

USTALANIE ŚREDNIEJ I BRZEŻNEJ ZAWARTOŚCI METALU W RUDZIE

JEDNYM Z POWAŻNYCH PROBLEMÓW występujących przy pracach geologiczno-rozpoznawczych złóż rud — to ustalenie średniej i brzeżnej zawartości metalu w rudzie. Przy pracach geologiczno-poszukiwawczych korzystamy bowiem na ogół z analogii ze znanymi złóżami. Oprócz tego przy ustalaniu średniej i brzeżnej zawartości metalu w rudzie występuje zagadnienie zawartości minimalnych i optymalnych. Należy rozróżnić pojęcie minimalnej średniej zawartości metalu w rudzie — jako najniższej średniej zawartości metalu całego złoża, przy której złoża może być jeszcze uważane za bilansowe — od pojęcia minimalnej brzeżnej zawartości metalu w rudzie.

Pod pojęciem minimalnej brzeżnej zawartości należy rozumieć najniższą zawartość metalu w rudzie w pojedynczych partiach złoża, które włączone do ogólnych zasobów rud bilansowych nie powodują mimo to utraty charakteru bilansowości złoża (czyli obniżenia minimalnej średniej zawartości metalu w całym złożu).

Pod pojęciem optymalnej średniej zawartości metalu w rudzie należy rozumieć najkorzystniejszą średnią zawartość metalu w złożu, abstrahując na razie od założeń takiego ustalenia. Analogicznie związaną z nią brzeżną zawartość będziemy określać jako optymalną brzeżną zawartość metalu w rudzie. Brzeżna zawartość metalu będzie więc zawsze niższa od odpowiedniej średniej. Problem ustalenia średniej i brzeżnej zawartości metalu w rudzie interesuje nie tylko geologa, ale i górnik, technologa oraz ekonomistę.

Ustalenie tych danych z punktu widzenia geologiczno-złożowego sprowadza się do ustalenia najbardziej decydujących parametrów przy obliczaniu zasobów. Niestety, dotychczas na ogół kierowano się określeniami opartymi na subiektywnej ocenie. Właściwą i jedynie racjonalną drogą ustalenia tych wielkości może być jednak tylko droga wyliczenia. Dotychczas przedstawiane przez różnych autorów zasady wyliczeń nie wyczerpywały całości problematyki albo nie poruszały decydujących czynników, bądź też niektóre przedłożone zasady ustalenia tych wielkości będą uzasadnione zastrzeżeniami.

Sędzą, że następujące czynniki: geologiczno-złożowy, technologiczny i ekonomiczny stanowią podstawę zasady wyliczeń minimalnej średnicy i brzeżnej zawartości metalu w rudzie. Najważniejszy — zdaniem moim — jest aspekt ekonomiczny.

Najszersze granice problemu stawia czynnik geologiczno-złożowy. Niemal każda skala zawiera (czasami oczywiście w stanie górnego rozproszczenia) wszystkie znane metale. Węższe granice stawia czynnik technologiczny, czyli technika uzyskiwania z tych geologicznych źródeł — metali w stanie np. technicznie czystym czy koncentratów. I już np. eksploatacja górnicza z bardzo dużej głębokości jest przy dzisiejszym stanie techniki niemożliwa; dla szeregu złóż skał zawierających metale np. w stanie specjalnych połączeń, wielkości minerałów, dużej ilości szkodliwych domieszek, nie znamy takich procesów przerobczych i hutniczych, które pozwoliłyby skoncentrować metale w pożądanym stanie. Oczywiście czynnik technologiczny w porównaniu z poprzednim jest zmienny w czasie. Najwyższe granice stawia jednak czynnik ekonomiczny, gdyż nie można produkować metali za wszelką cenę. Podstawą będzie tu stwierdzenie, iż tylko wtedy celowe będzie sięgnięcie do złoża i określonych procesów technologicznych, gdy przy minimalnym nakładzie środków i wysiłków uzyskamy takie koncentracje metali, jakich sobie życzyliśmy. Granice ekonomiczne są też zmienne w czasie. Wypływa z tego wniosek, iż najwyższe granice stawiane w tym problemie są najbardziej decydujące i one przede wszystkim determinują zasady ustalania (wyliczenia) minimalnych średnich i brzeżnych zawartości metalu w rudzie.

Ponieważ w życiu gospodarczym produkcja metali istnieje w celu zaspokojenia spożycia, powstaje pytanie, jaka może być granica aspektu ekonomicznego? Głównym elementem ekonomicznym ustalającym tę granicę jest prawidłowa cena metalu. Powstaje kolejne pytanie, w jakim stosunku ma pozostawać produkcja metalu do jego ceny? W związku z tym spotykamy opinię, iż produkcja powinna być taka, by różnica między kosztem wyprodukowania jednej tony metalu a jego ceną była jak największa (maksymalny zysk na jednej tonie metalu). Według innej opinii należy produkować tak, by średni koszt wytworzenia tony metalu był równy jego cenie.

Uważam jednak, że najbardziej prawidłowy jest pogląd trzeci, który zakłada, że należy produkować do takiej granicy, aż koszt krajowy wytworzenia metalu równa się z jego ceną.

Ponieważ pojęcie kosztu krańcowego jest mniej znane wśród geologów, postaram się to zilustrować na następującym przykładzie (tabela I).

Tabela I

Przykład wyliczenia krańcowego kosztu produkcji metalu przy cenie 6 000 zł/t

I	II	III	IV	V	VI
5 100	24 990	4 900	—	30 600	5 610
5 200	25 580	4 919	5 900	31 200	5 620
5 300	26 160	4 936	5 800	31 800	5 640
5 400	26 730	4 950	5 700	32 400	5 670
5 500	27 310	4 965	5 600	33 000	5 690
5 600	27 900	4 982	5 500	33 600	5 700
5 700	28 500	5 000	5 000	34 200	5 700
5 800	29 110	5 019	5 100	34 800	5 690
5 900	29 730	5 039	5 200	35 400	5 670

- I. Roczna produkcja metalu w t.
- II. Ogólny koszt całej produkcji w tys. zł.
- III. Średni koszt własny zł/t.
- IV. Krańcowy koszt zł/t.
- V. Ogólna wartość całej produkcji w tys. zł.
- VI. Ogólny roczny dochód z produkcji w tys. zł.

Zakładamy, że na pewnym złożu (z którego możemy osiągnąć zmiennej jakości rudę), mając do dyspozycji określone urządzenia i procesy technologiczne (kopalnię, przeróbkę, hutę) ustaliliśmy, że przy produkcji 5100 t metalu rocznie osiągnięto średni koszt wytworzenia jednej tony metalu najniższy w wysokości 4900 zł (wliczając w to i ratę amortyzacyjną od poniesionych nakładów inwestycyjnych). Zrozumiałe jest również, że zwiększając produkcję (np. przez wydobycie uboższych partii rud) zwiększamy średni koszt wytworzenia jednej tony metalu, gdyż jak podawałem poprzednio, zaczęliśmy rozważania przy ustalonym minimalnym średnim koszcie produkcji metalu, który może być tylko jeden.

Teraz możemy wyprowadzić pojęcie kosztu krańcowego wytworzenia tony metalu. Wytwarzając np. 5200 t metalu rocznie (dla skrócenia rozważań skok o 100 t), wytworzymy te dodatkowe 100 t metalu rocznie za cenę 590 000 zł, czyli wytworzenie dodatkowe tony metalu będzie nas kosztować średnio 5900 zł. Koszt tej dodatkowej produkcji nazywamy kosztem krańcowym. Jak widzimy z tego przykładu, przy rocznej produkcji 5700 t metalu koszt krańcowy zrówna się z ceną.

Dlaczego ta granica produkcji jest najbardziej ekonomiczna? Wprawdzie średni koszt produkcji tony metalu wzrósł, ale globalny roczny dochód (wynikający z różnicy między globalną wartością produkcji a globalnymi kosztami produkcji) jest największy. Poza tym jest ekonomicznym błędem produkować dodatkowo metal większym kosztem, niż wynosi cena tego metalu. Produkcję dalej, do każdej dodatkowo produkowanej nadwyżki musielibyśmy dopłacać, aż w końcu gdy średni koszt własny zrównałby się z ceną, produkcja przestałaby być w ogóle opłacalna.

Warto jest jeszcze wiedzieć, jak się będzie kształtowało zapotrzebowanie na poszczególne metale? Otóż wszelkie przewidywania idą w tym kierunku, że w przyszłości zapotrzebowanie na metale poważnie wzrośnie. Tak dla USA — W. S. Peakey (4) uważa, że w najbliższych kilkunastu latach należy się liczyć ze wzrostem zapotrzebowania o kilkaset % dla aluminium, o kilkadziesiąt % dla żelaza i miedzi, a o kilkanaście dla innych metali. W związku z tym nastąpi na pewno obniżenie wymagań jakościowych dla rud.

Oczywiście pewien wpływ ma też stale nowa produkcja na nowych złożach rud, przez co zwiększa się podaż metali. Ale wydaje się, że mimo wszystko na odcinku metali popyt przewyższa podaż.

Z czynników gospodarczych poza wymienionymi ważna jest jeszcze liczba ludności, wielkość zasobów metali oraz ilość kapitału, który może być poświęcony na uruchomienie produkcji metali.

CENA METALU

W myśl poprzednio podanych rozważań cena metalu byłaby najbardziej decydującym elementem określającym efektywność gospodarczą produkcji metalu. Cena metalu (czyli wartość wymienna metalu) jest to właściwość do uzyskania w drodze wymiany (na rynku) za pewną ilość tego metalu innych przedmiotów w określonej ilości.

Rozpatrując sytuację rynków wymiany, należy zwrócić uwagę, że zagadnienie międzynarodowych rynków wymiany obecnie nie jest proste. Należy wyróżnić rynek państw kapitalistycznych (zwany też rynkiem światowym), na którym panuje w dużym stopniu zasada wolnej konkurencji. Jednocześnie należy zwrócić uwagę na ogromny wpływ wielkich producentów na kształtowanie się cen na tym rynku.

Tabela II

Przedziałne ceny w \$/kg metali i niektórych metaloidów (techn. czystych pierwiastków) na rynkach kapitałowych z początkiem 1987 roku.

1) żelazo	0,065	24) molibden	9,5	47) ren	1 750
2) cynk	0,3	25) potas	13	48) osm	2 000
3) ołów	0,35	26) tal	22	49) kr	2 000
4) krzem	0,45	27) lit	25	50) lantan	2 100
5) sód	0,5	28) srebro	29	51) kryt	2 600
6) aluminium	0,55	29) cyrkon	30	52) samar	3 000
7) antymon	0,7	30) bar	30	53) gal	3 000
8) mangan	0,7	31) selen	35	54) hafn	3 000
9) magnez	0,75	32) tor	45	55) platyna	3 300
10) miedź	0,8	33) stront	60	56) rod	3 650
11) arsen	1,3	34) cer	65	57) cez	4 500
12) nikiel	1,5	35) tantal	90	58) rubid	5 000
13) cyna	2,4	36) ind	100	59) herb	20 000
14) chrom	3,0	37) uran	110	60) gadolin	30 000
15) kadm	4,0	38) niob	150	61) akand	40 000
16) tefal	4,5	39) beryl	230	62) dysproz	40 000
17) wapń	4,5	40) neodym	400	63) promet	100 000
18) bizmut	5,0	41) german	500	64) terb	150 000
19) tytan	5,5	42) bor	700	65) europ	150 000
20) wolfram	6,0	43) palad	800	66) erb	300 000
21) kobalt	6,0	44) złoto	1 125	67) tui	300 000
22) rtęć	7,4	45) ruten	1 450	68) lutet	450 000
23) wanad	7,5	46) praeodym	1 500	69) holm	600 000

Jako osobny rynek można by traktować ZSRR, kraj mający w zakresie metali możliwości niemal całkowitej autarkii, gdzie ustalanie jednolitej ceny metali należy do decyzji kierownictwa gospodarczego. Zasady ustalania są tam różne: np. dla wielu metali przyjmuje się jako cenę średnie koszty własne (w skali całego ZSRR) produkcji albo maksymalne koszty własne produkcji metali (przy takim stanie produkcji, jaki jest nieodzowny do zaspokojenia potrzeb).

W Polsce zasady ustalania cen metali nie zostały bliżej sprecyzowane, jednak widać, że szereg cen metali jest ustalony niewłaściwie i pociąga za sobą poważne skutki.

ustalania wyższych cen na te spośród wymienionych metali, których nie produkujemy w ogóle lub w niedostatecznej ilości dla naszych potrzeb z rud krajowych. Można by np. przez ustalenie odpowiednich cen przeciwnie rozwijać produkcję tych metali w kraju, są one bowiem ważne nie tylko dla rozwoju gospodarczego, ale i ze względów politycznych (np. obrona kraju). Niewłaściwie bowiem ustalona cena może być źródłem decyzji o zamknięciu krajowej produkcji pewnych metali lub dyrektyw o rabunkowej gospodarce złóż w wyniku za wysoko ustalonej średniej zawartości metali w rudzie.

Tabela III

Urzędowe ceny techn. czystych metali w Polsce w zł/kg z początkiem 1987 r.

1) żelazo	1,6	11) mangan	79,5	21) molibden	1 200
2) cynk	4,8	12) chrom	80,0	22) tytan	1 600
3) ołów	6,0	13) rtęć	116,0	23) lit	2 000
4) aluminium	16,0	14) cyna	130	24) tellur	4 320
5) miedź	18,5	15) kadm	290	25) beryl	7 000
6) sód	19,0	16) wapń	300	26) złoto	155 000
7) magnez	21,6	17) bizmut	360	ceny skupu złota	
8) antymon	38,0	18) kobalt	400	w Centrali Jubilerskiej	
9) arsen	58,0	19) selen	528		
10) nikiel	69,0	20) srebro	500		

Jak kształtują się obecnie ceny metali na rynku kapitalistycznym i w Polsce, podaje tabela II i III. Oprócz tego ważne jest jeszcze miejsce sprzedaży; w tabeli II dla większości metali zostały przedstawione dane z głównych giełd (Londyn, Nowy Jork); przy mniej cennych metalach (oraz w tab. IV) ceny f.o.b., (free on board — dostawa pokrywa koszty transportu do portu i załadunku na okręt).

- Jeżeli chodzi o ceny, należy zwrócić uwagę, że dla wielu metali cena czystego metalu nie może być mierzalną w kształtowaniu się średniej i trwałej wartości metali w rudzie. Istnieje bowiem grupa metali (Cr, Mn, Ti, V, Mo, W, Co, Nb, Ta, Zr), których używa się przeważnie jako uszlacheniaczy stali (analogicznie beryl w stosunku do miedzi), a które są rzadziej używane jako czyste metale. Dla nich mierzalniejsze będą ceny koncentratów, które podano w tabeli IV.

Są jeszcze dalsze wyjątki wśród cen metali, które należy podkreślić. Są bowiem metale używane rzadko, np. sód, potas, wapń, krzem, bar, a których wyjątkowe surowca, jak np.: sól kamienna, sole potasowe, wapń, kwarc, beryl są bardzo tanie. Ceny zaś metali są wynikiem przede wszystkim wysokich kosztów technologicznych przy małej produkcji. Są w końcu niektóre metale należące przeważnie do tzw. ziem rzadkich używane na ogół bardzo rzadko (z wyjątkiem może ceru), do których jeszcze lepiej stosują się poprzednie rozważania. Ceny rud i omawianych surowców również podane zostały w tabeli IV.

Jeżeli chodzi o ceny metali w naszym kraju, należy podkreślić, że ceny metali w Polsce na ogół nie opierają się na średnich kosztach własnych, gdyż działa system dotacji, który wypacza ceny metali, a to z kolei powoduje duże nieprawidłowości gospodarcze. Trzeba stwierdzić, iż obecnie szczególnie rażąco niskie są ustalone w Polsce ceny cynku, rtęci, seleniu, ołowiu, srebra i miedzi. Natomiast nadmiernie wysokie są ustalone ceny telluru, tytanu, złota, molibdenu i manganu. Nasuwałaby się konieczność rewizji cen metali głównie w tym kierunku, by ceny metali były proporcjonalne do innych cen towarów oraz by ceny jednych metali były proporcjonalne do cen innych metali. Należałoby też uwzględnić ceny metali na rynkach międzynarodowych oraz możliwość zakupu.

W Polsce specjalnie wnikliwego ustalenia wymagają ceny takich metali, jak: żelazo, mangan, chrom, nikiel, miedź, cynk, ołów, cyna, aluminium, magnez, złoto i srebro. Należałoby raczej stosować politykę

Niewłaściwa cena hamuje postęp techniczny. Rewidując ceny należy pamiętać też o kosztach przewozu metali lub rud koncentratów, o cenach często spekulacyjnych na rynkach kapitalistycznych. Należałoby też nie zapomnieć o ustaleniu ceny w określonym miejscu (np. loco Warszawa), gdyż dotychczas ceny jednolite w całym państwie stwarzają ponadto dodatkowe anomalności.

Tabela IV

Przebiegłe ceny w $\frac{1}{4}$ niektórych koncentratów metali oraz rud metali i pokrewnych surowców na rynkach kapitalistycznych z początkiem 1987 r.

1) koncentrat chromowy — 48% Cr ₂ O ₃	45
2) " manganowy — 48% Mn	70
3) " tytanowy-rutyliowy — 95% TiO ₂	280
4) " tytanowy-ilmenitowy — 50% TiO ₂	40
5) " wanadowy — 18% V ₂ O ₅	300
6) " molibdenowy — 88% MoS ₄	1000
7) " wolframowy — 60% WO ₃	1800
8) " kobaltowy — 18% Co	300
9) " niobowy — 65% Nb ₂ O ₅	2000
10) " tantalowy — 68% Ta ₂ O ₅	3000
11) " cyrkonowy — 65% ZrO ₂	30
12) " berylowy — 10% BeO	480
13) " bizmutowy — 20% Bi	200
14) " litowy (lepidolit, petalit) 3,5% Li ₂ O	45
15) " litowy (amblygonit) 7% Li ₂ O	75
16) " cynkowy-biela — 60% Zn	85
17) " ołowiany-galena — 80% Pb	200
18) " miedziowy — 20% Cu	120
19) " cynowy — 70% Sn	1650
20) " uranowy — 50% U ₃ O ₈	2000
21) " monacylowy — 55% Th+TR	400
22) " arsenowy-arsenik — 99,5% As ₂ O ₃	120
23) " antymonowy — 50% Sb	150
24) celestyn lub stroncjemit techn. czysty	55
25) boraks techn. czysty	70
26) beryl — 96% BaSO ₄	15
27) sól potasowa — 40% K ₂ O	25
28) sól kamienna techn. kryta	5
29) ruda żelazna — 50% Fe	10
30) boksyt — 50% Al ₂ O ₃	6
31) ruda uranowa o zawart. a) 0,1% U ₃ O ₈	5
b) 0,2% U ₃ O ₈	13
c) 0,5% U ₃ O ₈	35

Można by się zastanowić, od jakich czynników geologiczno-złożowych i przyrodniczych zależy ustalenie średniej i brzożnej zawartości metalu w rudzie? Wielkości te zależą przede wszystkim od wielkości zasobów, domieszek cennych i szkodliwych, położenia geograficznego, głębokości występowania, miąższości złoża i klimatu. Wielkość zasobów na ogół wpływa w tym kierunku, że im większe są zasoby złoża, tym niższe są wymagania dotyczące minimalnej średniej i brzożnej zawartości metalu w rudzie. Biorąc pod uwagę przeciętne współczesne warunki (położenie w strefie klimatu umiarkowanego, o przeciętnym zagospodarowaniu przemysłowym, energetycznym, transportowym i zabezpieczeniu siłą roboczą), można by się pokusić o zestawienie tabeli ilustrującej tę zależność (tabela V). Oczywiście będzie się ona odnosić do metali, które otrzymujemy głównie z własnych złóż a nie z domieszek.

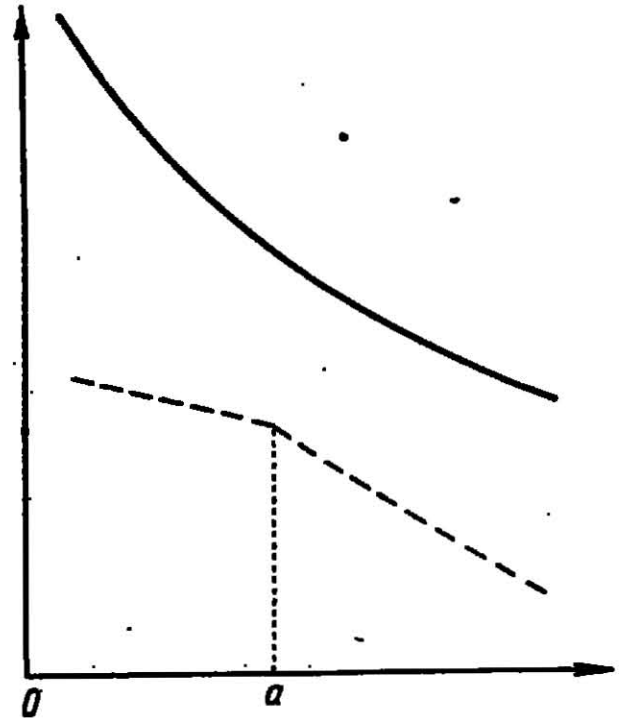
Tabela V.

Dane odnoszące do wielkości dużych złóż metalu oraz występujących w nich najniższych średnich zawartości metalu w rudzie.

Metal	Zasoby złoża (duże złoża) w tys. t metalu względnie związku metalicznego określonego obok	Najniższa średnia zawartość metalu względnie związku metalicznego
1) żelazo	500 000 — 5 000 000	25% Fe
2) magnez	100 000 — 1 000 000	8% Mg w chlorokach
3) mangan	10 000 — 100 000	18% Mn
4) aluminium	5 000 — 30 000	40% Al ₂ O ₃ w boksytach
5) tytan	5 000 — 50 000	5% TiO ₂ w pierwotnych
6) chrom	1 000 — 10 000	15% Cr ₂ O ₃
7) miedź	1 000 — 10 000	0,5% Cu
8) cynk	600 — 5 000	2% Zn w siarcz- kach
9) ołów	500 — 5 000	1% Pb
10) nikiel	100 — 1 000	0,5% Ni w siarcz- kach
11) lit	50 — 500	0,2% Li ₂ O
12) wolfram	50 — 500	0,2% WO ₃ w pier- wotnych 0,01% WO ₃ w okruchowych
13) molibden	50 — 500	0,1% MoS ₂
14) wanad	50 — 500	0,5% V ₂ O ₅
15) cyrkon	50 — 500	0,5% ZrO ₂ w okruchowych
16) cyna	50 — 500	0,1% Sn w pierw. 0,01% Sn w okruchowych
17) tor	50 — 500	0,5% Th
18) kobalt	10 — 100	0,1% Co
19) rtęć	10 — 100	0,1% Hg
20) arsen	10 — 100	2% As
21) antymon	10 — 100	2% Sb
22) uran	10 — 100	0,1% U ₃ O ₈
23) beryl	1 — 10	0,2% BeO
24) niob-tantal	1 — 10	0,1% Nb ₂ O ₅ lub Ta ₂ O ₅ w pierw., 0,01% w okruch.
25) złoto	0,1 — 1	0,0008% 3 gr/t Au w pierw., 0,1 gr/t Au w okruchow.
26) platyna	0,01 — 0,1	0,0001% Pt (1 gr/t Pt (0,1gr) i Pt w w okruch.

Przy okazji chciałbym zaproponować klasyfikację dzielącą według wielkości zasobów, opartą na przedziałach związków się dziesięciokrotnie. Np. dla złóż żelaza wyglądałoby następująco: I — bardzo duże złoża ponad 5000 mln t Fe w złożu, II — duże złoża od 500 do 5000 mln t Fe w złożu, III — średnie złoża od 50 do 500 mln t Fe, IV — małe złoża od 5 do 50 mln t Fe oraz V — bardzo małe złoża poniżej 5 mln t Fe w złożu.

Mając podane w tabeli V dane dla dużych złóż różnych metali, można zbudować sobie analogiczną tabelkę dla każdego metalu. Warto też zaznaczyć niektóre powiązania. Okazuje się, że nie wszystkie złoża rud metali wykazują duże koncentracje w stosunku do klaszku czy do ich zużycia w gospodarce światowej. Np. złoża rud chromu są na ogół niewielkich rozmiarów w porównaniu do ich zużycia w gospodarce światowej, natomiast złoża rud tytanu czy magnezu są olbrzymie.



Ryc. 1. Zależność zasobów rudy i metalu w rudzie od średniej zawartości metalu w rudzie.
— zasoby rudy w tys. ton, ---- zasoby metalu w tys. ton.

Zależność brzożnych i średnich zawartości metalu w rudzie od zasobów rudy i zasobów metalu w rudzie można ustalić przez odpowiednie obliczenia. Obliczenia te zazwyczaj grupujemy w następującym porządku: 1) brzożna zawartość metalu, 2) średnia zawartość metalu, 3) zasoby rudy, 4) zasoby metalu w rudzie, 5) wydajność metalu w kg z m² powierzchni złoża (przy przyjęciu określonej brzożnej zawartości). Z wycień tych można ustalić pewne wzajemne zależności, które pokazują ryc. 1 i 2. Np. w pewnym zakresie podwyższenie brzożnej zawartości metalu w bardzo niskim stopniu wpływa na podwyższenie średniej zawartości metalu, albo obniżenie wymagań co do średniej niewiele wpływa na podwyższenie zasobów metalu. Takie punkty przecięcia krzywych zależności (a, b) są bardzo charakterystyczne, gdyż wskazują niejako optymalne średnie i brzożne zawartości metalu w rudzie z punktu widzenia złożowego. Zagadnienie domieszek szkodliwych jest szczególnie ważne dla rud metali nie podlegających przeróbce. Np. dla rud żelaza jako szkodliwe domieszki uważa się zawartość siarki, fosforu, cynku, arsenu, krzemion-

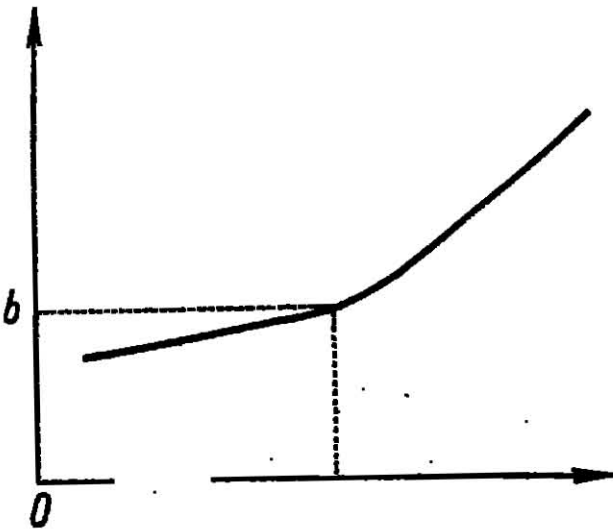
ki, aluminium; dla boksytu najbardziej szkodliwa jest krzemionka. Zbyt duża zawartość szkodliwych domieszek powoduje konieczność podwyższenia średniej brzożnej zawartości metalu, w skrajnych przypadkach dyskwalifikuje w ogóle rudę. (Przeciwnie, odpowiednia ilość domieszek cennych powoduje obniżenie średniej i brzożnej zawartości metalu w rudzie. Mała miąższość złoża może wpłynąć na konieczność podwyższenia średniej i brzożnej zawartości metalu w rudzie.

Należy też pamiętać o minimalnych miąższościach, które przy cenniejszych rudach wahają się od 0,3 do 0,8 m, przy pospolitszych od 0,5 do 1 m. Duża głębokość występowania złóż i inne niekorzystne warunki geologiczne wpływają również na wielkość średniej i brzożnej zawartości metalu w rudzie w kierunku ich podwyższenia. Położenie geograficzne i klimat również wpływają na te wielkości.

Nakłady na prace poszukiwawcze i rozpoznawcze złoża są raczej niezależne od omawianych wielkości.

WYLICZANIE MINIMALNEJ I OPTIMALNEJ ŚREDNIEJ ORAZ BRZOŻNEJ ZAWARTOŚCI METALU W RUDZIE

Proponowany niżej tok wyliczeń dotyczy jednego metalu, często jeszcze z warunkiem monomineralnego występowania, oraz zastrzeżenia, iż szkodliwe domieszki nie przekraczają dopuszczalnych granic. Wyliczenia



Ryc. 2. Zależność średniej zawartości metalu w rudzie od brzożnej zawartości metalu w rudzie.
b — średnia zawartość metalu w rudzie w %.

obejmują w określonych granicach szereg alternatyw. Zestawione obok siebie dla różnych przypadków wielkości lub wskaźniki pozwalają na ustalenie minimalnej i optymalnej średniej oraz brzożnej zawartości metalu. Wyliczenia mogą się odnosić zarówno do projektowanych, jak i istniejących zakładów (dla tych ostatnich można rozważać dodatkowo problem rekonstrukcji).

W niektórych przypadkach kopalnia sprzedaje swe rudy jako gotowy produkt. Np. dzieje się to prawie wyłącznie w kopalniach boksytu czy rud żelaza. W USA skupuje się rudy uranowe (tab. IV). Również gdy się sprzedaje rudę obcym zakładom przerobczym można ustalić wzór wartości rudy. Wchodzi w ten wzór % zawartości metalu, cena metalu, współczynnik określający użyc i koszty przeróbki, transportu rudy oraz dodatki za domieszki cenne i potrącenia za domieszki szkodliwe. Mogą też być takie rudy, które nie dają się wzbogacać (np. niektóre rudy chromu czy manganu), wtedy jako wymagania należy brać wymagania dla koncentratów tych rud.

W przypadku gdy gotowym produktem są rudy, można ustalać wymagania odnośnie do średniej i brzożnej zawartości metalu w rudzie w proponowany niżej sposób: obliczenia zaczniemy od takiej średniej zawartości metalu w rudzie, jaka minimalnie jest wymagana przez odbiorcę, a skończymy obliczenia przy takiej brzożnej zawartości metalu, jaką była średnia zawartość, od której zaczęliśmy obliczenia. Mając określone granice rozpatrzmy alternatywy dla brzożnej, czy średniej zawartości, np. co 0,1%, 0,1% czy 0,01%. Dla każdej alternatywy rozpatrzmy po kolei: 1) brzożną zawartość, 2) średnią zawartość, 3) zasoby rudy, 4) zasoby metalu w rudzie, 5) miąższość złoża, 6) optymalne wydobycie roczne, 7) średni koszt wydobycia rudy, 8) ogólny zysk roczny, 9) długość trwania kopalni (uwzględniając straty kopalniane), 10) ogólny zysk w czasie trwania kopalni, który dyskontujemy do wartości bieżącej, 11) potrzebne środki inwestycyjne.

Należy zaznaczyć, że omówiona poprzednio minimalna średnia i brzożna zawartość metalu w rudzie była jedną z optymalnych wielkości (z ogólnoeconomicznego punktu widzenia). Inne optymalne wielkości ustalamy, przyjmując jedno z takich założeń, jak np.: maksymalny zysk ogólny, najdłuższy żywot kopalni, największe wydobycie rudy i najpełniejsze wykorzystanie złoża, najmniejsze nakłady inwestycyjne, najmniejsze straty kopalniane.

Zakład produkujący koncentraty metali opiera się na najniższej wymaganej zawartości metalu w koncentracie, gdyż takie założenie jest najlepsze dla zakładu przerobczego. Oczywiście, gdy istnieje zróżnicowanie cen koncentratów zależnie od jakości (prognoza cen przy wyższej zawartości), rozważania należy przeprowadzić dla różnych wymagań (np. z początkiem 1967 r. płacono za jeden kg Bi w koncentratkach przy zawartości 80% Bi ok. 1 \$, a przy zawartości 90% Bi — 1,5 \$).

Ceny za koncentraty ustala się na podobnej zasadzie jak ceny na rudy metali. Dla wybranej jakości koncentratu rozważania należałoby przeprowadzić w granicach od brzożnej zawartości metalu równej zawartości metalu w odpadach przerobczych aż do średniej zawartości metalu równej zawartości metalu w koncentracie. Tok rozważań powinien objąć przede wszystkim następujące wielkości: 1) brzożną zawartość metalu w rudzie, 2) średnią zawartość metalu, 3) zasoby rudy, 4) zasoby metalu, 5) roczne wydobycie kopalni, 6) długość trwania kopalni, 7) zawartość metalu w odpadach przeróbki, 8) roczną produkcję koncentratu, 9) użycie przeróbki, 10) zysk roczny, 11) zysk ogólny zdyskontowany, 12) wielkość nakładów inwestycyjnych.

Wielkości optymalne ustala się analogicznie jak w poprzednich rozważaniach, biorąc jeszcze dodatkowo pod uwagę specyficzne założenia, np. wielkość produkcji koncentratu. Ponieważ kopalnia z przeróbką stanowi w tym przykładzie jeden organizm gospodarczy, obliczenia będzie bardziej skomplikowane niż poprzednio.

Podobnie możemy przeprowadzić rozważania i dla kombinatu produkującego już gotowy metal. Rozważania przeprowadzimy w granicach od minimalnej zawartości metalu w koncentracie wymaganej przez hutę aż do maksymalnej — do osiągnięcia zawartości metalu w koncentracie. Tok rozważań powinien objąć podobne wielkości jak przy poprzednim przykładzie uzupełnione specyficznymi wskaźnikami, np. roczna produkcja metalu, koszt produkcji 1 t metalu, użycie hutniczy. Optymalne wielkości średniej i brzożnej zawartości w rudzie ustalamy jak poprzednio. Problem kopalnia — hutnia (np. otrzymywanie rąci) można zmieścić w tym schemacie po pewnych uproszczeniach co do toku rozważań.

PROBLEM METALI WYSTĘPUJĄCYCH W FORMIE DOMIESZEK

Szereg metali otrzymuje się nie z samodzielnymi rud, lecz przeważnie lub wyłącznie z domieszek, które towarzyszą innym rudom czy surowcom mineralnym.

Jeżeli występują one w formie własnych rud, wtedy tok ustalania zawartości metalu w nich nie różni się od przytoczonych poprzednio rozważań. Można wymienić metale, które otrzymuje się z domieszek, oraz przeciętne wielkości ich zawartości będące przedmiotem zainteresowania. Przykładem takich metali są tzw. platinowce (osm, iryd, palad, rod, ruten) Większość metali — domieszek występuje wspólnie z jakimś metalem przewodnikiem np. Cd razem z Zn, Ag razem z Cu lub Pb. Zawartość domieszki liczymy przeważnie w stosunku do składnika głównego.

Czasami zdarza się, że nie można ustalić związku ze składnikiem przewodnikiem. Przeciętne zawartości metali występujących jako domieszki budzące zainteresowanie wyglądają następująco: kadm — 0,05%, srebro — 0,005%, bizmut — 0,1%, ziemie rzadkie — 0,1%, german — 0,005%, gad — 0,005%, ind — 0,01%, tal — 0,01%, selen — 0,01%, tellur — 0,1, ren — 0,001%, cez — 0,01%, rubid 0,1%, hafn — 0,01%.

Bardzo często otrzymuje się również z domieszek złoto od 0,00005%, tj. 0,5 g/t, platynę — 0,00001% (0,1 g/t), kobalt — 0,01%, molibden — 0,01%, wanad — 0,05% V_2O_5 . Oprócz tego inne metale mogą być też w polimetalicznych złotach traktowane bądź jako domieszki, bądź jako współwystępujące główne metale.

Obliczenia średniej i brzożnej zawartości metalu w złotach polimetalicznych są bardziej skomplikowane niż przy złotach monometalicznych, opierają się jednak na założeniach podanych poprzednio oraz na ustaleniu warunków wartości równoważników poszczególnych metali. Analogicznie wygląda zagadnienie domieszek lub jako odwrotne zadanie domieszek szkodliwych. Podobnie też ustala się ceny za domieszki.

Powyższe zasady wyliczeń mogą mieć też zastosowanie do wyliczeń średnich i brzożnych zawartości innych niemetalicznych surowców mineralnych. Wyliczenie średniej i brzożnej zawartości metalu w rudzie dokonuje się w stadium wstępnego i szczegółowego rozpoznawania złoża, czasem w stadium rozpoznawania eksploatacyjnego.

Jeżeli chodzi o techniczną stronę zagadnienia wyliczeń, może się nasunąć uwaga, że będą one bardzo pracochłonne. Ponieważ jednak takie wyliczenia są konieczne dla właściwego ustalania omawianych wielkości, można zaprzęgnąć do wyliczeń całą nowoczesną technikę od maszyn do liczenia, aż do elektronowych maszyn.

Z powyższych rozważań wynika, że konieczność rewizji i ustalenia w Polsce właściwych cen metali, gdyż da to z kolei możliwość wyliczenia właściwych średnich i brzożnych zawartości metali w złocie. Prawidłowo ustalone ceny metali określałyby decyzję, kosztem jakich nakładów należy produkować metal z krajowych rud. Następnie należałoby opracować instrukcję o ustalaniu średniej i brzożnej zawartości metalu w rudzie i na jej zasadach dokonywać ustalenia tych wielkości i obliczeń zasobów złóż.

LITERATURA

1. Carlisle D. — Economic aspects of the definition of ore. Bull. Inst. Min. Metall, vol. 64, nr 577, p. 98—99. London 1954.
2. Dembowski J. — Niektóre ekonomiczne problemy eksploatacji i wzbogacania rud miedzi. „Przegląd Górniczy“ t. XII, nr 9, s. 347—351, Katowice 1956.
3. Kryżow L. W. — Oprzedialeniye brakowocznyh granic balansowych zasopow. „Gornyj žurnal“ nr 7, s. 17—23, Leningrad 1952.
4. Paley W. S. — Resources for Freedom. New York 1953.
5. Prokopiew A. P. — Okontsurowanije rudnyh tieł pri podczetie zasopow. Gosgeoltechizdat, Moskwa 1955.
6. Stępiński W. — Określenie najkorzystniejszej średniej zawartości metalu w rudzie surowej. Archiwum Górnictwa i Hutnictwa. T. I, z. 3/4, s. 257—260. Warszawa 1953.

7. Stępiński W. — Określenie najkorzystniejszej ekonomicznie zawartości metalu w koncentracie. „Przegląd Górniczy“ t. XI, nr 11, s. 417—420. Katowice 1955.

8. Wilk K. — Określenie najniższej zawartości przemysłowej metalu w rudzie „Rudy i metale nieżelazne“ nr 2, s. 34—39. Katowice 1955.