

Krzysztof LASOŃ¹

GEOCHEMIA MOLIBDENOWO-WOLFRAMOWEGO ZŁOŻA PORFIROWEGO MYSZKÓW

(z 3 fig.)

GEOCHEMISTRY OF THE MOLYBDENUM–TUNGSTEN PORPHYRY DEPOSIT MYSZKÓW

(with 3 Figs.)

Abstract. Detailed geochemical investigations were made in Vendian and Palaeozoic rocks from 14 drill-holes penetrating Myszków deposit and its nearest vicinity (NE margin of Upper Silesian Coal Basin). On the basis of spatial distributions of 54 elements in 502 rock samples were made a geochemical characteristics of respective deposits zones. There were defined elements-pathfinders (W, Mo, Cu–Ag, K, Be?, F, Sb, Hg, Au, Pb, Ba, As, Ag, Zn–Cd, Bi, Te) and geochemical zonality for this type of mineralisation. There were also established some geochemical criteria that can be used to identify covered and concealed porphyry deposits in other perspective regions. About 2.2 km north of existing deposit perspective area for another porphyry deposit was determined.

Key words: Mo–W porphyry deposit, geochemistry, Myszków.

Abstrakt. Obiektem szczegółowych badań geochemicznych były skały wendyjskie i paleozoiczne pochodzące z 14 otworów odwierconych na obszarze złoża Myszków i w jego najbliższym otoczeniu (NE obrzeżenie Gómośląskiego Zagłębia Węglowego). Na podstawie oznaczeń zawartości 54 pierwiastków w 502 próbkach opracowano charakterystykę geochemiczną poszczególnych stref złoża, wydzielono pierwiastki wskaźnikowe dla Mo–W złoża porfirowego oraz przedstawiono prawidłowości geochemiczne badanej mineralizacji. Pierwiastkami wskaźnikowymi, które mogą mieć znaczenie prognostyczne przy poszukiwaniach zakrytych złóż porfirowych Mo, są: W, Mo, Cu–Ag, K, Be?, F, Sb, Hg, Au, Pb, Ba, As, Ag, Zn–Cd, Bi i Te. Podano również wskazówki metodyczne, użyteczne przy poszukiwaniach zakrytych złóż porfirowych w innych, perspektywicznych dla tego typu mineralizacji obszarach, oraz wskazano na możliwość występowania takiego złoża w odległości około 2,2 km na północ od obecnie stwierdzonego.

Słowa kluczowe: Mo–W złożo porfirowe, geochemia, Myszków.

¹ Państwowy Instytut Geologiczny, Oddział Gómośląski, ul. Królowej Jadwigi 1, 41-200 Sosnowiec

WSTĘP

Prowadzone w latach osiemdziesiątych przez Państwowy Instytut Geologiczny prace poszukiwawcze na obszarze Myszków–Mrzygłód (północno-wschodnie obrzeżenie Górnośląskiego Zagłębia Węglowego) doprowadziły do odkrycia w okolicach Myszkowa zakrytego i pogrzebanego złoża porfirowego Mo–W z Cu. Jest to jedyne dotychczas stwierdzone złożo tego typu w Polsce. Unikatowy jest także waryscyjski wiek tego złoża, gdyż przeważająca część światowych złóż tego typu powstała na przełomie kredy i trzeciorzędu.

Badania geochemiczne porfirowego złoża Myszków miały dwa główne cele:

— charakterystykę geochemiczną tej mineralizacji, różniące się od innych mineralizacji tego typu wysokimi zawartościami wolframu,

— opracowanie na podstawie poznanych strefowości złoża i aureoli geochemicznych wokół złoża geochemicznych kryteriów oceny innych zakrytych rejonów, perspektywicznych dla wystąpienia złóż porfirowych.

Złożo Myszków jest zlokalizowane w północno-zachodniej części NE obrzeżenia Górnośląskiego Zagłębia Węglowego. Według Kotasa (1982) oraz Brochwicza-Lewińskiego i in. (1983) jest ono usytuowane na styku bloków górnośląskiego i małopolskiego, kontaktujących się wzdłuż rozłamu węglębnego Lubliniec–Kraków, stanowiącego fragment strefy tektonicznej Hamburg–Kraków. Harańczyk (1988) wyróżnia w tej strefie rozłam węglębny, który nazywa rozłamek Zawiercie–Rzeszotary. Ostatnio obszerną dyskusję poglądów na temat budowy NE obrzeżenia GZW przedstawił Buła (1994, 2000), który wykazał dwudzielność paleozoiku obu bloków oraz wyznaczył przebieg sugerowanej strefy tektonicznej. Wzdłuż tej strefy skupiają się wszystkie stwierdzone w NE obrzeżeniu GZW przejawy działalności magmowej. Kwaśne skały magmowe okolic Myszkowa i związane z nimi złożo porfirowe zlokalizowane są po stronie bloku małopolskiego.

Odkryte na SW peryferiach miasta Myszków złożo Mo–W z Cu zajmuje obszar około 0,5 km² (Piekarski i in., 1993). Jest to złożo typu sztokwerkowego, rozwinięte głównie w obrębie waryscyjskiej intruzji granodiorytowej oraz częściowo w zmetamorfizowanych wendyjsko-dolnokambryjskich skałach osłony i rozcinających je licznych dajkach dacytoidów. Na system sztokwerkowy składa się kilka generacji przecinających się żył o różnym składzie, najczęściej kwarcowo-skaleniuowo-chlorytowych, zwykle mających grubość do kilku centymetrów. Głównymi minerałami kruszcowymi są chalkopiryt, piryt, molibdenit i szelit, podrzędnie występują magnetyt, sfaleryt, galena, bornit oraz siarkosole Te, Bi i Ag. Zawartości głównych pierwiastków rudnych Mo, W i Cu w złożu są bardzo zmienne (Podemski red., 2001). Ciała rudne o nieregularnych kształtach obserwuje się na głębokości od 200 m do 1250 m.

Większość badaczy uważa, że w rejonie Myszkowa mamy do czynienia z porfirowym złożem Cu–Mo (Górecka, 1973; Karwowski, 1988; Lasoń, 1992; Chaffee i in., 1994, 1997), przy czym niektórzy (Ślósarz, 1988; Kośnik, Pieczka, 1991) podkreślają związek złoża z tzw. niskofluorowymi kompleksami magmowymi. Nieć (1988) uważa, że w okolicach Myszkowa należy oczekiwać niskofluorowego, porfirowego złoża Mo. Autorzy najnowszej publikacji na temat tego złoża (Podemski red., 2001) opisują je jako molibdenowo-wolframowe złożo porfirowe.

W niniejszej pracy zostały wykorzystane materiały z rozprawy doktorskiej autora.

MATERIAŁ BADAWCZY I BADANIA LABORATORYJNE

Badaniami geochemicznymi objęto próbki skał z 14 otworów rozmieszczonych wzdłuż dwóch prostopadłych linii przecinających złożę: Pz-24, Pz-25, Pz-29, Pz-26, Pz-27, Pz-28, Pz-32 (linia A–A') i Pz-13, Pz-11, Pz-21, Pz-25, Pz-33, Pz-30, Pz-37 i Pz-40 (linia B–B') (fig. 1). Odległość pomiędzy skrajnymi otworami wzdłuż linii A–A' wynosi 800 m, a pomiędzy poszczególnymi otworami 100–240 m. Odległość pomiędzy skrajnymi otworami wyznaczającymi linię B–B' wynosi 3135 m, przy czym dwa z nich, Pz-40 i Pz-37, położone są w znacznej odległości od pozostałych. Odległość pomiędzy otworami Pz-40 i Pz-37 wynosi 1160 m, pomiędzy otworami Pz-37 i Pz-30 — 615 m, a pomiędzy pozostałymi otworami wzdłuż linii B–B' od 250 m do 310 m. Głębokość badanych otworów wynosi od 1000 m (Pz-29) do 1520 m (Pz-13), najczęściej 1200–1260 m.

Z każdego wytypowanego do badań otworu pobierano co 30 m próbkę z jednorodnego, pięciometrowego kompleksu skał. W sumie do badań geochemicznych pobrano 502 próbki, które były analizowane na zawartość 54 pierwiastków w Centralnym Laboratorium Państwowego Instytutu Geologicznego w Warszawie i w laboratorium US Geological Survey w Denver. Wykorzystano dwa rodzaje próbek: ciągłe próbki bruzdowe i punktowe próbki kawałkowe. Sposób rozdrobnienia i przygotowania próbek do analizy był w obu laboratoriach taki sam. Próbki były kruszone mechanicznie do frakcji 2–3 mm, kwartowane do wagi około 0,5 kg, następnie rozdrabniane do frakcji 0,2 mm i pomniejszane do wagi 125 g. Próbki o wadze 125 g mielono w pulweryzatorze agatowym do frakcji <0,06 mm. Rozkład próbek dla oznaczeń składników głównych przeprowadzano w zamkniętych systemach mikrofalowych w mieszaninie HNO₃, HCl, HF z dodatkiem H₃BO₃. Dla oznaczeń pierwiastków śladowych rozkład próbek przeprowadzano w systemie otwartym w mieszaninie HNO₃, HF, HClO₄ oraz po odparowaniu — w HCl i H₃BO₃.

Ciągłe próbki bruzdowe były pobierane z otworów wyznaczających linię B–B' (fig. 1). Składały się one z 0,5-metrowych połówek rdzenia o wadze około 5 kg, przeciętego równolegle do jego osi. Próbki te były analizowane na zawartość 46 pierwiastków w laboratorium FIG. Zawartość Be, Ce, Co, Cr, Ga, La, Nb, Nd, Ni, P, S, Sc, Y, Yb, Sm, Eu, Pr, Gd, Dy, Er, Ho, Lu, Tb, Tm oznaczono metodą ICP-AES przy pełnym rozpuszczeniu próbek; Ag, Al, Au, Ca, Cu, Fe, K, Li, Mg, Mn, Mo, Na, Pb, Si, Ti, V, Zn — metodą absorpcji atomowej; Ba, Sr i W — metodą fluorescencji rentgenowskiej; F oznaczono metodą jonoselektywnej elektrody (ISE), a U — fluorymetrem laserowym.

Punktowe próbki kawałkowe były pobierane z otworów położonych wzdłuż linii A–A' (fig. 1). Z każdego wytypowanego do badania jednorodnego, pięciometrowego kompleksu skał pobierano pięć próbek o wadze około 0,5 kg. Próbki te były analizowane w laboratorium USGS na zawartość 43 pierwiastków. Zawartość Al, Ba, Be, Ca, Ce, Co, Cr, Cu, Fe, Ga, K, La, Li, Mg, Mn, Mo, Na, Nb, Nd, Ni, P, Pb, Sc, Sr, Th, V, Y, Yb, Zn oznaczono metodą ICP-AES przy pełnym rozpuszczeniu próbek; Ag, As, Bi, Cd, Sb — metodą ICP-AES przy rozpuszczeniu cząstkowym; Au, Hg, Tl, Te — metodą absorpcji atomowej; Si i Ti — metodą fluorescencji rentgenowskiej; W — metodą fotospektrometrii, a S — techniką spalania. Stratę prażenia określono metodą grawimetryczną.

Oznaczenia zawartości As, Bi, Cd, Hg, Sb, Te, Tl i wartości straty prażenia we wszystkich badanych próbkach wykonano w laboratorium USGS, zawartości F i U oznaczono w laboratorium FIG.

Próbki skał z otworów Pz-37 (bruzdowe) i Pz-25 (bruzdowe i kawałkowe) były badane w obu laboratoriach. Porównanie wyników analiz chemicznych tych samych próbek uzyskanych w obu laboratoriach wykazało ich zgodność. Natomiast sposób pobierania próbek (bruzdowo lub punk-

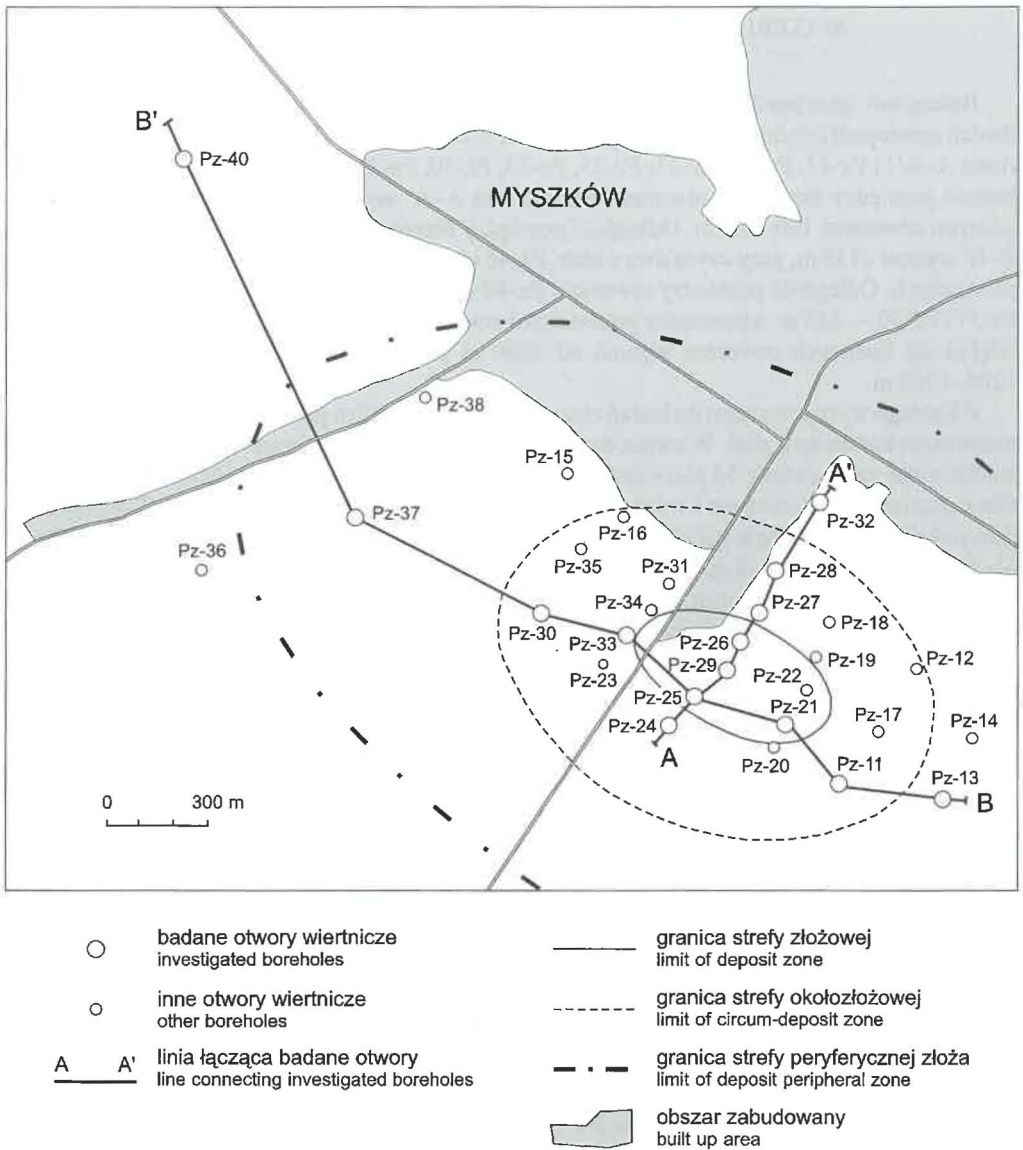


Fig. 1. Lokalizacja badanych otworów oraz granice wyznaczonych stref złoża

Location of investigated boreholes and deposit zones

towo) miał wpływ na uzyskiwane wyniki zawartości W, Pb, Mo, i Ba. Spowodowane jest to nierównomiernym, „gniazdowym” rozmieszczeniem minerałów tych pierwiastków w badanych skałach. Różnice zawartości tych pierwiastków w pojedynczych próbkach nie miały znaczenia przy opracowywaniu ogólnej strefowości geochemicznej złoża (Lasoń, 2000).

INTERPRETACJA DANYCH ANALITYCZNYCH

Przeprowadzone badania geochemiczne wykazały, że spośród 54 analizowanych pierwiastków 24 (Si, Ca, Na, K, Mn, S, Cu, Pb, Zn, Ba, Sr, F, Mo, W, Ag, Bi, As, Sb, Cd, Te, Tl, Be, Au, Hg) występuje w badanych skałach w ilościach znacznie odbiegających od zawartości przeciętnych, podawanych dla niezmineralizowanych granodiorytów i dacytów oraz aleurytów i łupków przez Saukowa (1975), Taylora i McLennana (1985) oraz Polańskiego (1988). Sugeruje to ich związek z procesami mineralizacji kruszcowej lub przeobrażeniami hydrotermalnymi skał. Zestawienie zawartości tych pierwiastków, z uwzględnieniem litologii badanych próbek, przedstawia tabela 1.

Tabela 1

Ponadklarkowe zawartości pierwiastków w próbkach ze złoza Myszków

Elements enriched above crustal abundances in core samples from the Myszków deposit

Składnik	Skaly metaosadowe (n = 203)	Granodioryty, granity (n = 185)	Dacyty, ryolity (n = 114)
[% wag.]			
SiO ₂	$\frac{49,4-71,6}{63,2}$	$\frac{67,1-78,3}{71,7}$	$\frac{57,6-75,3}{68,9}$
CaO	$\frac{0,39-5,18}{1,17}$	$\frac{0,83-2,93}{1,66}$	$\frac{0,61-3,75}{1,89}$
MnO	$\frac{0,03-0,27}{0,09}$	$\frac{0,01-0,14}{0,03}$	$\frac{0,02-0,25}{0,05}$
Na ₂ O	$\frac{0,14-4,04}{2,33}$	$\frac{1,08-4,32}{2,64}$	$\frac{1,17-6,84}{3,36}$
K ₂ O	$\frac{2,23-8,19}{4,19}$	$\frac{2,77-6,26}{4,34}$	$\frac{1,53-5,73}{3,67}$
S	$\frac{0,03-3,52}{0,33}$	$\frac{0,03-1,04}{0,32}$	$\frac{0,01-2,30}{0,33}$
[ppm]			
Cu	$\frac{14-11000}{424}$	$\frac{31-4300}{734}$	$\frac{18-9100}{541}$
Pb	$\frac{<1-841}{17}$	$\frac{1-1160}{18}$	$\frac{1-3170}{28}$
Zn	$\frac{24-980}{94}$	$\frac{9-810}{43,1}$	$\frac{17-1070}{88,4}$
Ba	$\frac{75-1200}{472}$	$\frac{250-2400}{651}$	$\frac{60-6680}{708}$
Sr	$\frac{57-2100}{132}$	$\frac{150-550}{310}$	$\frac{129-7810}{332}$
F	$\frac{400-2900}{1232}$	$\frac{400-2000}{723}$	$\frac{300-1700}{644}$

Tabela 1 cd.

Mo	$\frac{1,2-1500}{61,7}$	$\frac{1,2-2750}{237}$	$\frac{1,2-1190}{70,1}$
W	$\frac{<10-432}{24,1}$	$\frac{<10-1521}{115}$	$\frac{<10-601}{14,1}$
Ag	$\frac{<0,1-7,8}{0,36}$	$\frac{<0,1-7,3}{0,58}$	$\frac{<0,1-14}{0,66}$
Bi	$\frac{<1-290}{1,11}$	$\frac{<1-68}{1,18}$	$\frac{<1-99}{1,94}$
As	$\frac{<1-124}{1}$	$\frac{<1-14}{<1}$	$\frac{<1-36}{1,46}$
Sb	$\frac{<1-12}{<1}$	$\frac{<1-20}{<1}$	$\frac{<1-150}{1,33}$
Cd	$\frac{<0,1-7,1}{0,19}$	$\frac{<0,1-7,5}{0,19}$	$\frac{<0,1-16}{0,36}$
Te	$\frac{<0,1-29}{0,13}$	$\frac{<0,1-1,9}{<0,1}$	$\frac{<0,1-70}{0,16}$
Tl	$\frac{0,35-2,49}{1,06}$	$\frac{<0,1-60}{0,63}$	$\frac{<0,1-2}{0,83}$
Bc	$\frac{1-16,5}{2,87}$	$\frac{1,7-5}{2,82}$	$\frac{1,1-3,6}{1,92}$
Au	$\frac{<0,001-0,014}{0,02}$	$\frac{<0,001-0,040}{0,002}$	$\frac{<0,001-0,248}{0,003}$
Hg	$\frac{0,007-0,240}{0,021}$	$\frac{0,003-0,430}{0,017}$	$\frac{0,008-0,240}{0,023}$

zawartość minimalna – zawartość maksymalna
średnia geometryczna

n — liczba próbek

Występowanie większości wymienionych w tej tabeli pierwiastków w badanych skałach w ilościach znacznie odbiegających od klarków, czyli anomalnych, uniemożliwia obliczenie wartości dolnych granic ich anomalii metodami statystycznymi. Dla celów niniejszej pracy wartości graniczne anomalii tych pierwiastków ustalono więc na podstawie zakresu ich zawartości w badanych skałach. Dla pierwiastków głównych — Si, Ca, Na i K — za wartości anomalne uznano zawartości o 1/3 wyższe od klarków, dla pierwiastków pobocznych — Mn i S — jako dolne wartości graniczne anomalii przyjęto wartości 3-krotnie wyższe od klarków. Dla pierwiastków śladowych, których klarki są wyższe od 10 ppm — Cu, Pb, Zn, Ba, Sr i F — uznano, że dolnymi wartościami granicznymi są 5-krotne wartości klarków, dla pozostałych badanych pierwiastków śladowych (o klarkach <10 ppm) przyjęto, że dolne wartości graniczne są równe 10-krotnej wartości ich klarków. Przyjęte graniczne zawartości anomalne badanych pierwiastków przedstawia tabela 2. W dalszej części pracy terminem „anomalne” określa się zawartości wyższe od dolnych wartości granicznych anomalii dodatnich lub niższe od górnych wartości granicznych anomalii ujemnych,

Tabela 2

Graniczne zawartości anomalne badanych pierwiastków

Limits of anomalies of investigated elements

Składniki		Kwaśne skały magmowe (granodioryty, dacyty)		Skały metaosadowe (aleuryty, łupki)	
Główne [%]	SiO ₂	84,50		70,90	
	CaO	2,87	1,70*	3,64	2,15*
	Na ₂ O	4,85	2,87*	1,63	0,96*
	K ₂ O	3,99		3,45	
Podrzędne [%]	MnO	0,24	0,03*	0,33	0,04*
	S	0,12		0,66	
Śladowe [ppm]	Cu	100		175	
	Pb	100		100	
	Zn	300		425	
	Ba	4150	166*	3250	130*
	Sr	1500	60*	1000	40*
	F	4000		4350	
	Mo	10		10	
	W	15		20	
	Ag	0,5		0,7	
	Bi	2		2,5	
	As	15		130	
	Sb	2,6		15	
	Cd	1,0		2,5	
	Te	0,1		1,0	
	Tl	15		10	
	Be	55		30	
	Au	0,05		0,03	
Hg	0,2		3,0		

* górne granice anomalii

podanych w tabeli 2. Zawartości pierwiastków, które odbiegają od zawartości powszechnie stwierdzanych w danym środowisku geochemicznym, a nie przekraczają wartości granicznych podanych w powyższej tabeli, określane są jako „podwyższone” lub „obniżone”.

Dla celów interpretacji geochemicznej omawiane złożo i przylegające do niego skały podzielono na trzy eliptyczne strefy: złożową, okołozłożową i peryferyczną (fig. 1).

Strefa złożowa, o dominującej mineralizacji Mo–W, obejmuje obszar, w którym stwierdzono występowanie co najmniej 10-metrowych interwałów o zawartościach molibdenu i wolframu wyższych od 500 ppm. Strefa ta zajmuje powierzchnię 300x600 m wokół centrum mineralizacji (otwór Pz-29) i jest mniejsza od wydzielonego przez Muchę i in. (1994) na podstawie zawartości Mo ekwiwalentnego (Mo + 1,5 W + 0,3 Cu) obszaru złoża bilansowego (550x900 m). Badane

otwory Pz-29, Pz-25, Pz-26 i Pz-21 nawiercają centralną część ciała granitoidowego, związane z nimi dajki porfirów i otaczające intruzyw skały metaosadowe.

Strefa okołozłożowa obejmuje obszar od granic wydzielonej strefy złożowej do około 450–700 m od centrum mineralizacji (otwór Pz-29). W strefie tej zanikają wysokie zawartości Mo i W, dominująca staje się mineralizacja Cu o zawartościach zawsze wyższych od 500 ppm, często przekraczających 1000 ppm. Badane otwory: Pz-24, Pz-27, Pz-28, Pz-33, Pz-30 i Pz-11 nawiercają marginalne partie intruzywu, dajki porfirów i dalej od intruzywu położone skały metaosadowe.

Strefa peryferyczna rozciąga się od granic strefy okołozłożowej do około 1200 m od centrum mineralizacji. Strefa ta w całości znajduje się poza obszarem złoża okonturowanego przez Piekarskiego i in. (1993). W granicach tej strefy odwiercono badane otwory Pz-13, Pz-32 i Pz-37, które nawiercają głównie skały metaosadowe i dajki porfirów, niekiedy znacznej miąższości. Granitoidy występują jedynie w spagowych partiach najgłębszych otworów.

Uzyskane dane geochemiczne wykazały znaczne różnice w zawartościach badanych pierwiastków w próbkach skał pochodzących z otworów Pz-40 i Pz-37. Dlatego uznano, że otwór Pz-40 znajduje się poza aureolą geochemiczną złoża Myszków i przy interpretacji geochemicznej był traktowany oddzielnie (fig. 1).

GEOCHEMICZNA CHARAKTERYSTYKA ZŁOŻA I JEGO OTOCZENIA

GRUPY GENETYCZNE PIERWIASTKÓW

Współczynniki korelacji parzystej (r) wszystkich badanych składników (macierze współczynników korelacji — Lasoń, 1998) z reguły są niskie, wartości wyższe od 0,8 osiągają jedynie pierwiastki zależne od czynnika litologicznego. Obserwacja zróżnicowania ich wartości w poszczególnych partiach złoża i jego otoczenia w połączeniu z interpretacją monopierwiastkowych przekrojów geochemicznych (*op. cit.*) i wynikami analizy czynnikowej (Chaffee i in., w: Podemski red., 2001) pozwoliła na uszeregowanie wszystkich badanych pierwiastków w trzech podstawowych grupach genetycznych. W skład pierwszej grupy wchodzi pierwiastki, których zróżnicowanie zawartości jest spowodowane czynnikiem litologicznym, do drugiej grupy zaliczono pierwiastki związane z mineralizacją kruszcową, natomiast trzecią grupę tworzą pierwiastki związane z przeobrażeniami hydrotermalnymi skał.

Pierwiastki zaliczone do pierwszej grupy: Al, Mg, Fe, Ti, P, Ni, Co, Cr, Th, V, Li, Nb, Ga, Sc i REE nie wykazują żadnego związku z mineralizacją kruszcową, nie mogą więc być wykorzystane jako wskaźnikowe przy poszukiwaniu złóż porfirowych, mogą być natomiast pomocne przy analizie porównawczej zjawisk magmowych w NE obrzeżeniu GZW lub przy próbach korelacji litogeochemicznych. Zwraca uwagę związek Fe z pierwiastkami tej grupy (r od 0,65 do 0,95) i brak, pomimo powszechnej obecności pirytu, korelacji tego pierwiastka z pierwiastkami związanymi z mineralizacją kruszcową. Spowodowane jest to nieobecnością w tym złożu jednolitej aureoli pirytowej, powszechnej w innych złożach porfirowych. W złożu Myszków pirytyzacja występuje nieregularnie we wszystkich wydzielonych strefach.

Wśród pierwiastków grupy drugiej umownie wyróżniono dwie podgrupy: pierwiastki głównie, wysokotemperaturowego stadium mineralizacji koncentrujące się w centrum intruzji i najbliższym jej otoczeniu oraz pierwiastki wchodzące w struktury minerałów krystalizujących

w niższych temperaturach, w pewnej odległości od centrum mineralizacji. Do pierwiastków wysokotemperaturowego etapu mineralizacji kruszczowej zaliczono przede wszystkim Mo, W i Cu oraz S i Ag. W marginalnych partiach stref o wysokich zawartościach tych pierwiastków obserwuje się występowanie podwyższonych zawartości Be i F. Współczynniki korelacji obu tych pierwiastków z wymienionymi wyżej pierwiastkami drugiej grupy są niskie, co wskazuje na brak bezpośredniego związku tych pierwiastków z głównym etapem mineralizacji kruszczowej. Z etapem wysokotemperaturowym związana może być również część As i Bi. Do składników niskotemperaturowego etapu mineralizacji zaliczono Pb, Zn, Sb, Cd, Au, Hg, Tl, Te oraz Ag, As, Bi, S (wymienione w poprzedniej podgrupie), a także Ba, Sr i Mn (związane również z przeobrażeniami hydrotermalnymi skał).

Do trzeciej grupy pierwiastków, związanych z przeobrażeniami hydrotermalnymi skał, zaliczono K, Ca, Na, Sr oraz częściowo Ba, Mn i Si.

GEOCHEMICZNE PRAWIDŁOWOŚCI ZŁOŻA

Przestrzenne rozmieszczenie pierwiastków związanych z mineralizacją kruszczową i pierwiastków związanych z przeobrażeniami skał wskazuje na obecność w złożu Myszków strefowości, która może być wykorzystana przy ocenie innych zakrytych obszarów perspektywicznych dla wystąpienia tego typu mineralizacji.

Strefy występowania pierwiastków, których zmiany zawartości zależne są od innych czynników niż litologia, przedstawia figura 2. Większość tych pierwiastków występuje w różnych ilościach we wszystkich wydzielonych partiach złoża, na figurze zaznaczono więc jedynie strefy, w których pierwiastki te tworzą wyraźne ciągle (dodatnie lub ujemne) anomalie lub też w których grupują się pojedyncze, anomalne punkty, które powodują wyraźny wzrost (lub spadek) średniej zawartości danego pierwiastka w tym obszarze. Dla głównych pierwiastków rudnych (Cu, Mo, W, S) i K przedstawiono jedynie strefy występowania ich maksymalnych zawartości.

Zakresy i średnie zawartości pierwiastków uznanych za potencjalnie wskaźnikowe dla porfirowego złoża Myszków przedstawia tabela 3.

Za podstawowe pierwiastki wskaźnikowe badanej mineralizacji uznano główne pierwiastki rudne — Mo, W i Cu. Pierwiastki te tworzą szerokie i silne anomalie geochemiczne w całym badanym obszarze lub znacznej jego części. Praktycznie wszystkie stwierdzone zawartości Cu są znacznie wyższe od klarków, co świadczy o tym, że anomalia miedziowa wykracza poza obszar okonturowany badanymi otworami. Ciągłe anomalie Mo obserwuje się w całym badanym obszarze, za wyjątkiem skał z otworu Pz-32 (fig. 1), który został odwiercony poza strefą anomalnych zawartości tego pierwiastka. Ciągła anomalia W jest ściśle przywiązana do ciała granitoidowego i jego najbliższego otoczenia, ale wąskie anomalne strefy lub pojedyncze punkty o zawartości W > 10 ppm obserwowane są w skałach ze wszystkich badanych otworów.

Do pierwiastków charakterystycznych dla strefy złożowej (do 300 m od centrum mineralizacji Mo–W) zaliczono również potas oraz srebro.

Według Lowella i Guilberta (1970) w złożach porfirowych Cu i Mo–Cu można wyróżnić cztery główne strefy przeobrażeń: potasową, propylityzacji, argilityzacji i fyllityzacji. W skałach okolic Myszkowa strefy przeobrażeń propylitowych, fyllitowych i argilitowych występują jedynie sporadycznie w niektórych partiach rdzenia z otworów odwierconych w strefach okołozłożowej i peryferycznej. Dominują natomiast przeobrażenia potasowe z ortoklazem i w mniejszym stopniu biotytem, które występują głównie w żyłach i ich krawędziach, a lokalnie w postaci przeobrażeń

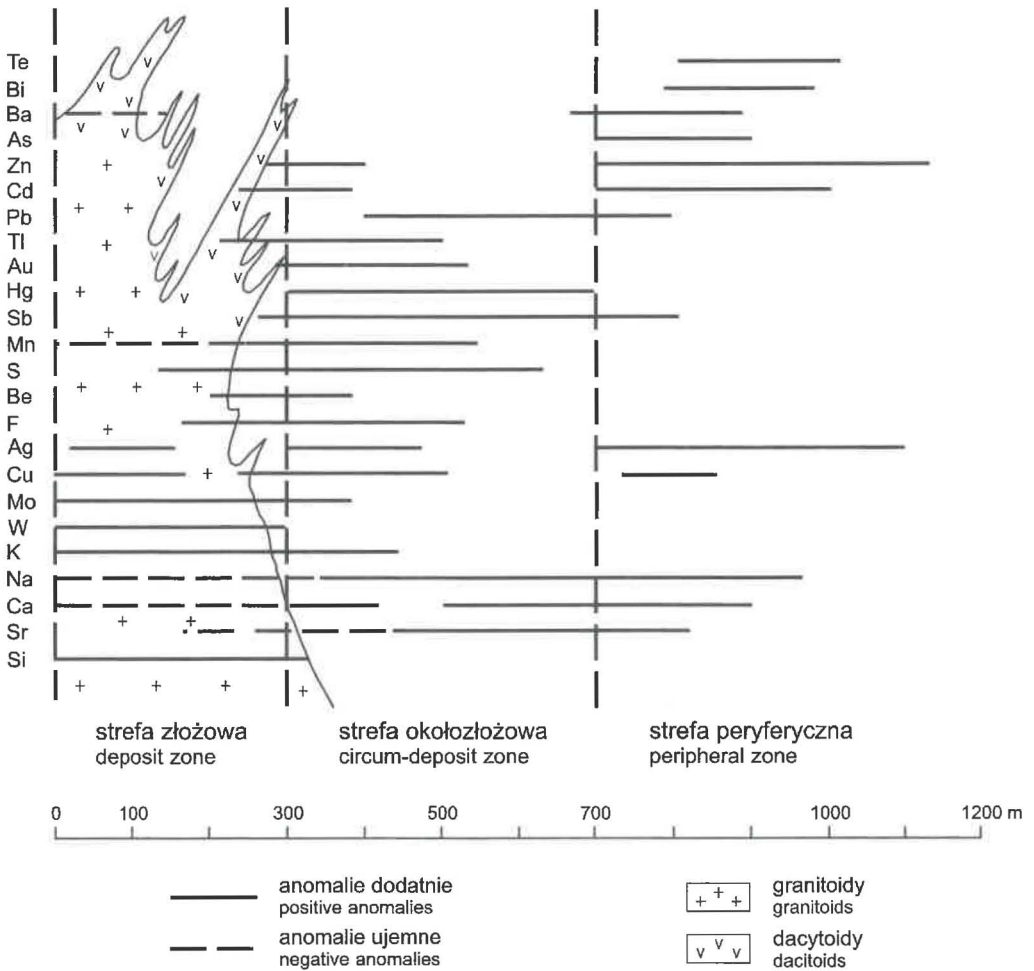


Fig. 2. Strefy występowania pierwiastków wskaźnikowych w złożu Myszków (wg Lasonia w: Podemski, red., 2001)

Schematic zoning of elements-pathfinders in the Myszków deposit (after Lason in: Podemski ed., 2001)

przenikających całą masę skał otaczających żyły. Strefa przeobrażeń potasowych obejmuje górną partię intruzywu granitoidowego oraz lokalnie otaczające sztok skały metaosadowe i znaczną część dacytoidów. Najwyższe zawartości potasu (>4% K_2O) występują w promieniu do 480 m od centrum mineralizacji (otwór Pz-29), przy czym w kierunku południowym strefa wysokich zawartości K nie została okonturowana i może kontynuować się na większym obszarze. Strefa przeobrażeń potasowych obejmuje całą strefę złożową i około 180 m przylegającej do niej strefy okołożłowej. Wysokie zawartości Mo, W i Cu są ściśle związane ze strefą potasową, chociaż nie stwierdzono znaczących korelacji pomiędzy potasem a tymi pierwiastkami, co sugeruje brak

bezpośrednich związków czasowych pomiędzy procesami metasomatozy skalenkowej i głównym etapem mineralizacji kruszcowej.

Według Westry i Keitha (1981) przeobrażenia potasowe mają miejsce w złożach porfirowych molibdenu przed, w czasie i po mineralizacji molibdenowej. Ścisłe związki przestrzenne pomiędzy K a Mo obserwowane są w takich złożach, jak Climax i Urad–Henderson (złoża wysokofluorowe, alkaliczno-wapniowe), w większości złóż kanadyjskich, głównie niskofluorowych, wapienno-alkalicznych (Soregaroli, Sutherland Brown, 1976) oraz w kilku złożach rosyjskich (Borzina, Sotnikov, 1977).

W obszarach występowania maksymalnych zawartości potasu obserwuje się podwyższone zawartości talu, chociaż najwyższe zawartości tego pierwiastka występują w marginalnych partiach strefy przeobrażeń potasowych, czyli w strefie okołozłożowej.

Występowanie podwyższonych zawartości srebra obserwuje się praktycznie we wszystkich strefach złoża Myszków. Zarówno w strefie złożowej, jak i w strefie okołozłożowej anomalnie, wyższe od >1 ppm, zawartości Ag pokrywają się ze strefą wysokich zawartości Cu. Związki korelacyjne Ag z Cu ($r = 0,70-0,66$) i brak takich związków z Pb wskazują, że srebro w strefie złożowej i okołozłożowej występuje głównie w postaci domieszki w chalkopirycie. Oprócz srebra jako domieszki w chalkopirycie występują prawdopodobnie także pewne ilości bizmutu i arsenu.

Dla strefy złożowej charakterystyczne są również wyższe zawartości krzemionki, która pośrednio jest wskaźnikiem stopnia użyczenia sztokwerku.

Dla wydzielonej strefy złożowej charakterystyczne są natomiast słabe, ujemne anomalie pierwiastków związanych z przeobrażeniami skał: Ca, Na, Mn i częściowo Ba. Trochę inaczej zachowuje się w badanym środowisku stront, którego obniżone zawartości obserwuje się w strefach kontaktów skał metaosadowych ze skałami intruzji granitoidowej, natomiast centralne partie intruzywu charakteryzują się klarkowymi zawartościami tego pierwiastka. Pierwiastki te prawdopodobnie zostały odprowadzone ze strefy złożowej w trakcie metasomatozy potasowej, głównie podczas procesów zastępowania plagioklazów przez skałki potasowe. Najwyższe zawartości tych pierwiastków obserwuje się w strefie peryferycznej i okołozłożowej (Ca, Na, Ba, Sr) oraz strefie przejściowej pomiędzy strefą złożową i okołozłożową (Mn). Wyraźny stopniowy wzrost współczynnika korelacji Ba–K i Sr–Na w miarę oddalania się od centrum mineralizacji Mo–W sugeruje możliwość określania odległości od centrum złoża porfirowego na podstawie obserwacji zawartości Ba w skałkach potasowych i Sr w plagioklazach. Hipoteza ta wymaga potwierdzenia poprzez badania geochemiczne wymienionych minerałów.

Pierwiastkami charakterystycznymi dla strefy przejściowej pomiędzy strefą złożową i okołozłożową są oprócz Tl i Mn, także S, Be i F.

Siarka tworzy rozległą i silną, dodatnią anomalię w całym badanym obszarze, niższe od klarkowych zawartości S spotyka się sporadycznie, a obszary występowania jej maksymalnych zawartości pokrywają się ściśle ze strefami wysokich zawartości Cu.

Pojedyncze, podwyższone zawartości berylu (7–16,5 ppm) obserwuje się w skałach metaosadowych w najbliższej strefie kontaktu z intruzywem, a zarazem w marginalnych strefach wysokich zawartości Mo, W i częściowo Cu. Na obecnym etapie badań trudno wyjaśnić przyczyny takiego usytuowania podwyższonych zawartości Be w badanym złożu. Beryl może być dostarczany wraz z fluidami głównego etapu mineralizacji Mo–W–Cu lub też ługowany z intruzywu przez roztwory powodujące metasomatozę potasową skał i redeponowany w strefie kontaktowej intruzywu, tuż za strefą złożową. Chaffee i in. (Podemski red., 2001) na podstawie analizy czynnikowej zaliczają beryl do grupy pierwiastków związanych z głównym etapem mineralizacji kruszcowej.

Tabela 3

Zawartości pierwiastków wskaźnikowych w poszczególnych strefach złoża Myszków

Contents of elements-pathfinders in respective zones of the Myszków deposit

Pierwiastek	Strefa złożowa 0–300 m	Strefa okołozłożowa 300–750 m	Strefa peryferyczna >750 m
[%]			
SiO ₂	$\frac{61,5-78,3}{70,0 (70,1)}$	$\frac{49,4-77,3}{67,1 (67,2)}$	$\frac{57,3-76,0}{66,1 (66,2)}$
CaO	$\frac{0,39-2,42}{1,30 (1,36)}$	$\frac{0,52-5,18}{1,51 (1,62)}$	$\frac{0,52-0,46}{1,61 (1,73)}$
Na ₂ O	$\frac{3,48-3,76}{2,39 (2,46)}$	$\frac{1,60-5,23}{2,73 (2,84)}$	$\frac{3,40-6,84}{2,91 (3,08)}$
K ₂ O	$\frac{2,19-8,19}{4,49 (4,57)}$	$\frac{1,66-6,75}{4,26 (4,35)}$	$\frac{1,53-5,73}{3,63 (3,70)}$
MnO	$\frac{0,01-0,26}{0,04 (0,05)}$	$\frac{0,01-0,27}{0,05 (0,07)}$	$\frac{0,02-0,26}{0,06 (0,07)}$
S	$\frac{0,03-1,04}{0,27 (0,32)}$	$\frac{0,05-3,52}{0,36 (0,46)}$	$\frac{0,01-3,52}{0,30 (0,35)}$
[ppm]			
Cu	$\frac{85-4740}{636 (989)}$	$\frac{48-9100}{742 (1098)}$	$\frac{14-8910}{202 (500)}$
Pb	$\frac{4-1160}{25,1 (51,6)}$	$\frac{1-3750}{29 (92,3)}$	$\frac{1-505}{9,65 (31,4)}$
Zn	$\frac{11-1070}{54,7 (77,5)}$	$\frac{9-980}{68,7 (91,6)}$	$\frac{27-946}{84 (115)}$
Ba	$\frac{270-830}{576 (587)}$	$\frac{110-6680}{604 (660)}$	$\frac{60-2400}{631 (700)}$
Sr	$\frac{59-821}{219 (240)}$	$\frac{65-7810}{232 (310)}$	$\frac{57-537}{219 (264)}$
F	$\frac{400-2700}{931 (1009)}$	$\frac{300-2000}{863 (918)}$	$\frac{300-1800}{643 (683)}$
Mo	$\frac{10-2750}{333 (493)}$	$\frac{1,2-1600}{108 (190)}$	$\frac{1,2-710}{25,2 (96,3)}$
W	$\frac{5-1521}{115 (270)}$	$\frac{4-849}{40,3 (93,0)}$	$\frac{3,1-184}{8,91 (18,5)}$
Ag	$\frac{<0,1-7,4}{0,54 (0,87)}$	$\frac{<0,1-5,1}{0,67 (0,97)}$	$\frac{<0,1-14}{0,34 (0,99)}$
Bi	$\frac{<1-68}{1,12 (3,09)}$	$\frac{<1-290}{1,29 (5,48)}$	$\frac{<1-87}{2,07 (6,68)}$
As	$\frac{<1-10}{<1 (1,26)}$	$\frac{<1-14}{<1 (1,38)}$	$\frac{<1-69}{1,03 (3,02)}$
Sb	$\frac{<1-20}{<1 (1,94)}$	$\frac{<1-150}{<1 (3,48)}$	$\frac{<1-7,5}{<1 (1,03)}$

Tabela 3 cd.

Cd	$\frac{<0,1-16}{0,20 (0,48)}$	$\frac{<0,1-7,1}{0,25 (0,46)}$	$\frac{<0,1-12}{0,22 (0,61)}$
Te	$\frac{<0,1-2,0}{<0,1 (0,15)}$	$\frac{<0,1-29}{0,11 (0,45)}$	$\frac{<0,1-70}{0,24 (1,20)}$
Tl	$\frac{0,35-2,0}{0,74 (0,79)}$	$\frac{<0,1-60}{0,85 (1,19)}$	$\frac{<0,1-2}{0,77 (0,87)}$
Be	$\frac{1,5-6,0}{2,94 (3,00)}$	$\frac{1,2-16,5}{2,88 (3,13)}$	$\frac{1,0-4,0}{2,07 (2,13)}$
Au	$\frac{0,001-0,040}{0,002 (0,003)}$	$\frac{0,008-0,248}{0,002 (0,004)}$	$\frac{<0,001-0,016}{0,002 (0,004)}$
Hg	$\frac{0,01-0,32}{0,02 (0,04)}$	$\frac{<0,01-0,43}{0,02 (0,04)}$	$\frac{0,01-0,10}{0,02 (0,02)}$

zawartość minimalna – zawartość maksymalna
średnia geometryczna (średnia arytmetyczna)

Najwyższe zawartości berylu obserwuje się wewnątrz strefy podwyższonych zawartości fluoru (>1000 ppm), która obejmuje zewnętrzne partie złoża i strefę okołozłożową do około 500 m od centrum mineralizacji Mo–W. Centralna część intruzywu zawiera klarkowe zawartości F i Be. Według Polańskiego (1988) beryl wykazuje skłonność do tworzenia kompleksowych połączeń z fluorem, które przy wzroście pH ulegają rozkładowi, co umożliwi wydzielenie się samodzielnych minerałów tego pierwiastka.

Środkowe partie strefy okołozłożowej są obszarem występowania podwyższonych zawartości Au, Hg, Sb a także częściowo Cu i Ag, Mn oraz Ca, Na i Sr.

Opisywane złożo porfirowe zawiera niskie, z reguły zbliżone do klarków, zawartości złota. Pojedyncze, podwyższone zawartości Au (10–40 ppb, maksymalnie 248 ppb) koncentrują się w brzeźnych partiach ciała granitoidowego i w związanych z tym ciałem dajek porfirów, w odległości około 300–600 m od centrum mineralizacji Mo–W.

Większość badanych próbek charakteryzuje się również klarkowymi lub niższymi od klarków zawartościami rtęci. Najwyższe zawartości tego pierwiastka (100–300 ppb, maksymalnie 430 ppb) są charakterystyczne dla stref kontaktów skał magmowych ze skałami osłony występującymi w odległości około 300–700 m od centrum mineralizacji Mo–W. Ogólnie można stwierdzić, że w strefie okołozłożowej Hg współwystępuje z Au, przy czym obszar, w którym występują podwyższone zawartości Hg, jest większy od obszaru podwyższonych zawartości Au i obejmuje całą strefę okołozłożową.

Jeszcze większy zasięg ma obszar, w którym odnotowano pojedyncze, podwyższone zawartości antymonu. Zawartości Sb wyższe od 4 ppm występują również w strefie peryferycznej. Podwyższone zawartości Sb obserwuje się głównie w strefach kontaktów dajek porfirów ze skałami metaosadowymi, w odległości około 250–800 m od centrum mineralizacji. Dla strefy peryferycznej charakterystyczny jest związek Sb z As i Cu, wynikający z obecności minerałów z grupy tenantytu-tetraedrytu.

W strefie okołozłożowej zanotowano również najwyższe średnie arytmetyczne zawartości Cu i Ag oraz nieco wyższe od średnich zawartości Mn.

Dla strefy przejściowej pomiędzy strefą okołozłożową a peryferyczną charakterystyczne są obszary anomalnych zawartości ołowiu (około 400–900 m od centrum mineralizacji Mo–W), przy czym średnie zawartości Pb w strefie okołozłożowej są wyższe niż w strefie peryferycznej (tab. 3).

W środkowych partiach strefy okołozłożowej rozpoczynają się także, kontynuując się do strefy peryferycznej, obszary wyższych niż w strefie przeobrażeń potasowych zawartości Ca, Na i Sr. Zawartości tych pierwiastków tworzą słabe, ujemne anomalie geochemiczne w strefie przeobrażeń potasowych, świadczące o remobilizacji tych pierwiastków w trakcie metasomatozy potasowej. Średnie zawartości Na i Ca wzrastają stopniowo w miarę oddalania się od złoża, natomiast Sr wykazuje najwyższe średnie zawartości w strefie okołozłożowej. Pierwiastkom tym towarzyszy bar, którego średnie zawartości wzrastają stopniowo w miarę oddalania się od złoża i maksimum osiągają w strefie peryferycznej (700–850 m od centrum mineralizacji Mo–W).

Skały strefy peryferycznej charakteryzują się anomalnymi i podwyższonymi zawartościami Zn, Cd, As, Bi, Te oraz częściowo Cu i Ag.

Cynk nie tworzy w opisywanym złożu wyraźnych, ciągłych anomalii geochemicznych, chociaż jego pojedyncze anomalne zawartości (>200 ppm) obserwuje się na całym obszarze stref okołozłożowej i peryferycznej. Średnie zawartości Zn rosną natomiast stopniowo od strefy złożowej do peryferycznej, w której obserwuje się maksymalne zawartości tego pierwiastka (tab. 3). W strefach złożowej i okołozłożowej wykazuje on dodatnie współczynniki korelacji z pierwiastkami zależnymi od litologii ($r = 0,33–0,55$), a zwłaszcza z Mg i Fe, co sugeruje występowanie cynku w minerałach skałotwórczych i akcesorycznych (prawdopodobnie w biotycie, amfibolach i magnetycie). W strefie peryferycznej, w której stwierdzono maksymalne zawartości Zn, koreluje się on jedynie z pierwiastkami niskotemperaturowego etapu mineralizacji kruszcowej.

Najwyższą średnią arytmetyczną zawartość kadmu, podobnie jak cynku, obserwuje się w strefie peryferycznej złoża. We wszystkich wydzielonych strefach złoża Myszków występują korelacje Cd z pierwiastkami niskotemperaturowego etapu mineralizacji kruszcowej, a w strefie peryferycznej obserwuje się ponadto niespotykany w innych strefach związek Cd z Cu i Ag ($r = 0,40$ i $0,60$), który może świadczyć o domieszkach tego pierwiastka w charakterystycznych dla strefy peryferycznej siarkosolach Cu i Ag.

Pojedyncze, wysokie zawartości Zn i Cd obserwuje się również w rejonach bliższych centrum złoża, w strefach kontaktów skał osłony z dajkami dacytoidów.

Ze strefą peryferyczną złoża związane są także najwyższe (do kilkunastu ppm) zawartości arsenu, który w tej strefie wykazuje związki korelacyjne z Cu i Sb ($r = 0,51$ i $0,65$), sugerujące występowanie minerałów z grupy tetradryt–tennantyt.

Również średnie zawartości bizmutu wzrastają stopniowo w miarę oddalania się od strefy złożowej i maksimum osiągają w strefie peryferycznej. Bizmut nie tworzy w badanym złożu szeregowych, wyraźnych anomalii. Pojedyncze, znacznie odbiegające od średnich, zawartości Bi grupują się (podobnie jak wyższe zawartości większości pierwiastków niskotemperaturowego etapu mineralizacji kruszcowej) w stropowych partiach badanego kompleksu paleozoicznego, w strefach kontaktów skał magmowych i osłony. Najwyższe, przekraczające 10 ppm, zawartości Bi stwierdzono w strefie odległej o około 750–950 m od centrum mineralizacji Mo–W.

W strefie peryferycznej złoża obserwuje się również najwyższe średnie zawartości telluru. Pierwiastek ten wykazuje związek korelacyjny z Bi, rosnący w miarę oddalania się od złoża ($r = 0,58–0,72$). Ścisły związek Te z Bi sugeruje obecność w badanym złożu, a zwłaszcza w jego części peryferycznej, takich minerałów jak tetradymit lub tellurobizmutyt, a związek Te z Ag ($r = 0,40$) może świadczyć o obecności hessytu. Zawartości Te przekraczające 1 ppm grupują się przede wszystkim w najdalszych partiach złoża, w odległości około 800–1050 m od centrum mi-

neralizacji Mo–W. Przejawy mineralizacji Te stwierdzone były również w innych rejonach strefy śląsko-krakowskiej, w okolicy Ryczowa, Pilicy, Doliny Będkowskiej, Smolenia i Zawiercia (Harańczyk, 1978). W świetle przedstawionych powyżej danych obszary te mogą być perspektywicznymi dla wystąpienia złóż porfirowych i wymagają dodatkowych badań.

Miedź i srebro tworzą wyraźne, dodatnie anomalie we wszystkich wydzielonych strefach złoża, ale w strefie peryferycznej, w której stwierdza się najniższe średnie zawartości Cu, średnia arytmetyczna zawartość Ag jest najwyższa (tab. 3). W strefie tej Cu i Ag zachowują się inaczej niż w strefach bliższych złożu i wykazują związki korelacyjne z pierwiastkami niskotemperaturowego etapu mineralizacji, a szczególnie niespotykane w innych strefach związki z As ($r=0,51$ i $0,49$) i Sb ($r=0,61$ i $0,49$). Świadczyć to może o występowaniu części tych pierwiastków również w procesach mineralizacji niskotemperaturowej, głównie w minerałach typu tennantytu–tetraedrytu oraz siarkotellurków Ag i hessytu.

Przeprowadzone na złożu Myszków badania geochemiczne wykazały, że spośród 54 analizowanych pierwiastków 24 (Mo, W, Cu, Ag, F, Be, S, Mn, Sb, Hg, Au, Tl, Pb, Cd, Zn, As, Bi, Te, Ba, Sr, K, Na, Ca, Si) tworzą anomalne obszary o różnej intensywności i zasięgu, które mają związek z mineralizacją kruszczową lub hydrotermalnymi przeobrażeniami skał. Niektóre z tych pierwiastków mogą być wykorzystane jako pierwiastki wskaźnikowe przy poszukiwaniu zakrytych złóż porfirowych. Należą do nich przede wszystkim: W, Mo, Cu–Ag, K, Be?, F, Sb, Hg, Au, Pb, Ba, As, Ag, Zn–Cd, Bi i Te. Pierwiastki te zostały uszeregowane w kolejności od głównych pierwiastków rudnych do pierwiastków charakterystycznych dla stref najbardziej oddalonych od złoża. Biorąc pod uwagę występujące w strefie złożowej ujemne anomalie Na i Ca oraz silną dodatnią anomalię K, prognostyczne znaczenie dla tego typu złóż może mieć również stopniowy wzrost wartości stosunków zawartości K do Na i Ca obserwowany w miarę zbliżania się do centrum mineralizacji. W złożu Myszków stosunek K_2O/Na_2O wzrasta od 1,40 w strefie peryferycznej, poprzez 1,75 w strefie okołozłożowej do 2,10 w złożu. Podobnie stosunek K_2O/CaO wzrasta od 2,62 na peryferiach złoża, poprzez 3,28 w strefie okołozłożowej do 4,01 w złożu.

Mniejsze znaczenie poszukiwawcze mają pozostałe pierwiastki związane z przeobrażeniami skał: Na, Ca, Sr, Si oraz Tl, Cd i S. Nie tworzą one wyraźnych anomalii geochemicznych, a na ich rozprzestrzenienie w badanym środowisku geochemicznym miało wpływ wiele procesów geologicznych. Podwyższone zawartości talu obserwowane są w strefach kontaktów skał magmowych ze skałami osłony, gdzie stwierdzono występowanie anomalii również wielu innych pierwiastków. Kadm jest ściśle związany z Pb i Zn, a więc jest charakterystyczny dla tych samych obszarów co te dwa pierwiastki. Siarka nie jest jednoznacznym wskaźnikiem obszarów występowania rud użytecznych z powodu powszechnej obecności stref pirytyzacji, nieregularnie występujących we wszystkich partiach badanego złoża.

Badania geochemiczne próbek skał z otworu Pz-40, położonego w odległości około 2,2 km od centrum opisywanej mineralizacji, wykazały obecność bogatej mineralizacji Cu (średnia arytmetyczna – 0,22%) w profilu całego otworu oraz szerokich stref o ciągłych anomalnych zawartościach Mo i Zn i pojedynczych anomalnych zawartości W, Pb, Ag, As, Hg i F. Potwierdza to hipotezę wysuniętą przez Habryna i in. (1994), że otwór Pz-40 został odwiercony w okolicach nowego, dużego ciała rudnego, które może mieć znaczenie ekonomiczne. Przy założeniu, że ciało to odpowiada składem i wielkością ciała rudnemu złożu Myszków, anomalie stwierdzone w skałach z otworu Pz-40 sugerują, że otwór ten odwiercony został w strefie okołozłożowej, w odległości 300–500 m od centrum mineralizacji. Stosunki zawartości pierwiastków związanych z przeobrażeniami hydrotermalnymi skał (K/Ca i K/Na) wskazują natomiast na strefę peryferyczną złoża lub też na słabszą metasomatozę potasową skał otaczających mineralizację kruszczową. Podwyższone zawartości As i Au mogą sugerować większą złotoność tego przypuszczalnego ciała rudnego.

KLASYFIKACJA ZŁOŻA MYSZKÓW NA PODSTAWIE DANYCH GEOCHEMICZNYCH

Złoża porfirowe są to produkty ogromnych systemów hydrotermalnych związanych z procesami ochładzania się intruzji skał o strukturze porfirowej lub porfirowatej, umiejscowionych płytko, 1–2 km od powierzchni. Plutonom często towarzyszą komagmowe sukcesje wulkaniczne występujące ponad intruzywnem (Sillitoe, 1972; Titley, Beane, 1981). Istnieje kilka klasyfikacji tych złóż opartych głównie na stosunkach zawartości pierwiastków rudnych (Theodore, Menzie, 1984; Cox, Singer, 1986), chemizmie skał intruzywnych (Mutschler i in., 1981) lub chemizmie skał intruzywnych w powiązaniu z cechami morfologicznymi złoża (Westra, Keith, 1981).

Figura 3 przedstawia podział złóż porfirowych według Theodore'a i W. Menzie'go (1984) w zależności od zawartości F, Cl i CO₂ we fluidach genetycznie związanych z mineralizacją kruszcową. Według tych autorów złoża porfirowe mogą być rozpatrywane jako przejściowe pomiędzy krańcowymi, skrajnymi typami złóż miedzi, wolframu, złota i molibdenu, przy czym wśród porfirowych złóż Mo wydzielono złoża niskofluorowe i wysokofluorowe złoża Mo typu Climax. Większość światowych złóż porfirowych zajmuje pola wewnątrz przedstawionego diagramu.

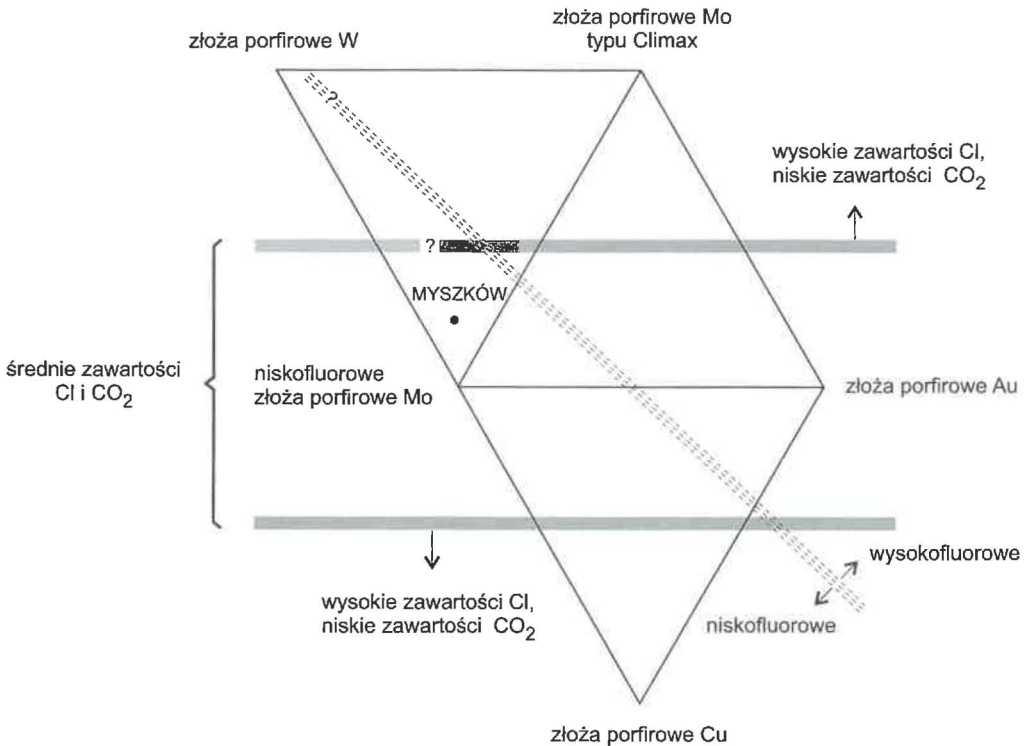


Fig. 3. Podział złóż porfirowych (wg Theodore'a i Menzie'go, 1984; zmodyfikowany)

Division of porphyry deposits (after Theodore and Menzie, 1984; modified)

W powyższym schemacie mieści się również większość modeli złóż porfirowych przedstawionych przez Coxa i Singera (1986). Wyróżnili oni porfirowe złoża Cu, Cu–Mo oraz nisko- i wysokofluorowe złoża Mo. Do odrębnej grupy zaliczone zostały złoża Cu stowarzyszone ze skarnami. Autorzy ci nie wydzielili złoża porfirowego W, opisali natomiast niespotykany w innych klasyfikacjach model porfirowego złoża Sn.

Pomimo rozbieżności co do sposobów klasyfikacji tych złóż, a w szczególności występowania porfirowych złóż W, Au i Sn, wśród badaczy panuje zgodność, że większość światowych złóż porfirowych zaliczyć można do dwóch podstawowych grup: porfirowych złóż Cu (*porphyry copper*) lub porfirowych złóż Mo.

Klasyfikacja złóż porfirowych według Theodore'a i Menzie'go (1984) koresponduje dosyć dobrze również z podziałem złóż porfirowych Mo zaproponowanym przez Mutschlera i in. (1981), którzy wyróżniają złoża związane z granodiorytami (i monzonitami), odpowiadające złożom niskofluorowym, oraz związane z granitami, które odpowiadają wysokofluorowym złożom Mo typu Climax.

Westra i Keith (1981), analizując związki złóż porfirowych Mo z chemizmem intruzji związanych z tymi złożami, podzielili je na trzy główne typy: niskofluorowe wapniowo-alkaliczne i wysokofluorowe alkaliczno-wapniowe oraz rzadko spotykane wysokofluorowe alkaliczne. Pod względem morfologii autorzy ci dzielą porfirowe złoża Mo na złoża typu sztoku i złoża typu plutonicznego.

Złoże Myszków posiada wszystkie charakterystyczne cechy złoża porfirowego:

- intruzyw skał granodiorytowych o strukturze porfirowatej, o niedużych rozmiarach (700x800 m), umiejscowiony płytko pod powierzchnią;
- silne spękanie i użyczenie intruzywu i skał osłony;
- strefowość mineralizacji generalnie zgodna ze strefowością w złożach porfirowych Mo i Mo–Cu;
- strefowość hydrotermalnych przeobrażeń skał, która jest zbliżona do modelu Lowella i Guilberta (1970).

W złożu Myszków dominującym przeobrażeniem jest metasomatoza potasowa, która obejmuje centralną część systemu porfirowego: górną część sztoku, jego apofizy i lokalnie kontynuuje się w skały osłony. Pozostałe strefy przeobrażeń obserwowane są jedynie sporadycznie, w peryferycznych partiach złoża. Ponieważ jednak według Lowella i Guilberta (*op. cit.*) nie we wszystkich złożach występują wszystkie strefy, a strefowość przeobrażeń skał stwierdzona w złożu Myszków odpowiada strefowości obserwowanej w dolnych partiach złóż porfirowych (jak np. w amerykańskich złożach Ajo i Bingham), w których wyższe partie skał przeobrażonych zostały usunięte, złożo Myszków można porównać do tego klasycznego modelu. Na podstawie obecnej wiedzy o złożu Myszków trudno jednoznacznie ocenić, czy strefy propylityzacji, argilityzacji, a zwłaszcza fyllityzacji z ewentualną strefą wzbogacenia nie miały możliwości wytworzenia się (np. na skutek małego udziału procesów hipergenicnych), czy też strefy te zostały usunięte przez erozję.

Zawartości fluoru oznaczone w złożu Myszków (średnio 0,09%) jednoznacznie określają to złożo jako niskofluorowe. Wysokofluorowe złoża Mo typu Climax zawierają do 2–3% F, wzbogacone są w Nb, Rb, Sn i W, zawierają mało Cu i Sr, natomiast niskofluorowe złoża Mo zawierają z reguły mniej niż 0,1% F i wyższe zawartości Cu i Ag, a niektóre także W i Au (Westra, Keith, 1981). Według Guilberta i Parka (1986) w typowym porfirowym złożu Cu współczynnik Cu–Mo wynosi około 30. W złożu Myszków współczynnik ten wynosi około 4, co sytuuje to złożo na diagramie Theodore'a i Menzie'go w polu niskofluorowych złóż Mo, a stosunkowo wysoka zawartość W umiejscawia to złożo bliżej typu wolframowego (fig. 3).

Dane na temat petrografii intruzywnych skał okolic Myszkowa (Markiewicz w: Podemski red., 2001) pozwalają zaklasyfikować badane złożo jako porfirowe złożo Mo związane z granodiorytami według klasyfikacji Mutschlera i in. (1981). Złoża Mo związane z granodiorytami, według tych autorów, wykazują więcej cech wspólnych z porfirowymi złożami Cu niż ze złożami Mo związanymi z granitami (typu Climax).

Chemizm skał intruzywnych oraz cechy morfologiczne złoża Myszków sugerują zaliczenie go do niskofluorowych wapniowo-alkalicznych złożów Mo typu sztoku według klasyfikacji Westry i Keitha (1981). Zarówno średnie zawartości, jak i zasoby Mo w niskofluorowych złożach wapniowo-alkalicznych są znacznie niższe niż w wysokofluorowych alkaliczno-wapiennych złożach typu Climax. Złoża te z reguły nie są eksploatowane. Średnia zawartość MoS_2 w niskofluorowych złożach wapniowo-alkalicznych wynosi 0,1–0,25%, zasoby Mo — 300 tys. ton, podczas gdy złoża typu Climax zawierają średnio 0,2–0,49% MoS_2 i 2 mln ton zasobów (*op. cit.*).

Najbliższymi światowymi odpowiednikami złoża Myszków są kanadyjskie złoża Kitsault i Boss Montain w Kolumbii Brytyjskiej oraz amerykańskie złoża Hall i Buckingham w Nevadzie.

Cechą odróżniającą złożo Myszków od typowych niskofluorowych porfirowych złożów Mo i złożów Mo–Cu jest niespotykana w innych złożach wysoka zawartość wolframu (średnio 270 ppm w strefie złożowej, maksymalna zawartość – 0,15%). Również położenie przestrzenne mineralizacji wolframowej w złożu Myszków jest nietypowe dla porfirowych złożów Mo. W znanych, zawierających wolfram złożach porfirowych Mo, np. Trout Lake (Linnen i in., 1995) i Red Mountain (Brown, Kahlert, 1995), anomalia wolframowa występuje na zewnątrz strefy wysokich zawartości Mo. W złożu Myszków obie mineralizacje nakładają się na siebie w centralnej partii złoża.

WNIOSKI

1. W skałach wendyjsko-paleozoicznych z okolic Myszkowa zanotowano obecność rozległych anomalii Mo, W i Cu o zawartościach złożowych tych pierwiastków w obrębie i w okolicy nawierconego ciała granitoidowego. Najwyższe zawartości Mo (≥ 500 ppm) i W (≥ 100 ppm) występują w centralnej partii intruzji granitoidowej, na głębokości 450–1150 m od powierzchni, przy czym wysokie zawartości Mo mają szerszy zasięg niż W i obserwowane są również w zmetamorfizowanych skałach osłony granitoidu. Wysokie zawartości Cu ($>0,1\%$) grupują się wokół strefy rud Mo–W, głównie w stropie skał paleozoicznych, niezależnie od litologii. Wraz ze wzrostem głębokości i zawartości Mo i W, zawartości Cu spadają.

2. Geochemiczne i mineralogiczne cechy złoża Myszków są generalnie podobne do empirycznego modelu opracowanego dla wapienno-alkalicznych porfirowych złożów Cu (Lowell, Guilbert, 1970) i stosowanego również dla porfirowych złożów Mo (Westra, Keith, 1981). Na podstawie uzyskanych danych geochemicznych złożo Myszków zaliczyć można do niskofluorowych złożów molibdenu (Theodore, Menzie, 1984), wapniowo-alkalicznych sztokwerkowych złożów molibdenu (Westra, Keith, 1981) lub molibdenowych złożów porfirowych związanych z granodiorytami (Mutschler i in., 1981). Cechami różniącymi złożo Myszków od innych tego typu złożów jest wysoka zawartość wolframu i waryscyjski wiek mineralizacji.

3. Dla porfirowego złoża Myszków wydzielono asocjację pierwiastków wskaźnikowych, przy czym na podstawie rozprzestrzenienia pierwiastków w badanych profilach i analizy związków korelacyjnych pomiędzy tymi pierwiastkami podzielono je na:

— grupę pierwiastków głównego, wysokotemperaturowego stadium mineralizacji: Cu, Mo, W, S i częściowo As, Bi, Ag, S oraz Be i F; pierwiastki te są charakterystyczne dla strefy złożowej i jej najbliższego otoczenia;

— grupę pierwiastków związanych z niskotemperaturowym stadium mineralizacji: Pb, Sb, Cd, Au, Hg, Te oraz częściowo As, Bi, Ag, Zn, Tl, Mn i S; dla obszarów bliższych strefie złożowej charakterystyczne są wyższe zawartości Sb i Tl, dla stref nieco dalszych od złoża — Hg i Au, a pierwiastkami typowymi dla obszarów najdalej położonych od strefy złożowej są Bi i Te.

4. Wydzielono asocjacje pierwiastków związanych z przeobrażeniami hydrotermalnymi skał, do której należą K, Ca, Na, Sr i w mniejszym stopniu Si. Przynależność baru do tej grupy jest dyskusyjna. Potas i krzem tworzą wyraźne, dodatnie anomalie w centrum badanego systemu porfirowego, pozostałe pierwiastki tworzą słabe, ujemne anomalie lub obszary o obniżonych zawartościach wewnątrz strefy potasowej. Ujemne anomalie Ca, Na i Sr można tłumaczyć odprowadzeniem tych pierwiastków na zewnątrz strefy złożowej w trakcie procesów powodujących metasomatozę potasową skał. W złożu Myszków obserwuje się znaczną przewagę metasomatozy potasowej nad innymi przeobrażeniami skał typowymi dla złóż porfirowych. Stopniowy wzrost wartości stosunków zawartości K/Na i K/Ca w miarę zbliżania się do strefy złożowej może być użyty jako wskaźnik poszukiwawczy.

5. Opracowana strefowość geochemiczna złoża i jego otoczenia może być wykorzystana przy ocenie potencjalnej rudoności innych zakrytych obszarów NE obrzeżenia GZW.

6. Porfirowe złożo Myszków charakteryzuje się niskimi zawartościami złota. Pojedyncze, wyższe od klarków zawartości Au (10–40 ppb, maksymalnie 248 ppb) koncentrują się w strefie okołozłożowej (około 300–600 m od centrum złoża), w brzeżnych strefach ciała granitoidowego i związanych z nim dajek porfirów.

7. Badania geochemiczne próbek skał z otworu Pz-40, położonego w odległości około 2,2 km od centrum opisywanej mineralizacji, wykazały obecność bogatej mineralizacji Cu w profilu całego otworu, szerokich stref skał o ciągłych anomalnych zawartościach Mo i Zn oraz pojedynczych, anomalnych zawartościach W, Pb, Ag, As, Hg i F. Anomalie te wskazują, że otwór Pz-40 prawdopodobnie został odwiercony w strefie okołozłożowej (300–500 m od centrum mineralizacji) nowego ciała rudnego, które może mieć znaczenie ekonomiczne.

8. Obserwacja rozprzestrzenienia pierwiastków wskaźnikowych w złożu Myszków oraz związków korelacyjnych pomiędzy nimi pozwoliła na wysunięcie kilku hipotez, które mogą mieć znaczenie przy poszukiwaniach zakrytych złóż porfirowych. Uzyskane dane geochemiczne sugerują możliwość oceny:

— stref bliskich złożu na podstawie zawartości berylu;

— odległości od złoża na podstawie obserwacji zawartości baru w skaleniach potasowych i strontu w plagioklazach;

— rudoności intruzywu na podstawie zawartości cynku w minerałach skałotwórczych i akcesorycznych (w biotycie, amfibolach i magnetycie);

— możliwości występowania wolframu w złożu na podstawie zawartości tego pierwiastka w tlenkach Fe i Ti oraz łyszczycach ze skał otaczających złożo.

Jednakże dopiero szczegółowe badania mineralogiczne innych złóż porfirowych będą mogły potwierdzić te hipotezy.

Wyrażam głęboką wdzięczność prof. M. Nieciowi za cenne rady i życzliwą opiekę nad całością pracy. W publikacji wykorzystano wiele cennych uwag i wskazówek zawartych w recenzjach prof. prof. H. Kuchy i S. Speczika. Dr. M.A. Chaffee 'mu i R.G. Eppingerowi z USGS w Denver dziękuję za udostępnienie części analiz chemicznych i wzbogacające dyskusje.

LITERATURA

- BERZINA A.P., SOTNIKOV V.I., 1977 — Physicochemical conditions of endogene processes in copper molybdenum deposits in central Asia. *Econ. Geol.*, **72**: 25–36.
- BROCHWICZ-LEWIŃSKI W., POŻARYSKI W., TOMCZYK H., 1983 — Ruchy przesuwcze w południowej Polsce w paleozoiku. *Prz. Geol.*, **31**, 12: 651–685.
- BROWN P., KAHLERT B., 1995 — Geology and mineralization of the Red Mountain porphyry molybdenum deposit, south-central Yukon. In: Mineral deposits of Northern Cordillera. *CIMSpec.*, **46**: 747–756.
- BUŁA Z., 1994 — Problemy stratygrafii i wykształcenia osadów starszego paleozoiku północno-wschodniego obrzeżenia Górnośląskiego Zagłębia Węglowego. *Pr. Nauk. UŚL.*, **1431**: 31–57.
- BUŁA Z., 2000 — Dolny paleozoik Górnego Śląska i zachodniej Małopolski. *Pr. Państw. Inst. Geol.*, **171**: 71s.
- CHAFFEE M.A., EPPINGER R.G., LASOŃ K., ŚLÓSZARZ J., PODEMSKI M., 1994 — The Myszków porphyry copper–molybdenum deposit, Poland. *Intern. Geol. Rev.*, **36**: 947–960.
- CHAFFEE M.A., EPPINGER R.G., LASOŃ K., ŚLÓSZARZ J., PODEMSKI M., 1997 — A geological, alteration, and geochemical model of the Myszków porphyry Cu–Mo deposit, southern Poland. In: Mineral deposits: research and exploration — where do they meet? (H. Papunen, ed.): 851–845. Balkema, Rotterdam.
- COX D.P., SINGER D.A., 1986 — Mineral deposits models. *U.S. Geol. Sur. Bull.*, **1693**: 73–122.
- GUILBERT J.G., PARK C.F. Jr., 1986 — The geology of ore deposits. W.H. Freeman & Co., New York.
- GÓRZECKA E., 1973 — Development of ore mineralization in the northeastern part of Cracow–Silesian area. *Bull. Acad. Pol. Sc. Ser. Sc. Terre*, **21**, 1: 35–43.
- HABRYN R., MARKOWIAK M., ŚLÓSZARZ J., 1994 — Perspektywy udokumentowania nowego ciała rudnego w kierunku na NW od złoża molibdenowo-wolframowo-miedziowego Myszków. *Prz. Geol.*, **42**, 8: 611–614.
- HARAŃCZYK C., 1978 — Krakowska paleozoiczna prowincja tellurkowa. *Prz. Geol.*, **26**, 6: 337–343.
- HARAŃCZYK C., 1988 — Znaczenie suturalnego rozłamu wglębnego Zawiercie–Rzeszotary dla powstania i rozmieszczenia mineralizacji paleozoicznej i złóż rud Zn–Pb. *Prz. Geol.*, **36**, 7: 379–381.
- KARWOWSKI Ł., 1988 — Ewolucja fluidów minerałotwórczych waryscyjskiej formacji miedziowo-porfirowej krakowidów na przykładzie rejonu Myszkowa–Mrzygłodu. *Pr. Nauk. UŚL.*, **929**: 88s.
- KOŚNIKI I., PIECZKA A., 1991 — Zawartości fluoru oraz niektórych innych pierwiastków w granitoidach z podłoża monokliny śląsko-krakowskiej. *Spraw. Pos. Komis. Nauk. PAN*, **36**, 1–2: 288–290.
- KOTAS A., 1982 — Zarys budowy geologicznej Górnośląskiego Zagłębia Węglowego. Przew. 54. Zjazdu Pol. Tow. Geol.: 45–72. Wyd. Geol., Warszawa.
- LASOŃ K., 1992 — Strefowość mineralizacji polimetalicznej paleozoiku okolic Myszkowa (NE obrzeżenie GZW). *Arch. Miner.*, **48**, 1–2: 43–59.
- LASOŃ K., 1998 — Geochemia Mo–W złoża porfirowego Myszków. Centr. Arch. Geol. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- LASOŃ K., 2000 — Geochemia molibdenowo-wolframowego złoża porfirowego Myszków – rozprawa doktorska. Centr. Arch. Geol. Państw. Inst. Geol., Oddz. Sosnowiec.
- LINNEN R.L., WILLIAMS-JONES A.E., LEITH C.H.B., MACAULEY T.N., 1995 — Molybdenum mineralization in a fluorine-poor system: the Trout Lake stockwork deposit, southeastern British Columbia. *Arizona Geol. Soc. Digest*, **20**: 771–780.
- LOWELL J.D., GUILBERT J.M., 1970 — Lateral and vertical alteration — mineralization zoning in porphyry ore deposits. *Econ. Geol.*, **65**: 373–406.

- MUCHA J., KOKESZ Z., DOLIK M., 1994 — Szacowanie zasobów złóż masywno-sztokwerkowych z wykorzystaniem metod geostatystycznych na przykładzie złoża Mo–W–Cu Myszków. *Prz. Geol.*, **42**, 11: 939–942.
- MUTSCHLER F.E., WRIGHT E.G., LUDINGTON S., ABBOT J.T., 1981 — Granite–molybdenite systems. *Econ. Geol.*, **76**: 874–896.
- NIEĆ M., 1988 — Szanse odkrycia złóż rud metali w starszym podłożu paleozoicznym NE obrzeżenia Górnośląskiego Zagłębia Węglowego. *Prz. Geol.*, **36**, 7: 390–395.
- PIEKARSKI K. i in., 1993 — Dokumentacja geologiczna złoża rud molibdenowo-wolframowo-miedziowych w kategorii C₂ w Myszkowie. Centr. Arch. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- PODEMSKI M. (red.), 2001 — Palaeozoic porphyry molybdenum–tungsten deposit in the Myszków area, southern Poland. *Pol. Geol. Inst. Special Papers*, **6**: 88s.
- POLAŃSKI A., 1988 — Podstawy geochemii. Wyd. Geol., Warszawa.
- SAUKOV A.A., 1975 — Geochimja. Nauka, Moskwa.
- SILLITOE R.H., 1972 — A plate tectonic model for the origin of porphyry copper deposits. *Econ. Geol.*, **67**: 184–197.
- SOREGAROLI A.E., SUTHERLAND BROWN A., 1976 — Characteristics of Canadian Cordilleran molybdenum deposits: *CIM Spec.*, **15**: 417–431.
- ŚLÓSZARZ J., 1988 — Przejawy mineralizacji wolframowej w paleozoiku NE obrzeżenia Górnośląskiego Zagłębia Węglowego. *Prz. Geol.*, **36**, 7: 387–390.
- TAYLOR S.R., McLENNAN S.M., 1985 — The continental crust: its composition and evolution. Blackwell Sc. Publ., Oxford–London–Edinburgh–Boston–Palo Alto–Melbourne.
- THEODORE T.G., MENZIE W.D., 1984 — Fluorine-deficient porphyry molybdenum deposits in the western North America Cordillera. Proc. 6th Quadrennial IAGOD Symp. Tbilisi USSR, 1982: 463–470. E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung. Stuttgart.
- TITLEY S.R., BEANE R.E., 1981 — Porphyry copper deposits. Part I. Geologic settings, petrology, and tectogenesis. *Econ. Geol.*, 75th Anniversary Vol.: 214–268.
- WESTRA G., KEITH S.B., 1981 — Classification and genesis of stockwork molybdenum deposits. *Econ. Geol.*, **76**: 844–873.

Summary

The porphyry molybdenum–tungsten–copper deposit at Myszków (NE margin of the Upper Silesian Coal Basin) lies in the western part of the Małopolska Block, in the vicinity of the Kraków–Lubliniec tectonic zone. This deposit is hosted in Vendian–Lower Palaeozoic complex metasedimentary rocks intruded by a predominantly granodioritic Variscan pluton.

502 samples were selected from drillcores of 14 boreholes located on two perpendicular cross-sections (Fig. 1). All these samples were collected at intervals of about 30 metres, from lithologically homogeneous, five-metre-long cored sections. The samples were analysed for 54 variables at the Central Chemical Laboratory of the Polish Geological Institute in Warsaw and at the US Geological Survey Laboratory in Denver, USA. All analysed elements have been divided into three groups: lithology associated elements, ore mineralization associated elements and elements related to alteration of rocks. Table 1 summarizes statistical information for the distribution of elements enriched above crustal abundances.

The values of anomalies limits of investigated elements, shown in Table 2, were estimated after examining distributions of each elements in the Myszków analytical data set.

For the purpose of geochemical interpretation, three zones have been distinguished around the ore body (Fig. 1): central ore deposit zone (outward 300 m around borehole Pz-29), circum-deposit zone (300–700 m from the centre of mineralisation), peripheral zone (700–1200 m from the centre of mineralisation).

Figure 2 shows a schematic zoning of the main elements in the Myszków deposit. Table 3 shows contents of elements-pathfinders in the respective zones of deposit.

The central, deposit zone is characterised by strong positive anomalies of Mo, W, Cu, Ag, K, Si and weak negative anomalies of Ca, Na, to some extent Ba, Mn and Sr at the contact zones. Negative anomalies are caused by leaching of these five elements from the central zone during feldspar metasomatism, which resulted in the replacement of plagioclase by orthoclase. Weak, positive anomalies of these elements are observed in the circum-deposit and peripheral zones. The outer fringes of Mo–W–Cu anomalies contain the highest contents of Be and F. The circum-deposit zone is characterised by the highest contents of S, distinct anomalies of Pb, locally Cu–Ag, and weak anomalies of Au, Hg, Sb, Ca, Na and Sr. The characteristic elements for areas located in peripheral zones of the Myszków mineralisation include Ba, Zn, Cd, As, Bi, Te and locally also Ag and Cu. In the peripheral zones Ag and Cu are associated with the low temperature mineralisation process and they occur in sulphosalts and tellurides — minerals typical of the peripheral zones of porphyry deposits.

Geochemical investigations of the Myszków mineralisation suggest that the elements-pathfinders, listed in increasing distance from the centre, may be used in the search for concealed porphyry deposit: W, Mo, Cu–Ag, K, Be?, F, Sb, Hg, Au, Pb, Ba, As, Ag, Zn–Cd, Bi and Te. The prospecting value may also show the gradual increase in K/Na and K/Ca ratios toward the centre of mineralisation. In the Myszków deposit the K_2O/Na_2O ratio increases from 1.40 in the peripheral zone to 2.10 in the centre and the K_2O/CaO ratio increases from 2.62 in the peripheral zone to 4.01 in the core zone.

The Myszków mineralisation exhibits many features typical for porphyry deposits. The obtained geochemical data allow to define this deposit as:

— fluorine-deficient porphyry molybdenum deposit (classification Theodore and Menzie's, 1984) (Fig. 3),

— stock type of calc-alkaline molybdenum stockwork deposits (classification Westra and Keith's, 1981) or

— stockwork molybdenite deposit related to granodiorite (classification Mutschler's *et al.*, 1981).

The closest analogues to the Myszków deposit may be the Canadian Kitsault and Boss Mountain deposits from British Columbia and American Hall and Buckingham deposits from Nevada.

About 2.2 km north of the existing deposit, in the vicinity of Pz-40 borehole, there was determined an area perspective for another porphyry deposit.