

Jan B. TOMASZEWSKI, Ferdynand ZACZEK

Gal w złożu rud miedzi monokliny przedsudeckiej

WSTĘP

Poszukiwania geologiczne oraz roboty górnicze, prowadzone od wielu lat przy rozpoznaniu złoża rud miedzi monokliny przedsudeckiej, dostarczyły całego szeregu danych o budowie geologicznej tego obszaru. Prace te koncentrowały się głównie w środkowej części monokliny, tj. w rejonie Lubin — Sieroszowice.

Wśród wielu problemów geologicznych dotyczących tego złoża istotne znaczenie ma zagadnienie pierwiastków towarzyszących miedzi oraz pierwiastków rzadkich. Jest to ważne z punktu widzenia wykorzystania złoża oraz określenia jego genezy. Obecność określonych pierwiastków w złożu i ich wzajemne powiązanie determinowane są bowiem całym szeregiem procesów geochemicznych. Dotychczas dokładniej poznane zostały pierwiastki wykazujące geochemiczne powiązania z miedzią, a tym samym rokujące nadzieję na ich odzysk. Są to między innymi: srebro, kobalt, nikiel, molibden, cynk i ołów.

Jednym z pierwiastków, którego wzbogacenia (ze względu na jego chalkofilność) należałoby oczekiwać w procesach przeróbki rudy miedzi jest gal. Uzyskane wyniki doświadczeń nie potwierdzają jednak tej tezy, gdyż w sieciach krystalograficznych minerałów ilastych, występujących w cechsztyńskich złożach rud miedzi, gal zastępowany jest prawdopodobnie przez glin. Jest to spowodowane zbliżoną wielkością ich promieni jonowych: Al^{3+} — 0,57 Å, Ga^{3+} — 0,61 Å (L. A. Borisienok, 1971; C. Harańczyk, 1972; K. Smulikowski, 1952; F. Zaczek, 1966). Potwierdzają to przeprowadzone badania statystyczne.

Materiał wyjściowy do badań stanowiły wyniki analiz chemicznych (wykonanych w laboratoriach Przedsiębiorstwa Geologicznego w Krakowie oraz Zakładu Doświadczalnego przy KGHM w Lubinie) próbek pobranych z rdzeni otworów geologicznych oraz ociosów wyrobisk górniczych. W opracowaniu uwzględniono 329 wyników analiz chemicznych próbek, w których oznaczono zawartość Ga i Al_2O_3 . Stosując metody statystyki matematycznej przeanalizowano zmienność zawartości galu w poszczególnych seriach skał złożowych oraz określono związki zachodzące między zawartością Ga i Al_2O_3 .

KONCENTRACJA GALU W UTWORACH ZŁOŻOWYCH

W omawianym złożu wyróżnia się trzy litologicznie różne serie osadów zmineralizowanych siarczkami miedzi. W spągu leży seria piaskowcowa reprezentowana przez szare, drobnoziarniste piaskowce. Geneza i wiek tych skał do chwili obecnej są problemem dyskusyjnym (J. B. Tomaszewski, 1962). Część badaczy zalicza je do czerwonego spągowca, inni zaś widzą w nich sediment transgresji cechsztyńskiej. O zróżnicowaniu tej serii w profilu pionowym decyduje przede wszystkim skład mineralny i charakter spoiwa. W spągu występuje głównie spoiwo ilaste typu kontaktowego, przechodzące stopniowo ku górze (poprzez ilasto-węglanowe) w spoiwo węglanowe typu podstawowego i porowego (kalcyt i dolomit). Na piaskowcach leży seria łupkowa. Wyróżnia się w jej obrębie kilka litologicznie różnych warstewek. Są to (idąc od spągu) łupki ilasto-piaszczyste, warstewka dolomitu (tzw. dolomit graniczny), łupki ilaste (tzw. łupek smolący) oraz łupki ilasto-dolomityczne i dolomitczno-ilaste (J. Jarosz, 1968). Poszczególne warstewki serii łupkowej mają ograniczony zasięg poziomy. Trzecia z kolei (występująca w stropie złoża) seria węglanowa reprezentowana jest przez dolomity ilaste, dolomity, wapienie oraz ich ogniwa przejściowe.

Najniższą zawartością galu w przebadanym profilu charakteryzuje się seria piaskowcowa. Średnia arytmetyczna ze wszystkich analiz jest tu prawie równa klarkowi galu, który wg K. Smulikowskiego (1952) wynosi 15 g/t. Zawartość tego pierwiastka w poszczególnych próbkach piaskowców w wypadkach skrajnych waha się od 2 do 28 g/t. Częstość występowania Ga i Al_2O_3 w poszczególnych klasach ilustrują krzywe na fig. 1A. Seria piaskowcowa charakteryzuje się również najniższą średnią zawartością Al_2O_3 .

Najwyższa zawartość galu stwierdzona została natomiast w serii łupkowej (tab. 1). W skrajnych wypadkach waha się ona w szerokich granicach, bo od 7 do 60 g/t (fig. 1B). Przeważająca ilość wyników (62%) mieści się w stosunkowo wąskim przedziale wartości, tj. od 20 do 40 g/t.

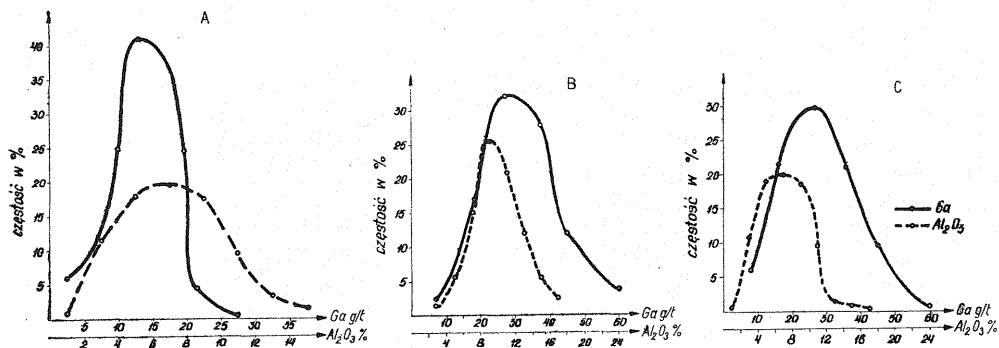


Fig. 1. Krzywe częstości występowania Ga i Al_2O_3 w seriach: piaskowcowej (A), łupkowej (B) i węglanowej (C)

Curves showing the frequency of the occurrence of Ga and Al_2O_3 in sandy (A), shaly (B), and carbonate (C) series

Tabela 1

Parametry statystyczne zawartości Ga i Al_2O_3 w złożu rud miedzi

Seria	Składnik	Wartość średnia \bar{x}	Odchylenie średnie S	Współczyn- nik zmien- ności V	Wartość modalna M
Węglanowa	Ga	26	10,99	42,3	25,9
	Al_2O_3	7,18	2,98	41,5	8,7
Łupkowa	Ga	31	9,12	29,4	28,1
	Al_2O_3	10,16	2,67	26,3	10,7
Piaskowcowa	Ga	14	3,01	21,5	13,5
	Al_2O_3	4,70	1,07	22,8	4,9

Pośrednią zawartością galu charakteryzuje się seria węglanowa. W poszczególnych próbkach zawartość jego wynosi od 6 do 60 g/t (fig. 1C). W serii tej występuje również, nie spotykany w innych seriach, bardzo duży rozrzut wyników. Rozkłady zawartości Ga i Al_2O_3 (fig. 1A — 1C) na podstawie kryterium Kołmogorowa można uznać za normalne (W. Okta-
ba, 1965; W. M. Piatnikow, 1964).

W toku dalszej analizy statystycznej obliczono dla poszczególnych serii odchylenia średnie (S), współczynniki zmienności (V) oraz wartości modalne (M) zawartości Ga i Al_2O_3 . Na podstawie współczynników zmienności, stosując klasyfikację W. M. Kreitera (R. Krajewski, 1955) można stwierdzić, że serie piaskowcowa i łupkowa charakteryzują się równomiernym rozmieszczeniem Ga i Al_2O_3 , natomiast w serii węglanowej rozmieszczenie jest nierównomierne. Fakt ten znajduje swe uzasadnienie w różnym rozmieszczeniu minerałów ilastych w poszczególnych seriach. Ogólnie można stwierdzić, że zmienność występowania Ga i Al_2O_3 wzrasta ku stropowi złoża.

KORELACJA MIĘDZY ZAWARTOŚCIĄ Ga I Al_2O_3

Przesłanki geochemiczne, jak również podobieństwo parametrów statystycznych sugerują istnienie zależności między zawartością Ga i Al_2O_3 w badanych skałach. Potwierdzają to również dane zestawione w tab. 2 i 3. Z danych tych wynika, że w miarę wzrostu zawartości glinu w skałach złożowych wzrasta również zawartość galu. W celu sprawdzenia tej zależności oraz określenia jej siły wyliczono dla poszczególnych serii współczynniki korelacji (r), współczynniki regresji (b) oraz równania regresji (tab. 4, fig. 2).

Stosując klasyfikację J. P. Guilforda (1964) należy stwierdzić, że ko-

Tabela 2

Średnia zawartość Ga w poszczególnych przedziałach zawartości Al_2O_3 — seria łupkowa

Przedziały zawartości Al_2O_3 w % od — do	Średnia klas Al_2O_3 w %	Średnia zawartość Ga w g/t
0—5	4,40	18
5—10	8,08	28
10—15	11,52	33
15—20	16,68	34

Tabela 3

Średnia zawartość Ga w poszczególnych przedziałach zawartości Al_2O_3 — seria węglanowa

Przedziały zawartości Al_2O_3 w % od — do	Średnia klas Al_2O_3 w %	Średnia zawartość Ga w g/t
0—5	3,71	18
5—10	7,85	29
10—15	11,66	35
15—20	14,56	36

relacja Ga — Al_2O_3 w serii piaskowcowej jest słaba (zależność prawie nie nieznacząca). Najsilniejsza korelacja występuje w serii łupkowej. Według wspomnianej klasyfikacji jest to korelacja umiarkowana (zależność istotna.) W serii węglanowej zaś, biorąc pod uwagę wielkość współczynnika korelacji, mamy do czynienia z korelacją niską (zależność jest wyraźna, lecz mała).

Siłę wyliczonych korelacji sprawdzono ponadto przy pomocy testu Fishera *to*. Uzyskano wartości dość wysokie: dla serii węglanowej — 5,19, łupkowej — 7,12 i piaskowcowej — 1,56.

Tabela 4

Wskaźnik korelacji Ga — Al_2O_3

Seria	Ilość obserwacji n	Współczynnik korelacji r	Współczynnik regresji b	Równanie regresji
Węglanowa	112	0,389	1,039	$y = 1,0x + 19$
Łupkowa	109	0,489	1,489	$y = 1,5x + 16$
Piaskowcowa	108	0,139	0,296	$y = 0,3x + 13$

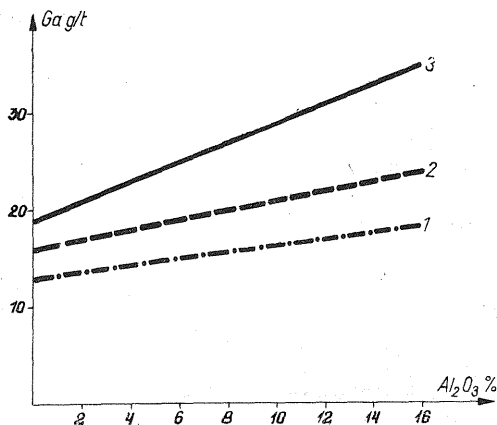


Fig. 2. Korelacja między zawartością Ga i Al_2O_3

Correlation between the contents of Ga and Al_2O_3

Serie: 1 — piaskowcowa, 2 — łupkowa, 3 — węglanowa

Series: 1 — sandy, 2 — shaly, 3 — carbonate

M. Albow (1965) postuluje przyjmowanie korelacji jako pewnej, jeżeli:

$$r \sqrt{n-1} \geq 3$$

Wartość tego wyrażenia wynosi dla serii węglanowej 4,085, a dla serii łupkowej 5,179. W obu tych wypadkach warunek korelacji jest spełniony. Dla serii piaskowcowej wartość ta jest niska i wynosi 1,432.

PODSUMOWANIE

Na podstawie wyników badań statystycznych można z dużym stopniem prawdopodobieństwa stwierdzić, że w skałach złożowych rejonu Lubin — Sieroszowice gal geochemicznie związany jest z glinem. Dotyczy to szczególnie serii łupkowej i węglanowej, a mniej serii piaskowcowej. Wydaje się, że w tym ostatnim wypadku również należy przyjąć istnienie korelacji, choć jest ona mniej pewna. Potwierdzać to może zależność między udziałem w badanej skale galu a siłą jego korelacji z glinem. Obserwuje się tu wzrost wartości współczynnika korelacji w miarę wzrostu zawartości Al_2O_3 (tab. 4). Prawidłowość ta obserwowana była również w utworach cechsztynu niecki złotoryjskiej i grodzieckiej (F. Zaczek, 1966). Ponadto korelację między glinem i galem wydają się potwierdzać bardzo podobne parametry statystyczne ich zawartości w poszczególnych seriach. Rozproszenie galu w minerałach ilastych, występujących w badanych skałach, powoduje, że metal ten przy obecnie stosowanej technologii przeróbki rud miedzi, nie może być odzyskiwany (przechodzi do odpadów). Duża stałość wartości stosunku Ga do Al w badanych seriach może również sugerować, że w okresie sedymentacji tych serii materiał terygeniczny napływał z tego samego źródła.

PIŚMIENNICTWO

- GUILFORD J. P. (1964) — Podstawowe metody statystyczne w psychologii i pedagogice. PWN, wyd. II. Warszawa.
- HARAŃCZYK C. (1972) — Mineralizacja kruszcowa dolnocechsztyńskich osadów euksynicznych monokliny przedsudeckiej. Arch. miner., **30**, p. 13—171, z. 1 i 2. Warszawa.
- JAROSZ J. (1968) — Charakterystyka mineralogiczno-petrograficzna złoża „Lubin”. Rudy i Met. niezēl., **13**, p. 625—634, nr 12. Katowice.
- KRAJEWSKI R. (1955) — Geologiczna obsługa kopalń. Wyd. Geol. Warszawa.
- ОКТАВА W. (1965) — Elementy statystyki matematycznej i metodyka doświadczalna. PWN. Łódź — Warszawa.
- PIĄTKOWSKI J. (1962) — Badania statystyczne łączyskiego złoża rudy żelaznej na podstawie wyników wierceń. Arch. Górn., **7**, p. 413—450, z. 4. Warszawa.
- SMULIKOWSKI K. (1952) — Geochemia. Warszawa.
- TOMASZEWSKI J. B. (1962) — Problemy stratygrafii monokliny przedsudeckiej. Rudy i Met. niezēl., **7**, p. 547—551, nr 12. Katowice.
- ZACZEK F. (1966) — Gal w złożu miedzi niecki zewnętrzno-sudeckiej. Rudy i Met. niezēl., **11**, p. 356—359, nr 7. Katowice.
- АЛЬБОВ М. (1965) — Опробование месторождений полезных ископаемых. Москва.
- БОРИСЕНКО Л. А. (1971) — Геохимия галлия. Изд. Московского Университета. Москва.
- ПЯТНИКОВ В. М. (1964) — Статистическая обработка геохимических поисков. Разведка и охрана недр, **10**, стр. 10—15. Москва.

Ян Б. ТОМАШЕВСКИ, Фердинанд ЗАЧЕК

ГАЛЛИЙ В МЕДНОРУДНОМ МЕСТОРОЖДЕНИИ НА ПРЕДСУДЕТСКОЙ МОНОКЛИНАЛИ

Резюме

По результатам химического анализа примерно 320 образцов, отобранных в меднорудном месторождении на Предсудетской моноклинали, определена (методом математической статистики) концентрация Ga и Al_2O_3 в трех литологически различных сериях: песчаной, сланцевой и карбонатной, а также установлена зависимость между содержанием Ga и Al_2O_3 в этих отложениях.

Пользуясь классификацией Дж. П. Гильфорда, установлено, что корреляция Ga и Al_2O_3 в песчаной серии очень слабая (почти ничего не значащая зависимость), в сланцевой серии — умеренная (существенная зависимость), а в карбонатной серии — низкая (небольшая, но четкая зависимость).

Рассеяние галлия в глинистых минералах, содержащихся в изучавшихся породах, приводит к тому, что при применяемой в настоящее время технологии переработки медных руд, не получают этого металла (идет в отходы). Большое постоянство величины отношения Ga к Al в изученных сериях может говорить о том, что в период их седиментации терригенный материал привносился из одного и того же источника.

Jan B. TOMASZEWSKI, Ferdynand ZACZEK

GALLIUM IN A COPPER ORE DEPOSIT OF THE FORE-SUDETIC MONOCLINE

Summary

Chemical analyses of about 320 samples from a deposit of copper ore in the Fore-Sudetic Monocline were used as a basis for determining, by means of mathematical statistics, Ga and Al_2O_3 concentrations in three different lithological series: sandy, shaly, and carbonate. The relationship between the contents of Ga and Al_2O_3 has also been examined.

Following classification standards introduced by J. P. Guilford (1964), the authors find that the Ga/ Al_2O_3 correlation is weak in the sandy series (relationship almost nonexistent), moderate in the shaly series (essential interrelationship), and low in the carbonate series (small but distinct interrelationship).

The dispersion of gallium in clayey minerals investigated here is such that in the present stage of technology, this metal cannot be obtained in the course of copper ore processing, and thus remains one of the waste materials. The generally high proportion of Ga to Al in the series investigated here seems to indicate that during the sedimentation of these series, terrigenous material was transported from the same source.