

## Mineralizacja kruszcowa Cu-Mo typu porfirowego w rejonie Doliny Będkowskiej na Wyżynie Krakowsko-Częstochowskiej

Rafał Małek<sup>1</sup>



**Porphyry-type Cu-Mo mineralization in the Będkowska Valley region of the Kraków-Częstochowa Upland.** Prz. Geol., 66: 252–258.

*A b s t r a c t.* Signs of mineralization were found in historical boreholes of the Będkowska Valley region within granodiorites, porphyry dykes and mostly in country rocks, which are represented chiefly by Ediacaran meta-mudstones and meta-claystones. Sulphide mineralization of epigenetic character and hydrothermal origin is represented mainly by pyrite, chalcopyrite, molybdenite, sphalerite and galena, which appear as both impregnations and quartz, quartz-feldspar, quartz-carbonate and quartz-chlorite veinlets. Both clastic and magmatic rocks are marked by numerous metasomatic alterations like sericitization, biotitization, feldspatization, pyritization and chloritization.

**Keywords:** porphyry-type mineralization, ore mineralization, Będkowska Valley, Cu-Mo porphyry

Mineralizacje porfirowe występują w skałach felsytowych związanych z systemami intruzji hipabisalnych, które powstały z magm alkalicznych i wapniowo-alkalicznych i zostały przeobrażone przez procesy hydrotermalne (Lowell, Guilbert, 1970). W Polsce rozpoznano kilka wystąpień mineralizacji tego typu (Mikulski i in., 2012). Wiele skał zawierających mineralizację wskazującą na możliwość występowania niewielkich złóż porfirowych odkryto w Sudetach i w bloku przedsudeckim (Mikulski, 2007; Mikulski, Stein, 2012; Kanasiewicz, Mikulski, 1989; Chylińska, 1958; Pendas, Walenczak, 1956). Największe znaczenie ma polimetaliczne złożo Mo-W-Cu w Myszkowie, udokumentowane w województwie śląskim (Podemski i in., 2001; Markowiak, 2008). Wiele przejawów tego typu mineralizacji odkryto na granicy bloków małopolskiego i górnośląskiego (Oszczepalski i in., 2010). Jedną z nich jest mineralizacja w rejonie Doliny Będkowskiej (Harańczyk, 1978; Harańczyk, Lankosz, 1990).

Pomiędzy blokiem małopolskim a górnośląskim występuje strefa uskokowa Kraków–Lubiniec, która stanowi część transkontynentalnej strefy tektonicznej Hamburg–Kraków (Buła i in., 2002). Skomplikowany, wieloetapowy rozwój tej strefy wpłynął na strukturalną ewolucję obu bloków oraz sedymentację osadów prekambryjskich i paleozoicznych. W wyniku intensywnego magmatyzmu, który rozwinął się w krawędziowej strefie Kraków–Lubiniec, powstały intruzje granodiorytowe. Dotychczas nawiercono je w rejonie Nowej Wsi Żareckiej–Myszkowa–Mrzygłodu, Pilicy, Doliny Będkowskiej i Zawiercia. Wiele przesłanek wskazuje na to, że intruzje granitoidowe występują również w rejonie Żarek–Kotowic i Mysłowa (Lasoń, Markowiak, 2001; Markowiak, Habryn, 2003; Markowiak, 2015). Wokół intruzji rozwinął się system dajek porfirowych, które zostały rozpoznane w rejonach: Nowej Wsi Żareckiej–Myszkowa–Mrzygłodu, Zawiercia, Doliny Będkowskiej i Mysłowa (Oszczepalski i in., 2010; Mikulski i in., 2015). W strefie egzokontaktu oddziaływanie intruzji granitoidowych zaznaczyło się w postaci metamorfizmu termicznego i metasomatycznego. Zasięg tych oddziaływań dochodzi do ok. 1800 m od granic intruzji (Markowiak,

2015). W strefie najsilniejszych przeobrażeń skały ilasto-mułowcowo-piaszczyste przekształciły się w czarne hornfelsy biotytowe oraz łupki plamiste. Dodatkowo zarówno skały magmowe, jak i otaczające je zmetamorfizowane skały osadowe uległy strefowym procesom przeobrażeń hydrotermalnych – sylikacji, feldspatyzacji, serycytyzacji, karbonatyzacji, chlorytyzacji, argilityzacji oraz osiarczkowaniu. Strefom tym towarzyszy zazwyczaj impregnacyjno-żyłkowa mineralizacja porfirowa typu Cu-Mo-(W).

Pierwsze poszukiwania złóż rud metali na obszarze kontaktu bloku małopolskiego i górnośląskiego prowadzono w latach 1954–1957. Wyniki prac wiertniczych, realizowanych przez Instytut Geologiczny, wskazywały na obecność mineralizacji Cu-Mo-(W) w podmezozoicznych utworach w okolicy Mrzygłodu. W kolejnych latach poszukiwań złóż rud Zn-Pb oraz rud polimetalicznych w bloku małopolskim odkryto wiele miejsc z przejawami bogatej mineralizacji. Udokumentowano m.in. złożo Mo-(W)-Cu w Myszkowie i wyznaczono kilka rejonów prognostycznych z przejawami mineralizacji typu porfirowego (Harańczyk, 1978; Harańczyk, Lankosz, 1990; Oszczepalski i in., 2010):

- Mysłów;
- Nowa Wieś Żarecka–Myszków–Mrzygłód;
- Żarki–Kotowice;
- Pilica;
- Zawiercie;
- Dolina Będkowska.

W rejonie Doliny Będkowskiej ostatnie prace wiertnicze prowadzono w latach 1981–1983. Wykonano wówczas trzy głębokie otwory (WB-102A, DB-5 i DB-4). Najgłębszy z nich osiągnął 1600 m. Później poszukiwania złóż przerwano, gdyż ze względu na utworzenie Parku Krajobrazowego Dolinki Krakowskie, Urząd Miasta Krakowa wstrzymał zezwolenie na prowadzenie prac wiertniczych.

Celem pracy jest weryfikacja danych na temat występowania mineralizacji kruszcowej typu porfirowego w rejonie Doliny Będkowskiej oraz szczegółowe mikroskopowe rozpoznanie mineralizacji w tych interwałach głębo-

<sup>1</sup> Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy, ul. Rakowiecka 4, 00-975 Warszawa; rafal.malek@pgi.gov.pl.

kościowych, które na podstawie dotychczasowych wyników wierceń uznano za najbardziej obiecujące.

## OBSZAR BADAŃ

Badaniami objęto obszar Doliny Będkowskiej, która jest jedną z siedmiu dolin w Parku Krajobrazowym Dolinki Krakowskie, usytuowanym na Wyżynie Krakowsko-Częstochowskiej. Od Wyżyny Olkuskiej w kierunku Rowu Krzeszowickiego płynie tą doliną potok Będkówka. Administracyjnie obszar badań należy do gmin Wielka Wieś i Jerzmanowice-Przegonia w powiecie krakowskim.

Pod względem geologicznym Dolina Będkowska leży blisko zachodniej krawędzi bloku małopolskiego, który od południowego zachodu jest ograniczony dyslokacją Kraków–Lubiniec, a od północnego zachodu uskokiem przesuwczym Krzeszowice–Charsznica (ryc. 1).

## Pokrywa osadowa

Na obszarze Doliny Będkowskiej w pokrywie osadowej bloku małopolskiego wyróżnia się trzy kompleksy skalne (Buła, 2000):

- kenozoiczny, zawierający czwartorzędowe piaski oraz gliny, o miąższości do kilkunastu metrów;
- mezozoiczny, w skład którego wchodzi węglanowe osady jury środkowej i górnej oraz lokalnie osady klastyczne jury dolnej, których miąższość nie przekracza kilkudziesięciu metrów;
- prekambryjski, składający się z klastycznych osadów o nieznannej miąższości.

Pomimo braku dokumentacji stratygraficznej osady klastyczne kompleksu prekambryjskiego zalicza się do najwyższego prekambriu (ediakaru), na zasadzie analogii do podobnych utworów rozpoznanych w Niece Nidy i otworze Cianowice-2, odwierconym ok. 8 km na wschód od Doliny Będkowskiej (Habryn i in., 2014). Wcześniej utwory te, reprezentowane głównie przez zmetamorfizowane mułowce

i ilowce, z lokalnymi przewarstwieniami piaskowców oraz zlepieńców polimiktycznych, były zaliczane do kambru, a nawet syluru i ordowiku (Harańczyk, Lankosz, 1990).

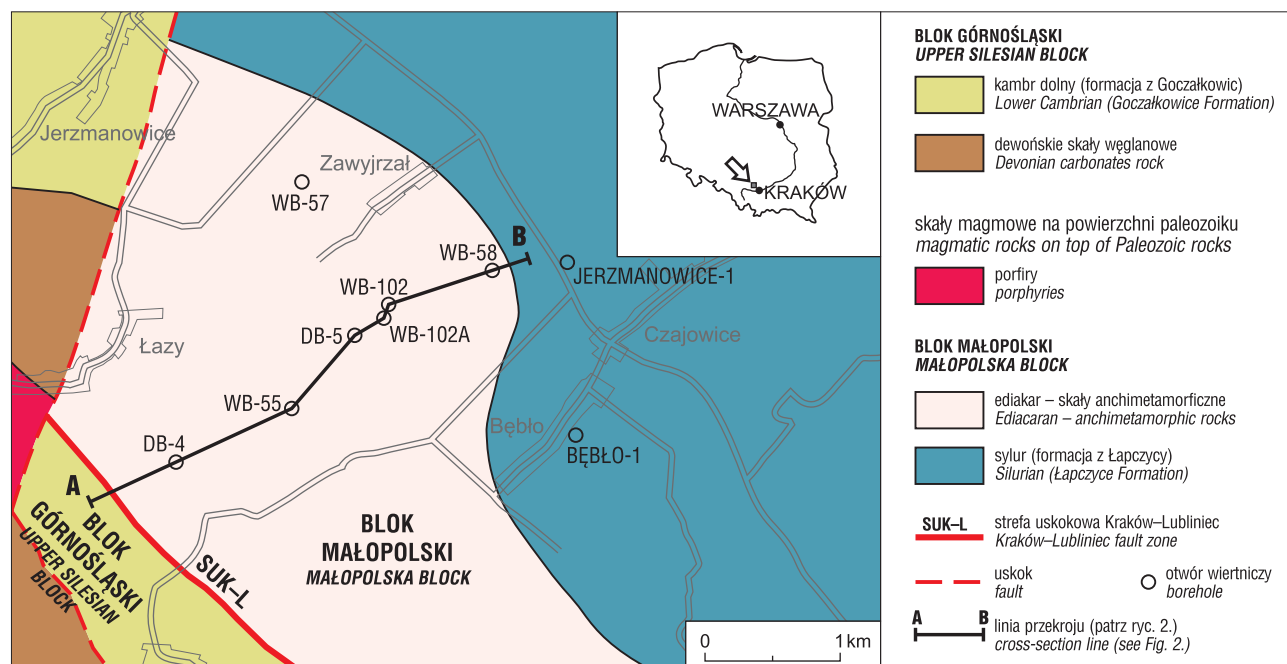
## Magmatyzm

W podłożu Doliny Będkowskiej występują kwaśne skały magmowe wieku waryscyjskiego, charakteryzujące się podobnym składem chemicznym oraz paragenezą mineralną, ale różniące pod względem wykształcenia i tekstury (Oszczepalski i in., 2008). Datowania tych skał wskazują na wieloetapowość rozwoju magmatyzmu. Ramy czasowe tego procesu określono za pomocą metody U-Pb na ok. 305–292 Ma (Podemski i in., 2001; Mikulski i in., w druku).

Głównym ciałem magmowym jest na tym terenie intruzja granodiorytowa, stanowiąca jedno z ognisk plutonicznych zlokalizowanych wzdłuż transregionalnego wgłębnego rozłamu Zawiercie–Rzeszotary (Harańczyk, Lankosz, 1990; Żaba, 1999). Wyniki badań geofizycznych wskazują na stosunkowo niewielkie rozmiary intruzji, rzędu 2 x 2 km (Kurbiel, 1978). Na podstawie wierceń DB-5 i WB-102A stwierdzono, że intruzja ta została przebita sztokiem porfirowym, który wdarł się w nią w trakcie późniejszego epizodu działalności magmowej w miejscu skrzyżowania dyslokacji.

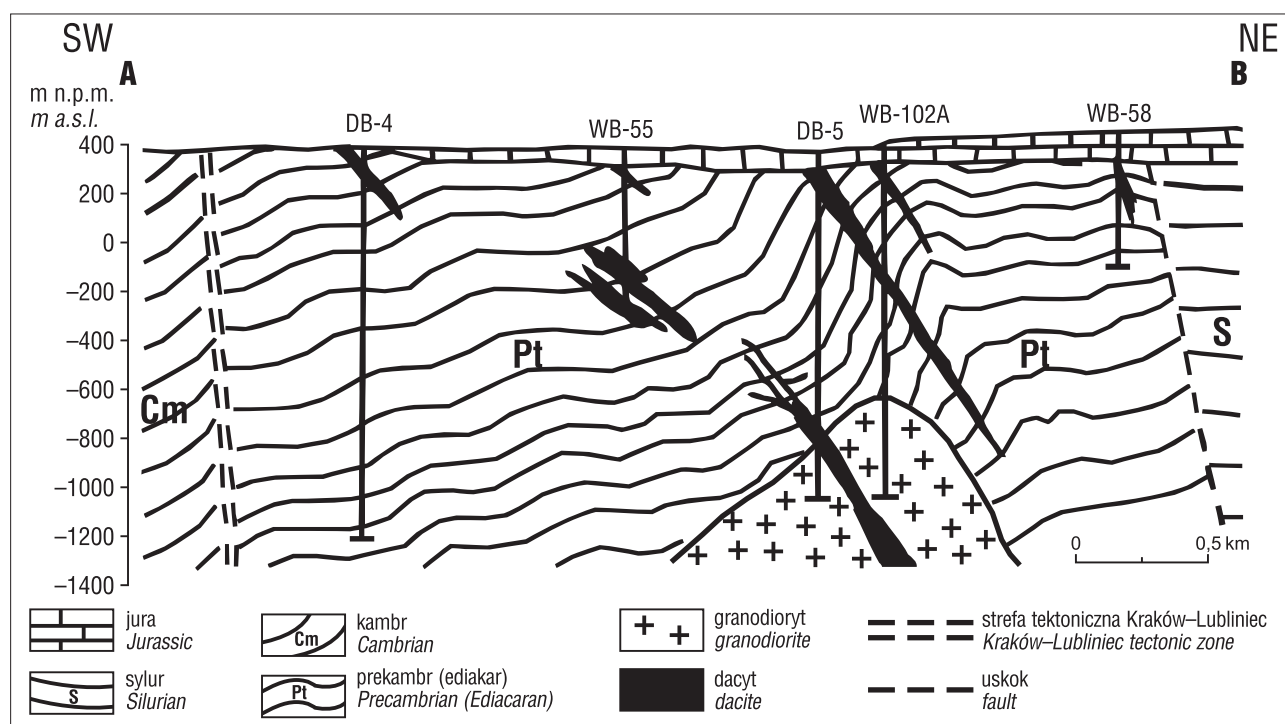
Granodioryt nawiercony w Dolinie Będkowskiej (otworem WB-102A na głębokości 1091,5 m oraz DB-5 na głębokości 1184,0 m) powstał w warunkach hipabisalnych. Jest to skała białoszara, holokrystaliczna, drobnoziarnista, zbudowana głównie z kwarcu, skaleni, biotytu, hornblendy, chlorytu oraz składników akcesorycznych, takich jak apatyt czy cyrkon. Zawartość krzemionki stanowi w niej ok. 66%. W granodiorycie tym wykryto obecność ubogiej mineralizacji siarczkowej oraz ślady przemian hydrotermalnych i metasomatycznych.

Hipabisalny dacyt, który w formie pnia przebija intruzję granodiorytową, występuje także w licznych



Ryc. 1. Lokalizacja otworów wiercniczych w rejonie Doliny Będkowskiej (Mikulski i in., 2008)

Fig. 1. Location of drilling holes in the Będkowska Valley region (Mikulski et al., 2008)



Ryc. 2. Przekrój geologiczny przez Dolinę Będkowską (Mikulski i in., 2007)

Fig. 2. Geological cross-section through the Będkowska Valley (Mikulski et al., 2007)

apofizach, stwierdzonych w skałach osłony w otworach DB-5 i WB-102A. W apofizach tych zawartość krzemionki i wapnia jest większa niż w plutonie granodiorytowym. Skały wypełniające żyły mają teksturę bezładną i strukturę porfirową, wykazują przeobrażenia hydrotermalne oraz metasomatyczne i zawierają rozsianą mineralizację siarczkową.

Utwory ediacaru, rozpoznane w podłożu Doliny Będkowskiej, są poprzecinane przez liczne dajki subwulkaniczne (Oszczepalski i in., 2008). Według Harańczyka i Lankosza (1990) występują w nich również kominy wulkaniczne i resztki potoków lawowych. Wydzielono kilka epizodów działalności magmowej, których efektem są głównie żyły porfirodacytoidów (ryolity, ryodacyty i dacyty), diabazów oraz andezytów. Najbardziej obiecujące pod względem złożowym są przejawy mineralizacji kruszcowej Cu-Mo związane z wulkanizmem ryodacytowo-ryolito- wym i andezytowym (Harańczyk, Lankosz, 1990).

W profilach wszystkich trzech otworów badawczych stwierdzono powszechne występowanie porfirów i to na różnych głębokościach (począwszy od 50 m p.p.t.). Żyły diabazowe najliczniej występują w profilu otworu DB-4 (Oszczepalski i in., 2008), natomiast wg Harańczyka i Lankosza (1990) są one obecne również w profilu otworu DB-5 (na głębokości 1269 m). Żyły andezytów zaobserwowano w otworach WB-102A oraz DB-4 (Harańczyk, Lankosz, 1990). Miąższość żył jest zmienna. Dajki porfirów dacytowych osiągają 45,8 m miąższości, natomiast diabazów i andezytów – maksymalnie 11,5 m (ryc. 2 – ze względu na małą miąższość żyły diabazów i andezytów nie zostały na niej uwzględnione).

#### Przeobrażenia metasomatyczne

Najlepiej widocznym przeobrażeniem granodiorytu z Doliny Będkowskiej jest biotytyzacja (przeobrażenie

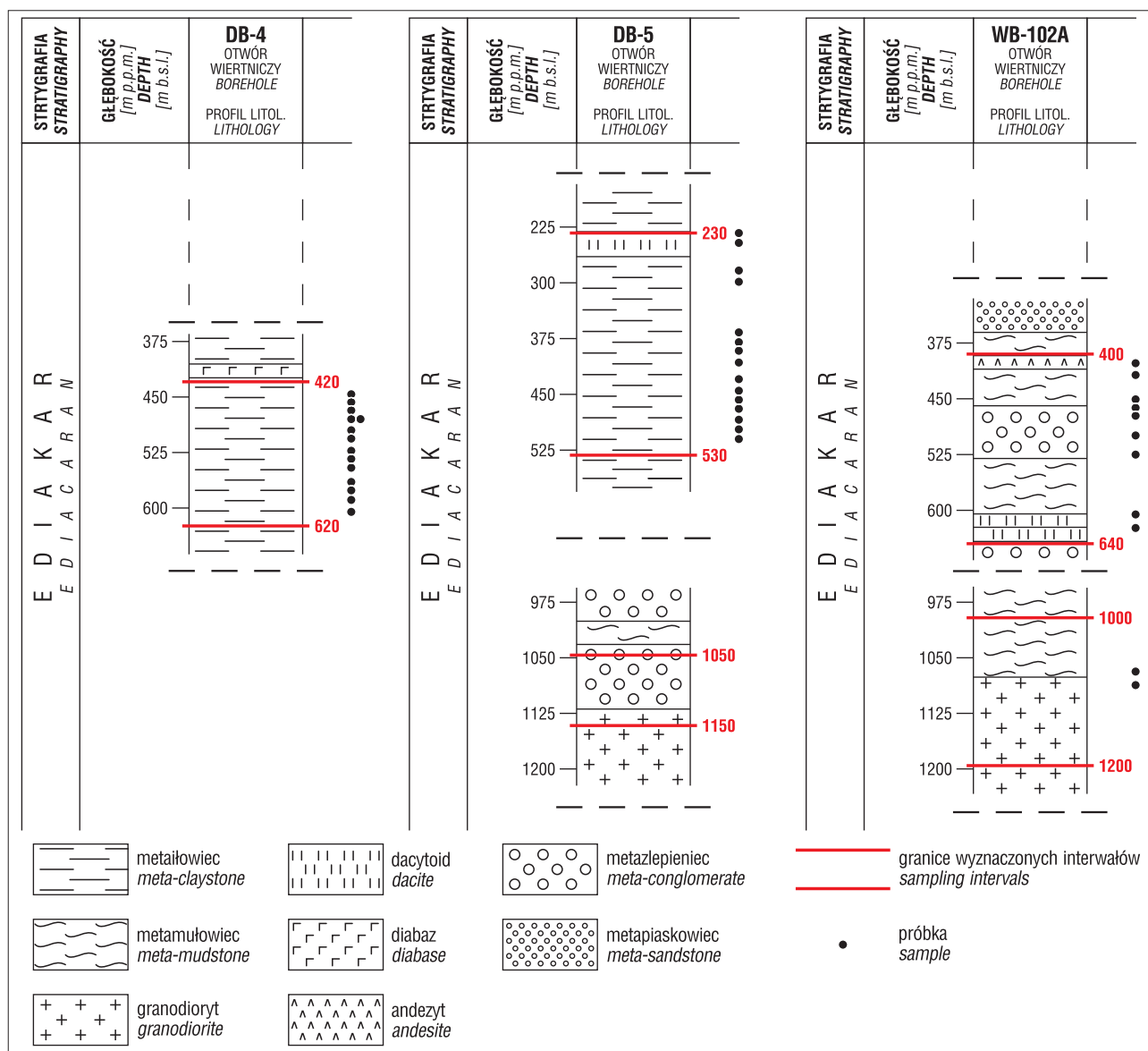
pierwotnych minerałów ciemnych we wtórny biotyt), którą rozpoznano na całym 400-metrowym odcinku przewierconej intruzji. Wiek biotytytu oznaczono metodą Ar-Ar na 297 mln lat (Harańczyk, Lankosz, 1990). Inne przeobrażenia obserwowane w plutonie granodiorytowym występują wokół dyslokacji i spękań tektonicznych, tworząc aureole o rozmiarach od kilkunastu centymetrów do kilku metrów. Małe intruzje żyłowe i apofizy są zazwyczaj jednolicie przeobrażone w całej swojej objętości – wykazują głównie feldspatyzację i biotytyzację, natomiast propylityzacja i argilityzacja zostały poprzedzone ponownymi spękaniami i występują w jeszcze mniejszej skali.

#### METODYKA

Na podstawie archiwalnych danych o koncentracji metali w rdzeniach wiertniczych z otworów WB-102A, DB-5 i DB-4 (Harańczyk, Lankosz, 1990) do szczegółowych badań mineralizacji kruszcowej wytypowano następujące interwały profili (ryc. 3):

- w profilu otworu WB-102A interwał 400–640 m p.p.t. oraz 1000–1200 m p.p.t.
- w profilu otworu DB-5 interwał 230–530 m p.p.t. oraz 1050–1150 m p.p.t.
- w profilu otworu DB-4 odcinek na głębokości 420–620 m p.p.t.

Wytypowane fragmenty rdzeni poddano profilowaniu litologicznemu, które polegało na wyszukiwaniu miejsc z widoczną makroskopowo mineralizacją. Łącznie sprofilowano ok. 1050 m rdzeni wiertniczych WB-102A, DB-5 i DB-4W, które są przechowywane w Archiwum Próbek Geologicznych NAG w Kielnikach. Z profili tych pobrano 45 próbek skalnych, stanowiących wycinek maksymalnie 0,25 pola powierzchni przekroju rdzenia. Spośród tych próbek wyznaczono 30, z których wykonano polerowane preparaty mikroskopowe do obserwacji zarówno w



Ryc. 3. Schematyczne profile litologiczno-stratygraficzne wierceń DB-4, DB-5 i WB-102A (na podstawie: Bator, 1984; Lassak, 1983; Harańczyk, Lankosz, 1990)

Fig. 3. Schematic lithostratigraphic profiles of the DB-4, DB-5 and WB-102A boreholes (based on: Bator, 1984; Lassak, 1983; Harańczyk, Lankosz, 1990)

świetle odbitym, jak i przechodzącym. Obserwacje mikroskopowe prowadzono pod mikroskopem optycznym NIKON Eclipse E600 POL na Wydziale Geologii Uniwersytetu Warszawskiego.

### WYNIKI BADAŃ

W badanych fragmentach rdzeni wiertniczych z otworów WB-102A, DB-5 i DB-4 stwierdzono obecność minerałów kruszcowych, głównie pirytu, chalkopiryty, sfalerytu i galeny oraz podrzędnie pirotynu, molibdenitu, magnetytu i kowelinu (ryc. 4). Jest to mineralizacja epigenetyczna, występująca w postaci drobnych żyłek kwarcowych, kwarcowo-siarczkowych, kwarcowo-chlorytowych i kwarcowo-skaleninowych oraz w formie drobnych impregnacji i wyprysnięć w skale.

Piryty, którego jest najwięcej, w dużych ilościach występuje w profilu DB-4, a w mniejszych w profilu WB-102A. Jego ziarna są przeważnie ksenomorficzne, jednak odnoto-

wano również obecność automorficznych ziaren tego minerału (przede wszystkim w DB-4). Jest on głównym minerałem występującym w formie impregnacji. Wraz z innymi siarczkami wypełnia również żyłki. Osiąga zróżnicowane rozmiary – od drobnych impregnacji, o średnicy kilkudziesięciu mikrometrów, do dobrze wykształconych ziaren o średnicy kilku milimetrów. Większe ziarna pirytu są niekiedy silnie spękane i noszą na krawędziach ślady trawienia metasomatycznego (głównie w DB-4). W ziarnach pirytu można zaobserwować wzrostki chalkopiryty, pirotynu, sfalerytu oraz galeny – w profilach DB-5 i WB-102A wzrostki chalkopiryty są powszechne, natomiast w DB-4 nie występują. Nierzadko piryt wypełnia spękania, np. w blaszkach biotyty, oraz przestrzenie międzyziarnowe. Przypuszczalnie w mineralizacji tej występują dwie generacje pirytu: pierwsza (starsza) to piryt impregnacyjny, natomiast druga (młodsza) jest związana z mineralizacją żyłkową.



Chalkopiryt w największych ilościach pojawia się w profilu WB-102A (najbogatszy wydaje się być odcinek rdzenia z głębokości 480–610 m p.p.t.), natomiast w DB-4 jest go niewiele. Przeważnie tworzy skupiska bardzo drobnych, ksenomorficznych ziaren o wielkości do kilku milimetrów – rzadziej własne kryształy lub agregaty ziarniste. Często występuje w formie drobnych żyłek, o grubości kilkudziesięciu mikrometrów, lub wypełnia spękania w większych kryształach pirytu (przede wszystkim w DB-5), ale i sam zawiera liczne wrostki pirytu, sfalerytu oraz galeny. Miejscami jest zastępowany przez kowelin (w WB-102A). W kilku miejscach profilu stwierdzono, że chalkopiryt niejako obrósł kryształy pirytu, pozostawiając na ich krawędziach ślady trawienia i zastępowania (głównie w DB-5, podrzędnie również w WB-102A). Dość powszechnie tworzy emulyjne odmieszania w sfalerycie.

Molibdenit zaobserwowano tylko w profilu otworu WB-102A, na głębokości 488–491 m, w dwóch próbkach brekcji skał piaskowcowych. Występuje on przede wszystkim w postaci automorficznej, tworząc charakterystyczne, rozetowate skupienia o wielkości do 1 centymetra. Często współwystępuje z chalkopirytem.

Sfaleryt najpowszechniej występuje w profilu DB-4. Dość często tworzy samodzielne ziarna w sąsiedztwie pirytu, a także chalkopirytu, wraz z którymi wypełnia żyłki i drobne impregnacje. Ziarna sfalerytu są ksenomorficzne, o wielkości do kilkuset mikrometrów. W profilu DB-4 prawie zawsze zawiera on emulyjne odmieszania chalkopirytu. Niekiedy obrasta ziarna pirytu i tworzy wrostki w pirycie oraz chalkopirycie.

Pirotyn występuje zarówno w postaci niewielkich wrostków w pirycie (do 100  $\mu\text{m}$ ), jak i w formie zrostów z innymi siarczkami. Niemal zawsze towarzyszy mu chalkopiryt, z którym wzajemnie się przerasta. Miejscami zastępuje chalkopiryt (WB-102A).

Galena, której największą ilość stwierdzono w profilu DB-4, tworzy zarówno spore kryształy własnokształtne, o średnicy do 3 mm, jak i liczne wrostki w pirytach, a miejscami obrasta ziarna pirytu. Większość samodzielnych kryształów ma charakterystyczne, trójkątne wykruszenia.

Kowelin występuje sporadycznie i jedynie w profilu WB-102A. Na brzegach ziaren mineralnych nosi ślady zastępowania pirytu i chalkopirytu.

Magnetyt obserwowano zaledwie w kilku miejscach, przede wszystkim w otworze DB-5, gdzie występuje jako impregnacje – zazwyczaj w postaci ziaren ksenomorficznych.

W żadnym otworze nie stwierdzono występowania minerałów wolframu, złota ani srebra w formach, które umożliwiałyby ich mikroskopowe rozpoznanie.

Skałami kruszczośnymi są przede wszystkim zmetamorfizowane łowce oraz mułowce o brunatno-brązowych oraz zielonych przebarwieniach, noszące ślady przeobrażeń, wśród których znaczącą rolę odgrywa feldspatyżacja i chlorytyzacja, ale obserwowane są również serycytyzacja, silifikacja, epidotyżacja oraz pirytyzacja. Lokalnie zauważono niewielkie zmiany metamorficzne wokół żyłek kwarcowych, kwarcowo-kruszczośnych oraz kwarcowo-chlorytowych o różnej grubości.

W profilu DB-4 największą koncentracją minerałów rudnych charakteryzowała się żyła kwarcowa grubości

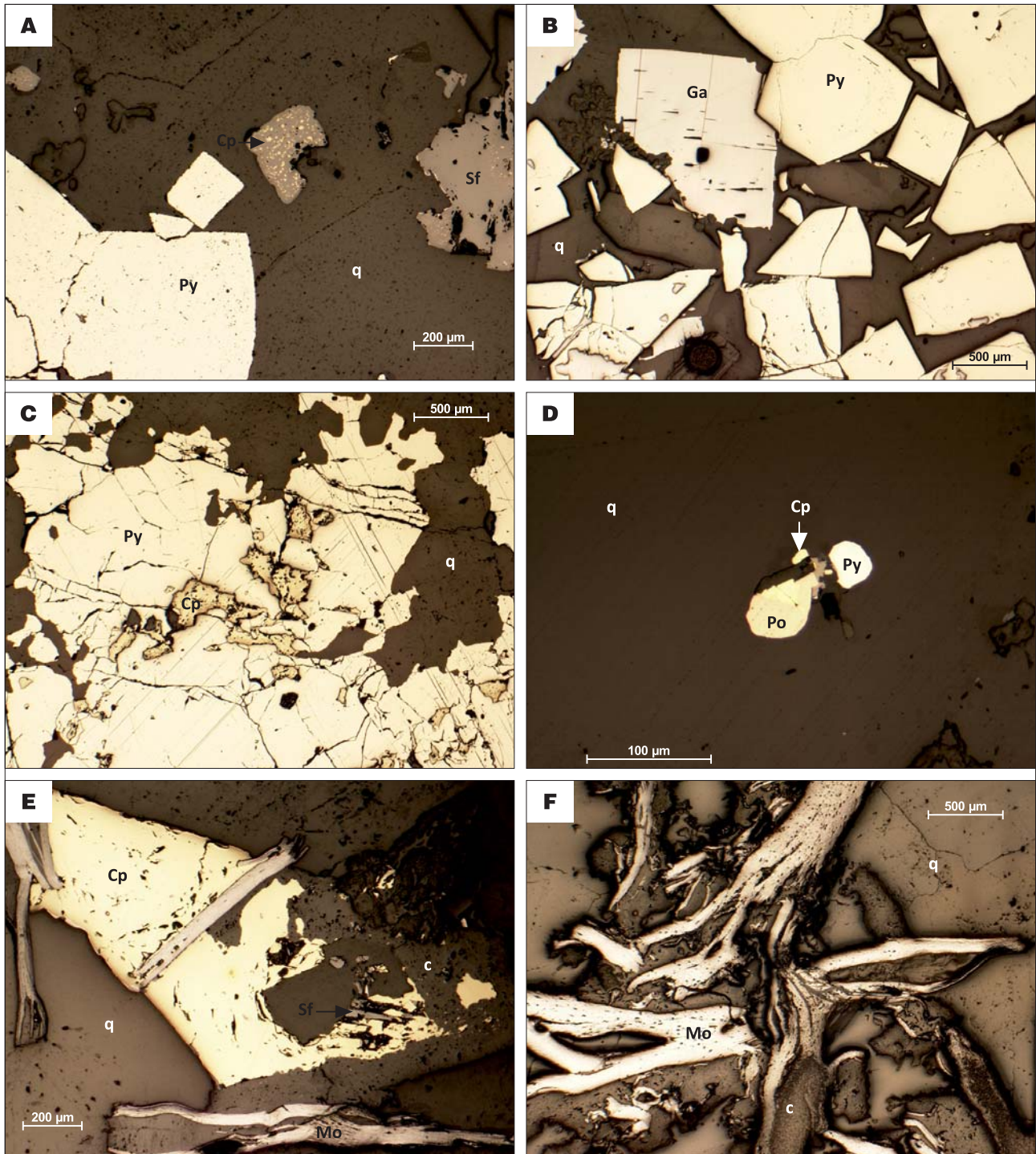
kilku centymetrów, występująca na głębokości 464,7 m p.p.t., a także próbki z głębokości 490 i 580 m p.p.t. Największe koncentracje chalkopirytu stwierdzono w 4 próbkach z profilu DB-5, pochodzących z głębokości 381–393 m p.p.t. i 477–493 m p.p.t. Natomiast w rdzeniu z otworu WB-102A najwięcej siarczków odnotowano w brekcjach tektonicznych oraz zmetamorfizowanych piaskowcach zalegających na głębokości 480–530 m p.p.t., jednak koncentracje minerałów kruszczośnych występują na całej długości interwałów wyznaczonych do badań (400–640 oraz 1000–1200 m p.p.t.). W intruzji granodiorytowo-dacytowej, nawierzonej otworami DB-5 i WB-102A, nie stwierdzono znaczących koncentracji minerałów kruszczośnych.

## DYSKUSJA I INTERPRETACJA WYNIKÓW

Minerały kruszczośne, rozpoznane w trzech badanych profilach, powstały podczas kilku stadiów mineralizacji. Najstarsze są prawdopodobnie minerały występujące w postaci impregnacji w zmetamorfizowanych osadach głębokomorskich datowanych na ediakar, takich jak mułowce czy łowce – przede wszystkim piryt, chalkopiryt i pirotyn. Osady ediakaru powstawały prawdopodobnie w warunkach utleniających, ponieważ zawierają rozproszony pył hematytowy (Markowiak, 2015), a towarzysząca im impregnacyjna mineralizacja siarczkowa jest efektem procesów epigenetycznych. Główny etap okruszczenia jest związany z intruzją granodiorytową i objawia się w postaci różnych rodzajów żył i dajek porfirowych wielu generacji, zawierających liczne siarczki, takie jak piryt, chalkopiryt, pirotyn, sfaleryt, galena i molibdenit. W trakcie tego etapu nastąpiły liczne przeobrażenia hydrotermalne i metasomatyczne, którym towarzyszyła intensywne precypitacja siarczków. W wyniku trzeciego, najmłodszego etapu mineralizacji wytrąciły się minerały Zn-Pb, reprezentowane głównie przez galenę i sfaleryt, a także piryt.

Na podstawie porównania okruszczenia badanych profili z modelem zaproponowanym przez Lowella i Guilberta (1970) można przypuszczać, że profil otworu WB-102A, charakteryzujący się największą koncentracją chalkopirytu i molibdenitu, znajduje się najbliżej centrum ciała rudnego, w okolicy strefy rudy (*ore shell*) lub strefy pirytu (*pyrite shell*). Mineralizacja stwierdzona w profilu otworu DB-5 może wskazywać na jego umiejscowienie w strefie pirytu (*pyrite shell*) lub w strefie o słabej mineralizacji pirytovej (*low grade pyrite shell*). Natomiast zdecydowana dominacja pirytu oraz obecność złota w profilu DB-4 (Mikulski i in., 2008) mogą sugerować lokalizację w peryferycznej strefie mineralizacji (*peripheral ore mineralization*). Zakładając taką hipotezę można przypuszczać, że centrum mineralizacji porfirowej znajduje się kilkaset metrów na południowy wschód od otworu WB-102A.

Odległość pomiędzy otworem WB-102A (o profilu znajdującym się przypuszczalnie najbliżej centrum mineralizacji), a otworem DB-4 (o profilu znajdującym się przypuszczalnie w strefie peryferycznej) wynosi ok. 2,5 km. W związku z tym rozmiary całego ciała rudnego, o kształcie zbliżonym do owalu, mogą mieć ok. 5–6 km średnicy (nie licząc strefy peryferycznej, której wielkości nie można oszacować). Wokół ciała rudnego tej wielkości mogła powstać aureola peryferyczna o rozmiarach kilku do kilku-



**Ryc. 4.** Mineralizacja kruszcowa w zmetamorfizowanych mułowcach i iłowcach z otworów wiertniczych DB-4 (A, B); DB-5 (C, D) i WB-102A (E, F). A – głębokość 464,15 m; B – głębokość 464,70 m; C – głębokość 381,51 m; D – głębokość 1094,43 m; E, F – głębokość 490,39 m. Objasnienia symboli: Py – piryt, Cp – chalkopiryt, Sf – sfaleryt, Ga – galena, Mo – molibdenit, Po – pirotyt, q – kwarc, c – węglany

**Fig. 4.** Ore mineralization in metamorphosed mudstones and claystones from the boreholes: DB-4 (A, B); DB-5 (C, D) and WB-102A (E, F). A – depth 464.15 m; B – depth 464.70 m; C – depth 381.51 m; D – depth 1094.43 m; E, F – depth 490.39 m. Explanation of symbols: Py – pyrite, Cp – chalcopyrite, Sf – sphalerite, Ga – galena, Mo – molybdenite, Po – pyrrhotite, q – quartz, c – carbonates

nastu kilometrów. Niestety, zbyt mała liczba otworów wiertniczych uniemożliwia stworzenie modelu złożowego.

Dotychczasowe wyniki badań mineralizacji kruszcowej w rejonie Doliny Będkowskiej wskazują, że oprócz minerałów Cu-Mo są w niej także obecne śladowe ilości

minerałów wolframu – scheelit i wolframit (Oszczepalski i in., 2010; Mikulski i in., 2012). W punktowych próbkach, przede wszystkim z profilu DB-4 (szczególnie z głębokości 253,0 i 584,5 m p.p.t.), wykryto także podwyższoną zawartość złota – maks. do 15 ppm, które występuje tu w



formie złota rodzimego lub elektrum zawierającego od 19,7 do 46,9% wag. srebra (Mikulski i in., 2008).

## WNIOSKI

W klastycznych, zmetamorfizowanych utworach edia-karu, występujących w rejonie Doliny Będkowskiej, które są przeciętane górnokarbońskimi dajkami porfirów, pochodzącymi z intruzji granodiorytowej, rozpoznano epigenetyczną i hydrotermalną mineralizację siarczkową. Mineralizacja ta występuje w postaci impregnacji skał o różnej litologii, a także w postaci żyłek kwarcowych, kwarcowo-skaleniuowych, kwarcowo-węglanowych i kwarcowo-chlorytowych. Zarówno skały klastyczne, jak i magmowe są naznaczone licznymi przeobrażeniami metasomatycznymi, z których największe znaczenie miały serycytyzacja, biotytyzacja, pirytyzacja i chlorytyzacja.

Dane na temat mineralizacji siarczkowej i zawartości składników mineralnych umiejscawiają rejon Doliny Będkowskiej w sferze zasobów perspektywicznych. Centrum mineralizacji porfirowej może się znajdować w odległości kilkuset metrów na południowy wschód od otworu WB-102A. Być może dokładniejsze rozpoznanie wiertnicze obszaru przyczyniłoby się do udokumentowania złoża kopalin metalicznych, które wraz z innymi znanymi mineralizacjami z obszaru kontaktu bloków małopolskiego i górnośląskiego (wliczając udokumentowane już złożo Mo-W-Cu Myszków) mogłoby stanowić rezerwy pierwiastków metalicznych w bilansie surowcowym Polski (Mikulski i in., 2016).

Autor pragnie serdecznie podziękować Recenzentom oraz Redaktorowi Naczelnemu Przeglądu Geologicznego za poświęcony czas oraz wiele niezmiernie cennych uwag. Badania zostały sfinansowane ze środków własnych Wydziału Geologii Uniwersytetu Warszawskiego.

## LITERATURA

- BATOR J. 1984 – Profil otworu wiertniczego Dolina Będkowska DB-4. Nar. Arch. Geol. PIG-PIB, Warszawa.
- BUŁA Z. 2000 – Dolny paleozoik Górnego Śląska i zachodniej Małopolski. Pr. Państw. Inst. Geol., 171: 1–89.
- 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.
- CHYLINSKA H. 1958 – Sprawozdanie z prac geologiczno-poszukiwawczych przeprowadzonych w rejonie Paszowic w 1957–1958 r. Nar. Arch. Geol. PIG-PIB, Warszawa.
- HABRYN R., BUŁA Z., NAWROCKI J. 2014 – Strefa tektoniczna Kraków–Lubiniec na odcinku krakowskim w świetle danych uzyskanych z nowych otworów badawczych Trojanowice 2 i Cianowice 2. Biul. Państw. Inst. Geol., 459: 45–59.
- HARAŃCZYK C. 1978 – Mineralizacja polimetaliczna w utworach paleozoicznych wschodniego obrzeżenia GZW. Pr. Inst. Geol., 83: 171–185.
- HARAŃCZYK C., LANKOSZ M. 1990 – Sprawozdanie z badań geologicznych z rejonu Doliny Będkowskiej. Arch. Przeds. Geol. S.A., Kraków.
- KANASIEWICZ J., MIKULSKI S.Z. 1989 – O możliwości występowania złóż molibdenu formacji miedziowo-molibdenowej w strzegomskim masywie granitowym. Prz. Geol., 37: 129–133.
- KURBIEL H. 1978 – Badania magnetyczne i grawimetryczne. Pr. Inst. Geol., 83: 263–272.
- 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.
- LASSAK J. 1983 – Profil geologiczny otworu DB-5. Nar. Arch. Geol. PIG-PIB, Warszawa.
- LOWELL J.D., GUILBERT J.M. 1970 – Lateral and vertical alteration-mineralization zoning in porphyry ore deposits. Economic Geology, 65: 373–408.
- MARKOWIAK M. 2008 – Złoże polimetaliczne Mo-W-Cu Myszków. Prz. Górn., 64: 57–64.
- MARKOWIAK M. 2015 – Charakterystyka mineralizacji kruszcowej na tle przeobrażeń termiczno-metasomatycznych skał w rejonie Żarek–Kotowic. Pr. Państw. Inst. Geol., 203: 1–74.
- MARKOWIAK M., HABRYN R. 2003 – Kompleksowa ocena polimetalicznej mineralizacji kruszcowej w utworach paleozoiku i prekambriu w obszarze krakowsko-lublinieckim. Narod. Arch. Geol. PIG-PIB, Warszawa.
- MIKULSKI S.Z. 2007 – Metal ore potential of the parent magma of granite – the Karkonosze massif example. [W:] Kozłowski A., Wiszniewska J. (red.), Granitoids in Poland. Arch. Miner. Monograph., 1: 123–145.
- MIKULSKI S.Z., MARKOWIAK M., OSZCZEPALSKI S. 2007 – Preliminary results of geochemical and ore-microscopic studies of Mo-Cu mineralization from Bedkowska Valley near Kraków (Poland). [W:] Colin J.A. i in. (red.), Digging deeper. Proceed. Ninth Biennial SGA Meeting, Dublin, 2007: 447–450.
- MIKULSKI S.Z., MARKOWIAK M., OSZCZEPALSKI S. 2008 – Złoto w żyłach kwarcowo-siarczkowych z wiercenia DB-4 (rejon Doliny Będkowskiej, południowa Polska). Biul. Państw. Inst. Geol., 429: 99–112.
- MIKULSKI S.Z., STEIN H.J. 2012 – Wiek molibdenitów w Polsce w świetle badań izotopowych Re-Os. Biul. Państw. Inst. Geol., 452: 199–216.
- MIKULSKI S.Z., OSZCZEPALSKI S., MARKOWIAK M. 2012 – Występowanie i zasoby perspektywiczne rud molibdenu i wolframu w Polsce. Biul. Państw. Inst. Geol., 448, 2: 297–314.
- MIKULSKI S.Z., MARKOWIAK M., SĄDŁOWSKA K., CHMIELEWSKI A., ZIELIŃSKI G. 2015 – Pilotażowe badania pierwiastków ziem rzadkich w strefie kontaktu bloku małopolskiego z blokiem górnośląskim. Biul. Państw. Inst. Geol., 465: 77–98.
- MIKULSKI S.Z., OSZCZEPALSKI S., CZAPOWSKI G., GAŚIEWICZ A., SĄDŁOWSKA K., MARKOWIAK M., SZTROMWASSER E., BUKOWSKI K., GIEŁŻECKA-MĄDRY D., STRZELSKA-SMAKOWSKA B., PAULO A., MICHNIEWICZ M., RADWANEK-BAK B., CHMIELEWSKI A., MĄDRY S., KUĆ P., SIKORSKA-MAYKOWSKA M., KOŹMA J., BLIŹNIUK A., PIOTROWSKA M., KOSTRZ-SIKORA P. 2016 – Obszary i zasoby perspektywiczne wystąpień rud metali i surowców chemicznych w Polsce na mapach w skali 1 : 200 000 wraz z ich oceną surowcową oraz ograniczeniami środowiskowymi i zagospodarowania przestrzennego. Prz. Geol., 64 (9): 657–670.
- MIKULSKI S.Z., WILLIAMS I.S., MARKOWIAK M. (w druku) – Synchronous post-collisional magmatism and mineralization in the contact zone between the Małoposka and Upper Silesia Blocks – An example from the foreland of the Variscan orogenic belt (S Poland). Lithos (w druku).
- OSZCZEPALSKI S., MARKOWIAK M., STRZELSKA-SMAKOWSKA B. 2008 – Prognoza złożowa podłoża paleozoicznego (i pokrywy mezozoicznej triasu) północno-wschodniego obrzeżenia GZW. Nar. Arch. Geol. Warszawa, nr inw. 5485/2008.
- OSZCZEPALSKI S., MARKOWIAK M., MIKULSKI S.Z., LASOŃ K., BUŁA Z., HABRYN R. 2010 – Porfirowa mineralizacja Mo-Cu-W w utworach prekambryjsko-paleozoicznych – analiza prognostyczna strefy kontaktu bloków górnośląskiego i małopolskiego. Biul. Państw. Inst. Geol., 439 (2): 339–353.
- PENDIAS H., WALENCZAK Z. 1956 – Objawy okruszcowania w północno-zachodniej części masywu strzegomskiego. Biul. Inst. Geol., 227: 209–228.
- PODEMSKI M., BUŁA Z., CHEFFEE M.A., CIEŚLA E., EPPINGER R., HABRYN R., KARWOWSKI Ł., LASOŃ K., MARKIEWICZ J., MARKOWIAK M., SNEE L., ŚLOSARZ J., TRUSZEL M., WYBRANIEC S., ŻABA J. 2001 – Paleozoic porphyry molybdenum-tungsten deposit in the Myszków area, southern Poland. Pol. Geol. Inst. Sp. Papers, 6: 1–87.
- ŻABA J. 1999 – Ewolucja strukturalna utworów dolnopaleozoicznych w strefie granicznej bloków górnośląskiego i małopolskiego. Pr. Państw. Inst. Geol., 166.

Praca wpłynęła do redakcji 22.08.2017 r.  
Akceptowano do druku 8.01.2018 r.



# PRZEGLĄD GEOLOGICZNY



MINISTERSTWO  
ŚRODOWISKA



Cena 12,60 zł (w tym 5% VAT)

TOM 66 Nr 4 (KWIECIEŃ) 2018

Indeks 370908 ISSN-0033-2151

**Konstanty Tołwiński**  
– badacz złóż nafty i gazu  
**Wtłaczanie wód do górotworu**  
**a przepisy prawne**  
**Koncesje eksploatacyjne**  
**i plan ruchu – wady proceduralne**  
**Jurajskie syderyty na Kujawach**



**Zdjęcie na okładce:** Mineralizacja siarczkowa w żyłach kwarcowych, a po lewej stronie impregnacja pirytowa w metamułowcach ediakaru, otwór DB-5 w Dolinie Będkowskiej, głębokość 392,43 m (zobacz artykuł R. Małek na str. 252). Fot. K. Skurczyńska-Garwolińska

**Cover photo:** Sulphide mineralization in a quartz vein. On the left – pyritic impregnation in Ediacaran metamudstones, DB-5 borehole, Będkowska Valley, depth 392.43 m (see article by R. Małek on p. 252). Photo by K. Skurczyńska-Garwolińska