanowi kwarc ziarn piasku. Ponadto część krzemionki



Ryc. 1. Profil litologiczny złoża z wykresem okruszczowania Cu

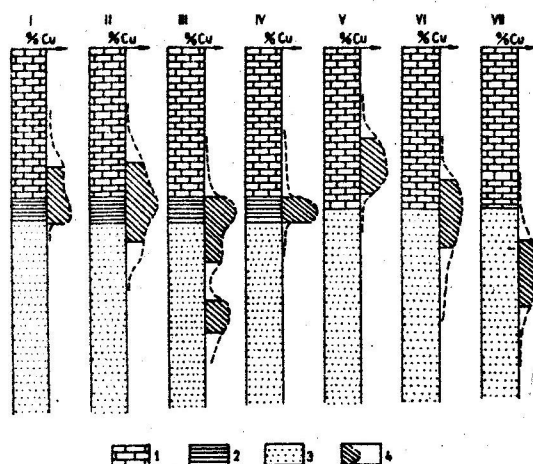
1 - biały piaskowiec, 1a - b. piaskowiec ze spoiwem węglanowym, 2 - dolomit graniczny, 3 - łupek ilasty, 4 - łupek ilasto-dolomitowy, 5 - dolomit ilasty, 6 - dolomit smugowany, 7 - dolomit wapnisty



Ryc. 2. Mapa rozmieszczenia typów litologicznych rudy

1 - ruda węglanowa, 2 - ruda łupkowa, 3 - ruda piaskowcowa, 4 - brak rudy okruszczwanej bilansowo

związana jest z tlenkami; Al_2O_3 , CaO , K_2O i Na_2O w postaci minerałów ilastych oraz skaleni. CaO i MgO występują w spoiwie piaskowców w postaci dolomitu i kalcytu. Część CaO może być związana z siarką w postaci siarczanów - anhydrytu i gipsu występujących lokalnie w spoiwie piaskowców 2. Oprócz okruszczowania siarczkami miedzi (i czasem ołowiu) w piaskowcach występują niewielkie domieszki innych metali, zwykle nie tworzących własnych minerałów a obecnych w formie domieszek w minerałach miedzi czy ołowiu. Oznaczone w analizach pełnych rudy piaskowcowej zawartości tych metali są rzędu; srebro - 0,0056%, kobalt - 0,0069 %, molibden - 0,0026 %, wanad - 0,0021 %, nikiel - 0,0024 %.



1 - dolomity i wapienie, 2 - łupki
cechsztyńskie, 3 - piaskowce,
4 - wykres mineralizacji, miedziowej - zakreskowane okruszczenie bilansowe

Ryc. 3. Typy litologicznych profili złoża

1 - dolomity i wapienie, 2 - łupki cechsztyńskie, 3 - piaskowce, 4 - wykres mineralizacji, miedziowej - zakreskowane okruszczenie bilansowe

Tabela 1

Skład chemiczny różnych litologicznych odmian rudy (zaw. w %) [3]

Składniki	Ruda Węglanowa			Ruda łupkowa			Ruda piaskowcowa		
	maks.	min.	średnia	maks.	min.	średnia	maks.	min.	średnia
Al ₂ O ₃	15,76	0,52	6,54	17,01	1,01	10,00	8,10	0,66	4,52
SiO ₂	31,60	1,18	17,59	40,07	2,74	24,38	85,69	38,22	74,17
CaO	45,55	6,63	23,59	34,75	8,87	16,35	15,70	1,01	6,29
MgO	18,00	0,58	10,97	17,27	1,70	7,38	6,46	0,20	1,43
Mn	1,12	0,05	0,26	0,79	0,04	0,19	0,18	0,03	0,09
TiO ₂	0,53	0,00	0,22	0,95	0,04	0,41	0,37	0,00	0,08
CO ₂	42,11	16,08	31,10	38,80	2,39	16,66	21,12	0,83	2,65
SO ₃	20,45	0,15	2,26	5,15	0,11	0,79	9,35	0,14	2,41
P ₂ O ₅	0,42	0,01	0,12	1,83	0,05	0,24	0,38	0,01	0,09
C org.	7,15	0,07	0,86	12,88	0,29	4,01	0,92	0,03	0,38
Fe całk.	7,55	0,30	0,99	6,89	0,39	1,61	3,17	0,26	0,95
K ₂ O	3,67	0,20	1,49	4,89	0,30	2,17	2,64	0,30	1,14
Na ₂ O	3,59	0,08	0,80	1,81	0,11	0,69	0,96	0,00	0,25
S	3,40	0,39	0,79	8,65	0,62	2,32	3,42	0,30	0,94
Cu	4,38	0,84	1,79	35,67	1,14	4,87	12,59	0,88	1,92

Łupki cechsztyńskie (t.zw. ruda łupkowa) tworzą szereg form przejściowych od łupków ilastych przez łupki dolomitowo-ilaste, ilasto-dolomitowe do łupków dolomitowych. Głównymi ich składnikami mineralnymi są; dolomit, w formie bardzo drobnych ziarn zwykle tworzących cienkie laminny (smużki) oraz substancja ilasta obecna w formie rozproszonej wśród ziaren dolomitu lub tworząca cienkie, falisto-równoległe smużki między laminami dolomitowymi. Substancja organiczna (zawartość węgla organicznego może w łupkach sięgać 12-14 % a średnio wynosi około 4-6 %) stanowi trzeci, istotny składnik. Należy podkreślić, że wbrew panującym poglądom zawartość bituminów w łupkach jest niewielka, rzędu 0,1-0,8 %. Ponadto w łupkach występują minerały poboczne; pelit kwarcowy, blaszki muskowitu, gipsu oraz minerały kruszcowe, zawierające również domieszki różnych metali ². Oznaczone w analizach pełnych rudy łupkowej zawartości tych metali są rzędu; srebro - 0,0124 %, kobalt - 0,0116 %, wanad - 0,0273 %, molibden - 0,0171 %, nikiel - 0,0138 %. Zawartości te są znacznie wyższe niż w rudzie piaskowcowej i węglanowej (tabela 2 i 3).

Tabela 2

Koncentracje metali współwystępujących w różnych litologicznie odmianach rudy [3]

Odmiana rudy	Metal	Zawartość w %	
		średnia	maksymalna
węglanowa	srebro	0,0057	0,0160
	kobalt	0,0019	0,0090
	nikiel	0,0044	0,0370
	wanad	0,0037	0,0920
	molibden	0,0026	0,0220
	ren	0,0001	0,0006
łupkowa	srebro	0,0124	0,0605
	kobalt	0,0116	0,0930
	nikiel	0,0138	0,0850
	wanad	0,0273	0,1000
	molibden	0,0171	0,0510
	ren	0,0002	0,0014
piaskowcowa	srebro	0,0056	0,0370
	kobalt	0,0069	0,0210
	nikiel	0,0024	0,0100
	wanad	0,0021	0,0160
	molibden	0,0026	0,0110
	ren	0,0001	0,0005

Tabela 3

Ilość różnych metali w tonie rudy miedziowo-polimetalicznej

Rodzaj rudy	Ilość metalu w kg/t lub w g/t						
	Cu (kg/t)	Ag (g/t)	Co (g/t)	Ni (g/t)	Mo (g/t)	V (g/t)	Re (g/t)
węglanowa	18	60	16	-	30	-	1
żupkowa	48	130	180	150	130	260	2
piaskowcowa	19	60	25	-	20	-	1

Pod względem chemicznym (tabela 1) głównymi składnikami rudy żupkowej są CaO i MgO , tworzące minerały węglanowe (głównie dolomit) oraz SiO_2 i Al_2O_3 wchodzące głównie w skład minerałów ilastych. SiO_2 występuje również w postaci pelitu kwarcowego. Na podkreślenie zasługują znaczące zawartości węgla organicznego oraz niewielkie (słabo dotychczas zbadane) domieszki bituminów.

Okruszczone dolomity (t.zw. ruda węglanowa) stanowiące stropową część złoża składają się głównie z dolomitu i kalcytu. Obok nich występują pobocznie minerały ilaste, pelit kwarcowy, łyszczyki, gips i anhydryt. Te dwa ostatnie przeważnie w formie drobnych skupień i żyłek. Organiczna substancja węglowa może być obecna w zmiennych ale niewielkich ilościach. W składzie chemicznym rudy węglanowej (tabela 1) dominują tlenki tworzące minerały - dolomit i kalcyt. W mniejszych ilościach obecne są SiO_2 i Al_2O_3 występujące w minerałach ilastych. Skład dolomitów ulega znacznym wahaniom. W zależności od relacji zawartości CaO i MgO tworzą one ogniwa pośrednie takie jak np. dolomity wapniste czy wapnienie dolomityczne itp. [2]. Oznaczone w analizach pełnych rudy węglanowej zawartości metali współwystępujących z miedzią są rzędu: srebro - 0,0057 %, kobalt - 0,0019 %, nikiel - 0,0044 %, wanad - 0,0037 %, molibden - 0,0026 %.

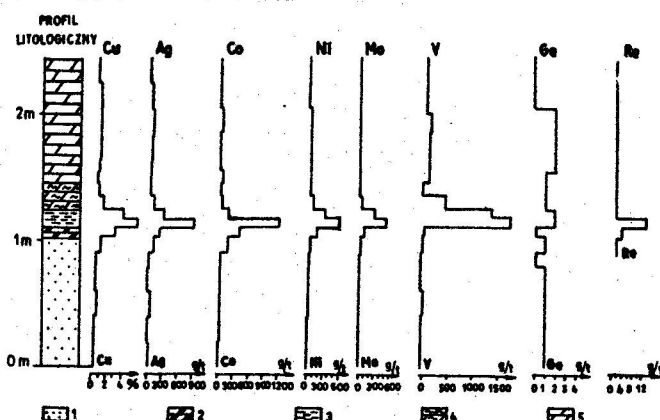
Jak wynika z przytoczonych danych największą wartość gospodarczą przedstawia ruda żupkowa ze względu na największe koncentracje miedzi i metali współwystępujących (tabela 2). Zasoby rudy żupkowej stanowią około 1/8 całości zasobów rudy w złożu, natomiast zasoby metalu miedzi w rudzie żupkowej aż około 1/4 ogółu zasobów miedzi. Ruda piaskowcowa zajmuje ponad 1/2 całkowitych zasobów rudy, natomiast zawarta w niej miedź stanowi znacznie poniżej 1/2 całkowitych zasobów tego metalu. Ruda węglanowa wynosi ponad 1/3 zasobów ogólnych ale metal Cu w niej występujący wynosi mniej niż 1/4 ogólnych zasobów miedzi. Podobnie ma się sprawa z innymi metalami współwystępującymi z miedzią. Stosunki te dobrze ilustruje tabela 3.

Dotychczas wydobywa się i wzbogaca wszystkie trzy rodzaje rudy wspólnie. Jest to oczywiście znacznie prostsze działanie z punktu widzenia techniki wydobywania czy transportu urobionej rudy. Nie jest jednak dobrym z punktu widzenia procesów przerobczych czy efektu gospodarczego. Niekorzystnymi czynnikami są; zmienny skład mineralny rudy komplikujący proces mielenia (różne własności mechaniczne poszczególnych minerałów) jak również zmienny skład mineralny i chemiczny nadawy w procesie flotacji obniżający uzysk metali czy w końcu ujemny wpływ rudy żupkowej (zawartość minerałów ilastych, substancji organicznej-węglowej) na efektywność flotacji rudy mieszanej - piaskowcowo-żupkowo-dolomitowej (ruda piaskowcowa wzbogaca się najłatwiej i jest jej najwięcej).

**Możliwość i celowość oddzielnej eksploatacji
i przeróbki żupków miedzionośnych**

Rozważając możliwości najlepszego wykorzystania rud miedziowo-poli-metalicznych występujących w złożu monokliny przedsudeckiej, na czoło zagadnień należy wysunąć potrzebę selektywnego urabiania poszczególnych litologicznych odmian rudy dla umożliwienia ich odrębnego wzbogacania. Sterowanie odrębnymi procesami wzbogacania trzech odmian rudy pozwoliłoby na podniesienie uzysków metali, zmniejszenie ich strat wskutek przechodzenia do odpadów oraz uzysk tych metali, które w przeróbce mieszanej trzech rodzajów litologicznych rudy muszą być tracone. Ponieważ selektywna eksploatacja trzech rodzajów rudy na całym obszarze złoża, we wszystkich oddziałach jest w najbliższej przyszłości praktycznie niemożliwa - wiąże się to z całkowitą zmianą technologii urabiania rudy oraz transportu urobku przedstawiamy inną propozycję. Polega ona na odrębnej eksploatacji rudy żupkowej w partiach złoża gdzie tylko ona je stanowi i stąd można będzie ją odtransportować odrębną trasą na powierzchnię do specjalnego oddziału przeróbki. Koncepcja ta nie zaburza dotychczas przyjętego procesu eksploatacji w czynnych oddziałach i zakładach przeróbki zapewniając planowaną produkcję miedzi i srebra. Wprowadzenie, na zasadzie działalności pilotowej, nowej metody oddzielnego wydobywania rudy żupkowej, stanowiącej najbogatszą w składniki użyteczne część złoża (swoisty "naturalny koncentrat") oraz opracowanie i wdrożenie nowej (ogniowej, hydrometalurgicznej czy innej jeszcze) metody przeróbki tej rudy - nastawionej na odzyskiwanie wszystkich, możliwych do uzyskania metali w niej zawartych - powinno podnieść stopień wykorzystania złoża, poprawić zysk otrzymywany z jego eksploatacji oraz dostarczyć krajowej gospodarce znaczących dla przemysłu ilości cennych metali.

Rozpoczęcie pilotowej eksploatacji powinno nastąpić w tych partiach



Ryc. 4. Rozkład metali w profilu złoża (rej. szybów głównych kopalni Polkowice)
1 - biały piasekowiec, 2 - dolomit graniczny, 3 - łuppek cechoszyński, 4 - dolomit ilasty, 5 - dolomit

złoża gdzie występuje tylko ruda łupkowa, to jest albo w obszarze górniczym ZG Sieroszowice albo w głębszych częściach obszaru ZG Lubin (Ryc. 2). Przy eksploatacji rudy łupkowej należy stosować odpowiednio opracowane sposoby wybierania, które początkowo kłopotliwe, mogą się stać bardzo efektywne po zdobyciu odpowiednich doświadczeń praktycznych.

Należy mieć na uwadze fakt, że tona wydobytej rudy łupkowej będzie zawierała od 3 do 8 razy więcej metali od tony obecnie wydobywanej rudy mieszanej (stanowiąc jakby "naturalny koncentrat") (Ryc. 4) i że metale te nie zostaną rozproszone w całej masie urobku jak to jest obecnie. Z powyższego wynika, że oddział o wydobywaniu rudy od 3 do 8 razy mniejszym, w stosunku do aktualnie pracujących, mógłby dostarczać analogiczną a być może w przyszłości większą ilość metali.

Po opanowaniu procesów eksploatacji cienkiego złoża łupkowego oraz nowych metod przeróbki rudy łupkowej umożliwiających wykorzystanie wszystkich cennych składników w niej zawartych można będzie przystąpić do rozszerzenia frontu eksploatacji samych łupków a w okresie późniejszym zastanowić się nad możliwością selektywnego urabiania łupków w tych częściach złoża gdzie występują one wspólnie z okruszczowanymi płaskowcami i dolomitami.

Program niezbędnych działań dla praktycznej oceny proponowanej metody

Dla wykonania tego napewno trudnego zadania konieczne będzie;

1. Szczegółowe zbadanie łupków cechoszyńskich dla wyjaśnienia ich skła-

- du mineralnego i chemicznego, zawartości pierwiastków użytecznych, szkodliwych domieszek, zawartości substancji istotnych dla bilansu energetycznego ewentualnej ogniowej przeróbki rudy łupkowej (węgiel organiczny, bituminy).
2. Zbadanie i okonturowanie obszarów złoża wykształconego wyłącznie w postaci łupków, określenie warunków geologiczno-górnicznych w tych obszarach złoża dla potrzeb przyszłej eksploatacji.
 3. Opracowanie nowych procesów przeróbki rudy łupkowej takich, które pozwolą odzyskiwać maksymalnie zawarte w niej cenne składniki użyteczne.
 4. Opracowanie sposobów wybierania cienkiego złoża łupków oraz transportu rudy łupkowej z oddziału wydobywczego na powierzchnię do odrębnego zakładu przeróbki.

Uwagi końcowe

Idee selektywnej eksploatacji poszczególnych odmian rudy miedziowo-polimetalicznej w złożu monokliny przedsudeckiej, interesujące z punktu widzenia lepszego wykorzystania tych rud nurtowały od dawna specjalistów z Przedsiębiorstwa Geologicznego w Krakowie, Zakładu Doświadczalnego KGHM czy Instytutu Metali Nieżelaznych. Na przeszkodzie do ich realizacji stały różne trudności m.in. znaczny spadek wydobywania rudy. Zaproponowany w artykule sposób pozwala te trudności bardzo złagodzić. Najważniejszym jego atutem jest ominięcie trudów selektywnej eksploatacji trzech rodzajów rudy w jednym przodku i konieczności wprowadzenia odrębnego transportu dla każdej odmiany litologicznej - poprzez prowadzenie wybierania rudy łupkowej w tych częściach złoża, gdzie występuje ona samodzielnie.

Zdobycie doświadczeń zarówno w dziedzinie procesów przeróbki rudy łupkowej jak też w wybieraniu cienkiego złoża składającego się tylko z łupków, osiągnięcie pozytywnych, lepszych od obecnych wyników gospodarczych może stać się impulsem do szerszego wprowadzenia metod selektywnej eksploatacji i przeróbki oddzielnie litologicznych odmian rudy ze złoża LGOM. O realności takiej koncepcji mogą świadczyć wyniki uzyskiwane przed przeszło czterdziestu laty. Według A. Schuellera ¹ w złożu łupków miedzionośnych Mansfeld (NRD) z 1 miliona ton rudy łupkowej (niższej jakościowo od rudy łupkowej z LGOM) uzyskiwano następujące ilości metali 16000 t Cu, 3400 t Zn, 1300 t Pb, 200 t Mo, 91 t Ni, 92 t Ag, 39 t V, 18 t Se, 11 t Cd, 0,1 t Re, 0,03 t Au i 0,025 t In. Z przytoczonych danych wynika że, jesteśmy daleko w tyle i należy to możliwie szybko naprawić.

Literatura

- [1] Schueller A., 1959. Metallisation und Genese des Kupferschiefers von Mansfeld. Abh. d. Deutsch. Akad. Wies., Berlin.
- [2] Tomaszewski J.B., (w druku). Złoże rud miedziowo-polimetalicznych monokliny przedsudeckiej i jego związki z osadami cechsztynu. Przegl. Geol., Warszawa.
- [3] Zbiorowa, 1971. Monografia przemysłu miedziowego w Polsce. t 1. Wyd. Geol. Warszawa.

ABSTRACT

Tomaszewski J.B., 1985. The problems of the efficient utilization of copper - polymetallic ores in the Foresudetic Monocline. Physicochem. Probl. Miner. Process., 17; 131-141, (polish text).

The deposit is the biggest one of this type in the world. It varies in its lithology and mineralization. The present methods of mining and flotation common for the three kinds of ore (dolomitic, shaley and sandstone) do not allow all the useful components to be recovered.

The shaley ore (copper-bearing black shales) is the most valuable among them due to a high copper content and the accompanying metals. It would be proposeful to start its separate working in the selected parts of the deposit (such areas lie in the Lubin Mine or Sieroszowice Mine).

Being a natural concentrate the shaley ore should be treated metalurgically with the flotation process be disregarded. This will make it possible to obtain other valuable metals e.g. Zn, Mo, Co, V, platinum metals etc., apart from the basic Cu and Ag (as in the case of similar Mansfeld deposit in the GDR).

The range of investigation on the potential accomplishment of projects as well as their implementation must be definitied because of difficult problems to be solved.

The experience in mining thin deposits composed exclusively of shales, the treatment of rich shale-ore and obtaining better results may become a stimulus to introducing selective mining and a separate treatment of the lithological types of ore throughout the deposit.

СОДЕРЖАНИЕ

Томашевски Я., 1985. Проблемы рационального использования медно-полиметаллических руд месторождения предсудецкого моноклинала. Физико-химические вопросы обогащения, 17; 131-141.

Представлена пропозиция отдельной эксплуатации и переработки медноносительных сланцов в таких частях месторождения предсудецкого моноклинала, где медно-полиметаллическое оруднение выступает исключительно в них. Эти сланцы в связи с высоким содержанием меди и сопутствующих металлов составляют "натуральный концентрат", который нужно переработать, обходя процесс флотации, что дает возможность получения ряда металлов, например, Zn, Co, Mo, V и др., наряду с основными меди и серебра.

Обсужден также диапазон необходимых исследований для практической оценки предложенной проблемы.