

WYSTĘPOWANIE I ZASOBY PERSPEKTYWICZNE RUD MOLIBDENU I WOLFRAMU W POLSCE

THE OCCURRENCE AND PROSPECTIVE RESOURCES OF MOLYBDENUM AND TUNGSTEN ORES IN POLAND

STANISŁAW Z. MIKULSKI¹, SŁAWOMIR OSZCZEPALSKI¹, MAREK MARKOWIAK²

Abstrakt. Złoże Myszków występujące w strefie kontaktu bloku małopolskiego z blokiem górnośląskim jest jedynym udokumentowanym porfirowym złożem Mo-Cu-W w Polsce. Zasoby bilansowe rud siarczkowo-tlenkowych wynoszą tu około 0,3 mln Mg molibdenu, 0,24 mln Mg wolframu i 0,8 mln Mg miedzi. W strefie tej zostały wydzielone obszary perspektywiczne dla złożowych koncentracji nie tylko Mo-Cu-W typu porfirowego, ale również złóż typu skarnowo-metasomatycznego czy żyłowego. Złoża te są związane z górnokarbońskimi postkolizyjnymi wapińczo-alkalicznymi granitoidami i porfirami, które intrudowały w prekambryjsko-paleozoiczne utwory występujące w strefie kontaktu bloków małopolskiego i górnośląskiego wzdłuż strefy tektonicznej Hamburg–Kraków. Najbardziej perspektywicznym rejonem występowania złoża porfirowego typu Mo-Cu-W jest obszar Nowa Wieś Żarecka–Myszków–Mrzygłód, usytuowany w bezpośrednim otoczeniu porfirowego złoża Mo-Cu-W Myszków. Jednak obszar ten, podobnie jak i pozostałe wydzielone obszary perspektywiczne w tym regionie (Żarki–Kotowice, Zawiercie, Pilica, Dolina Będkowska i Mysłów), wymagają dodatkowych prac poszukiwawczych w celu udokumentowania nowych złóż Mo-Cu-W. Wraz z dokumentowaniem nowych zasobów cechsztyńskich rud Cu-Ag na monoklinie przedsudeteckiej należy również oczekiwać przyrostu zasobów molibdenu, jako pierwiastka współwystępującego w tych złożach. Jednak molibden nie jest obecnie odzyskiwany w procesie przeróbki rud Cu-Ag. Liczne przejawy mineralizacji molibdenowej i wolframowej stwierdzone w Sudetach zostały zaliczone do kategorii zasobów hipotetycznych. Mają one obecnie jedynie znaczenie wskaźnikowe dla ewentualnych poszukiwań rud Mo i/lub W typu kontaktowo-metasomatycznego, porfirowego lub żyłowego.

Słowa kluczowe: molibden, wolfram, złoża, rudy, obszary perspektywiczne, zasoby.

Abstract. The Myszków deposit located in the contact zone of the Małopolska and Upper Silesian blocks is the only one documented Mo-Cu-W porphyry type deposit in Poland. Inferred resources of sulfide-oxide ores are ca. 0.3 million Mg molybdenum, ca. 0.24 million Mg tungsten and ca. 0.8 million Mg copper. In this region the prospective areas were recognized for not only Mo-Cu-W porphyry type deposits but also for skarns, contact-metasomatic and vein type deposits. The prospective areas for ore mineralization of porphyry Mo-Cu-W type and skarn-contact metasomatic type may be related to Ediacaran-Paleozoic sediments intruded by Upper Carboniferous post-collisional calc-alkaline granitoids and porphyries, located in the contact zone of the Małopolska and Upper Silesian blocks along the Hamburg–Kraków tectonic zone. The most prospective area for the occurrence of the porphyry-type Mo-Cu-W deposit is the region between Nowa Wieś Żarecka, Myszków and Mrzygłód, which surrounds the Myszków Mo-Cu-W porphyry deposit. However, this area like the other selected prospective areas (Żarki–Kotowice, Zawiercie, Pilica, Dolina Będkowska and Mysłów), requires additional prospecting for the new targets. As a result of new documentation work of the copper and silver resources hosted by Zechstein sediments in the Fore-Sudetic Monocline, an increase in molybdenum resources (coexisting element in the Kupferschiefer deposits) should be expected. However, molybdenum is not extracted during processing of the Cu-Ag sulphide ores. Numerous occurrences of molybdenum and tungsten mineralization recognized in the Sudetes are classified into the hypothetical resources. These sites are strong indicators, which may be valuable in direct prospecting for Mo and/or W deposits of the contact-metasomatic, porphyry and vein types.

Key words: molybdenum, tungsten, deposits, ores, prospective areas, resources.

¹ Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy, ul. Rakowiecka 4, 00-975 Warszawa; e-mail: stanislaw.mikulski@pgi.gov.pl, slawomir.oszczepalski@pgi.gov.pl

² Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy, Oddział Górnośląski, ul. Królowej Jadwigi 1, 41-200 Sosnowiec; e-mail: marek.markowiak@pgi.gov.pl

WSTĘP

Molibden i wolfram tworzą różnorodne pod względem genetycznym typy rud, które najczęściej występują oddzielnie. Wśród złóż molibdenu największe znaczenie ekonomiczne mają złoża porfirowe (podtyp Mo i Cu-Mo), a zdecydowanie mniejsze – złoża skarnowe, grejzenowe, hydrotermalne żyłowe, wietrzeniowe oraz tzw. molibdenonośnych utworów osadowych (np. Ekiert, 1985; Gruszczuk i in., 1985). Z kolei w obrębie złóż rud wolframowych istotne znaczenie ekonomiczne mają złoża skarnowe (kontaktowo-met-

morficzne), hydrotermalne żyłowe oraz wulkaniczno-osadowe (stratoidalne, osadowo-metamorficzne), a w mniejszym stopniu złoża porfirowe, grejzenowe, pegmatytowe czy okruczowe (*op. cit.*).

Niniejszy artykuł stanowi rozszerzoną i zaktualizowaną wersję, która w skróconej formie została opublikowana (Mikulski i in., 2011) w ramach Bilansu Perspektywicznych Zasobów Kopalin Polski (Wołkowicz i in., red., 2011).

ZARYS HISTORII POSZUKIWAŃ MOLIBDENU I WOLFRAMU W POLSCE

Poszukiwania rud molibdenu i wolframu prowadzone były w Polsce w okresie od końca lat 50. do początku lat 90. ubiegłego stulecia. Pierwsze prace poszukiwawcze skoncentrowane były w zachodniej części granitoidowego masywu Strzegom–Sobótka na Dolnym Śląsku, gdzie udokumentowano intensywne przejawy mineralizacji Mo-W (m.in. Pendas, Walenczak, 1956; Chylińska, 1958). Zarówno te pierwsze prace poszukiwawcze, jak i późniejsza prospekcja na Dolnym Śląsku, prowadzone były w ograniczonym zakresie i jak dotychczas, poza odkryciem wielu ciekawych miejsc z mineralizacją Mo-W, nie udokumentowały żadnych złóż w górnokarbońskich (postkolizyjnych) wapniowo-alkalicznych intruzjach granitoidowych oraz ich osłonach metamorficznych (Kozłowska, 1956; Chylińska, Kucharski, 1960; Karwowski i in., 1973; Kozłowski i in., 1975; Lindner, 1976, 1982; Sałaciński, 1978; Lis, Sylwestrzak, 1986; Mikulski, 1997a, b; Kozłowski, Sachanbiński, 2007). Pomimo to uzyskane rezultaty wskazują na możliwość odkrycia małych złóż porfirowych, grejzenowych czy skarnowych zarówno w Sudetach, jak i na bloku przedsudeckim (Karwowski, 1975; Sałaciński, 1978; Lindner, 1987; Kanasiewicz, Mikulski, 1989; Mikulski, 2008). Dla obszaru Dolnego Śląska zasoby rud Mo-W należy rozpatrywać głównie w kategorii zasobów hipotetycznych.

Inaczej potoczyły się losy poszukiwań rud Mo i W w strefie kontaktu bloku małopolskiego z górnos Śląskim, gdzie po pierwszych pilotażowych wierceniach zainwestowano olbrzymie środki w dalsze poszukiwania rud molibdenowo-wolframowych, które zakończone zostały udokumentowaniem złoża w Myszkowie (Piekarski i in., 1993). Pierwsze prace wiertnicze, zrealizowane w latach 1954–1957 przez Instytut Geologiczny w północno-wschodnim obrzeżeniu GZW, wykazały obecność mineralizacji Mo-Cu-W w utworach podmezozoicznego podłoża w rejonie Mrzygłodu (Ekiert, 1957, 1971; Banaś i in., 1972). Dowiercanie do skał podłoża w projektach poszukiwań rud Zn-Pb i realizacja projektów poszukiwań złóż rud polimetalicznych w skałach podłoża umożliwiła w następnych latach ujawnienie bogatej mineralizacji Mo-Cu-W w wielu innych rejonach bloku małopolskiego (Piekarski, 1971, 1983, 1988; Banaś i in.,

1972; Harańczyk, 1978, 1979, 1980, 1983; Górecka, Nowakowski, 1979; Harańczyk i in., 1980; Ślósarz, 1982, 1985, 1988; Ślósarz, Karwowski, 1983; Nieć, 1988, Truszel, Karwowski, 2003). W efekcie, wytypowano obszary perspektywiczne w rejonie Poraja–Mrzygłodu, Doliny Będkowskiej, Zawiercia i Pilicy, wyróżniając dwie zasadnicze subformacje – osadową piryków miedzionośnych oraz sztokwerkową subformację magmową z mineralizacją Mo-Cu-W typu porfirów miedzionośnych (Banaś i in., 1972; Bąk, Przeniosło, 1993). Późniejsza analiza materiałów archiwalnych pozwoliła na wyróżnienie 8 rejonów z przejawami mineralizacji molibdenowo-wolframowo-miedziowej: Doliny Będkowskiej, Pilicy, Zawiercia, Mrzygłodu, Myszkowa, Mysłowa, Nowej Wsi Żareckiej i Żarek–Kotowic (Piekarski, 1993, 1994b, c; Habryn, Markowiak, 1994; Habryn i in., 1994; Markowiak i in., 1994; Markowiak, Habryn, 2003; Markowiak, 2005).

Największego odkrycia dokonano w rejonie Myszkowa, gdzie w wyniku realizacji intensywnych prac wiertniczych w latach 1975–1992, doprowadzono do udokumentowania złoża rud molibdenowo-wolframowo-miedziowych Myszków (Piekarski i in., 1993), zawierającego (na obszarze o pow. ok. 0,5 km²) 800 mln Mg rudy (0,350 mln Mg Mo, 0,2 mln Mg W) na głębokości do 1300 m, z rudami uznany mi za bilansowe o zasobach 380 mln Mg (0,550 mln Mg Cu, 0,23 mln Mg Mo, 0,18 mln Mg W) na głębokości do 1000 m. Średnia zawartość molibdenu i wolframu jest niska: 0,049% Mo i 0,041% W. Zasoby obliczone zostały na podstawie tymczasowych kryteriów (zatwierdzone przez KZK w marcu 1991 roku), według których zawartość ekwiwalentną obliczono według wzoru: $Mo_e = Mo [\%] + 1,5 \times W [\%] + 0,3 \times Cu [\%]$; średnia zawartość Mo_e dla złoża wynosi 0,156%.

Złoże to reprezentuje sztokwerkowy typ mineralizacji molibdenitowo-wolframowej (scheelitowej) z miedzią; związane jest z granitoidami, porfirami i utworami osłony, o charakterystycznej strefowości występowania mineralizacji, typowej dla złóż porfirowych (Lasoń, 1992, 2003; Piekarski, 1993, 1994a, 1995; Ślósarz, 1993; Habryn, Markowiak, 1994; Podemski i in., 2001; Karwowski i in., 2005; Markiewicz i in., 1993; Markowiak i in., 1994, 2009).

W ostatnich latach zweryfikowano zasoby złoża rud molibdenowo-wolframowo-miedziowych rejonu Myszkowa, wykazując zasoby bilansowe (w kat. C₂) w ilości 0,295 Mg Mo i 0,238 mln Mg W i 0,8 mln Mg Cu oraz zasoby pozabilansowe w ilości 0,298 mln Mg Mo i 0,212 mln Mg W oraz 0,771 mln Mg Cu (Siata, red, 2007). Złoże to występuje na głębokości od około 200 do 1250 m. Głównymi minerałami kruszcowymi są chalkopiryt, pirit, molibdenit i scheelit. Ponadto, znaczenie mogą mieć występujące w rudach siarczkowych domieszki takich metali jak Bi, Te, Ag (Podemski, red., 2001; Lasoń, 2003) oraz Au. Rejon ten w całości znaj-

duje się w obrębie bloku koncesyjnego, przyznanego Śląsko-Krakowskiej Kompanii Górnictwa Metali, która prowadzi prace wiertnicze od 2007. Rudy molibdenitowe są łatwo wzbogacalne, dlatego uzyskuje się z nich bogate koncentraty podczas przeprowadzanej wielokrotnie flotacji w słabo zasadowym środowisku (Gruszczuk i in., 1985). Z kolei rudy wolframowe są trudno wzbogacalne. Rudy scheelitowe poddaje się wzbogacaniu metodami flotacji, a rudy wolframitowe metodami grawitacji. Do wzbogacania kieruje się rudy o minimalnej zawartości 0,1–0,2% WO₃.

KRYTERIA BILANSOWOŚCI RUD MOLIBDENU I WOLFRAMU

Obecnie obowiązujące kryteria bilansowości (Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 20 czerwca 2005 r.) dla złóż rud molibdenowo-wolframowo-miedziowych (porfirowych) przedstawiono w tabeli 1.

Kryteria oszacowania zasobów perspektywicznych i/lub hipotetycznych przyjęto zgodnie z „Zasadami określania zasobów perspektywicznych kopalin” według Smakowskiego i Szamałka (2011).

Tabela 1

Kryteria bilansowości dla złóż rud molibdenowo-wolframowo-miedziowych (porfirowych) w Polsce (wg Rozporządzenie..., 2005)

Balance criteria for molybdenum-tungsten-copper deposits (porphyry type) in Poland (according to Rozporządzenie..., 2005³)

Lp.	Parametr	Jednostka	Wartość brzeżna
1	Maksymalna głębokość dokumentowania złoża	m	1000 (1200)*
2	Minimalna zawartość ekwiwalentna molibdenu (Mo) z uwzględnieniem zawartości wolframu (W) i miedzi (Cu) w próbce konturującej interwał rudy $Mo_e = (\%Mo) + 1,5 (\%W) + 0,3 (\%Cu)$	%	0,1
3	Minimalna średnia ważona zawartość ekwiwalentna molibdenu Mo _e w profilu wydzielonej części (bloku) złoża	%	0,1
4	Minimalna zasobność wydzielonej części (bloku) złoża (Mo _e)	m%	0,3 (0,15)*

* – wartości brzeżne ujęte w nawiasy dotyczą zasobów pozabilansowych
marginal values in brackets are considered as subbalance resources

ZŁOŻA PORFIROWE Mo-Cu-W I SKARNOWO-METASOMATYCZNE Cu (Mo-Zn-Pb-Fe-Te) STREFY KONTAKTOWEJ BLOKU GÓRNOŚLĄSKIEGO I MAŁOPOLSKIEGO

Największe perspektywy występowania molibdenu i wolframu należy wiązać z utworami prekambryjsko-paleozoicznymi w strefie kontaktu bloków małopolskiego i górnośląskiego, gdzie obecna jest mineralizacja Mo-Cu-W typu porfirowego (fig. 1). Molibden i wolfram nie tworzą tu samodzielnych koncentracji, lecz współwystępują na ogół

w asocjacji z mineralizacją chalkopirytowo-pirytową. Mineralizacja ta występuje w obrębie granitoidów i dajek porfirowych oraz w utworach osłony skał magmowych, reprezentowanych głównie przez metaiłowce i metamułowce ediakaru, w mniejszym stopniu syluru, a także przez skały węglanowe i węglanowo-klastyczne ordowiku i dewonu (Buła, 2000;

³ The Order of the Minister of Environment dated 20 June 2005

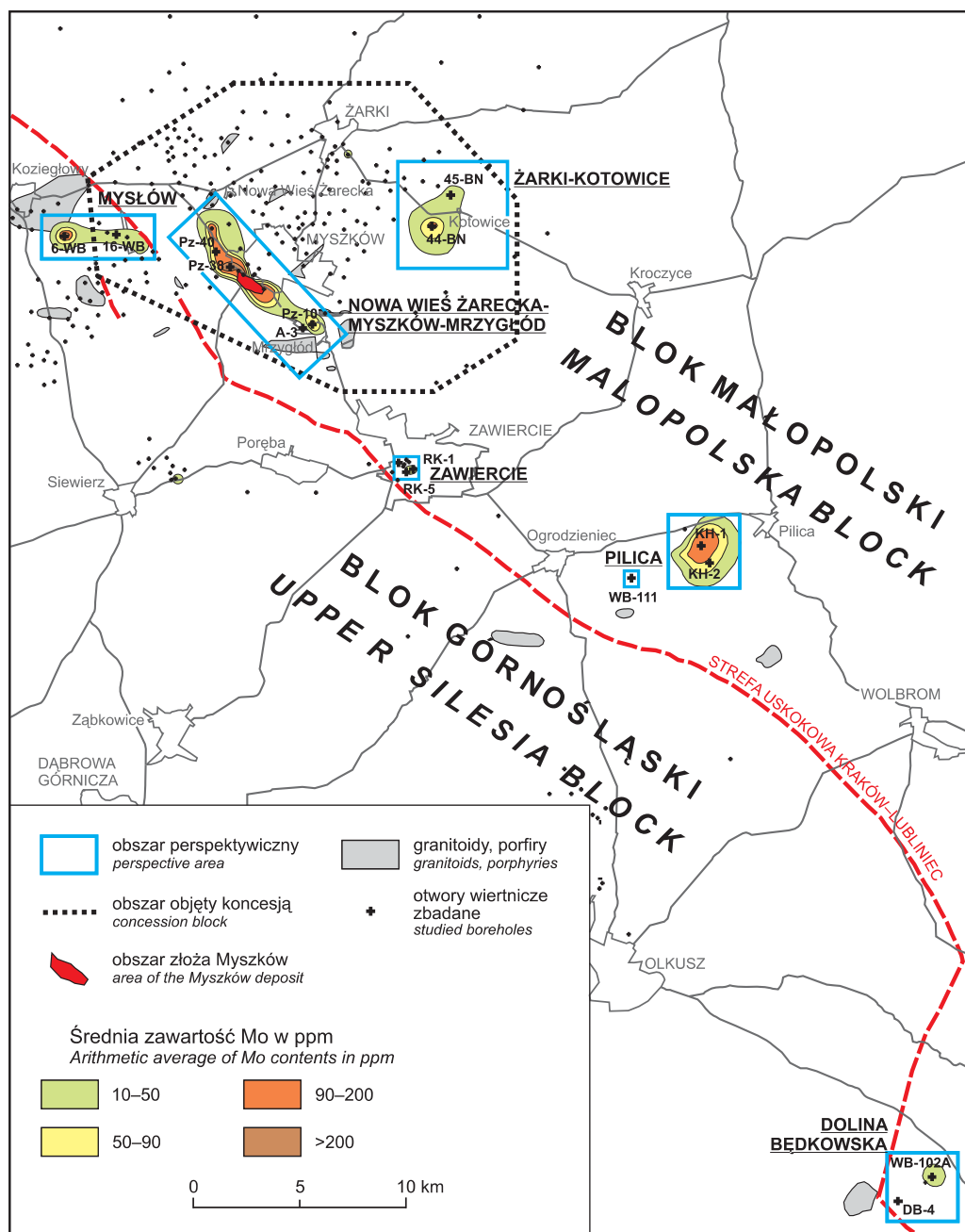


Fig. 1. Obszary perspektywiczne mineralizacji molibdenowej związanej z porfirowymi złożami Mo-Cu-W i złożami skarnowymi w strefie kontaktowej bloku górnośląskiego i małopolskiego

The prospective areas of molybdenite mineralization related to porphyry Mo-Cu-W type deposits and skarn deposits in the contact zone of the Małopolska and Upper Silesian blocks

Buła i in., 2002; Buła, Żaba, 2005; Truszel i in., 2006) (fig. 2). Mineralizacja porfirowa, występująca w formie żyłkowej i rozproszonej, reprezentowana jest głównie przez chalkopiryt i piryt, którym towarzyszy molibdenit oraz scheelite (fig. 3A-F). Molibdenit występuje zwykle w obrębie żyłek kwarcowych, przede wszystkim w skałach intruzji magmowych i ich najbliższego otoczenia, poddanych charakterystycznym przeobrażeniom (biotytyzacji, feldspatyżacji i serycytyzacji), w ścisłym związku z ogniskiem magmowym warwicyjskiego wieku, reprezentowanym przez grani-

toidy i system dajek porfirowych. Datowania molibdenitu (295–300 Ma – metodą Re-Os; Stein i in., 2005; Mikulski, Stein, 2005, 2007, 2011; Oszczepalski i in., 2010) jednoznacznie wskazują na warwicyjski wiek omawianej mineralizacji. Wolfram występuje głównie w postaci scheelitu, w asocjacji z porfirową mineralizacją chalkopirytowo-molibdenitową w strefach przeobrażeń metasomatycznych; rzadziej spotykano śladową mineralizację wolframitowo-scheelitową oraz wolframonośny rutyl (Harańczyk, 1983; Ślósarsz, 1985, 1988).

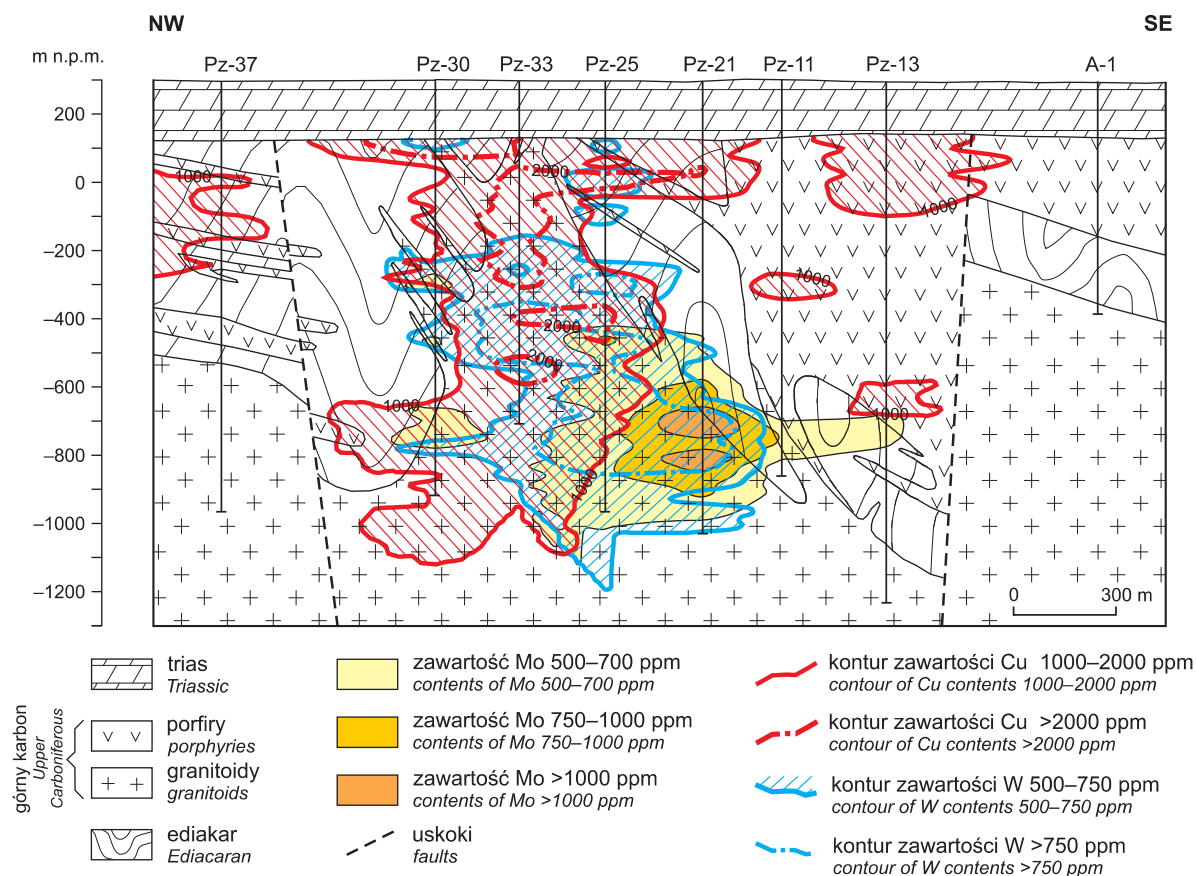


Fig. 2. Schematyczny przekrój przez porfirowe złożo Myszków typu Mo-Cu-W zgodnie z rozkładem molibdenu, wolframu i miedzi związanych z mineralizacją siarczkową (głównie molibdenit i chalkopiryt) oraz tlenkową (scheelit) (wg Markowiaka, Habryna, 2001; zmieniony)

Schematic cross-section through the Myszków porphyry type Mo-Cu-W deposit according to molybdenum, tungsten and copper distribution related to major sulfide (major molybdenite and chalcopyrite) and oxide (scheelite) mineralization (after Markowiak, Habryn, 2001; modified)

Ponowne sprofilowanie i opróbowanie archiwalnych otworów wiertniczych, wykonanych w trakcie wieloletnich poszukiwań złóż polimetalicznych i Zn-Pb w strefie kontaktu bloku górnośląskiego i małopolskiego, umożliwiło uzyskanie regionalnego obrazu rozmieszczenia mineralizacji w utworach prekambryjsko-paleozoicznego podłoża (Oszczepalski i in., 2008, 2010), a nie jak dotąd jedynie w niewielkich jego fragmentach o najgęstszej siatce rozmieszczenia odwiertów. Dzięki konstrukcji map średniej zawartości Mo i W, wydzielono w strefie krawędziowej bloku małopolskiego 5 rejonów perspektywicznych mineralizacji porfirowej Mo-Cu-W (z wyłączeniem udokumentowanego złoża Myszków): Nowa Wieś Żarecka-Myszków-Mrzygłód, Żarki-Kotowice, Zawiercie, Pilica i Dolina Będkowska oraz jeden (rejon Mysłowa) w strefie brzeżnej bloku górnośląskiego (fig. 1). Ich przestrzenny rozkład i genetyczny związek z waryscyjskim magmatyzmem i aktywną strefą uskoku Kraków-Lubliniec wskazuje, że szanse na odkrycie następnego po Myszkowie złoża można wiązać przede wszystkim z brzeżną częścią bloku małopolskiego oraz fragmentem krawę-

dziowej części bloku górnośląskiego w rejonie Mysłowa. Na podstawie rozmiaru złoża Myszków (500×800 m) i jego strefowości można sądzić, że przy obecnej gęstości siatki otworów istnieje jeszcze wiele rejonów bardzo słabo zbadanych, gdzie mogą istnieć ciała kruszcowe porównywalne z tym złożem, a przede wszystkim z klasycznymi złożami porfirowymi Mo-Cu-W, którymi są zwykle złoża średniej wielkości (o obszarze 0,3–4,0 km²) i zmiennych zawartościach miedzi (0,1–2,0%), molibdenu (0,0005–0,1000%) i wolframu (0,005–0,015%) oraz zasobach rzędu 1–30 mln Mg rudy (Cox, Singer, 1986; Sinclair, 1995).

Najbardziej molibdenonośne próbki, poza złożem Myszków, stwierdzono w otoczeniu tego złoża, gdzie zarejestrowano ponad 200 próbek geochemicznych o zawartości Mo w granicach 0,005–1,820%. Maksymalne koncentracje występują w próbkach granitu i porfiru oraz żył kwarcowej i metamulowcach ediakaru. Z pozostałych rejonów, największej próbek o podwyższonej zawartości Mo (w granicach 0,005–0,880% stwierdzono w okolicach Pilicy, Doliny Będkowskiej i Zawiercia. We wszystkich rejonach (w 71 próbkach

z 21 otworów) ujawniono zawartość molibdenu ekwiwalentnego $Mo_e = (\%Mo) + 1,5(\%W) + 0,3(\%Cu)$ o wartości ponad 0,1%, najczęściej w rejonie Nowej Wsi Żareckiej–Myszkowa–Mrzygłodu, Doliny Będkowskiej i Zawiercia (Oszczepalski i in., 2008), lecz wyniki te nie są wystarczające dla okonturowania złóż w tych obszarach na podstawie Mo_e , jak w przypadku złoża Myszków (por. Mucha i in., 1994).

Podobnie, jak w przypadku molibdenu, najlichniesza populacja otworów, z których pochodzą próbki o wysokiej zawartości wolframu (w granicach 0,005–0,210%), znajduje się w bezpośrednim otoczeniu złoża Myszków, głównie w próbkach granitu, porfirów, metaosadach ediakaru i żyłkach kwarcowych. W pozostałych rejonach jedynie kilka próbek wykazuje podwyższone (do 0,05%) koncentracje wolframu.

Uzyskane wyniki jednoznacznie wskazują, że najbardziej perspektywnym rejonem występowania potencjalnego złoża Mo-Cu-W jest rejon Nowa Wieś Żarecka–Myszków–Mrzygłód, usytuowany w bezpośrednim otoczeniu złoża Myszków (fig. 2). Duże perspektywy natrafienia na bogatą mineralizację istnieją zarówno na odcinku centralnym (w bezpośrednim otoczeniu złoża Myszków), jak również na odcinku NW (Nowej Wsi Żareckiej – wokół otworu Pz-40; fig. 3D) i na odcinku SE (Mrzygłodu – wokół otworu Pz-10; fig. 3B). Okruszcowane są tu zarówno granitoidy, jak i zmetamorfizowane skały osłony oraz żyły porfirów. Omawiany rejon jest obszarem rozległej i silnej anomalii Mo i W, pokrywającej się w znacznej mierze z pozytywną anomalią Cu, z centralnie usytuowanym złożem Myszków (fig. 2). W złożu tym, obok znacznych koncentracji Cu i Mo, stwierdzono zawartość wolframu (średnio 0,027%), przy czym anomalia wolframowa nakłada się na anomalię molibdenową (Ślósarz, 1988; Lasoń, 1992, 2003; Podemski i in., 2001). Średnia zawartość molibdenu i wolframu w otworach otaczających złożo Myszków jest zbliżona do wartości rejestrowanych w tym złożu, zmieniając się w granicach od 0,001 do 0,060% Mo i od 0,001 do 0,013% W, przy dość wysokiej średniej zawartości miedzi (0,02–0,18%). Rejon ten w całości znajduje się w obrębie bloku koncesyjnego, przyznanego Śląsko-Krakowskiej Kompanii Górnictwa Metali. W przypadku ewentualnego rozpoczęcia eksploatacji złoża Myszków, wybrane fragmenty tego rejonu perspektywnego, po przeprowadzeniu dalszych prac rozpoznawczych, mogłyby stanowić obszary rezerwowe dla przewidywanego górnictwa w obszarze złożowym Myszkowa. Korzystnym czynnikiem dla dalszych poszukiwań jest występujący tu stosunkowo mały miąższości nadkład mezozoiczny (170–210 m).

Innym rejonem, gdzie istnieje możliwość znalezienia bogatej mineralizacji typu Mo-Cu-W jest rejon Żarki–Kotowice (Lasoń, Markowiak, 2008). Ujawniona mineralizacja kruszcowa oraz charakter przeobrażeń hydrotermalnych skał wskazuje na genetyczne pokrewieństwo z przejawami waryscyjskiej mineralizacji poznanej w strefie peryferycznej porfirowego złoża Mo-Cu-W Myszków, co sugeruje możliwość występowania intruzji granitoidowej w podłożu tego rejonu i związanej z nią mineralizacji kruszcowej o charakterze złożowym. Średnie zawartości w profilach są niskie i nie przekraczają 0,01% Mo i W, lecz wobec wysokiej średniej

zawartości miedzi (do 0,25%), Mo_e w najbogatszym interwale wynosi 0,09%.

Rejon Zawiercia z miedziową mineralizacją porfirowo-skarnową (z nieznacznym współudziałem Mo i W), rozpoznana wcześniej (Górecka, 1972; Górecka, Nowakowski, 1979; Harańczyk i in., 1980; Piekarski, 1994c; Koszowska 2000), w świetle obecnie przeprowadzonych badań wciąż stanowi perspektywny obszar złożowy, lecz nieznaczną powierzchnia występowania zbadanej mineralizacji i skomplikowana budowa geologiczna są istotnymi czynnikami ograniczającymi możliwość wyznaczenia obszaru koncesyjnego, przeprowadzenia nowych prac wiertniczych i ewentualnego udokumentowania zasobów rud metali, co mogłoby doprowadzić do gospodarczego wykorzystania potencjalnego złoża, pod warunkiem, że będzie możliwa i opłacalna eksploatacja w warunkach górnictwa podziemnego pod zabudową miejską. Ciało skarnowe (występujące na powierzchni ok. 0,4 km²) podnoszą wartość złoża porfirowego i jako pierwsze mogłyby być obiektem eksploatacji, jednak ich nieregularne rozprzestrzenienie i trudna na ogół wzbogacalność rud skarnowych ogranicza możliwość gospodarczego wykorzystania tych rud.

W rejonie Pilicy interesującej mineralizacji molibdeno-miedziowej można spodziewać się przede wszystkim w bardzo słabo wiertniczo spenetrowanym rejonie wokół otworów KH-1 i KH-2 (ze średnimi zawartościami w granicach 0,02–0,03% Cu, 0,001–0,020% Mo i 0,001–0,003% W, przy maksymalnej średniej zawartości miedzi do 0,03%; fig. 3C), który może ulec powiększeniu w stronę strefy uskokuwej Kraków–Lubliniec, obejmując także pole (ok. 0,4 km²) wokół otworu WB-111 (fig. 1). Na podstawie uzyskanych danych opartych na rzadko rozmieszczonych otworach wiertniczych trudno jednoznacznie określić ewentualny obszar poszukiwań. Największa możliwość pojawienia się ciał rudonośnych wydaje się istnieć na obszarze przyległym do strefy tektonicznej Kraków–Lubliniec.

Rozpoznanie obszaru perspektywnego Doliny Będkowskiej wykonanymi dotychczas dziesięcioma odwiertami, zlokalizowanymi jedynie w centralnej jego części na obszarze o powierzchni około 11 km², jest znikome. Jak dotąd nie napotkano tu bogatych ciał rudnych, a mineralizacja miedziowa (z nieznacznym udziałem Mo i W) występuje w formie cienkich interwałów rudnych w sposób nieuporządkowany w obrębie skał płonnych. Średnia zawartość Mo w interwale 2,3 m wynosi 0,083%, a maksymalna średnia Cu wynosi 0,49% w interwale 3,9 m. Ze względu na znaczną głębokość (ponad 1000 m) występowania intruzji granodiorytowej, z której kontaktem mogą być związane ciała kruszcowe typu porfirowego, znaczenie gospodarcze może mieć wyłącznie żyłkowe okruszcowanie polimetaliczne Cu (Mo-W-Zn-Pb-Au), związane z płytko zalegającymi żyłami porfirowymi i andezytowymi oraz utworami ediakaru (Mikulski i in., 2007).

W rejonie Mysłowa wcześniejsze badania (Wielgomas, red., 1988) ujawniły wysokie zawartości metali w otworze 37-WB (maks. do ok. 1% Mo i 0,1% W). Na obecnym etapie rozpoznania wydaje się, że w rejonie tym mamy do czynienia

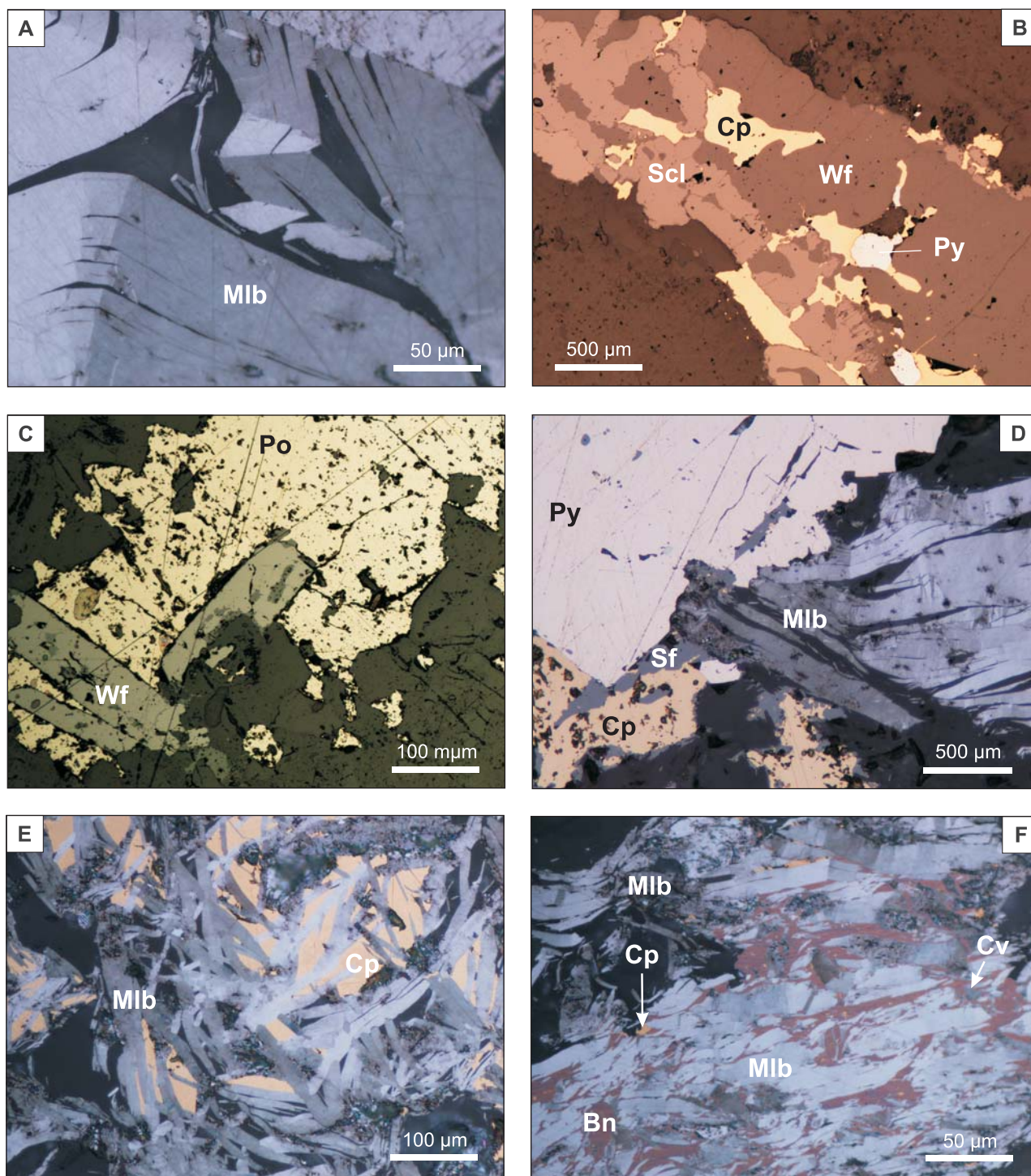


Fig. 3. Charakterystyczne wystąpienia molibdenitu (Mlb) w asocjacji z różnymi minerałami kruszcowymi (Bn – bornit; Cp – chalkopiryt; Cv – kowelin; Py – piryt; Po – pirotyt; Sf – sfaleryt; Scl – scheelit; Wf – wolframit) w obszarach perspektywicznych w strefie kontaktu bloku małopolskiego z blokiem górnośląskim

A – rejon Myszkowa, otwór wiertniczy Pz-38, głęb. 441,5 m; B – rejon Mrzyglód, otwór wiertniczy Pz-10, głęb. 667 m; C – rejon Pilicy otwór wiertniczy KH-2; głęb. 520 m; D – rejon Nowej Wsi Żareckiej, otwór wiertniczy Pz-40, głęb. 712 m; E – rejon Myszkowa, otwór wiertniczy Pz-14, głęb. 899,5 m; F – rejon Myszkowa, otwór wiertniczy Pz-15, głęb. 206,5 m. *Fot. S.Z. Mikulski*

Characteristic forms of molybdenite (Mlb) occurrence in association with ore minerals (Bn – bornite; Cp – chalcopirite; Cv – covellite; Py – pyrite; Po – pyrrotite; Sf – sphalerite; Scl – scheelite; Wf – wolframite) from the prospective areas in the contact zone of the Małopolska Block with Upper Silesian Block

A – region of Myszków, Pz-38 borehole, 441.5 m depth; B – region of Mrzyglód, Pz-10 borehole, 667 m depth; C – region of Pilica, KH-2 borehole; 520 m depth; D – region of Nowa Wieś Żarecka, Pz-40 borehole, 712 m depth; E – region of Myszków, Pz-14 borehole, 899.5 m depth; F – region of Myszków, Pz-15 borehole, 206.5 m depth. *Photos. S.Z. Mikulski*

nia ze względnie ubogą mineralizacją miedziowo-molibdenową (z nieznacznym udziałem wolframu), w porównaniu z rejonami perspektywicznymi z bloku małopolskiego. Średnia zawartość Mo w najbogatszym interwale (miąższość 2,35 m) wynosi 0,207%, średnia zawartość Cu w interwale o miąższości 3,58 m wynosi 0,296% (Oszczepalski i in., 2008). Jednak w zdecydowanej większości zbadanych próbek z tego rejonu średnia koncentracja metali nie jest wysoka i zawiera się w przedziale 0,02–0,06% Cu, 0,001–0,02% Mo i 0,001–0,003% W.

Biorąc jednak pod uwagę bardzo duży zasięg zmian termiczno-metasomatycznych, wieloetapowość rozwoju magmatyzmu, częstą w próbkach obecność molibdenitu i scheelitu, można zakładać istnienie tu intruzji hypabyssalnych skał magmowych, pochodnych magmy granodiorytowej i związanej z nią mineralizacji typu porfirowego (Markowiak, Habryn, 2003; Truszel i in., 2006). Z rozkładu danych wynika, że w zachodniej części rejonu dominuje mineralizacja miedziowo-molibdenowa, a w jego wschodniej części – miedziowo-wolframowa.

ZŁOŻA PORFIROWE Mo(-Cu) I ŻYŁOWE NA DOLNYM ŚLĄSKU

BLOK PRZEDSUDECKI

Molibden i, w mniejszej ilości punktów, wolfram stwierdzone zostały przede wszystkim w granitoidowym masywie Strzegom–Sobótka, którego zachodnia część uważana jest za molibdenonośną (Pendias, Walenczak, 1956; Sałaciński, 1973, 1978; Kanasiewicz, Mikulski, 1989). Za najciekawszy, jak dotychczas, rejon dla złóżowych koncentracji Mo typu porfirowego, uznano zachodnią część intruzji, gdzie w okolicach Paszowic stwierdzono występowanie zsylikowanego drobnoziarnistego leukogranitu alkalicznego z przejawami pneumatolityczno-hydrotermalnego okruszczenia (fig. 4). Odślaniającą się na powierzchni strefę okruszczoną, o szerokości około 1,5 m i długości do 150 m, tworzy system stromo zapadających żyłek kwarcowych, zawierających głównie molibdenit i chalkopiryt, rzadziej spotykany jest piryt, a zupełnie sporadycznie występują kasyteryt, hübneryt i magnetyt (Pendias, Walenczak, 1956; Fedak, Lindner, 1966; Sałaciński, 1978). Na podstawie wykonanych analiz chemicznych próbek granitu molibdenonośnego z Paszowic oraz z okolic Borowa, zawierających rozproszoną mineralizację molibdenitową, Pendias i Walenczak (1956) określili zawartość molibdenu w pojedynczych próbkach punktowych na poziomie nawet do 1%, a w żyłach kwarcowych od około 0,4 do 0,78%. W końcu lat 50. ubiegłego stulecia w szybkach poszukiwawczych wykonanych przez pracowników PIG, zlokalizowanych w okolicy Paszowic, stwierdzono wysokie średnie zawartości Mo (0,34%) oraz Cu (0,13%; Chylińska, 1958). Reinterpretacja za pomocą technik komputerowych archiwalnych wyników, pochodzących zarówno z materiału rdzeniowego z 3 otworów, jak i ze zdjęcia glebowego z okolic Paszowic, pozwoliła na opracowanie modelu okruszczenia oraz zdefiniowanie dwóch równoległych stref mineralizacji molibdenitowej, o szerokości odpowiednio 4–5 i 2–3 m i upadzie 70–80° ku NE, rozpoznanych do głębokości 70–100 m. Mineralizację tę zaklasyfikowano do formacji porfirowych złóż Mo-Cu typu sztokwerkowego o zasobach metali trudnych do oszacowania na dotychczasowym etapie rozpoznania (Kanasiewicz, Mikulski, 1989).

W Borowie udokumentowano gniazda silnie okruszczonego granitu o wymiarach 2,5×1,5×15 m i zawartości Mo

nawet do 0,8% (Pendias, 1956). Molibdenit w mniejszej ilości występuje również w postaci gniazdowych nagromadzeń w Granicznej oraz Kostrzy (fig. 5A–D) oraz w formie nalców na powierzchniach szczelin (Borów–Kostrza, Rogoźnica, Wieśnica) oraz wypełnień druz (Czernica–Zimnik, Rogoźnica; Sałaciński, 1978). Za pomocą metod Re-Os określono wiek krystalizacji molibdenitów z zachodniej części masywu strzegomskiego na 294–299 mln lat, a molibdenitu z Paszowic na 303–310 mln lat (Mikulski, Stein, 2007).

Można przyjąć, że na obecnym etapie znajomości przejawów mineralizacji molibdenitowej cały obszar pomiędzy Paszowicami a Strzegomiem, o powierzchni około 120 km², jest obszarem hipotetycznym wystąpienia złóżowych koncentracji Mo-Cu typu porfirowego. Główną przesłanką takich przypuszczeń jest silne rozwinięcie procesów pomagmowych w NW części masywu strzegomskiego, które przejawia się występowaniem licznych pegmatytów z bogatym zespołem mineralnym, żył aplitowych, żył kwarcowych oraz kwarcowo-siarczkowych, zawierających molibdenit.

SUDETY

Liczne przejawy mineralizacji Mo-W-Sn wraz z REE oraz U-Th zostały stwierdzone w wielu miejscach masywu karkonoskiego (m.in. Szklarska Poręba, Michałowice, Łomnica; Traube, 1888; Gajda, 1960; Fedak, Lindner, 1966; Kozłowski i in., 1975; Lis, Sylwestrzak, 1986; Mikulski, 1997b, 2008; Kozłowski, Sachanbiński, 2007; Cwojdzkiński i in., 2008). Mineralizację kruszcową stwierdzono w pegmatytach, żyłkach kwarcowych oraz na powierzchniach spękań – głównie w aplogranitach oraz granitach typu porfirowego (fig. 5E, F). Granit karkonoski jest klasyfikowany jako granit postkolizyjny, słabo peraluminowy (A/CNK <1,1) typu I, zawierający jednak również elementy typu przejściowego pomiędzy granitami typu I i S. Takie silnie frakcjonowane i zewoulowane kwaśne magmy są w stanie dostarczyć roztworami pneumatolityczno-hydrotermalnymi znacznych ilości metali, takich jak: W, Mo, Sn, Bi i inne (Mikulski, 2007). Możliwość wystąpienia mineralizacji cyny w granitoidach karkonoskich sugerowali również Mierzejewski i Grodzicki (1982).

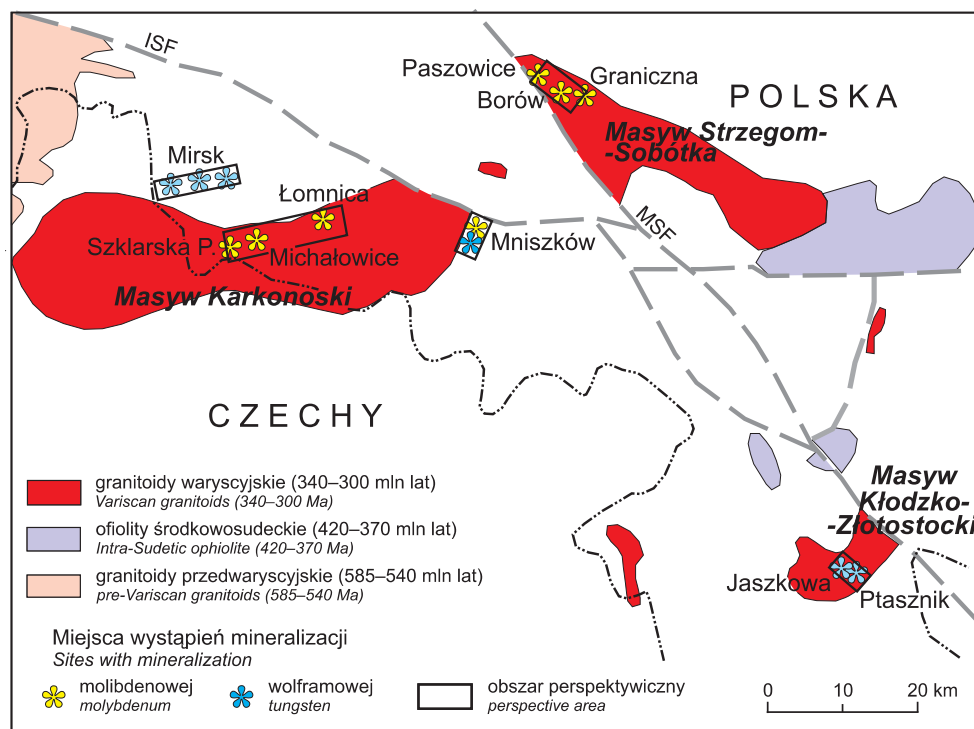


Fig. 4. Obszary perspektywiczne wraz z lokalizacją najbardziej interesujących punktów z mineralizacją molibdenitową i/lub wolframową na bloku przedsudeckim i w Sudetach

The perspective areas with the location of the most interesting sites with molybdenite and (or) tungsten mineralization on the Fore-Sudetic block and in the Sudetes

Za najciekawsze miejsce wystąpienia mineralizacji molibdenitowo-wolframitowej z kasyterytem należy uznać kamieniołom granitu w Szklarskiej Porębie Hucie. Mineralizacja typu żyłkowo-impregnacyjnego występuje tam w pegmatytach i żyłkach kwarcowych w aplogranicie (Karwowski i in., 1973). Najwięcej przejawów okruszczenia stwierdzono w zachodniej części kamieniołomu, gdzie występuje południkowy system stromo zapadających żyłek kwarcowych (o grubości <1 cm) z kruszcami. Zawartości niektórych pierwiastków w pojedynczych próbkach są wysokie, np. koncentracje wolframu osiągają do 0,2%. Okruszczeniu Mo-W-Sn-Cu towarzyszy różnorodna i bogata mineralizacja REE-Th-U (Piecza, Gołębiowska, 2002). Forma występowania okruszczenia i jej charakter wykazują podobieństwo do złóż porfirowych, a w szczególności do typowych pneumatolityczno-hydrotermalnych formacji wolframitowo-kasyterytowo-molibdenitowych. W granitach centralnych i grzbietowych niski jest stosunek Rb/Sr (zwykle <10), co jest charakterystyczne dla magm dostarczających Mo i W do procesów pomagmowych. Z kolei w aplogranicie stosunek

Rb/Sr wynosi >20 , co jest typowe dla złóż Sn (Mikulski, 2007). Dane geochemiczne dla granitów karkonoskich oraz liczne przejawy okruszczenia wskazują na możliwość uformowania się złóż rud Mo w obrębie masywu w karbonie górnym. Wiek krystalizacji molibdenitów ze Szklarskiej Poręby określono za pomocą metod Re-Os na 323 ± 1 mln i 310 ± 1 mln lat (Mikulski, Stein, 2008, 2011). Wskazuje to na powiązanie procesów krystalizacji molibdenitu z dwoma typami granitów karkonoskich (porfirowych i granofirowych). Jednak złoża, które mogły się uformować w wyniku procesów magmowo± pneumatolityczno± hydrotermalnych zostały najprawdopodobniej zerodowane. Silny rozwój procesów hydrotermalnych mógł doprowadzić również do powstania złóż żyłowych lub skarnowo-metasomatycznych molibdenitu w strefach jego kontaktów ze skałami metamorficznymi. Znaczenie ekonomiczne tego typu złóż jest jednak niższe niż złóż porfirowych. Ponadto, obszar Karkonoszy stanowi park narodowy, w którym prowadzenie działalności poszukiwawczej i ewentualnie eksploatacyjnej jest bardzo ograniczone.

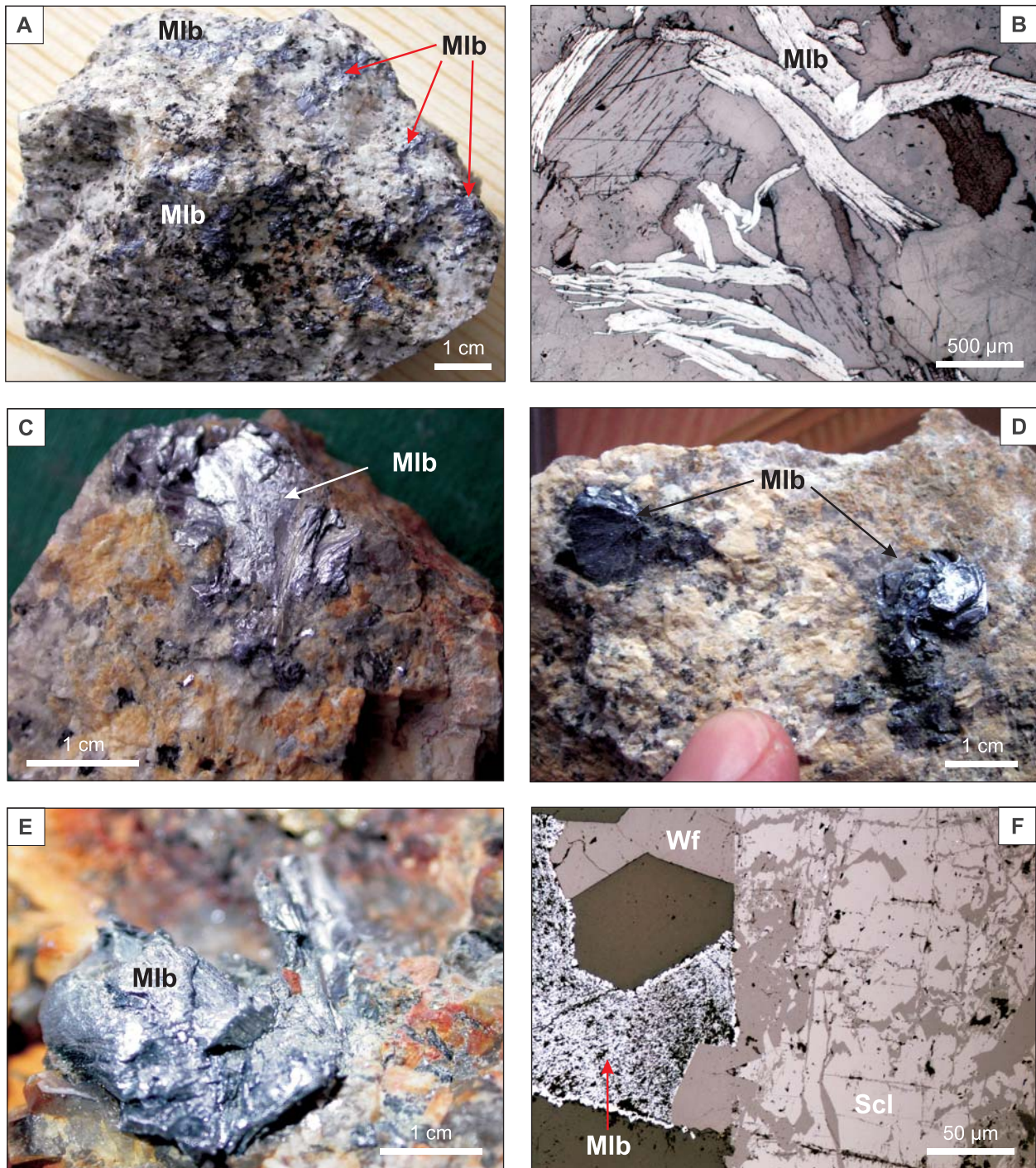


Fig. 5. Mineralizacja molibdenitowa z waryscyjskich granitoidów na Dolnym Śląsku

A–B – agregaty ziarniste molibdenitu (Mlb) i drobnoziarniste blaszki w monzogranicie biotytowym, Kamieniołom Graniczna, masyw granitoidowy Strzegom-Sobótka, A – próbka zbadana dzięki uprzejmości Muzeum Państwowego Instytutu Geologicznego w Warszawie; B – mikrofotografia w świetle odbitym; **C–D** – molibdenit w postaci blaszek tworzących oddzielne agregaty ziarniste w granicie pegmatytowym z kamieniołomu „Andrzej” w Strzegomiu (C) oraz z kamieniołomu „Lubicz” w Kostrzy (D), masyw granitoidowy Strzegom-Sobótka; **E** – agregaty ziarniste w granicie pegmatytowym z kamieniołomu w Szklarskiej Porębie Hucie, masyw granitoidowy Karkonoszy; **F** – przerosty molibdenitu (Mlb) z wolframitem (Wf), który jest zastępowany przez scheelit (Scl), mikrofotografia w świetle odbitym, kamieniołom Szklarska Poręba Huta, masyw granitoidowy Karkonoszy. Fot. S.Z. Mikulski

Molybdenite mineralization from the Variscan granitoids in Lower Silesia

A–B – molybdenite (Mlb) aggregates and fine-grained flakes disseminated within biotite monzogranite, Graniczna granite quarry, Strzegom-Sobótka granitoids massif, A – sample courtesy of the Polish Geological Institute Museum in Warsaw, B – microphotograph in the reflected light; **C–D** – molybdenite blades formed separate aggregates in pegmatitic granite from the “Andrzej” granite quarry in Strzegom (C) and from the “Lubicz” quarry in Kostrza (D), Strzegom-Sobótka granitoids massif; **E** – molybdenite aggregates in pegmatitic granite from the Szklarska Poręba Huta granite quarry, Karkonosze granitoids massif; **F** – molybdenite (Mlb) intergrowths with wolframite (Wf), which is replacing by scheelite (Scl). Microphotograph in the reflected light, the Szklarska Poręba Huta granite quarry, Karkonosze granitoids massif. Photos. S.Z. Mikulski

FORMACJE CZARNYCH ŁUPKÓW MOLIBDENONOŚNYCH

CECHSZTYŃSKA FORMACJA MIEDZIONOŚNA

Molibden należy do grupy metali towarzyszących w rudach miedziowo-srebrowych formacji cechsztyńskiej, osiągających największe koncentracje w redukcyjnych odmianach łupku miedzionośnego oraz lokalnie w dolomicie granicznym i stropie białego spągowca (Banaś i in., 1976, 2007; Salamon, 1979; Kijewski, Jarosz, 1987; Kucha, 2007). Średnia zawartość molibdenu w złożu rud miedzi wynosi 38 ppm (140 ppm w rudzie łupkowej oraz 19–24 ppm w rudzie węglanowej i piaskowcowej). Zawartość molibdenu zmienia się w szerokim zakresie od kilkunastu ppm do 1,3% w niektórych próbkach łupku smolistego (Salamon, 1979), a sporadycznie nawet do 10% lokalnie w próbkach spągu łupku miedzionośnego (Kucha, Marcinkowski, 1976). Największe ilości molibdenu występują w postaci domieszek izomorficznych w pirycie, chalkozynie, djurleicie i bornicie, dlatego najwyższe koncentracje molibdenu spotyka się w centralnych partiach złoża Lubin–Sieroszowice, gdzie dominuje asocjacja chalkozynowo-bornitowa, zaś najniższe związane są z okruszczeniem galenowo-sfalerytowym, a także digenitowo-kowelinowym (w sąsiedztwie utworów utlenionych). Mniejsze znaczenie mają mało pospolite minerały własne: castaingit, molibdenit i jordisyt.

Według BZKiWPP (2011) w złożach Cu-Ag na monoklinie przedsudeckiej udokumentowane szacunkowe zasoby molibdenu wynoszą około 66,86 tys. Mg; największe w złożach Lubin–Małomice (ok. 22,59 tys. Mg Mo) oraz Rudna (16,49 tys. Mg Mo). Wydobycie z kopalń KGHM S.A. w 2011 r. wyniosło około 1,28 tys. Mg Mo.

Zasoby perspektywiczne Mo związane są głównie ze spągowymi partiami łupku miedzionośnego, w których Mo występuje w postaci domieszek w pirycie, chalkozynie czy bornicie. Poza rejonami złóż miedziowo-srebrowych, zawartość molibdenu w łupku miedzionośnym zmienia się w granicach od 50 do 300 ppm. Ze względu na fakt, że Mo występuje

głównie w postaci domieszek w siarczku Fe lub Cu, nie istnieje możliwość wyprodukowania standardowych koncentratów molibdenitowych (MoS₂) z omawianych łupków. Dlatego też brak odzysku Mo z siarczkowych rud Cu-Ag na monoklinie przedsudeckiej, powoduje, że w procesach technologicznych molibden przechodzi do odpadów.

INNE FORMACJE

Podwyższone zawartości molibdenu wraz z wanadem, ołowiem i miedzią występują w sylurskiej formacji czarnych łupków grafitowych w metamorficznym kompleksie Gór Kaczawskich. Szczególnie w rejonie pomiędzy Golejowem i Pławną, gdzie w 3 płytkich otworach poszukiwawczych stwierdzono koncentracje odpowiednio w granicach 0,01–0,03% Mo i 0,1–0,3% V (Lindner, 1960). Koncentracje tych metali są jednak za niskie, aby sylurską formację czarnych łupków grafitowych z metamorfiku kaczawskiego można było uznać za perspektywiczną.

Pojedyncze wysokie koncentracje molibdenu (maks. do 0,091% Mo), korelujące się z podwyższoną zawartością uranu, wanadu i ołowiu, stwierdzone zostały w bogatych w substancję organiczną ordowickich czarnych łupkach dictyonemowych obniżenia podlaskiego w północno-wschodniej Polsce (Bareja, 1974).

Podobnie podwyższone zawartości Mo, V, As i Se towarzyszą uranowi w bogatych w substancję organiczną i minerały ilaste utworach piaskowcowych triasu syneklizy perybałtyckiej (Bareja, 1984).

Z uwagi na niskie koncentracje molibdenu oraz brak odpowiednich technologii jego odzysku z tego typu skał, wszystkie powyższe formacje czarnych łupków, jak i zailonnych utworów piaskowcowych triasu, należy uznać za nieperspektywiczne dla opłacalnej eksploatacji.

MINERALIZACJA WOLFRAMOWA (SCHEELITOWA) W STREFACH KONTAKTOWYCH INTRUZZJI GRANITOIDOWYCH Z OSŁONAMI METAMORFICZNYMI NA DOLNYM ŚLĄSKU

WSCHODNIA OSŁONA METAMORFICZNA INTRUZZJI KARKONOSKIEJ

Prace poszukiwawcze za rudami wolframu i cyny prowadzone były przez Instytut Geologiczny w latach 1971–1987 w rejonie wschodniej osłony metamorficznej granitu karkonoskiego (Lindner, 1976, 1982, 1987). W strefie wystąpienia glebowych anomalii geochemicznych (m.in. W, Mo i Sn) oraz w rejonie anomalii szlichowych kasyterytu i scheelitu w aluwialnych usytuowano kilkanaście płytkich wierceń kartujących oraz kilka głębszych wierceń poszukiwawczych

(Lindner, 1982). W kilku wierceniach poszukiwawczych stwierdzono interwały z mineralizacją W(±Mo), na którą nałożyło się okruszczenie arsenowo-polimetalicznymi siarczku. W niektórych otworach wiertniczych oraz w rowach poszukiwawczych stwierdzono przejawy mineralizacji scheelitowej i molibdenitowej w obrębie skał wapienno-krzemianowych, w spękaniach skał amfibolitowych oraz w żyłach kwarcowych tnących skały osłony i granit karkonoski. W wierceniu (J-1) zlokalizowanym koło Mniszkowa–Janowic Wielkich maksymalne zawartości wolframu były niskie – 0,110 i 0,055% odpowiednio w interwałach

96,5–97,0 i 98,0–98,5 m (Lindner, 1982). Ponadto, cienkie kilkucentymetrowej długości żyłki scheelitowe pojawiają się w skałach węglanowo-krzemianowych w interwale głębokości 108,1–124,5 m oraz liczne pojedyncze wprysnięcia scheelitu i pirytu w cienkich żyłkach kwarcowych tnących skały granitoidowe intruzji karkonoskiej na głębokości poniżej 125 m (Mikulski, 1997b). Z kolei w wierceniu J-2 na głębokości 103,7–112,5 m stwierdzono 3 interwały rozproszonej mineralizacji scheelitowej w skałach węglanowo-krzemianowych, jednak o bardzo niskiej zawartości wolframu, w zakresie 0,011–0,027% (Lindner, 1982).

Przesłanki możliwości wystąpień mineralizacji scheelitowej związanej z dolnopaleozoiczną formacją wulkaniczną (spility), potwierdzają niektóre wyniki analiz amfibolitów, które zawierają do około 0,04% WO_3 oraz lokalnie intensywne okruszcowanie scheelitem (Lindner, 1982; Mikulski, 1997a). Z kolei molibden stwierdzony został również w skałach węglanowo-krzemianowych (175 ppm Mo; J-2 na głęb. około 95 m; Lindner, 1982) oraz w żyłach kwarcowych (<100 ppm; Lindner, 1987). Ponadto w 3 innych wierceniach z okolic Mniszkowa opisana została impregnacyjno-żyłkowa mineralizacja scheelitowa w paragenezie z molibdenitem i rutylem w strefach silnego okwarcowania (otwór J-3) oraz w dolomicie cukrowatym (J-7; Lindner, 1987). Na paragenzę Mo-W-Ti nakłada się generacja siarczków Fe, As, Cu, Zn i Pb, o przeciętnej zawartości Cu, Pb i Zn na poziomie od kilkuset do kilku tysięcy ppm (Górecka, 1987).

Dotychczasowe rezultaty prac poszukiwawczych wskazują na możliwość wystąpień małych złóż skarnowych z scheelitem oraz molibdenitem, a także żył kwarcowych z molibdenitem wzdłuż kontaktu granitu karkonoskiego ze skałami wschodniej osłony metamorficznej, na odcinku od rejonu Miedzianki i Mniszkowa po Czarnów, ale obecnie praktycznie nie mogą być one rozpatrywane pod względem znaczenia ekonomicznego (fig. 4).

MASYW KŁODZKO-ZŁOTOSTOCKI

Mineralizacja scheelitowa w rejonie Góry Ptasznik stwierdzona została w skałach osłony metamorficznej w środkowej części intruzji kłodzko-złotostockiej, jak również w żyłach kwarcowych w obrębie granitoidów porfirowych w okolicach Jaskowej i Droszkowa (fig. 4; Mikulski, 1997a). Powierzchniowe prace prospekcyjno-badawcze za wolframem w tym rejonie przeprowadził PIG w latach 1994–1996 (Mikulski, 1997b). Najsilniejsze okruszcowanie scheelitowe pojawia się w kwarcowo-skalieniowych sztokwerkach oraz żyłach kwarcowych występujących w amfibolitach piroksenowych (0,184–0,223% WO_3 ; Mikulski, 2000). Współwystępuje ono z tytanitem, którym lokalnie towarzyszą młodsze pojedyncze ziarenka złota rodzimego oraz siarczki, takie jak arsenopiryt, löllingit, piryt, czy chalkopiryt. Scheelitowe złoża tego typu klasyfikowane są jako złoża kontaktowo-metasomatyczne lub osadowo-metamorficzne (ewentualnie stratoidalne) i mogą zawierać znaczne zasoby wolframu. Zawartość WO_3 jest w tych złożach od 0,3 do 6%, średnio 0,6–1,0%, a zawartość Mo sięga setnych części procenta (Ekiert, 1985; Gruszczyk i in., 1985). Stwierdzone w rejonie Ptasznika przejawy mineralizacji scheelitowej są uboższe od notowanych w kontaktowo-metasomatycznych złożach scheelitu.

Pomimo że prace poszukiwawcze polegały głównie na powierzchniowej prospekcji za pomocą lampy UV oraz wykonaniu zdjęcia szlichowego, to wykazały, że obszar w rejonie wzgórza Ptasznik stanowi fragment sztokwerkowej mineralizacji skalieniowo-kwarcowej z scheelitem, tytanitem i lokalnie również ze złotem, która wymaga sprawdzenia poprzez płytkie wiercenia rozpoznawcze. Ponadto, przejawy mineralizacji scheelitowej stwierdzono w wychodniach skał metamorficznych, stanowiących relikty osłony metamorficznej (amfibolity) masywu kłodzko-złotostockiego w rejonie Mąkolna oraz w kilku żyłach kwarcowych tnących granitoidy, szczególnie w południowej jego części (Mikulski, 2000).

MINERALIZACJA WOLFRAMOWA W STREFACH GREJZENIZACJI

Rozproszona mineralizacja wolframowa występuje w grejzenach w zachodniej części Pogórza Izerskiego na południe od Mirska (Pawłowska, 1966; Karwowski, 1972) w strefie równoleżnikowej o długości do 12 km i szerokości około 0,3 km, od rejonu na zachód od Pobiednej poprzez Kamień do Rębiszowa (fig. 4). Najlepsze odsłonięcie grejzenów zlokalizowane jest w rejonie wzgórza Wyrwak, gdzie skały te kontaktują od południa z łupkami łyszczykowymi i amfibolitowymi, zaś ku północy przechodzą stopniowo w zgrejzenizowane leukogranity zaliczane do metamorfiku Gór Izerskich. Mineralizacja obecna jest w grejzenach kwarcowo-muskowitowych i topazowych z fluorytem w formie rozproszonej (Pawłowska, 1966; Karwowski, 1972). Stwierdzono tu głównie wolframit (ferberyt), szelit i niobonośny

rutyl oraz w mniejszej ilości kasyteryt, Bi-rodzimy, arsenopiryt i chalkopiryt (Karwowski, 1975). W pojedynczych próbkach koncentracje wolframu sięgają do około 1% WO_3 i są związane głównie zgrejzenami kwarcowo-topazowymi oraz strefami muskowitowymi.

Skały zgrejzenizowane związane z leukogranitami, opisane także z okolic Kopańca oraz Pobiednej (Pawłowska, 1966; Karwowski, 1975), nie były przedmiotem prac poszukiwawczo-wiertniczych. Jednak podczas prowadzonych przez pracowników PIG poszukiwań cyny w Paśmie Kamienieckim w otworze Gierczyn G 9/3 (około 2 km na SE od wzgórza Wyrwak) nawiercono strefę wolframową około 8 m miąższości, w interwale głębokości 445,3–453,4 m (Michniewicz i in., 2006). Okruszcowanie scheelitowe występuje

tu w formie rozproszonej w różnych typach łupków kwarcowo-luszczykowo-chlorytowych, zawierających intensywne okruszczenie kasyterytem oraz siarczki. Pomimo że koncentracje wolframu w strefach powierzchniowych są niskie, obecność minerałów wolframowych wskazuje na silny rozwój procesów pneumatolityczno-hydrotermalnych, podobnych do procesów, które doprowadziły do powstania grejzenów w rejonie wzgórza Wyrwak w paśmie Mirska.

Proces grejzenizacji według Pawłowskiej (1966) jest pochodny albityzacji, która doprowadziła do powstania leu-

kogranitów, i prawdopodobnie nie stowarzyszony bezpośrednio z intruzją skały magmowej. Występowanie w tych warunkach koncentracji złożowych wolframu mogłoby być ograniczone. Inny pogląd na genezę mineralizacji przedstawił Karwowski (1973), który powstanie grejzenów łączył z rozwojem postmagmowych procesów pneumatolitycznych, zachodzących w stropowych partiach górnokarbońskiej intruzji karkonoskiej oraz w obrębie jej osłony. Wyjaśnienie tego problemu złożowego byłoby możliwe poprzez wykonanie płytkich wierceń kierunkowych.

PODSUMOWANIE

W strefie kontaktu bloku małopolskiego z blokiem górnośląskim zlokalizowane jest jedyne dotychczas udokumentowane w Polsce złożo porfirowe Mo-Cu-W Myszków, o zasobach około 0,3 mln Mg molibdenu, 0,24 mln Mg wolframu i około 0,8 mln Mg miedzi (BZKiWPP, 2011), (fig. 1, 2). Mineralizacja rudna związana jest z impregnacyjno-żyłkowymi wystąpieniami rud siarczko-tlenkowych, reprezentowanych głównie przez molibdenit, chalkopiryt i scheelit (fig. 3), a lokalnie również przez mineralizację polimetaliczną z siarczki Zn-Pb i (lub) mineralizację $Au\pm Bi\pm Te$. Jednak w całej tej strefie, a szczególnie na bloku małopolskim, istnieją szanse na odkrycie również nowych złóż. Wyznaczone zostały obszary perspektywiczne dla złożowych koncentracji Mo-Cu-W typu porfirowego oraz typu skarnowo-metasomatycznego, związane z utworami prekambryjsko-paleozoicznymi, intrudowanymi przez górnokarbońskie postkolizyjne wapniowo-alkaliczne granitoidy oraz porfiry. Najbardziej perspektywicznym rejonem występowania złoża porfirowego typu Mo-Cu-W jest rejon Nowa Wieś Żarecka-Myszków-Mrzyglód, usytuowany w bezpośrednim otoczeniu złoża Myszków. Jednak obszar ten, podobnie jak i pozostałe wydzielone obszary perspektywiczne dla mineralizacji porfirowej w strefie kontaktu bloków małopolskiego i górnośląskiego (Żarki-Kotowice, Zawiercie, Pilica, Dolina Będkowska i Mysłów), w celu udokumentowania nowych złóż Mo-Cu-W, wymagają dodatkowych prac poszukiwawczych (uzupełniających prac wiertniczych, wspartych wykonaniem nowoczesnego i szczegółowego zdjęcia grawimetrycznego i magnetycznego). W pierwszej kolejności prace poszukiwawcze powinny objąć dotychczas wydzielone obszary anomalne. Poszukując złóż rud Mo-Cu-W, należy również mieć na uwadze możliwość znalezienia innych typów mineralizacji (skarny Fe-Cu, żyły kwarcowe Au) w strefach peryferycznych intruzji granitoidowych oraz skarnów polimetalicznych przy kontakcie granitoidów ze skałami węglanowymi ordowiku i dewonu.

Istotną barierą poszukiwań złóż rud Mo-Cu-W w strefie kontaktu bloku małopolskiego z blokiem górnośląskim jest stosunkowo duża głębokość ich wystąpień, a także fakt, że koncentracje metali w rejonach perspektywicznych nie są wysokie. Dodatkowym ograniczeniem prac poszukiwaw-

czych są uwarunkowania środowiskowe, ponieważ Dolina Będkowska znajduje się na obszarze Parku Krajobrazowego Dolinki Krakowskie, a rejon Żarek-Kotowic i Pilicy zlokalizowane są na obszarze Parku Krajobrazowego Orlich Gniazd i jego otuliny.

W obszarze złożowym KGHM Polska Miedź sp. z o.o. na Dolnym Śląsku, molibden ze względu na występowanie w postaci nieznacznych domieszek w siarczki rud miedziowo-srebrnych formacji cechsztyńskiej, nie jest odzyskiwany w procesach technologicznych i przechodzi do odpadów. Jednak wraz z dokumentowaniem nowych zasobów rud Cu-Ag na monoklinie przedsudeckiej, należy również oczekiwać przyrostu zasobów molibdenu, jako pierwiastka towarzyszącego. Szacunkowe zasoby molibdenu, jako kopaliny współwystępującej w złożach cechsztyńskiej formacji miedziowości, wynoszą około 67 tys. Mg molibdenu, a jego wydobycie w 2010 r. wraz z rudami miedzi wyniosło około 1,3 tys. Mg Mo (BZKiWPP, 2011).

Ponadto, molibden wraz z innymi metalami (V, U, Pb) został stwierdzony w niektórych obszarach wystąpień formacji tzw. „czarnych łupków”, zaliczanych do ordowiku i syluru w Sudetach i obniżeniu podlaskim (typ złóż stratoidealny), jednak ze względu na niskie koncentracje Mo i brak odpowiedniej technologii jego odzysku zasoby tego metalu w tych formacjach należy uznać za nieperspektywiczne.

W przypadku Sudetów i bloku przedsudeckiego, liczne przejawy mineralizacji molibdenitowej i (lub) wolframowej (głównie scheelitowej) (fig. 4, 5), zaliczone zostały do kategorii zasobów hipotetycznych. Mają one obecnie jedynie znaczenie wskaźnikowe dla ewentualnych poszukiwań rud molibdenu typu porfirowego, żyłowego czy skarnowego, a w przypadku wolframu – złóż typu grejzenowego, kontaktowo-metasomatycznego lub stratoidealnego. W kilku miejscach w Sudetach (np. Ptasznik, Czarnów) wraz z mineralizacją scheelitową stwierdzono występowanie złota rodzimego. W rozpatrywanych tu rejonach istotne dla dalszych poszukiwań mineralizacji Mo i (lub) W powinno być przeprowadzenie powierzchniowych zdjęć geochemicznych i geofizycznych (np. grawimetria, magnetyka) w poszczególnych obszarach anomalnych (np. zachodnia część masywu strzegomskiego, strefy grejzenizacji na Pogórze Izerskim),

a w przypadku wykazania istotnych stref anomalnych należy zweryfikować je płytkimi wierceniami (do 300 m).

Na obszarze dolnośląskim, możliwość poszukiwań ogranicza istnienie obszarów objętych programem NATURA 2000 oraz obszarów chronionego krajobrazu.

Materiał opracowano w Państwowym Instytucie Geologicznym – Państwowym Instytucie Badawczym, na zlecenie

Departamentu Geologii i Koncesji Geologicznych Ministerstwa Środowiska, w ramach projektu badawczego sfinansowanego ze środków NFOŚiGW.

Podziękowania. Autorzy dziękują za wnikliwą recenzję pierwotnej wersji artykułu Prof. dr hab. Andrzejowi Paulo.

LITERATURA

- BANAŚ M., PAULO A., PIEKARSKI K., 1972 — O mineralizacji miedziowej i molibdenowej w rejonie Mrzygłodu. *Rudy i Metale*, **17**: 3–7.
- BANAŚ M., KUCHA H., SALAMON W., 1976 — Występowanie niektórych metali towarzyszących w złożach rud miedzi na monoklinie przedsudeckiej. *Prz. Geol.*, **24**: 240–246.
- BANAŚ M., KJEWski P., SALAMON W., PIECZONKA J., PIESTRZYŃSKI A., 2007 — Pierwiastki towarzyszące w złożu rud miedzi. *W: Monografia KGHM Polska Miedź SA, wydanie II* (red. A. Piestrzyński i in.): 214–228. Allexim sp. z o.o., Wrocław.
- BAREJA E., 1974 — Wstępne wyniki badań geochemicznych dolnego ordowiku obniżenia podlaskiego. *Kwart. Geol.*, **18**, 2: 246–256.
- BAREJA E., 1984 — Minerale uranu w utworach triasu syneklizy perybałtyckiej. *Kwart. Geol.*, **28**, 2: 353–366.
- BAK B., PRZENIOSŁO S. (red.), 1993 — Zasoby perspektywiczne kopalni Polski wg stanu na 31.XII.1990: 98–116. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- BUŁA Z., 2000 — Dolny paleozoik Górnego Śląska i Zachodniej Małopolski. *Pr. Państw. Inst. Geol.*, **171**.
- BUŁA Z. (red.), HABRYN R., KRIEGER W., KUREK S., MARKOWIAK M., WOŹNIAK P., 2002 — Atlas geologiczny paleozoiku bez permu w strefie kontaktu bloków górnośląskiego i małopolskiego. Państw. Inst. Geol. Warszawa.
- BUŁA Z., ŻABA J., 2005 — Pozycja tektoniczna Górnośląskiego Zagłębia Węglowego na tle prekambryjskiego i dolnopaleozoicznego podłoża. *Przew. 76 Zjazdu Pol. Tow. Geol., Rudy k. Rybnika*: 14–42. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- BZKiWPP, 2011 — Bilans Zasobów Kopalni i Wód Podziemnych w Polsce (wg stanu na 31.12.2010 r.). (red. M. Szuflicki i in.). Państw. Inst. Geol. – PIB, Warszawa.
- CHYLIŃSKA H., 1958 — Sprawozdanie z prac geologiczno-poszukiwawczych przeprowadzonych w rejonie Paszowic w 1957–58 r. Centr. Arch. Geol. PIG-PIB, Warszawa.
- CHYLIŃSKA H., KUCHARSKI M., 1960 — Sprawozdanie z prac geologiczno-poszukiwawczych przeprowadzonych w rejonie Paszowic. Centr. Arch. Geol. PIG-PIB, Warszawa.
- COX D.P., SINGER D.A., 1986 — Mineral deposit models. *U.S. Geol. Surv. Bull.*, **1693**: 73–122.
- CWOJDZIŃSKI S. i in. 2008 — Ocena perspektyw występowania złóż rud metali w Sudetach i na Bloku przedsudeckim w nawiązaniu do aktualnych modeli geotektonicznych. Centr. Arch. Geol. PIG-PIB, Warszawa.
- EKIERT F., 1957 — Warunki geologiczne występowania skał magmowych w Mrzygłodziu w okolicy Zawiercia. *Kwart. Geol.*, **1**, 1: 106–112.
- EKIERT F., 1971 — Budowa geologiczna podpermskiego podłoża północno-wschodniego obrzeżenia Górnośląskiego Zagłębia Węglowego. *Pr. Inst. Geol.*, **66**: 5–77.
- EKIERT F., 1985 — Molibden-Mo. Złóża. *W: Surowce Mineralne Świata, Molibden-Mo, Wolfram-W, Ren-Re, Skand-Sc.* (red. nac. A. Bolewski): 13–23. Wyd. Geol., Warszawa.
- FEDAK J., LINDNER M., 1966 — Metalogeneza Sudetów. *Pr. Inst. Geol.*, Warszawa.
- GAJDA E., 1960 — Żyły pegmatytowe okolic Szklarskiej Poręby (Karkonosze). *Kwart. Geol.*, **4**, 3: 546–564.
- GRUSZCZYK H., SMAKOWSKI T., STRZELSKA-SMAKOWSKA B., 1985 — Wolfram-W. Złóża. *W: Surowce Mineralne Świata, Molibden-Mo, Wolfram-W, Ren-Re, Skand-Sc.* (red. nac. A. Bolewski): 145–153. Wyd. Geol., Warszawa.
- GÓRECKA E., 1972 — Mineralizacja kruszcowa w utworach paleozoicznych płn.-wsch. części obszaru śląsko-krakowskiego. *Acta Geol. Pol.*, **22**, 2: 275–326.
- GÓRECKA E., 1987 — Mineralizacja kruszcowa w obszarze między Mniszkowem i Rędzinami. *W: Badania geologiczno-poszukiwawcze okruszcowania Sn, W i polimetalicznego we wschodniej osłonie granitu Karkonoszy* (red. M. Lindner). Centr. Arch. Geol. PIG-PIB, Warszawa.
- GÓRECKA E., NOWAKOWSKI A., 1979 — Ore deposits associated with acid intrusives and related rocks in the Zawiercie region. *W: Research on the genesis zinc-lead deposits of Upper Silesia, Poland.* *Pr. Inst. Geol.*, **95**: 97–107.
- HABRYN R., MARKOWIAK M., 1994 — Jakość i typy rud złoża Myszków. *Przew. 65 Zjazdu Pol. Tow. Geol., Sosnowiec. Pr. Nauk. UŚl.*, **1431**: 202–212.
- 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 — Mineralizacja polimetaliczna w utworach paleozoicznych wschodniego obrzeżenia GZW. *Pr. Inst. Geol.*, **83**: 171–185.
- HARAŃCZYK C., 1979 — Metallogenic evolution of the Silesia-Cracow region. *Pr. Inst. Geol.*, **95**: 109–132.
- HARAŃCZYK C., 1980 — Palaeozoic porphyry copper deposits in Poland. *SGA Spec. Publ.*, **1**: 89–95.
- HARAŃCZYK C., 1983 — Paragenety mineralne w złożach krakowidów i ich pokrywy. *Rocz. Pol. Tow. Geol.*, **53**, 1/4: 91–126.
- HARAŃCZYK C., GAŁKIEWICZ T., KUREK S., ROGOŹ S., SZOSTEK L., 1980 — Porfirowa i skarnowa mineralizacja z Zawiercia. Część II. Mineralizacja. *Rudy i Metale.*, **25**, 12: 558–565.
- KANASIEWICZ J., MIKULSKI S.Z., 1989 — O możliwości występowania złóż molibdenu formacji miedziowo-molibdeno-

- wej w strzegomskim masywie granitowym. *Prz. Geol.*, **37**, 3: 129–134.
- KARWOWSKI Ł., 1972 — Charakterystyka mineralogiczno-petrograficzna grejzenów z Kamienia k. Mirska w Sudetach (Dolny Śląsk). *Biul. Geol. Wydz. Geol. UW*, **14**: 206–223.
- KARWOWSKI Ł., 1973 — Strefa grejzenowa Mładz–Kamień–Pobiedna na Pogórzu Izerskim. *Acta Geol. Pol.*, **23**, 2: 325–340.
- KARWOWSKI Ł., 1975 — Mineralizacja wolframowa w grejzenach Pogórza Izerskiego. *Prz. Geol.*, **23**, 1: 3–8.
- KARWOWSKI Ł., OLSZYŃSKI W., KOZŁOWSKI A., 1973 — Mineralizacja wolframitowa z okolic Szklarskiej Poręby Huty. *Prz. Geol.*, **21**, 12: 633–637.
- KARWOWSKI Ł., LASOŃ K., MARKIEWICZ J., TRUSZEL M., 2005 — Geochemiczno-petrologiczne przesłanki Mo-W-Cu mineralizacji typu złóż porfirowych rejonu krakowsko-lublinieckiego. Przew. 76 Zjazdu Pol. Tow. Geol., Rudy k. Rybnika: 75–79. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- KIJEWSKI P., JAROSZ J., 1987 — Mineralizacja kruszcowa i formy występowania pierwiastków towarzyszących w złożu rudy miedzi. W: *Metale towarzyszące w złożu rud miedzi, stan badań i perspektywy dalszego ich wykorzystania* (red. P. Kijewski): 21–47. Cuprum, Wrocław.
- KOSZOWSKA E., 2000 — Skarns in paleozoic rocks from Zawiercie, southern Poland. *Pr. Specjalne PTM*, **17**: 23–26.
- KOZŁOWSKA M., 1956 — Grejzeny z Kamienia koło Mirska w Sudetach. *Arch. Miner.*, **19**, 1: 59–71.
- KOZŁOWSKI A., KARWOWSKI Ł., OLSZYŃSKI W., 1975 — Tungsten-tin-molybdenum mineralization in the Karkonosze massif. *Acta Geol. Pol.*, **25**, 3: 415–430.
- KOZŁOWSKI A., SACHANBIŃSKI M., 2007 — Karkonosze intragranitic pegmatites and their minerals. W: *Granitoids in Poland* (red. A. Kozłowski, J. Wiszniewska). *Arch. Miner. Monograph*, **1**, 7: 155–178.
- KUCHA H., 2007 — Mineralogia kruszcowa i geochemia ciała rudnego złoża Lubin-Sieroszowice. W: *Geologiczne, gospodarcze i społeczne znaczenie odkrycia złoża rud miedzi* (red. S. Oszczepalski). *Biul. Państw. Inst. Geol.*, **423**: 77–94.
- KUCHA H., MARCINKOWSKI B., 1976 — Nowe dane o minerałach molibdenu, rtęci i bizmutu ze złóż miedzi na monoklinie przedsudeckiej. *Rudy i Metale*, **11**: 420–422.
- LASOŃ K., 1992 — Strefowość mineralizacji polimetalicznej paleozoiku okolic Myszkowa (NE obrzeżenie GZW). *Arch. Miner.*, **48**, 1/2: 43–59.
- LASOŃ K., 2003 — Geochemia molibdenowo-wolframowego złoża porfirowego Myszków. *Biul. Państw. Inst. Geol.*, **405**: 87–108.
- LASOŃ K., MARKOWIAK M., 2008 — Perspektywy odkrycia ciała rudnego w rejonie Żarki–Kotowice w świetle badań petrograficzno-geochemicznych. *Biul. Państw. Inst. Geol.*, **430**: 65–78.
- LINDNER M., 1960 — Geochemiczne strefy anomalne w Górach Kaczawskich. *Prz. Geol.*, **8**, 10: 537.
- LINDNER M., 1976 — Wyniki badań metalonośności wschodniej osłony metamorficznej granitu Karkonoszy w rejonie Janowice Wielkie–Czarnów. Centr. Arch. Geol. PIG-PIB, Warszawa.
- LINDNER M., 1982 — Ocena wyników badań metalonośności strefy kontaktowej granitu Karkonoszy ze wschodnią osłoną metamorficzną – rejon Janowice Wielkie–Czarnów. Centr. Arch. Geol. PIG-PIB, Warszawa.
- LINDNER M., 1987 — Badania geologiczno-poszukiwawcze okruszcowania Sn, W i polimetalicznego we wschodniej osłonie granitu Karkonoszy. Centr. Arch. Geol. PIG-PIB, Warszawa.
- LIS J., SYLWESTRZAK H., 1986 — *Minerały Dolnego Śląska*. Wyd. Geol., Warszawa.
- MARKIEWICZ J., ŚLÓSZARZ J., TRUSZEL M., 1993 — Pozycja geologiczna mineralizacji Cu-Mo-W w paleozoiku północno-wschodniego obrzeżenia GZW. *Pr. Specjalne PTM.*, **3**: 47–54.
- MARKOWIAK M., 2005 — Charakterystyka przejawów polimetalicznej mineralizacji kruszcowej w strefie kontaktu bloków górnośląskiego i małopolskiego. Przew. 76 Zjazdu Pol. Tow. Geol., Rudy k. Rybnika: 177–182. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- MARKOWIAK M., HABRYN R., 2001 — The spatial distribution of the mineralisation. W: *Palaeozoic porphyry molybdenum-tungsten deposit in the Myszków area, southern Poland*. (red. M. Podemski). *Pol. Geol. Inst. Special Papers*, **6**: 71–76.
- MARKOWIAK M., HABRYN R., 2003 — Kompleksowa ocena polimetalicznej mineralizacji kruszcowej w utworach paleozoiku i prekambriu w obszarze krakowsko-lublinieckim. Centr. Arch. Geol. PIG-PIB, Warszawa.
- MARKOWIAK M., PIEKARSKI K., ŚLÓSZARZ J., HABRYN R., MARKIEWICZ J., TRUSZEL M., LASOŃ K., JURA D., BADERA J., 1994 — Wyniki badań geologicznych i złożowych paleozoicznego podłoża w obszarze Myszków–Mrzygłód. Przew. 65 Zjazdu Pol. Tow. Geol. w Sosnowcu. *Pr. Nauk. UŚL.*, **1431**: 173–217.
- MARKOWIAK M., OSZCZEPALSKI S., MIKULSKI S.Z., 2009 — Porfirowa mineralizacja Mo-Cu-W w prekambryjsko-paleozoicznych utworach strefy kontaktu bloków górnośląskiego i małopolskiego. *Prz. Geol.*, **57**, 4: 308.
- MICHNIEWICZ M., BOBIŃSKI W., SIEMIĄTKOWSKI J., 2006 — Mineralizacja cynowa w środkowej części pasma łupkowego Starej Kamienicy (Sudety zachodnie). *Pr. Państw. Inst. Geol.*, **185**.
- MIERZEJEWSKI M. P., GRODZICKI A., 1982 — O możliwości znalezienia cyny w Karkonoszach. *Prz. Geol.*, **30**, 8: 389–395.
- MIKULSKI S.Z., 1997a — Mineralizacja scheelitowa i złotonośna w osłonach metamorficznych intruzji kłodzko-złotostockiej. Praca doktorska. Centr. Arch. Geol. PIG-PIB, Warszawa.
- MIKULSKI S.Z., 1997b — Opracowanie wyników mineralizacji wolframowej w Sudetach (monografia). Centr. Arch. Geol. PIG-PIB, Warszawa.
- MIKULSKI S.Z., 1998 — Określenie złotonośności scheelitonośnych żył kwarcowych z Sudetów Środkowych. Centr. Arch. Geol. PIG-PIB, Warszawa.
- MIKULSKI S.Z., 2000 — Poszukiwania mineralizacji scheelitowo-złotonośnej w rejonie makroenkławy Ptasznika na intruzji kłodzko-złotostockiej w Sudetach. *Biul. Państw. Inst. Geol.*, **391**: 5–88.
- MIKULSKI S.Z., 2007 — Metal ore potential of the parent magma of granite - the Karkonosze massif example. W: *Granitoids in Poland* (red. A. Kozłowski, J. Wiszniewska). *Arch. Miner. Monograph*, **1**: 123–145.
- MIKULSKI S.Z., 2008 — Modele genetyczne oraz charakterystyka mineralizacji kruszcowych typu Mo-W-Cu w waryscydach Polski Południowej. Centr. Arch. Geol. PIG-PIB, Warszawa.
- MIKULSKI S.Z., STEIN H.J., 2005 — The Re-Os age for molybdenite from the Variscan Strzegom-Sobótka massif, SW Poland. W: *Mineral deposit research: Meeting the global challenge* (red. Jingwen Mao, F.P. Bierlein): 789–792. Springer.
- MIKULSKI S.Z., STEIN H.J., 2007 — Re-Os age for molybdenite from the Western Sudetes, SW Poland. W: *Granitoids in Poland* (red. A. Kozłowski, J. Wiszniewska). *Arch. Miner. Monograph*, **1**: 203–216.
- MIKULSKI S.Z., STEIN H.J., 2008 — Re-Os age of molybdenite from the Karkonosze massif (SW Poland). 33rd IGC, 6–14 August 2008 Oslo, Norway. Abstract CD-ROM.
- MIKULSKI S.Z., STEIN H.J., 2011 — Re-Os ages for molybdenites from the Variscan Karkonosze massif and its eastern metamor-

- phic cover (SW Poland). *W: Let's talk ore deposits* (red. F. Barra i in.), Proc. Eleventh Biennial SGA Meeting 26–29th September 2011 Antofagasta, Chile, Vol. I: 130–133. Ed. Univ. Católica del Norte, Antofagasta.
- MIKULSKI S.Z., MARKOWIAK M., OSZCZEPALSKI S., 2007 — Preliminary results of geochemical and ore-microscopic studies of Mo-Cu mineralization from the Bed-kowska Valley near Kraków (Poland). *W: Digging deeper* (red. J.A. Colin i in.): 447–450. Proc. Ninth Biennial SGA Meeting, Dublin 2007.
- MIKULSKI S.Z., OSZCZEPALSKI S., MARKOWIAK M., 2011 — Rudy molibdenu i wolframu. *W: Bilans perspektywicznych zasobów kopalni Polski według stanu na 31.XII.2009* (red. S. Wołkowicz i in.): 117–121. Państw. Inst. Geol. – PIB, Warszawa.
- MUCHA J., KOKESZ Z., DOLIK M., 1994 — Szacowanie zasobów złóż masywowo-sztokwerkowych z wykorzystaniem metod geostatystycznych – na przykładzie złoża Mo-W-Cu Myszków. *Prz. Geol.*, **42**, 11: 939–942.
- NIEĆ M., 1988 — Szanse odkrycia złóż rud metali w starszym podłożu paleozoicznym NE obrzeżenia Górnośląskiego Zagłębia Węglowego. *Prz. Geol.*, **36**: 390–395.
- OSZCZEPALSKI S., MARKOWIAK M., BUŁA Z., LASOŃ K., MIKULSKI S.Z., HABRYN R., TRUSZEL M., PAŃCZYK M., SIKORA R., WOŹNIAK P., MUCHA J., WASI-LEWSKA M., KARWOWSKI Ł., MARKIEWICZ J., WOJCIECHOWSKI A., URBAŃSKI P., SATERNUS A., CUDAK J., BRAŃSKI P., 2008 — Prognoza złożowa podłoża paleozoiczno-prekambryjskiego NE obrzeżenia GZW. Centr. Arch. Geol. PIG-PIB, Warszawa.
- OSZCZEPALSKI S., MARKOWIAK M., MIKULSKI S.Z., LASOŃ K., BUŁA Z., HABRYN R., 2010 — Porfirowa mineralizacja Mo-Cu-W w prekambryjsko-paleozoicznych utworach – analiza prognostyczna strefy kontaktu bloków górnośląskiego i małopolskiego. *Biul. Państw. Inst. Geol.*, **429**: 339–354.
- PAWŁOWSKA J., 1966 — Koncentracje fluoru i przejawy grejzenizacji w metamorfiku Pogórza Izerskiego. *Biul. Inst. Geol.* **201**, 2: 5–65.
- PENDIAS H., 1956 — Sprawozdanie z prac geologiczno-poszukiwawczych molibdenu w północno-zachodniej części masywu strzegomskiego w okolicy Paszowic. Centr. Arch. Geol. PIG-PIB, Warszawa.
- PENDIAS H., WALENCZAK Z., 1956 — Objawy okruszcowania w północno-zachodniej części masywu strzegomskiego. *Biul. Inst. Geol.*, **227**: 209–228.
- PIECZKA A., GOŁĘBIOWSKA B., 2002 — Pegmatites of the Szklarska Poręba Huta granite quarry: preliminary data on REE mineralization. *Pol. Tow. Miner. Special Papers*, **20**: 175–177.
- PIEKARSKI K., 1971 — Perspektywy występowania złóż miedziowo-molibdenowych w utworach staropaleozoicznych północno-wschodniego obrzeżenia GZW. *Kwart. Geol.*, **15**, 3: 710–711.
- PIEKARSKI K., 1983 — Analiza metalogeniczno-prognostyczna utworów paleozoicznych północno-wschodniego obrzeżenia Górnośląskiego Zagłębia Węglowego. *Rocz. Pol. Tow. Geol.*, **53**: 207–234.
- PIEKARSKI K., 1988 — Nowe dane o mineralizacji kruszcowej w utworach staropaleozoicznych na obszarze Myszków–Mrzygłód (północno-wschodnie obrzeżenie GZW). *Prz. Geol.*, **36**, 7: 381–387.
- PIEKARSKI K., 1993 — Budowa geologiczna złoża rud molibdenowo-wolframowo-miedziowych Myszków. *Pr. Specjalne PTM.*, **3**: 78–88.
- PIEKARSKI K., 1994a — Pozycja strukturalna i budowa złoża rud molibdenowo-wolframowo-miedziowych Myszków. *Przew. 65 Zjazdu Pol. Tow. Geol., Sosnowiec. Pr. Nauk. UŚL.*, **1431**: 58–68.
- PIEKARSKI K., 1994b — Ocena wyników poszukiwań złóż polimetalicznych obszaru Pilicy. *Prz. Geol.*, **42**, 8: 621–624.
- PIEKARSKI K., 1994c — Ocena wyników poszukiwań złóż polimetalicznych w utworach staropaleozoicznych obszaru Zawiercia. *Prz. Geol.*, **42**, 8: 615–620.
- PIEKARSKI K., 1995 — Geologic setting and ore mineralisation characteristics of the Myszków area (Poland). *Geol. Quart.*, **39**, 1: 31–42.
- PIEKARSKI K., GAJOWIEC B., HABRYN R., KARWASIECKA M., KURBIEL H., ŁUSZCZKIEWICZ A., MARKIEWICZ J., MARKOWIAK M., SIEMIŃSKI A., STĘPNIEWSKI M., TRUSZEL M., 1993 — Dokumentacja geologiczna złoża rud molibdenowo-wolframowo-miedziowych Myszków w kategorii C2. Centr. Arch. Geol. PIG-PIB, Warszawa.
- PODEMSKI M. (red.), 2001 — Palaeozoic porphyry molybdenum-tungsten deposit in the Myszków area, southern Poland. *Pol. Geol. Inst. Special Papers*, **6**.
- Rozporządzenie..., 2005 — Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 20 czerwca 2005 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie kryteriów bilansowości złóż kopalni (Dz.U. nr 116 poz. 978). Ministerstwo Środowiska, Warszawa.
- SALAMON W., 1979 — Ag i Mo w cechstyńskich osadach monokliny przedsudeckiej. *Pr. Miner.*, **62**.
- SALAĆIŃSKI R., 1973 — Mineralizacja kruszcowa w aplogranicie rejonu Paszowic na Dolnym Śląsku. *Acta. Geol. Pol.*, **23**: 587–596
- SALAĆIŃSKI R., 1978 — Mineralizacja kruszcowa i jej geneza w granitoidowym masywie strzegomskim. *Biul. Inst. Geol.*, **308**, 41–90.
- SIATA E. (red.), 2007 — Dokumentacja geologiczna złoża rud molibdenowo-wolframowo-miedziowych w Myszkowie w kategorii C₂. Centr. Arch. Geol. PIG-PIB, Warszawa.
- SINCLAIR W.D., 1995 — Porphyry. *W: Selected British Columbia mineral deposit profiles, Vol. 1 – Metallics and coal* (red. D.V. Lefebure., G.E. Ray). British Columbia Ministry of Energy of Employment and Investment, Open File 1995–20: 93–104.
- SMAKOWSKI T., SZAMAŁEK K., 2011 — Zasady określania zasobów perspektywicznych kopalni: 11–15. *W: Bilans perspektywicznych zasobów kopalni Polski wg stanu na 31 XII 2009 r.* (red. S. Wołkowicz i in.). Państw. Inst. Geol. – PIB, Warszawa.
- STEIN H.J., MARKOWIAK M., MIKULSKI S.Z., 2005 — Metamorphic to magmatic transition captured at the Myszków Mo-W deposit, southern Poland. *W: Mineral deposit research: Meeting the global challenge* (red. Jingwen Mao, F.P. Bierlein): 833–836. Springer.
- ŚLÓSZARZ J., 1982 — Uwagi o warunkach geologicznych mineralizacji Cu-Mo w paleozoiku okolic Myszkowa. *Prz. Geol.*, **30**, 7: 329–335.
- ŚLÓSZARZ J., 1985 — Stadia i strefowość mineralizacji kruszcowej w paleozoiku okolic Myszkowa. *Rocz. Pol. Tow. Geol.*, **53**, 1/4: 267–288.
- ŚLÓSZARZ J., 1988 — Przejawy mineralizacji wolframowej w paleozoiku północno-wschodniego obrzeżenia GZW. *Prz. Geol.*, **36**, 7: 387–390.
- ŚLÓSZARZ J., 1993 — Główne zespoły paragenetyczne mineralizacji molibdenowej w paleozoiku okolic Myszkowa, ich kontrola i znaczenie rudonośne. *Pr. Specjalne PTM.*, **3**: 123–128.

- ŚLÓSZARZ J., KARWOWSKI Ł., 1983 — Fyzykochemiczne warunki mineralizacji polimetalicznej w utworach paleozoicznych rejonu Myszkowa. *Arch. Miner.*, **30**, 1: 93–108.
- TRAUBE H., 1888 — Die Minerale Schlesiens. Breslau.
- TRUSZEL M., KARWOWSKI Ł., 2003 — Skarns and skarn mineralisation in the Cracow–Lubliniec region (Southern Poland). *Pr. Specjalne PTM*, **23**, 2: 175–178.
- TRUSZEL M., KARWOWSKI Ł., LASOŃ K., MARKIEWICZ J., ŻABA J., 2006 — Magmatyzm i metamorfizm strefy tektonicznej Kraków–Lubliniec jako przesłanki występowania złóż polimetalicznych. *Biul. Państw. Inst. Geol.*, **418**: 55–103.
- WIELGOMAS L. (red.), 1988 — Dokumentacja geologiczno-suwrowcowa wyników poszukiwań złóż rud cynku i ołowiu w rejonie Winowno–Będus. Centr. Arch. Geol. PIG-PIB, Warszawa.
- WOLKOWICZ S., SMAKOWSKI T., SPECZIK S., 2011 — Bilans perspektywicznych zasobów kopalin Polski wg stanu na 31 XII 2009 r. Państw. Inst. Geol. – PIB, Warszawa.

SUMMARY

The Myszków porphyry type Mo-Cu-W deposit occurs in the contact zone of the Małopolska and Upper Silesian blocks (the only documented porphyry-type deposit in Poland). Inferred resources of the Myszków deposit were estimated at ca. 0.3 million Mg molybdenum, 0.24 million Mg tungsten and ca. 0.8 million Mg copper (BZKiWPP, 2011), (Figs. 1, 2). Ore mineralization of veinlet-impregnation types is represented mainly by molybdenite, chalcopyrite and scheelite (Figs. 3A–F), associated locally with Pb-Zn sulfides, and (or) Te-Bi-Au mineralization. Moreover, a high possibility for discovery of new deposits is still expected especially in the Małopolska block. Selected prospective areas for Mo-Cu-W porphyry-type deposit and skarn-contact metasomatic types have been recognized. They are related to Ediacaran-Paleozoic sediments intruded by Upper Carboniferous post-collisional calc-alkaline granitoids and porphyries. The most prospective areas for the possible occurrence of porphyry-type Mo-Cu-W deposits is the region between Nowa Wieś Żarecka, Myszków and Mrzygłód, located in the vicinity of the Myszków deposit. However, both this area and the other selected prospective areas (Żarki–Kotowice, Zawiercie, Pilica, Dolina Będkowska and Mysłów) should be subject of modern geological prospection (additional drilling with support of detailed gravimetric and magnetic mappings). First the prospecting works should take place within the already selected prospective areas. Targets for other types of ore mineralization (Fe-Cu skarns, auriferous quartz veins) in marginal zones of Variscan granitoid intrusions and polymetallic skarns along intimate contacts of granitoids with Ordovician and Devonian carbonates should be also considered.

Some limitations for the Mo-Cu-W deposits prospecting in the contact zone of Małopolska and Upper Silesian blocks include the depth of ore mineralization (0.7–1.3 km) as well as the fact that metal concentrations in the prospective areas are not high. Additionally, more restrictions may be caused by environmental concerns, because Dolina Będkowska is located within the area of the Dolinki Krakowskie Landscape Park and the prospective Żarki–Kotowice and Pilica areas are situated in the area of the Orle Gniazda Landscape Park and within its protective surroundings.

In the mining area of the KGHM Polish Copper S.A. in Lower Silesia, molybdenum occurs as admixture in Cu-Ag sulfide ores of the Lower Zechstein formation. Molybdenum is not recovered during Cu ore processing and accumulate in waste material. However, during documentation works of Cu-Ag resources in the Fore-Sudetic Monocline, an increase in Mo resources as an associated element should be expected. Mo resources in the Zechstein Cu deposits in Poland are estimated at ca. 67 000 Mg molybdenum, and its output with Cu ores was ca. 1.3 thousand Mg Mo in 2010 (BZKiWPP, 2011).

Besides, molybdenum together with other elements (e.g. V, U, Pb) may be expected in the area with the occurrence of the so-called “black shale” formation in the Ordovician and Silurian of the Sudetes and Podlasie Lowland as well as clayly sandstones of Triassic from Peribaltic Syncline (stratabound-type deposits). However, due to low Mo contents and lack of efficient recovery methods, molybdenum concentrations in these formations are considered as non prospective.

In the case of the Sudetes and Fore-Sudetic Block, numerous occurrences of molybdenite and (or) tungsten (mainly scheelite) mineralization (Figs. 4, 5A–F) were classified into the category of hypothetical resources. They are only indicators for further prospecting for Mo ores of different types such as porphyry, veins or skarns and in the case of tungsten prospecting for greisens, contact-metasomatic or stratabound-type mineralization. In a few sites of the Sudetes, scheelite mineralization was found associated with native gold mineralization (e.g. Ptasznik, Czarnów). In the prospective areas for Mo and (or) W deposits, surface geochemical and geophysical (e.g. gravimetric and magnetic) mappings in some areas of Mo anomalies (e.g. western part of the Strzegom Massif, greisen zones in the Izera Highlands) first should be undertaken and in the case of recognition of strong anomalies, they should be verified by shallow drillings down to a depth of 300 m.

In Lower Silesia prospecting may be limited by environmental protection (areas protected by NATURA 2000 program and other protective landscape areas).