

Adam MAKSYMOWICZ*

ZŁOTO W ZŁOŻACH RUD MIEDZI

W oparciu o przesłanki teoretyczne oraz stwierdzoną zawartość złota w złożach rud miedzi na świecie wykazano, że Au jest pierwiastkiem powszechnie występującym w tych rudach i odzyskiwanym na skalę przemysłową. Dokonano przeglądu dotychczas uzyskanych wyników badań występowania złota w złożach rud miedzi monokliny przedsudeckiej. Stwierdzono, że pozytywne i negatywne wyniki badań uzupełniają się wzajemnie potwierdzając naturalną zmienność złoża. Zwrócono uwagę na stałe obniżanie się kryteriów opłacalności odzysku złota i metali szlachetnych.

1. Wstęp

Złoto jest pierwiastkiem często występującym w złożach rud miedzi i wraz ze srebrem stanowi ich najcenniejszą domieszkę. Jego podobieństwo chemiczne wynika z przynależności do tej samej podgrupy Ib układu Mendelejewa, do której należy miedź i srebro. Pierwiastki te posiadają szereg wspólnych cech jak: wysoką gęstość, zbliżone temperatury topnienia i wrzenia. Układ elektronów dla wszystkich trzech pierwiastków do siódmej powłoki (dla miedzi ostatniej) jest identyczny, dalsze trzy powłoki są takie same dla złota i srebra. Tworzenie przez te pierwiastki mieszanin izomorficznych jest ich własnością naturalną bardzo często stwierdzaną w złożach rud polimetalicznych.

Na 250 badanych złóż miedzi na świecie w 50-ciu stwierdzono występowanie złota. Biorąc pod uwagę, że z różnych powodów uzyskanie informacji o występowaniu złota jest utrudnione należy przypuszczać, że przynajmniej w co czwartym z eksploatowanych złóż miedzi złoto jest od-

* Okręgowy Urząd Górniczy we Wrocławiu

zyskiwane w ilościach o znaczeniu gospodarczym. Ważnym wskaźnikiem występowania złota w złożach polimetalicznych jest wg S.D. Szera (1974) proporcja srebra do złota, która przeciętnie wynosi 20:1 i dla złóż syderofilnych stosunek ten ulega zmianie na rzecz złota a w złożach pierwiastków chalkofilnych na rzecz srebra.

W ostatnich latach ukazało się szereg prac potwierdzających występowanie złota w złożach rud miedzi monokliny przedsudeckiej w ilościach umożliwiających ich odzyskiwanie na skalę przemysłową (Serkies J. - 1972, Kucha H. - 1982, Banaś M. - 1983). Są też wypowiedzi, że rudy miedzi nie zawierają złota a skala odzysku tego metalu jest symboliczna i osiągnęła już granicę ekonomicznych i technicznych możliwości (Cwynar J. - 1984).

2. Złoto w złożach rud miedzi na świecie¹⁾

Jednym z wielu europejskich złóż miedzi, w którym występuje złoto - jest Rio Tinto położone w południowej części Półwyspu Iberyjskiego. Złoże to, o szerokości 60 km i długości 230 km, rozciąga się w kierunku północnym - zachodnim i z Hiszpanii przechodzi na teren Portugalii, gdzie eksploatowane jest jako złoże San Domingo. Okruszczowanie związane jest z utworami spilitowo-keratofirowymi występującymi na pograniczu dewonu i karbonu. Rudę tworzą masywne siarczki żelaza z chalkopirytom o średniej zawartości Cu - 2,2 %. Zawartość złota wynosi od 0,2-0,4 ppm do 1 ppm, a miejscami nawet do 15-20 ppm. Ze złoża tego uzyskuje się około kilku ton złota rocznie.

W północnej części Hiszpanii od ponad 3000 lat prowadzono eksploatację dolnopaleozoicznych rud piaskowcowo-łupkowych o zawartości 3 ppm Au.

Starożytni Rzymianie wydobywali rudę systemem wyrobisk górniczych (arrugi). Były to odkrywki o powierzchni 300x150 m i o głębokości do 100 m, w których wykonywano sztolnie o przekroju 5-10 m i długości do 450 m. Roczne wydobycie złota w arrugiach Austrii, Galicji i Łusatynii wynosiło około 6,5 t (20 000 rzymskich funtów). Ocenia się, że w ciągu 230 lat rzymskiej eksploatacji wydobyto około 500 mln ton rudy i odzyskano około 1500 ton złota. W Szwecji znane jest złoże rud miedzi z arsenem w miejscowości Boliden. W prekambryjskich leptytach występuje około 30 soczew rud o zawartości 1,5 % Cu, 10 % As i 14 ppm Au. W ciągu 43 lat wydobyto tu 128 ton złota, 411 ton srebra, 118 tys. ton mie-

¹⁾ Wg Ekiert F. 1977, Szer S.D. 1974, Schneiderhöhn H. 1962, Tomaszewski J.B. 1984, 1985.

dzi, 566 tys. arszeniku i 2,1 mln ton siarki. W Finlandii eksploatowane jest złóż miedzi Outokumpu, w którym zawartość złota wynosi 4,8 ppm, miedzi - 3,5 %, srebra - 12 ppm i cynku 1,13 %. Zasoby tego złoża wynoszą ok. 30 mln ton rudy i ok. 140 ton złota. Występowanie złota stwierdzono też w złożach rud miedzi Norwegii (Omdel), Bułgarii (Elacite, Medet - 1-2 ppm), CSRS (Złote Hory) i Węgier (Matra). Na terenie Niemiec od tysiąca lat eksploatowane jest polimetaliczne złóż miedzi Rammelsberg koło Goslaru z zawartością złota 0,1-1 ppm. Z mansfeldzkich łupkowych złóż miedzi odzyskiwano ok. 30 kg złota z 1 mln ton rudy.

Do największych złóż miedzi na świecie zalicza się afrykański pas miedzionośny Zambii i Zairu - Copperbelt o długości przekraczającej 100 km i zasobach ok. 84 mld ton rudy. Są to złoża tego samego typu jak monokliny przedsudeckiej (złoża stratyfikowane rud miedzi w skałach osadowych i metamorficznych). Złoża tworzą okruszczowane piaskowce górnego proterozoiku systemu Katangi, zalegające na głębokościach 250-1000 m. Średnia zawartość Cu wynosi 2,4-4,8 %, Au - 0,75-3 ppm, Ag i platynowce do 3 ppm.

W chilijskim pasie porfirów miedzionośnych, rozciągających się na długości 1000 km, na ogólną ilość 22 złóż w 8 z nich występuje złoto w ilości 1,5-2 ppm (Moccha, Chuquicamata, El Salvador, Potrerillos, Aidacollo, Los Pelamores, Rio Blanco, El Teniente).

Złoto występuje też w wielu złożach rud miedzi Kanady. Ze złoża Amulet - Mine o zasobach 34 mln ton rudy zawierającego 4-5 % Cu i 6 ppm Au, eksploatowanego na głębokości 900 m, w ciągu ostatnich kilku lat odzyskano 60 tys. ton miedzi, 40 ton srebra i 15 ton złota. W 1983 roku z kanadyjskich kopalń Copper Rand i Portage (Quebec) wydobyto odpowiednio 539 000 i 112 000 t rud polimetalicznych o zawartości 1,73 % Cu i 7,45 ppm Au, uzyskując z nich 11 300 t Cu i 4,85 t Au, a w 1984 r. 11 800 t Cu i 2 t Au. Eksploatacja w kopalni Copper Rand prowadzona jest na głębokości od 259 do 961 m, zaś w kopalni Portage ponad 1000 m.

W Stanach Zjednoczonych odzyskuje się złoto występujące w złożach rud miedzi o koncentracji w granicach 0,12 ppm (złóż Utah). Ze złoża Buttle w stanie Montana przy zawartości 4-5 % Cu, 56 ppm Ag i 0,28 ppm Au odzyskano na 5 mln ton miedzi 57 ton złota. Łączna produkcja złota z rud miedzi w roku 1973 wynosiła 15 ton i stanowiła ok. 41 % całej produkcji złota USA.

3. Złoto w złożach rud miedzi monokliny przedsudeckiej

Pierwsze wyniki wskazujące na występowanie złota w rudach miedzi w ilościach umożliwiających ich przemysłowe zagospodarowanie uzyskano

około roku 1972. Według Serkiesa (1972) koncentracja złota w przedsu-deckim złożu miedzi waha się w granicach 0,51-4,27 ppm. Autor ten za-uważa też korelację między występowaniem złota a występowaniem srebra. Stosunek ten wynosi od 100:1 do 200:1.

Znacznie niższe, choć również interesujące wyniki, uzyskał Harańczyk (1972). Stwierdził, że średnia zawartość Au w łupkach miedzionośnych złóż obszaru Lubina wynosi 0,01-0,3 ppm z lokalnymi anomaliami sięgają-cymi 10 ppm. Dalsze badania prowadzone przez Salomona (1976), Kuchę (1982) i Banasia (1983) pozwoliły na wydzielenie tzw. łupku polimetalii-cznego o miąższości 3-5 cm, występującego w spągu łupku miedzionośnego, głównie na obszarze Lubina Zachodniego i Polkowic Wschodnich. Maksymal-na zawartość Au osiąga 3000 ppm, a Pt i Pd do 1000 ppm. Metalom tym towarzyszy wysoka domieszka srebra, bizmutu, kobaltu, niklu i molibdenu. Zasoby Au i platynowców w łupku z metalami szlachetnymi ocenione są na 200-300 t tych metali (Kucha 1982).

Odmienne stanowisko w sprawie występowania złota w rudach miedzi zajmuje Gwynar (1984). Stwierdza, że w przeciwieństwie do srebra pol-skie koncentraty zawierają minimalne zawartości złota. Dla poparcia tej tezy podaje wyniki analiz koncentratów i rud wykonanych przez Laborato-rium Instytutu Metali Nieżelaznych w Moskwie (Gincocwietmet), które określiło w nich zawartość Au poniżej 0,2 ppm. Dalsze próby wysyłano do laboratoriów USA.

Stwierdzić należy, że podane pozytywne i negatywne wyniki badań zawartości Au nie wykluczają się wzajemnie, gdyż złoża miedzi zalegające na monoklinie przedsudeckiej charakteryzuje się dużą zmiennością m.in. zawartości miedzi i innych metali (J.B. Tomaszewski 1985). Pozytywne i negatywne wyniki badań Au potwierdzają prawdopodobnie naturalną zmien-ność występowania tego pierwiastka w złożu. Utrudnieniem w ocenie po-szczególnych wyników jest też nieporównywalność systematycznych badań naukowych i losowo wykonywanych oznaczeń w ośrodkach zagranicznych. Uzyskane pozytywne wyniki badań zawartości Au mają swoją zasadniczą wartość, gdyż wskazują kierunki dalszych badań zmierzających do pozna-nia zmienności koncentracji Au w złożu i przystosowania systemu tech-nologicznego do odzyskiwania tego cennego pierwiastka na skalę prze-mysłową.

4. Kryteria opłacalności odzysku złota i metali szlachetnych z rud miedzi

W związku z wyczerpywaniem się światowych zasobów poszczególnych surowców, kryteria eksploatacji złóż ulegają stałemu obniżeniu. Proce-som tym sprzyja postęp techniczny pozwalający na odzyskiwanie wszystkich

metali towarzyszących rudom. Przykładem mogą być proponowane kryteria dla odzysku miedzi z porfirowych złóż USA wynoszące 0,2-0,3 % Cu. Jak podaje H. Schneiderhöhn (1962) dla uralskich rozsypowych złóż platyny przewiduje się ekonomiczną ich eksploatację przy koncentracji 0,004 g/m³ co odpowiada 0,002 ppm Pt.

Kryteria opłacalności odzyskiwania złota i metali szlachetnych ze złóż miedzi eksploatowanych systemem podziemnym należy przyjmować, co najmniej w tej wielkości, jak dla złóż miedzi i złota eksploatowanych systemem odkrywkowym. Założenie to uzasadnione jest wydobywaniem w podziemnych kopalniach rudy miedzi na powierzchnię niezależnie od zawartości innych pierwiastków szlachetnych. Biorąc pod uwagę odzyskiwanie złota na świecie przy najniższych zawartościach Au w granicach 0,1-0,3 ppm., przedział ten proponuje się wstępnie przyjąć za dolne kryterium opłacalności odzysku złota z krajowych rud miedzi.

5. Wnioski

1. Prawdopodobieństwo występowania w złożach rud miedzi monokliny przedsudeckiej koncentracji złota o znaczeniu przemysłowym potwierdza często jego występowanie w złożach podobnego typu na świecie (np. Mansfeld, Copperbelt).
2. Ważnym wskaźnikiem występowania złota w rudach miedzi monokliny przedsudeckiej jest znana współzależność zawartości srebra do złota potwierdzająca możliwość odzysku tego metalu w skali kilku ton rocznie.
3. Wobec braku krajowego kryterium opłacalności odzysku złota z rud miedzi proponuje się przyjąć je w wielkościach jak dla złóż miedzi i złota eksploatowanych systemem odkrywkowym tj. w wielkości 0,1-0,3 ppm.
4. Uzyskane dotychczas wyniki zawartości złota w złożach rud miedzi monokliny przedsudeckiej wskazują na możliwość wydzielenia stref stanowiących bazę zasobową dla opłacalnego ekonomicznie odzysku tego pierwiastka (np. obszar Lubina Zachodniego i Polkowic Wschodnich).
5. Wobec wyczerpywania się zasobów rud miedzi monokliny przedsudeckiej pilnym zagadnieniem staje się podjęcie kompleksowych badań umożliwiających określenie zasobów złota oraz wdrożenie technologii jego odzysku.

Literatura

1. Antoszin G.N., Złoto w magmatischenkich gornych porodach Au, Izdatelstwo "Nauka". Nowosybirsk 1977.
2. Banaś M., Rudy metali nieżelaznych. Surowce mineralne Polski. Ossolineum, Wrocław 1983.
3. Cwynar J., Odzysk metali towarzyszących w hutnictwie miedzi. Stan aktualny i perspektywy. Materiały konferencyjne NOT. Lubin 1984.
4. Ekiert F., Rozmieszczenie złóż rud miedzi na świecie. Miedź - Cu. Surowce mineralne świata. Wydawnictwa Geologiczne. Warszawa 1977.
5. Kucha H., Rozmieszczenie złota i metali grupy platyny w złożach miedzi na monoklinie przedsudeckiej. Rudy i Metale Nr 5, 1982.
6. Salomon W., Metale szlachetne w czarnych łupkach monokliny przedsudeckiej. Rudy i Metale. Nr 12, 1976.
7. Schneiderhöhn H., Złóża rud. Wydawnictwa Geologiczne. Warszawa 1962.
8. Serkies J., Zarys geochemii przedsudeckiego złoża miedzi. Prace Naukowe Instytutu Chemii Nieorganicznej i Metalurgii Pierwiastków Rzadkich Politechniki Wrocławskiej Nr 12, Wrocław 1972.
9. Szer S.D., Metallogenija złota. Niedra. Moskwa 1974.
10. Tomaszewski J.B., Downarowicz St., Jarosz J., Mineralogiczno-petrograficzne przesłanki ochrony metali towarzyszących złożom rud miedzi. Materiały konferencyjne NOT, Lubin 1984.
11. Tomaszewski J.B., Problemy racjonalnego wykorzystania rud miedziowo-polimetalicznych ze złoża monokliny przedsudeckiej. Fizykochemiczne problemy mineralurgii. Zeszyt Nr 17. Politechnika Wrocławska. Instytut Górnictwa, Wrocław 1985.

ABSTRACT

Maksymowicz A., 1986. Gold in copper ore deposits. Physicochem. Probl. Miner. Process., 18; 117-123, (polish text).

On the basis of theoretical premises and the gold content recorded in copper ore deposits all over the world, it was shown that gold is an element of common occurrence in the industrially processed copper ores. A survey of previously obtained results of research concerning the occurrence of gold in copper ore deposits in the Foresudetic Monocline area was made. It was stated that the successful and unsuccessful results of this research balance one another, which confirms the natural variability of an ore deposit. It was also pointed out that the criteria of profitability of the recovery of gold and other precious metals is steadily decreasing.

СОДЕРЖАНИЕ

А.Максимович, 1986. Золото в месторождениях медных руд. Физико-химические вопросы обогащения, 18; 117-123.

Опираясь на теоретические предпосылки, а также на определенное содержание золота в залежах руды в мире показано, что золото является элементом, выступающим везде в этих рудах и вновь обретенным в промышленном масштабе. Совершен просмотр до сих пор полученных результатов исследований проявления золота в залежах руды моноклины ишведсудетской. Отмечено, что положительные и отрицательные результаты исследований взаимно дополняются, подтверждая естественную переменчивость месторождений. Обращено внимание на постоянное понижение критериев рентабельности получения золота и благородных металлов.