BIULETYN PAŃSTWOWEGO INSTYTUTU GEOLOGICZNEGO 448: 345–358, 2012 R.

PRZEJAWY MINERALIZACJI KRUSZCOWEJ W UTWORACH EDIAKARU NAWIERCONYCH W OTWORZE CIANOWICE 2

APPEARANCES OF ORE MINERALISATION IN THE EDIACARAN ROCKS OF THE CIANOWICE 2 BOREHOLE

MAREK MARKOWIAK[1]

Abstrakt. Otwór Cianowice 2 został odwiercony w miejscowości Grębynice, kilkanaście kilometrów na północny zachód od Krakowa. Bezpośrednio pod osadami jury, na głębokości 265,3–600,0 m nawiercono tu drobnoklastyczne osady ediakaru, generalnie o barwie czerwonobrązowej, jedynie lokalnie szarozielonej. Okruszcowanie w skałach ediakaru w profilu tego otworu jest bardzo ubogie; dość bogaty jest jednak zespół mineralny reprezentowany przez chalkopiryt, piryt, bornit, minerały szeregu galena–clausthalit, minerały szeregu tennantyt–tetraedryt, kowelin, chalkozyn, wittichenit, markasyt, sfaleryt, anglezyt oraz dwa minerały ziem rzadkich. Stwierdzona mineralizacja ma wyraźnie charakter hydrotermalny, niskotemperaturowy, a w okruszcowaniu znaczącą rolę odgrywa piryt framboidalny. Przez analogię do modelu złoża Myszków można wysunąć hipotezę, że w bliskim otoczeniu otworu Cianowice 2 (w odległości około 1,5 km, maksymalnie do 2,0 km) znajduje się źródło roztworów hydrotermalnych w postaci kwaśnej intruzji magmowej.

Słowa kluczowe: piryt framboidalny, okruszcowanie, ediakar, otwór wiertniczy Cianowice 2, blok małopolski.

Abstract. The Cianowice 2 borehole was drilled in a village of the Grębynice, a few kilometers to the NW of Cracow. Immediately under the Jurassic rocks, at depth of 265.3–600.0 m, there are fine-grained. Ediacaran deposits are mainly red and brown, locally grey and green. Ore mineralisation in the Ediacaran rocks is very poor, but the rich mineral association is represented by framboidal pyrite, chalcopyrite, pyrite, bornite, galenite–claussthalite, tennantite–tetrahedrite minerals, covellite, chalcocite, marcasite, sphalerite, anglesite and two minerals of rare earth elements. The mineralisation is of a hydrothermal and low-temperature nature. There is a possibility of occurrence of an acid igneous intrusion in a close vicinity to the Cianowice 2 borehole (approximately 1.5–2.0 km away), which could be a source of the hydrothermal solutions.

Key words: framboidal pyrite, ore mineralisation, Ediakaran, Cianowice 2 borehole, Małopolska Block.

WSTĘP

Otwór wiertniczy Cianowice 2 został wykonany w 2007 r. w miejscowości Grębynice, znajdującej się w północnej części gminy Zielonki, powiat krakowski, województwo małopolskie. Jest on otworem wiertniczym pod kilkoma względami wyjątkowym. Dotychczas jest jedynym otworem odwierconym w strefie kontaktu bloku małopolskiego z blokiem górnośląskim, w którym urozmaicone przejawy hydrotermalnej mineralizacji kruszcowej stwierdzono w skałach ediakaru, zaledwie w niewielkim stopniu objętych metasomatyczno-hydrotermalnym oddziaływaniem hipotetycznej intruzji kwaśnych skał magmowych. Występuje tu okruszcowanie śladowe, jednak bogate pod względem jakościowym. Wyjątkowa jest tu także obfitość różnorodnych konkrecji fosforytowych i węglanowych. Niespotykane w innych otworach regionu jest też silne spękanie skał ediakaru (kakiryt).

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

ZARYS BUDOWY GEOLOGICZNEJ REJONU BADAŃ

Otwór wiertniczy Cianowice 2 jest zlokalizowany w krawędziowej, południowo-zachodniej części bloku małopolskiego, w sąsiedztwie strefy uskokowej Kraków–Lubliniec, oddzielającej bloki górnośląski i małopolski (fig. 1). Na powierzchni podtriasowej, od rejonu Doliny Będkowskiej na zachodzie poza otwór wiertniczy Cianowice 2 na wschodzie, wąskim pasem wzdłuż strefy uskokowej ciągnie się wychodnia osadów ediakaru. Otwór wiertniczy Cianowice 2 znajduje się w odległości około 8 km na wschód od rejonu bogatego okruszcowania Doliny Będkowskiej. W rejonie tym odwiercono 10 otworów i odkryto interesujące przejawy mie-

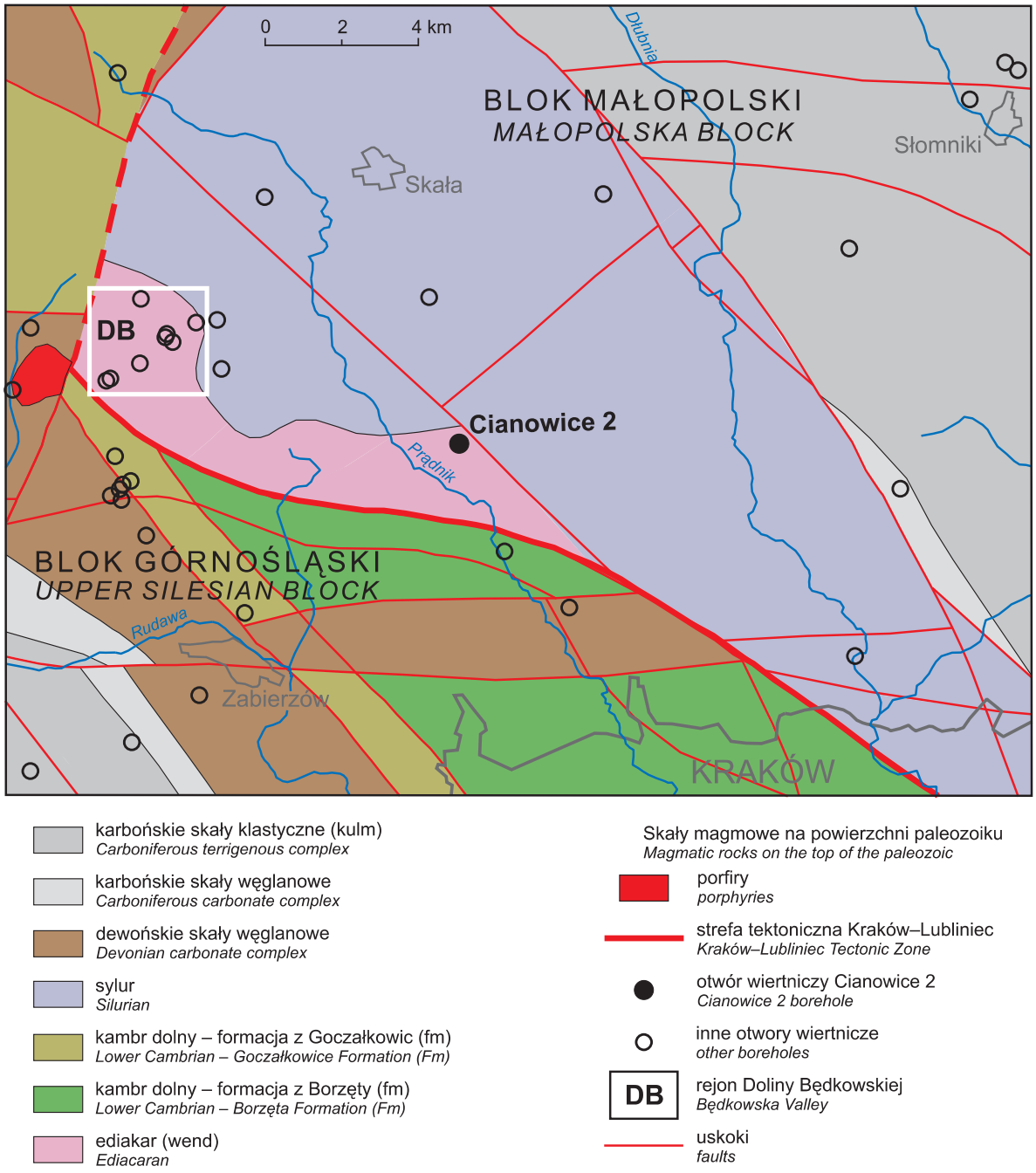

Fig. 1. Mapa geologiczna odkryta okolic Krakowa bez utworów permu i młodszych (według Buły, Habryna, red., 2008)

Geological map of the Kraków area without Permian and younger formations (after Buła, Habryn, *eds*., 2008)

dziowo-molibdenowej mineralizacji kruszcowej rozwiniętej w egzo- i endokontakcie intruzji granitoidowej.

Wzdłuż strefy tektonicznej Kraków–Lubliniec stwierdzono występowanie szeregu małych intruzji granodiorytowych, z którymi zawsze są związane przejawy polimetalicznej mineralizacji kruszcowej. Dotychczas rozpoznano cztery takie intruzje: Mrzygłód–Myszków–Nowa Wieś Żarecka, Zawiercie, Pilica i Dolina Będkowska (Markowiak, Habryn, 2003; Oszczepalski i in., 2008). Dwie inne, dotychczas nie rozpoznane otworami wiertniczymi, występują zapewne w rejonie Mysłowa, a także Żarek–Kotowic. Jak wynika z obserwacji, z każdą rozpoznaną intruzją granitoidów są związane szerokie strefy przeobrażeń (Markowiak, Habryn, 2003). Skały osłony intruzji granitoidowych (najczęściej są to skały klastyczne ediakaru) uległy procesom intensywnej metasomatozy. Są to metasomatyty przedrudne (wczesne), zaliczane do formacji propylitowej (Żarikow i in., 1998). Efektem tej metasomatozy jest przeobrażenie dużych objętości skał, skutkujące utworzeniem charakterystycznej, widocznej makroskopowo strefowości. Szerokość strefy biotytyzacji, zachodzącej w pobliżu kontaktu z intruzją granitoidową, wynosi zwykle około 700–800 m, a zmienione skały mają barwę czarną lub ciemnoszarozieloną. Zmiany zabarwienia skał są wynikiem przebudowy ich składu mineralnego. Kolejną strefą charakteryzującą się słabszym oddziaływaniem intruzji jest strefa skał o barwie szarozielonej. Głównym czynnikiem zmiany barwy z czerwonobrązowej w skałach „pierwotnych" (poza zasięgiem oddziaływania intruzji) na zieloną jest redukcja Fe^{3+} do Fe^{2+} (zanik barwiącego skałę rozproszonego hematytu). Strefa ta osiąga również około 700–800 m szerokości. W sumie zasięg oddziaływania intruzji granodiorytowych wynosi w przybliżeniu 1500 m (Markowiak, Habryn, 2003; Markowiak, 2004).

METODYKA BADAŃ

W otworze wiertniczym Cianowice 2 przebadano próbki skał ediakarskich z przedziału głębokości 600,0–265,3 m. Charakterystykę przejawów mineralizacji kruszcowej przedstawiono na podstawie badań mikroskopowych w świetle odbitym (mikroskop polaryzacyjny NIKON E600 POL) oraz badań przeprowadzonych za pomocą mikroskopu skaningowego LEO 1430 w Pracowni Petrologii i Geochemii Państwowego Instytutu Geologicznego – Państwowego Instytutu Badawczego w Warszawie. Wykonane zdjęcia przedstawiają obraz z detektora elektronów wstecznie rozproszonych (BSE). Analizy wykonano za pomocą detektora EDS firmy Oxford Instruments. Wykrywalność pierwiastków ciężkich (powyżej Mg) jest na poziomie około 0,2–0,5%.

Próbki zostały poddane również badaniom geochemicznym w Centralnym Laboratorium Chemicznym PIG-PIB. Wykonano oznaczenia zawartości następujących pierwiastków śladowych: Ba, Co, Cr, Ga, Hf, Nb, Ni, Rb, Sr, U, V i Zr metodą XRF w próbkach proszkowych prasowanych (spektrometr Philips PW 2400), a zawartości Ag, As, Be, Bi, Cu, Li, Mo, Pb, Sb, Sn, Te, Th, W i Zn oznaczano metodą ICP-MS. Do badań szczegółowych wytypowano cztery próbki bez widocznego megaskopowo okruszcowania. Wybrano dwie próbki skał czerwonobrązowych oraz dwie szarozielonych. Dodatkowo oznaczono metodą rentgenowskiej spektrometrii fluorescencyjnej (XRF) w próbkach stapianych zawartość SiO_2, Al_2O_3, Fe_2O_3(T), MnO, TiO_2, MgO, CaO, Na_2O, K_2O, P_2O_5, SO_3, Cl, F. Oznaczenia FeO wykonano metodą spektrofotometryczną, stratę prażenia (LOI) metodą wagową, a ogólny węgiel organiczny (TOC) metodą kulometryczną. Dla tych samych próbek, metodą ICP-MS, oznaczono zawartości metali ziem rzadkich (REE): Ce, Dy, Er, Eu, Gd, Ho, La, Lu, Nd, Pr, Sm, Tb, Tm, Y, Yb oraz Sc.

Ponadto wykonano kilkanaście analiz składu fazowego ogólnego na dyfraktometrze rentgenowskim X'Pert PW 3020 firmy Philips.

LITOLOGIA SKAŁ EDIAKARU

Skały ediakaru nawiercone bezpośrednio pod osadami jury, na głębokości 600,0–265,3 m (fig. 2), są reprezentowane niemal wyłącznie przez flisz dystalny – osady drobnoklastyczne, ilaste, z niewielkim udziałem drobnych lamin mułowców i piaskowców, a jedyne grubsze przewarstwienie piaskowca występuje w interwale głębokości 436,8–437,0 m.

W otworze wiertniczym Cianowice 2 barwa skał jest zmienna – czerwona i czerwonobrązowa do brązowej, lokalnie na niewielkich odcinkach przechodząca w szarozieloną. Strefy przeobrażone o szarozielonej barwie układają się zgodnie z laminacją i obejmują głównie skały o grubszej frakcji, czyli mułowce i piaskowce. Często są to przeobrażenia intensywne, o ostrych granicach, niekiedy jednak przeobrażenia przenikają również w otaczającą skałę ilastą, obejmując miejscami kilka metrów rdzenia, gdzie granice między skałami przeobrażonymi i nieprzeobrażonymi są rozmyte, a zabarwienie jest przeważnie plamiste. Udział lamin szarozielonych w całym profilu wiercenia jest niewielki i zmienny, największy w interwałach głębokości 440–545 i 568–600 m, a najmniejszy w stropie otworu – 265,3–425,5 m.

W iłowcach czerwonobrązowych zidentyfikowano następujące fazy mineralne: kwarc, chloryt (klinochlor Fe, poli-

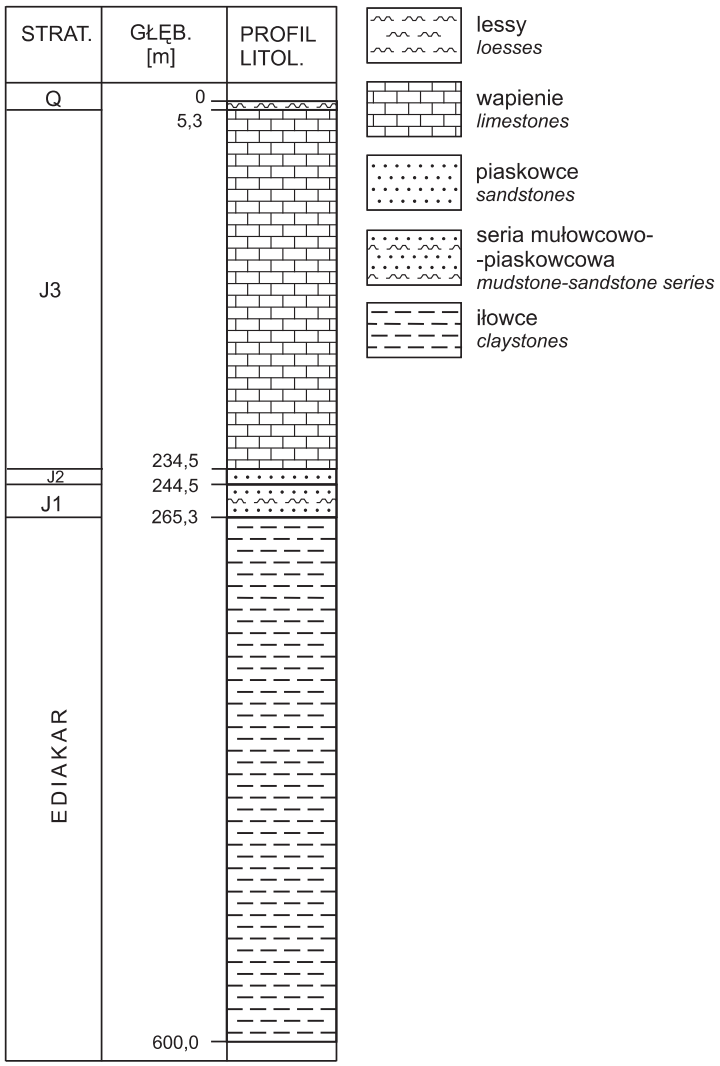

Fig. 2. Profil litologiczny otworu wiertniczego Cianowice 2

Lithological log of Cianowice 2 borehole

typ 1MIIb), illit 2M1, albit i skaleń Na–Ca oraz hematyt. Rzadziej występuje muskowit 2M1 i skalenie Ca–Na (plagioklazy z przewagą cząsteczki anortytowej). Wszystkie skalenie charakteryzują się strukturą uporządkowaną. Podstawową różnicą w składzie fazowym, jaka ujawnia się pomiędzy iłowcami czerwonobrązowymi i szarozielonymi, jest zanik hematytu w tych ostatnich.

MINERALIZACJA KRUSZCOWA

Skały ediakaru z otworu wiertniczego Cianowice 2 są rozcięte licznymi żyłkami. Są to przede wszystkim drobne żyłki oraz mikrożyłki, głównie kalcytowe (o grubości do 1,5 cm) i kaolinitowe (zwykle o grubości do 1 mm). Znacznie rzadziej spotyka się żyłki kalcytowe z chlorytem. Zdecydowana większość żyłek kalcytowych jest płonna. Wyjątkowo występują żyłki kwarcowe i barytowe, a także żyłki o złożonej budowie, składające się z naprzemianległych pasemek kwarcu, kalcytu i gipsu, utworzone prawdopodobnie w strefach wielokrotnego ścinania. Osiągają one grubość do 5 cm i są analogiczne do żył obserwowanych w skałach ediakaru w profilach wielu otworów wiertniczych zlokalizowanych w okolicach Żarek.

Okruszcowanie w skałach ediakaru w profilu otworu wiertniczego Cianowice 2 jest bardzo ubogie. Dość bogaty jest jednak zespół mineralny, reprezentowany przez: chalko-

piryt, piryt, bornit, minerały szeregu galena–clausthalit, minerały szeregu tennantyt–tetraedryt, kowelin, chalkozyn, wittichenit, markasyt, sfaleryt, anglezyt, ilmenit, tlenki tytanu (głównie rutyl), tytanit, przy czym minerały Ti są minerałami syngenetycznymi. Spotyka się również grafit. Zaobserwowano także dwa minerały ziem rzadkich, które nie zostały w pełni zidentyfikowane. Prawdopodobnie są to: calcioancylite-(Ce) i bastnäsyt. Wśród minerałów płonnych towarzyszących kruszcom wyróżniono: kalcyt (niekiedy z domieszką manganu lub magnezu), gips, minerały ilaste (głównie kaolin), kwarc, skalenie (albit i skaleń potasowy), baryt (szereg baryt–celestyn), chloryty, apatyt (fluorowy, węglanowofluorowy i węglanowohydroksylowy).

Szczegółowe badania pozwoliły na wyróżnienie kilku form występowania kruszców:

1. Okruszcowanie rozproszone.
2. Okruszcowanie żyłowe:
   a) mikrożyłki „suche”,
   b) mikrożyłki węglanowe,
   c) żyłki barytowo-anglezytowe.
3. Konkrecje kruszcowe.
4. Naskorupienia na konkrecjach węglanowych.
5. Koncentracje kruszców w laminach mułowca:
   a) we fragmentach diagenetycznie lub mikrotektonicznie zaburzonych przewarstwień mułowcowych,
   b) w niezaburzonych przewarstwieniach mułowca.

OKRUSZCOWANIE ROZPROSZONE

Okruszcowanie rozproszone spotyka się w całym profilu otworu wiertniczego, zarówno w skałach o zabarwieniu szarozielonym, jak i czerwonobrązowym. Występuje ono w postaci pojedynczych, bardzo drobnych ziaren – głównie chalkopirytu (wielkości rzędu tysięcznych mm), mniej liczne są: piryt lub markasyt, niekiedy można obserwować kryształy grafitu (do 0,15 mm).

OKRUSZCOWANIE ŻYŁOWE

Podczas, gdy dominującym typem okruszcowania w innych rejonach strefy Kraków–Lubliniec jest mineralizacja żyłowa, w otworze wiertniczym Cianowice 2 okruszcowanie tego typu ma niewielkie znaczenie. Cienkie naloty minerałów kruszcowych utworzyły się w mikrospękaniach (tzw. mikrożyłki „suche”, bez minerałów płonnych) lub w mikrożyłkach z kalcytem. Silne spękanie skał w badanym otworze wiertniczym powoduje niekiedy odspojenia po powierzchni takich mikrożyłek, co sprzyjało ujawnieniu przejawów okruszcowania na tych powierzchniach. W tej formie występuje głównie chalkopiryt z bornitem, nieco rzadziej galena (fig. 3A).

W rdzeniu napotkano jedną żyłkę anglezytowo-barytową, grubości około 1,5 cm. Kruszce (chalkopiryt niekiedy z drobnymi wrostkami kowelinu) występują w barycie (fig. 3B).

KONKRECJE KRUSZCOWE

W konkrecjach kruszcowych o wielkości od 1 mm, czasami wydłużonych do 2 cm (fig. 3C), dominującą rolę odgrywają mikrokryształy pirytu, które w różnym stopniu są uporządkowane w postaci framboidalnej. Lokalnie piryt stanowi powyżej 50% obj. skały (fig. 3D). Często obserwuje się rekrystalizację pirytu wokół poszczególnych framboidów, z utworzeniem form „słonecznikowych” (fig. 3E). W pirycie, rekrystalizującym na framboidach wykryto domieszki As i Cu (tab. 1). Niekiedy widoczne są formy pierścieniowe (fig. 3F, 4A). Mogą one być wynikiem niepełnego rozwoju framboidu lub wynikiem zastępowania mikrokryształów pirytu budujących globule przez inne minerały (Sawłowicz, 2000).

Na tak przekształcone agregaty mikrokryształów i framboidów nakłada się młodsza mineralizacja hydrotermalna. Siarczki stają się wówczas „spoiwem” mikrokryształów pirytu (fig. 3D) lub zastępują poszczególne globule framboidów (fig. 4A).

Młodszymi siarczkami mogą być chalkopiryt, bornit, galena–clausthalit (fig. 4B; tab. 2), chalkozyn (fig. 3E) i wittichenit.

Inny typ okruszcowania reprezentują drobne konkrecje (około 2 mm średnicy) pirytowe (bez pirytu framboidalnego), gdzie piryt jest zastępowany przez bornit, a najmłodsza jest galena, narastająca na bornicie (fig. 4C, D).

NASKORUPIENIA NA KONKRECJACH WĘGLANOWYCH

Naskorupienia na konkrecjach węglanowych są dużymi formami, osiągającymi kilka centymetrów srednicy. Mają one złożoną budowę i są umiejscowione na granicy konkrecji węglanowej i iłowca (fig. 4E). Również w tym przypadku podstawową rolę odgrywa piryt framboidalny, ulegający silnej rekrystalizacji, scementowany młodszym chalkopirytem i galeną (fig. 4F).

KONCENTRACJE KRUSZCÓW W LAMINACH MUŁOWCA

Bardzo charakterystyczne są zaburzone laminy mułowca (fig. 5A, B), odznaczające się występowaniem minerałów z szeregu tennantyt–tetraedryt (tab. 3). Koncentracje kruszców są związane z pierwotnymi skupieniami pirytu framboidalnego (fig. 5C). Do młodszych kruszców poza tennantytem–tetraedrytem należą: chalkopiryt, galena i bornit.

Niekiedy kruszce koncentrują się w bardzo drobnych laminach mułowca (grubości poniżej 1 mm), niewykazujących wyraźnych zaburzeń diagenetycznych, czy mikrotektonicznych (fig. 5D). Okruszcowanie jest w nich bardzo urozmaicone, jednak megaskopowo nie jest widoczne. Występują złożone przerosty bornitu, chalkopirytu, kowelinu, galeny,

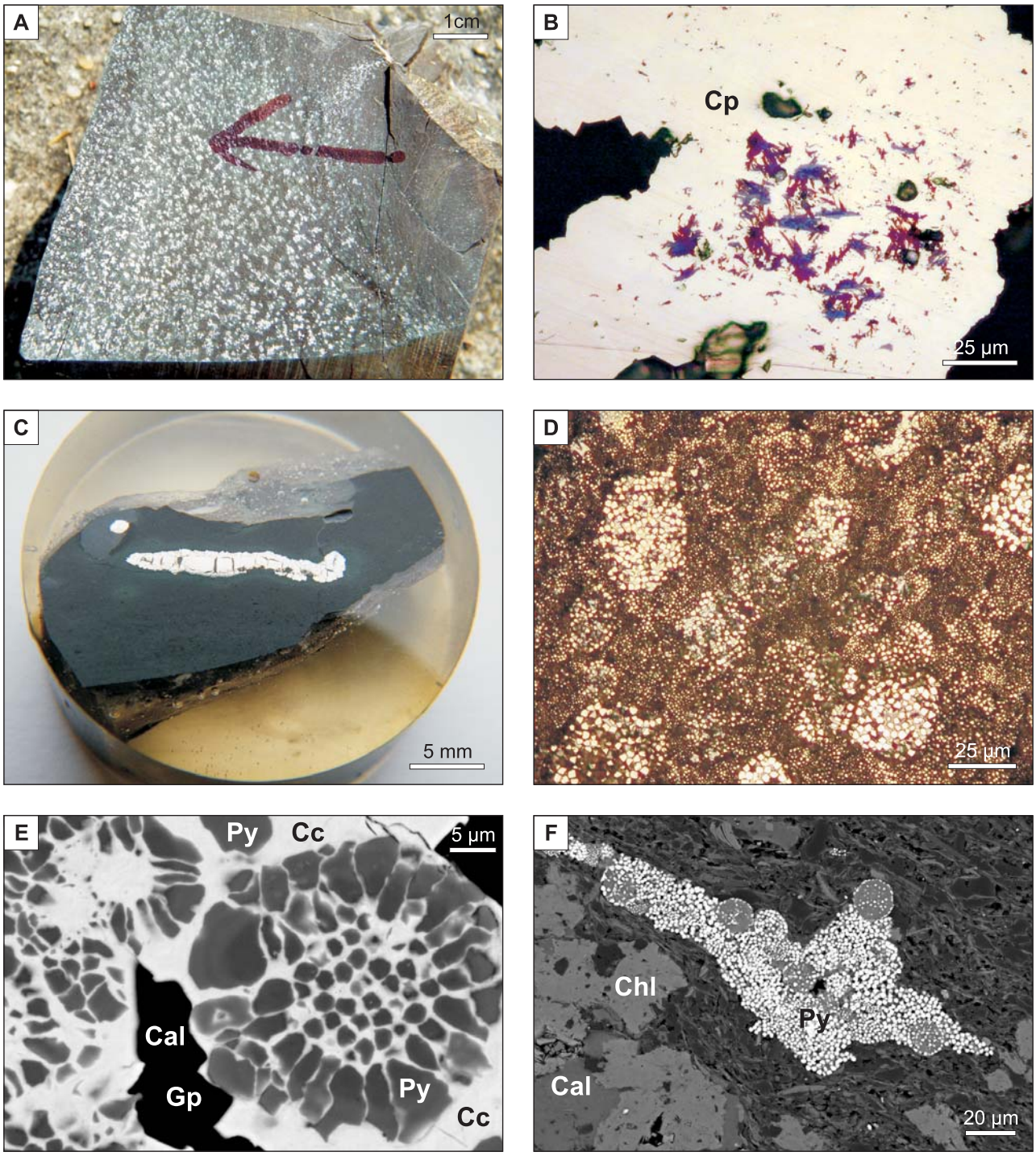

Fig. 3. Mineralizacja kruszcowa w skałach ediakaru w otworze wiertniczym Cianowice 2

A. Okruszcowanie galeną w postaci nalotów na powierzchni spękania (mikrożyłka „sucha"); fragment rdzenia, głęb. 355,9 m. **B.** Chalkopiryt z drobnymi wrostkami kowelinu (niebieskie i fioletowe) w żyłce barytowo-anglezytowej; imersja, 1N; głęb. 309,0 m. **C.** Konkrecje kruszcowe zbudowane z pirytu i chalkopirytu; preparat polerowany; głęb. 273,2 m. **D.** Skupienie pirytu framboidalnego; mikrokryształy lokalnie spojone galeną; imersja, 1N, głęb. 427,5 m. **E.** Framboid „słonecznikowy" z chalkozynem w interstycjach; widoczna zmienność składu chemicznego pirytu II; obraz BSE; głęb. 313,2 m. **F.** Agregat framboidów z framboidami pierścieniowymi; obraz BSE; głęb. 489,3 m; Py – piryt, Cp – chalkopiryt, Chl – chloryt, Gp – gips, Cc – chalkozyn, Cal – kalcyt

Ore mineralisation in Ediacaran rocks from the Cianowice 2 borehole

A. Galenite mineralisation in the form of a crust on fracture surface; fragment of the core; depth 355.9 m. **B.** Chalcopyrite with tiny inclusions of covellite (violet and blue) in a barite-anglesite vein; oil immersion, 1N; depth 309.0 m. **C.** Pyrite-chalcopyrite concretion; polished section; depth 273.2 m. **D.** Concentration of framboidal pyrite; microcrystals locally cemented by galenite; oil immersion, 1N; depth 427.5 m. **E.** Sunflower framboids of pyrite cemented by chalcocite; variability of the chemical composition of pyrite II is visible; BSE image; depth 313.2 m. **F.** Aggregate of framboidal pyrite with annular framboids; BSE image; depth 489.3 m; Py – pyrite, Cp – chalcopyrite, Chl – chlorite, Gp – gypsum, Cc – chalcocite, Cal – calcite

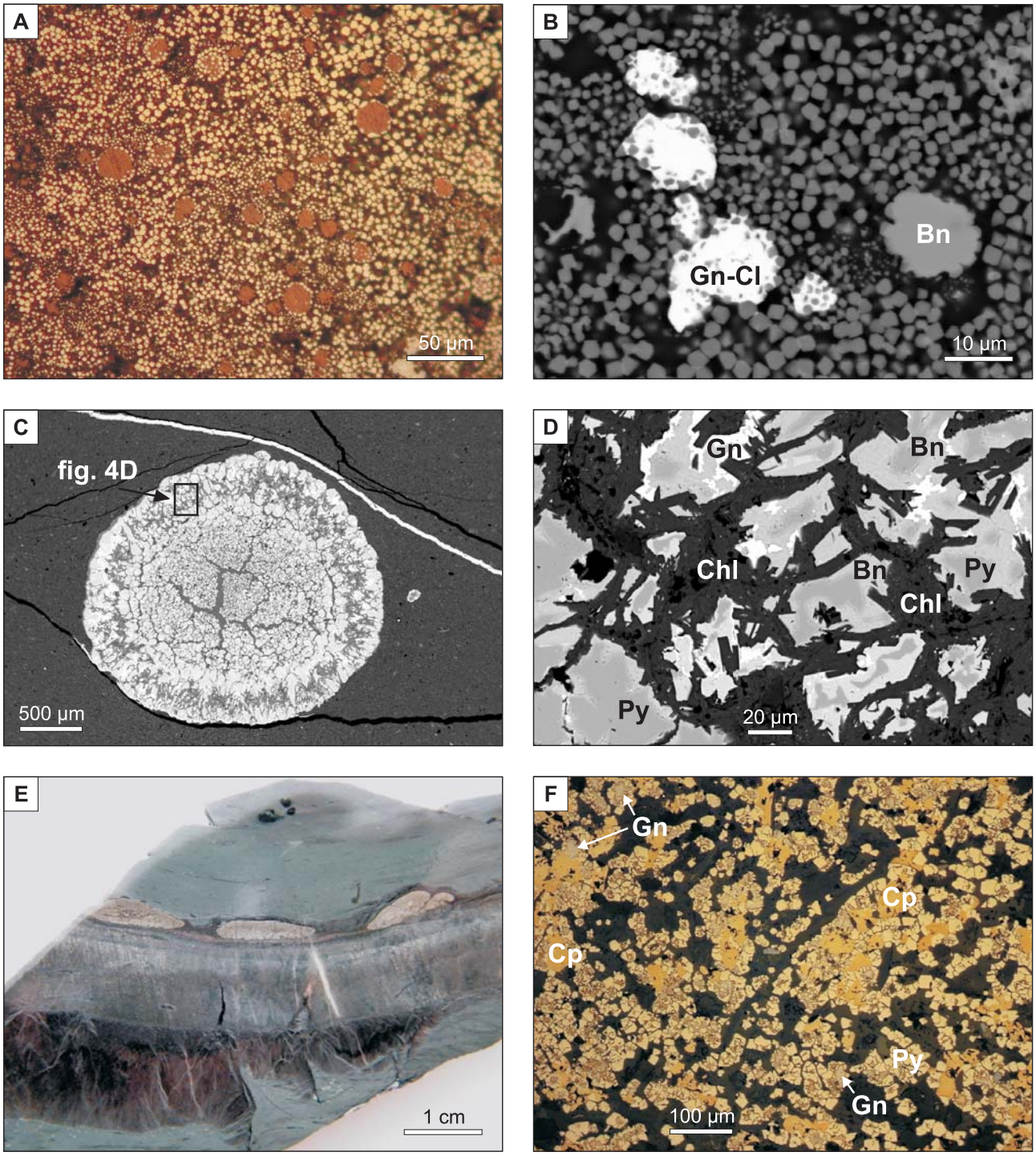

Fig. 4. Mineralizacja kruszcowa w skałach ediakaru w otworze wietniczym Cianowice 2

A. Zastępowanie framboidów pirytowych przez bornit; imersja, 1N; głęb. 489,3 m. **B.** Zastępowanie pirytu przez bornit i minerał z szeregu galena–clausthalit; obraz BSE; głęb. 489,3 m. **C.** Konkrecja pirytowa; obraz BSE; głęb. 449,4 m. **D.** Fragment konkrecji z fig. 4C, piryt jest zastępowany przez bornit i galenę; obraz BSE; głęb. 449,4 m. **E.** Naskorupienia siarczków na konkrecji węglanowej; poniżej konkrecji żyła czarnego kalcytu; fragment rdzenia, głęb. 488,0 m. **F.** Chalkopiryt z galeną w formie „spoiwa" zrekrystalizowanych pirytów framboidalnych; imersja, 1N; głęb. 488,0 m; Py – piryt, Bn – bornit, Gn – galena, Gn-Cls – minerał z szeregu galena–clausthalit, Cp – chalkopiryt, Chl – chloryt

Ore mineralisation in Ediacaran rocks from the Cianowice 2 borehole

A. Replacement of pyrite framboids by bornite; oil immersion; 1N, depth 489.3 m. **B.** replacement of pyrite by bornite and galenite–clausthalit; BSE image; depth 489.3 m. **C.** Pyrite concretion; BSE image; depth 449.4 m. **D.** Details from Fig. 4C; pyrite is replaced by bornite and galenite; BSE image; depth 449.4 m. **E.** Ore mineralisation on a calcite concretion; black calcite vein is visible below the concretion; fragment of the core; depth 488.0 m. **F.** Recrystallised framboidal pyrite cemented by chalcopyrite and galenite; oil immersion, 1N; depth 488.0 m; Py – pyrite, Bn – bornite, Gn – galenite, Gn-Cls – galenite–clausthalite, Cp – chalcopyrite, Chl – chlorite

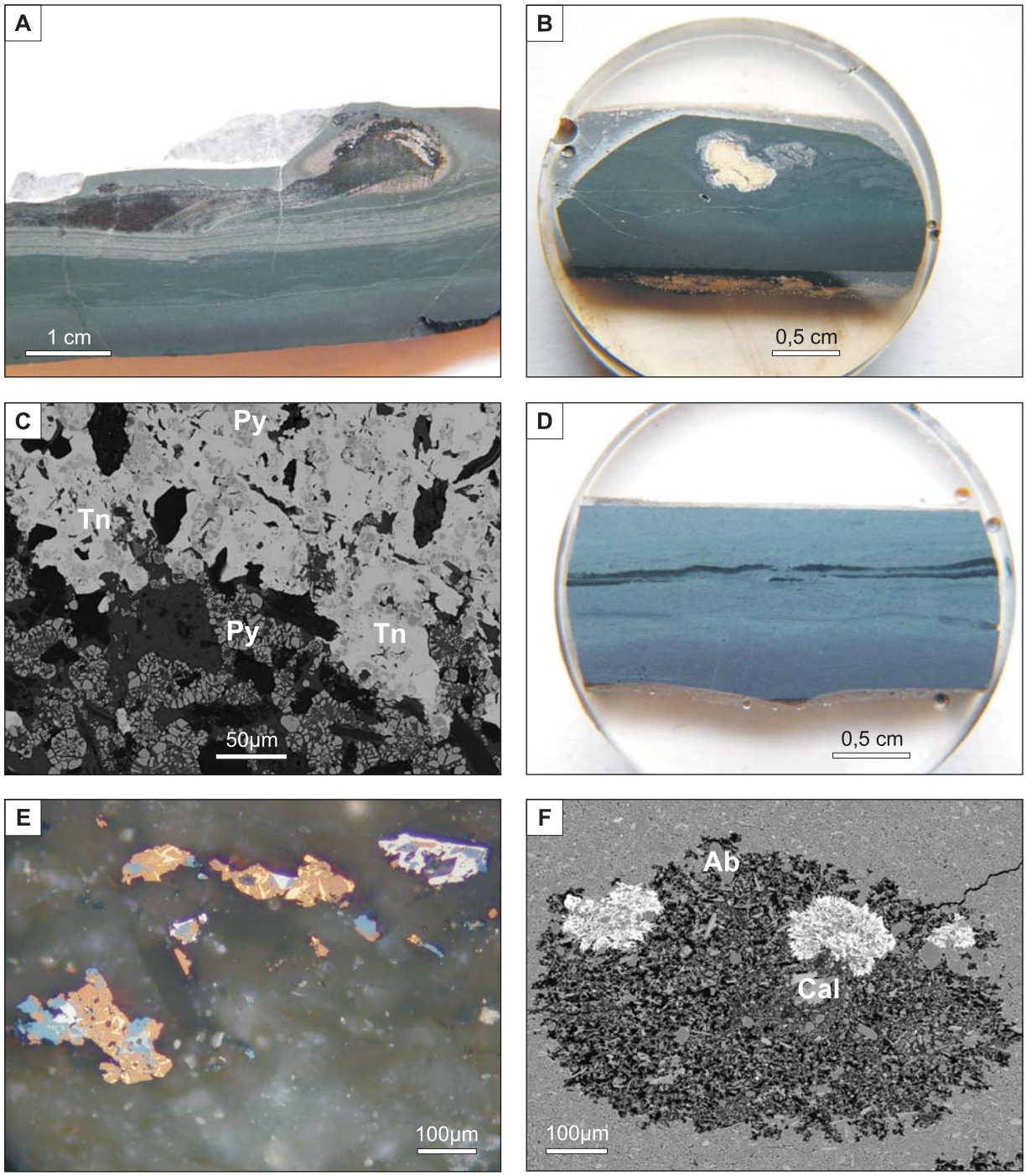

Fig. 5. Mineralizacja kruszcowa w skałach ediakaru w otworze wiertniczym Cianowice 2

A. Zaburzona laminacja w mułowcu i towarzyszące tego typu formom okruszcowanie (czarne) ze znacznym udziałem tennantytu; fragment rdzenia; głęb. 570,1 m. **B.** Skupienie kruszców zbudowane głównie z pirytu framboidalnego, bornitu, chalkopirytu, tennantytu (jaśniejsza otoczka) i galeny w zaburzonym przewarstwieniu mułowca; preparat polerowany; głęb 340,8 m. **C.** Złożone przerosty tennantytu z pirytem (skupienie kruszców z fig. 5B); obraz BSE; głęb. 340,8 m. **D.** Drobne laminy mułowca (czarne) z niewidocznym megaskopowo okruszcowaniem; preparat polerowany; głęb. 295,7 m. **E.** Złożone zrosty bornitu (brązowy) z chalkopirytem (żółty), kowelinem (niebieski), wittichenitem (szary) i galeną (biała); imersja, 1N; głęb. 295,7 m. **F.** Skupienie zawierające znaczną ilość substancji bitumicznej (czarna) z agregatami minerałów ziem rzadkich; obraz BSE; głęb. 502,5 m; Py – piryt, Cal – kalcyt, Tn – minerał z szeregu tennantyt–tetraedryt, Ab – albit

Ore mineralisation in Ediacaran rocks from the Cianowice 2 borehole

A. Deformed lamellosity in mudstone, accompanied by ore mineralization (black) with a significant proportion of tennantite; fragment of the core; depth 570.1 m. **B.** Aggregation of ore mineralization: framboidal pyrite, bornite, chalcopyrite, tennantite (the lighter-coloured fringe) and galenite in a deformed mudstone lamina; polished section; depth 340.8 m. **C.** Intergrowth of tennantite with pyrite (details from Fig. 5B); BSE image; depth 340.8 m. **D.** Tiny mudstone laminae (black) – ore mineralization invisible on a megascopic scale; polished section; depth 295.7 m. **E.** Intergrowth of bornite (brown) with chalcopyrite (yellow), covellite (blue), wittichenite (grey) and galenite (white); oil immersion, 1N; depth 295.7 m. **F.** Aggregation of bitumen with light grey mineral of rare earths elements; BSE image; depth 502.5 m; Py – pyrite, Cal – calcite, Tn – tennantite–tetrahedrite, Ab – albite

Tabela 1

Skład pirytu rekrystalizującego na framboidach [% wag.]

Chemical composition of pyrite recrystallised on framboids [wt. %]

Głębokość pobrania próbki [m]	S	Fe	As	Cu	Suma
313,2	49,67	43,29	6,92	1,90	101,78
	49,04	42,24	6,71	1,78	99,77
	51,90	44,49	1,77	2,87	101,03

Tabela 2

Skład minerałów szeregu galena–clausthalit [% wag.]

Chemical composition of galenite–clausthalite [wt. %]

Głębokość pobrania próbki [m]	Pb	S	Fe	Se	Cu	Ca	Suma
489,3	82,88	12,14	1,86	3,06	–	–	99,94
	81,67	12,03	1,96	3,07	–	–	98,73
	80,19	11,07	1,55	3,60	0,79	0,89	98,09
	79,31	10,35	2,02	7,01	–	0,32	99,01
	77,07	6,33	1,49	14,52	–	–	99,41

„–" – zawartość poniżej poziomu wykrywalności
„–" – contents below the detection limit

Tabela 3

Skład minerałów szeregu tennantyt–tetraedryt [% wag.]

Chemical composition of tennantite–tetrahedrite [wt. %]

Głębokość pobrania próbki [m]	Cu	Zn	Fe	Cd	As	Sb	S	Ca	Suma
297,7	39,89	5,73	1,16	1,77	19,88	4,30	26,26	0,53	100,52
340,8	43,17	5,49	2,08	×	23,80	×	27,05	×	101,59
	39,94	6,29	2,65	×	19,99	4,50	25,85	×	99,22
570,1	39,54	6,29	1,85	×	16,94	8,10	26,26	×	98,98
	40,55	6,00	3,08	×	18,37	7,45	26,47	×	101,92
	40,77	5,12	3,66	×	19,27	5,52	27,39	×	101,73
	42,04	1,21	6,53	×	21,64	2,87	26,55	×	100,84

× – nie analizowano
× – not analyzed

wittichenitu, tennantytu i pirytu (fig. 5E). Zarówno tennantyt, jak i piryt, sporadycznie występują w zrostach. W laminach są obecne mikrokryształy pirytu, jak również piryt framboidalny, lecz ich udział w okruszcowaniu jest niewielki. Z takimi skupieniami kruszców wiąże się zwykle przesycenie skały kalcytem (karbonatyzacja lamin mułowca).

W badanym otworze ujawniono również interesujące przejawy metasomatozy węglowej. Termin ten oznacza pro-

Tabela 4

Zawartości metali ziem rzadkich w badanym minerale [% wag.]

Rare earth elements content in studied mineral [wt. %]

Głębokość pobrania próbki [m]	Ce	Nd	La	Pr	Y	Sm	Gd
502,5	15,38	10,98	4,72	1,93	2,00	1,84	1,73
	14,96	11,65	4,34	2,41	1,36	1,26	1,86

ces wytrącania substancji węglowej w postaci grafitu lub węglowodorów w skałach klastycznych (Żarikow i in., 1998). Do procesów tego typu dochodzi w strefach głębokich rozłamów lub w strefach fałdowań. Dla metasomatozy węglowej charakterystyczne jest wzbogacenie w metale szlachetne lub ziemie rzadkie. W jednej z próbek iłowca ediakarskiego zaobserwowano przejawy metasomatozy węglowej w postaci drobnych (<1 mm) skupień bliżej nieokreślonych węglowodorów, w których z kolei obserwuje się agregaty minerału ziem rzadkich (fig. 5F) – prawdopodobnie jest to calcioancylite-(Ce) o ogólnym wzorze $(Ca,Sr)Ce(CO_3)_2OH \cdot H_2O$ (strona internetowa). Badania w mikroobszarze pozwoliły na stwierdzenie poza cerem obecności innych metali ziem rzadkich, których zawartości zestawiono w tabeli 4.

Na podstawie przeprowadzonych badań można przypuszczać, że w okolicach otworu wiertniczego Cianowice 2 występuje kolejna intruzja. Prawdopodobnym efektem jej oddziaływania jest okruszcowanie skał ediakaru oraz przeobrażenia manifestujące się lokalnymi zmianami barwy skał z czerwonobrązowej na szarozieloną. Są one wynikiem redukcji Fe^{3+} do Fe^{2+} i związania żelaza z siarką w piryt; przede wszystkim jednak Fe^{2+} wchodzi w strukturę chlorytu, którego ilość w skałach zmienionych dość wyraźnie wzrasta.

Na etapie oddziaływania roztworów hydrotermalnych powstały liczne żyłki i mikrożyłki kalcytowe kilku generacji, znacznie rzadziej żyłki kalcytowo-chlorytowe, kwarcowe i barytowo-anglezytowe. Ich wzajemnego następstwa nie udało się określić. Tylko w nielicznych żyłkach występują kruszce.

Wszystkie ujawnione dotychczas przejawy mineralizacji kruszcowej w strefie kontaktu bloku małopolskiego z blokiem górnośląskim są zgodne z modelem opracowanym dla złoża Myszków (Lasoń, 2003; Markowiak, Habryn, 2003). Do głównych cech tego modelu należą: związek okruszcowania Cu–Mo ± W z intruzją granodiorytów i strefowość przeobrażeń metasomatycznych obserwowanych wokół intruzji na przestrzeni do około 1,5 km.

W profilu omawianego otworu wiertniczego Cianowice 2 można zauważyć pewne zróżnicowanie w rozmieszczeniu i w formie występowania kruszców. Najwięcej spękań z nalotami kruszców (mikrożyłki kalcytowe i „suche") zaobserwowano w interwałach o małym udziale stref przeobrażonych (skały czerwonobrązowe), natomiast w interwałach z większym udziałem stref przeobrażonych okruszcowanie koncentruje się głównie w różnego typu konkrecjach, w formie naskorupień i skupień w laminach mułowcowych.

SUKCESJA MINERALNA

Prekambryjskie skały nawiercone otworem wiertniczym Cianowice 2 są reprezentowane przez osady drobnoklastyczne. Niezmienione osady zawierają zwykle kilka procent rozproszonego hematytu, barwiącego skałę na kolor czerwonobrązowy, a zatem powstawały one w warunkach utleniających. Prawdopodobne jest więc, że zdecydowana większość pirytu framboidalnego utworzyła się w procesie hydrotermalnym. W dalszych etapach tego procesu zachodziła lokalna rekrystalizacja pirytu II, prowadząca do krustyfikacji pirytu framboidalnego i utworzenia form „słonecznikowych".

Badania w złożu Mo–Cu–W Myszków pozwoliły na stwierdzenie, że koncentracje kruszców utworzyły się przede wszystkim w procesie pomagmowej działalności hydrotermalnej w etapie II – głównym, hydrotermalnym (Ślósarz *w*: Podemski i in., 2001). Słaba mineralizacja kruszcowa miała również miejsce w etapie I – wczesnym, skarnowym oraz w etapie III – późnym, porudnym.

W etapie II – głównym, wyróżniono następujące zespoły paragenetyczne (stadia) mineralizacji:

1. Zespół żył skaleniowo-molibdenitowych z biotytem.
2. Zespół żył kwarcowo-skaleniowych, pegmatytoidalnych.
3. Zespół żył kwarcowych z molibdenitem i scheelitem.
4. Zespół żył czarnego kwarcu z molibdenitem.
5. Zespół żył kwarcowo-polimetalicznych.

W etapie III – późnym, porudnym wyróżnia się dwa zespoły żyłowe:

1. Zespół żył ankerytowych (węglanowych).
2. Zespół żył barytowo-fluorytowych.

Na podstawie powyższego schematu podjęto próbę usystematyzowania przejawów mineralizacji kruszcowej występującej w otworze wiertniczym Cianowice 2. Przede wszystkim zaznacza się brak etapu I i wszystkich wyżejtemperaturowych zespołów paragenetycznych etapu II. Analogii można się doszukać dopiero w zespole 5, kończącym II etap mineralizacji kruszcowej. Nie uczestniczy w nim ani molibdenit, ani scheelit. Najbardziej charakterystycznymi dla niego kruszcami są: chalkopiryt, piryt, sfaleryt i galena. W środkowych partiach żył grubokrystalicznego kwarcu może występować kalcyt. Żyłom towarzyszą impregnacje siarczkami, przede wszystkim pirytem i chalkopirytem. Asocjację mineralną uzupełniają bornit, magnetyt, rutyl oraz minerały bizmutowe (bismutynit, Bi rodzimy, wittichenit).

W badanym otworze wiertniczym, pomimo braku okruszcowanych żył kwarcowych, do zespołu tego można zaliczyć najstarsze kruszce: chalkopiryt, bornit, chalkozyn, kowelin i siarkosole (tennantyt–tetraedryt i wittichenit), a także piryt.

Etap III – późny, kończący proces okruszcowania hydrotermalnego, jest reprezentowany przez ankeryt (i inne węglany), występujące w rozgałęzionym systemie żył. Towarzyszy mu niekiedy kwarc oraz drobnokrystaliczne skupienia pirytu, sfalerytu, galeny i sporadycznie chalkopirytu.

W omawianym profilu do zespołu tego można zaliczyć licznie występujące żyłki kalcytowe, z którymi głównie jest związane okruszcowanie chalkopirytem i bornitem, śladowo markasytem, a także mikrożyłki „suche" z galeną.

Sfaleryt został stwierdzony jedynie w dwóch próbkach w postaci drobnych kryształów jasnej odmiany. Wykonane analizy chemiczne świadczą o tym, że w skałach ediakaru w otworze wiertniczym Cianowice 2 występują niewielkie koncentracje Zn, maksymalnie do 420 ppm (Habryn i in., 2007). Sfaleryt występuje jednak samodzielnie, bez wyraźnych związków z wyżej opisanymi formami okruszcowania. Nie obserwuje się również korelacji zawartości Zn z Pb, Cu, Bi, As. Tym samym koncentracje sfalerytu są trudne do zlokalizowania i zbadania. Jest to przypadek nie spotykany w innych rejonach strefy Kraków–Lubliniec, gdzie sfaleryt występuje powszechnie w kilku fazach mineralizacji, a najczęściej współwystępuje z galeną i chalkopirytem.

W zespole barytowo-fluorytowym głównym minerałem jest różowy baryt, z którym współwystępuje kalcyt. Sporadycznie w żyłach tych spotyka się fluoryt, celestyn, kwarc i niekiedy anglezyt. Minerały kruszcowe występują przede wszystkim w barycie. Są to drobne ziarna chalkopirytu, sfalerytu, galeny i markasytu, podrzędnie pirytu.

Typowym przedstawicielem tego zespołu jest żyłka anglezytowo-barytowa z okruszcowaniem chalkopirytowym, występującym w barycie. Z tym etapem mineralizacji można również łączyć rozproszoną mineralizację barytem z domieszką strontu (szereg baryt–celestyn). Fluorytu w badanych skałach ediakaru nie zarejestrowano.

Na próbkach pobranych z otworów wiertniczych zlokalizowanych od Mrzygłodu przez Myszków po Nową Wieś Żarecką były przeprowadzone badania termometryczne inkluzji gazowo-ciekłych (Karwowski, 1988; Karwowski *w*: Podemski i in., 2001). Jak wynika z tych badań w kalcytach z późnych stadiów mineralizacji występują inkluzje gazowo-ciekłe homogenizujące w temperaturach 140–90°C, a we fluorytach (zespół barytowo-fluorytowy) pomiędzy 160 a 110°C. Można więc zakładać, że w podobnych temperaturach (około 90–160°C) następowała mineralizacja rozpoznana w otworze wiertniczym Cianowice 2. Zbliżoną temperaturę (80–180°C) określono na podstawie koloru substancji organicznej budującej mikroskamieniałości dokumentujące ediakarski wiek opisywanych skał (Jachowicz *w*: Habryn i in., 2007). Jest to niskotemperaturowa i peryferyczna mineralizacja w stosunku do intruzji granitoidowej, będącej źródłem roztworów hydrotermalnych.

Zapewne na etapie procesu hydrotermalnego powstały również minerały ziem rzadkich, gdyż koncentrują się szczególnie w skałach słabo przeobrażonych o plamistym zabarwieniu. Poza wspomnianym już calcioancylitem-(Ce) (fig. 5F) ujawniono obecność (również nie w pełni zidentyfikowanego) bastnäsytu (Markowiak *w*: Habryn i in., 2007; Markowiak, 2010).

CHARAKTERYSTYKA GEOCHEMICZNA

Z profilu otworu wiertniczego Cianowice 2 badaniom geochemicznym poddano dziesięć próbek skalnych (iłowców) czerwonobrązowych i szarozielonych. Ze względu na małą liczbę próbek uzyskane wyniki należy traktować jako wstępne.

Ujawniono szczególnie wysoki wzrost zawartości Bi i Cu (kilkaset procent wzrostu w skałach szarozielonych w stosunku do skał czerwonobrązowych). Mniejsze, ale również znaczące wzrosty zawartości wykazały Ag, As, Li, Pb, oraz Fe^{2+}. W przypadku żelaza wzrost ten odbywał się jednak kosztem spadku zawartości Fe^{3+}, a nie jak w przypadku procesów metasomatozy przedrudnej, w wyniku jego dostarczenia (Markowiak, Oszczepalski, 2007). Obserwuje się wzrost zawartości S (SO_3), jednak jest on trudny do określenia ze względu na to, że wyniki części analiz są niższe od granicy oznaczalności zastosowanej metody. Poza Fe^{3+} maleją również zawartości CaO, P_2O_5, Mo, Sb, Sn i W, a także szeregu metali ziem rzadkich grupy cerowej. Interesujące jest to, że część składników, wykazujących spadek zawartości w skałach zmienionych, tworzy w tych skałach lokalne koncentracje, jak np. kalcyt koncentruje się w laminach

mułowcowych, a P_2O_5 w konkrecjach z zawartością apatytu wynoszącą w zależności od typu konkrecji od kilku do kilkunastu procent. Podobnie jest z pierwiastkami ziem rzadkich (REE) grupy cerowej. Koncentrują się one w procesie hydrotermalnym prawdopodobnie w takich minerałach, jak calcioancylit-(Ce) i bastnäsyt. Tak więc wymienione składniki uległy zapewne jedynie migracji. W przypadku antymonu sytuacja jest podobna, gdyż wchodzi on w skład opisywanego wyżej minerału z szeregu tennantyt–tetraedryt. Wspomniane powyżej wyraźne wzbogacenie w As (w odróżnieniu do Sb) może wynikać z powszechnej domieszki As w pirycie framboidalnym (Sawłowicz, 2000).

Okruszcowanie utworzone w wyniku procesów pomagmowych z zasady usadawia się w skałach zmienionych metasomatycznie na etapie magmowym i wczesnym pomagmowym, w strefie najsilniejszych przeobrażeń (Żarikow i in., 1998). Charakterystyka geochemiczna zmian zachodzących w badanych skałach wskazuje raczej na przeobrażenia wokółżylne etapu pomagmowego (hydrotermalnego), a nie na przeobrażenia metasomatyczne etapu magmowego (Markowiak, 2010; Markowiak, Oszczepalski, 2007). Być może jest to nietypowa sytuacja, w której przejawy okruszcowania „wychodzą" poza obręb metasomatytów przedrudnych.

PODSUMOWANIE I WNIOSKI

Mineralizacja kruszcowa skał ediakaru w otworze wiertniczym Cianowice 2 jest niezwykła i niespotykana dotychczas w analogicznych skałach innych rejonów w strefie Kraków–Lubliniec. Pod względem ilościowym jest to mineralizacja śladowa, lecz silnie zróżnicowana, bogata pod względem jakościowym. Autor stwierdził obecność kilkunastu minerałów kruszcowych (siarczków i siarkosoli) oraz dwóch minerałów ziem rzadkich. Ponadto znaczącą rolę odgrywa piryt framboidalny.

Ujawniona mineralizacja ma charakter hydrotermalny. Biorąc pod uwagę dane dotyczące składu mineralnego skał, jak i chemizmu procesów hydrotermalnych, na podstawie analogii do rozpoznanych wcześniej stref oddziaływania intruzji granitoidowych można przypuszczać, że w otworze wiertniczym Cianowice 2 nawiercono skały ediakaru, występujące na pograniczu strefy skał przeobrażonych (metasomatytów przedrudnych) i skał niezmienionych. Przez analogię do modelu złoża Myszków można wysunąć hipotezę,

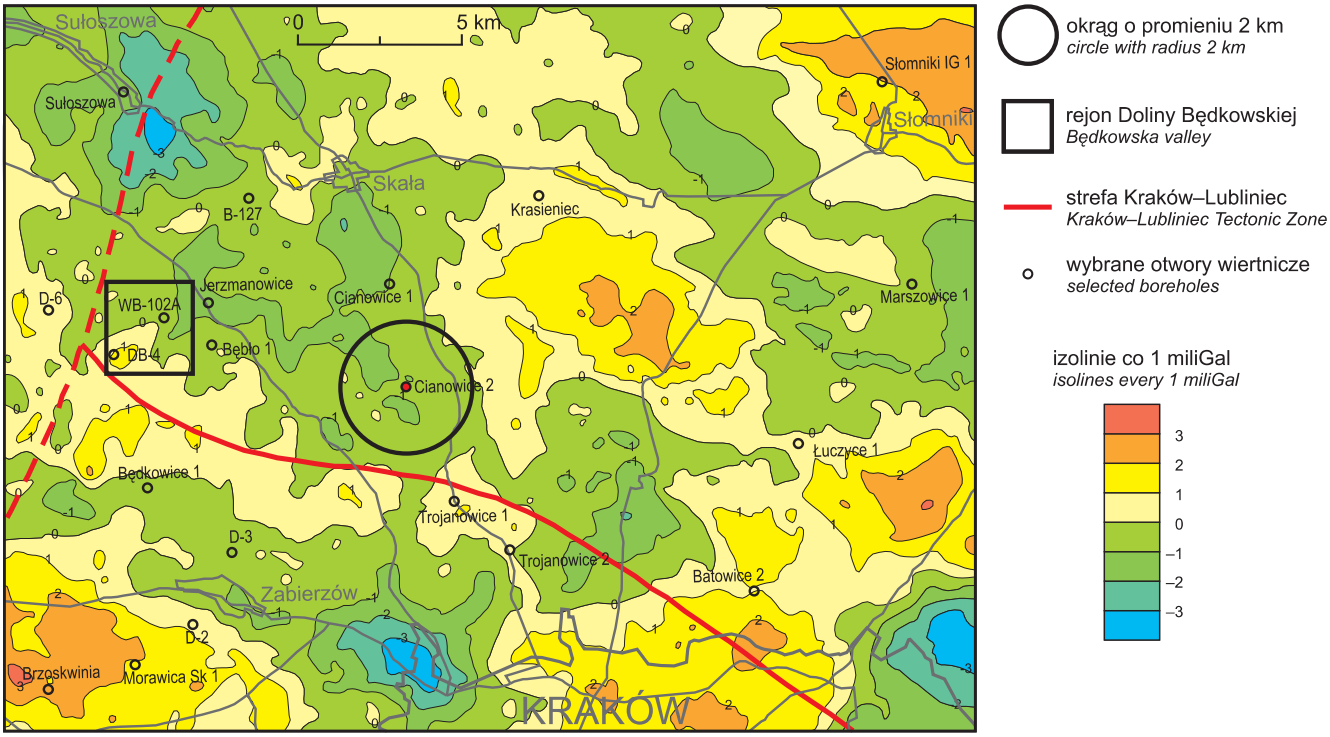

Fig. 6. Mapa grawimetryczna obszaru na północ od Krakowa

Mapa anomalii rezydualnych Δg wg Griffina, S = 250 m, R = 5 km (wg Bachnacki i in., 1988)

Map of the gravimetric anomalies of the N Krakow area

Map of the residual anomalies Δg after Griffin, S = 250 m, R = 5 km (after Bachnacki *et al*., 1988)

że w bliskim otoczeniu otworu wiertniczego Cianowice 2 (w odległości około 1,5 km, maksymalnie do 2,0 km) znajduje się źródło roztworów hydrotermalnych i metali użytecznych w postaci kwaśnej intruzji magmowej. Badania grawimetryczne wykonane dotychczas na tym obszarze nie dają jednoznacznej odpowiedzi na pytanie, gdzie może się znajdować hipotetyczna intruzja, chociaż można przypuszczać, że jej lokalizację wskazuje ujemna anomalia zaznaczająca się na północny zachód od omawianego otworu wiertniczego Cianowice 2 (fig. 6), wewnątrz naniesionego okręgu o promieniu 2 km. Jest ona kontynuacją anomalii z rejonu Doliny Będkowskiej, najbliższego rejonu (w odległości około 8 km od otworu Cianowice 2), w którym obserwowano interesujące przejawy mineralizacji kruszcowej (Cu–Mo) i gdzie nawiercono liczne intruzje skał magmowych, w tym również granodiorytów.

Porównując okruszcowanie rozpoznane w badanym otworze wiertniczym z etapami tworzenia się hydrotermalnego okruszcowania w złożu Myszków, pewnych analogii można się doszukać dopiero w 5 (ostatnim) zespole parageneticznym etapu II (zespół kwarcowo-polimetaliczny). Swoje odpowiedniki w badanym otworze mają również zespoły etapu III (późnego, porudnego) w którym wydziela się zespół żył ankerytowych (węglanowych) i zespół żył barytowo-fluorytowych. Temperatura roztworów mineralizujących zapewne nie przekraczała 160°C.

Sądząc po interesującej mineralizacji kruszcowej występującej w znacznej odległości od źródła roztworów hydrotermalnych, można oczekiwać bogatego okruszcowania w endo- i egzokontakcie hipotetycznej intruzji granitoidowej. W okolicach otworu Cianowice 2 może zatem występować kolejna, najdalej wysunięta na wschód, koncentracja metali nieżelaznych w strefie Kraków–Lubliniec. Obszar ten wymaga dalszych badań, w tym w pierwszej kolejności szczegółowych badań geofizycznych, koniecznych do zlokalizowania intruzji skał magmowych, a następnie prac wiertniczych.

Na podstawie zebranych dotychczas informacji nie można jednak odrzucić hipotezy o innej genezie, gdyż istnieją przesłanki wskazujące na odmienność przedstawionej mineralizacji względem dotychczas opisywanych przejawów mineralizacji kruszcowej w strefie Kraków–Lubliniec.

LITERATURA

BACHNACKI S., MARGUL H. i zespół, 1988 — Region górnośląski 1985-90, zadanie 1: Geofizyczne mapy podstawowe regionu górnośląskiego. CPBR nr 1.8, cel nr 43, pkt kontrolny nr 4. Centr. Arch. Geol. PIG-PIB, Warszawa.

BUŁA Z., HABRYN R. (red.), BUŁA Z., BYŚ I., FLOREK R., HABRYN R., JACHOWICZ M., KWARCIŃSKI J., LASKOWICZ R., LISZKA B., MADEJ K., MAKSYM A., MARKOWIAK M., PIETRUSIAK M., PROBULSKI J., RYŁKO W., SALWA S., SIKORA R., STARYSZAK G., TABOL-WÓJCIK P., TOMAŚ A., ZACHARSKI J., 2008 — Atlas geologiczno-strukturalny paleozoicznego podłoża Karpat zewnętrznych i zapadliska przedkarpackiego. Państw. Inst. Geol., Warszawa.

HABRYN R., BUŁA Z., CHMURA A., INDYK A., JACHOWICZ M., MARKOWIAK M., MATYJA B.A., NOWAK J., OLSZEWSKA B., PIEŃKOWSKI G., POLECHOŃSKA O., SIKORA R., STADMULLER M., TRUSZEL M., ZIAJA J., ZIÓŁKOWSKI P., ŻABA J., 2007 — Dokumentacja geologiczna otworu badawczego Cianowice-2 – zintegrowany program płytkich wierceń badawczych dla rozwiązania istotnych problemów budowy geologicznej Polski. Problem 10. Geologiczno-strukturalne rozpoznanie strefy rozłamu Kraków–Lubliniec na odcinku krakowskim. Centr. Arch. Geol. PIG-PIB, Warszawa.

KARWOWSKI Ł., 1988 — Ewolucja fluidów minerałotwórczych waryscyjskiej formacji miedziowo-porfirowej krakowidów na przykładzie rejonu Myszkowa-Mrzygłodu. *Pr. Nauk. U.Śl.* w Katowicach, **929**: 1–89.

LASOŃ K., 2003 — Geochemia molibdenowo-wolframowego złoża porfirowego Myszków. *Biul. Państw. Inst. Geol.*, **405**: 87–108.

MARKOWIAK M., 2004 — Barwa skał wendyjskich i jej związek z metamorfizmem, cz. I i II. Pos. *Nauk. Państw. Inst. Geol.*, **61**: 31–35.

MARKOWIAK M., 2010 — Ocena możliwości występowania złoża porfirowego w okolicy otworu Cianowice-2 (na N od Krakowa) na podstawie badań geochemiczno-petrograficznych. Centr. Arch. Geol. PIG-PIB, Warszawa.

MARKOWIAK M., HABRYN R., 2003 — Kompleksowa ocena polimetalicznej mineralizacji kruszcowej w utworach paleozoiku i prekambru w obszarze krakowsko-lublinieckim. Centr. Arch. Geol. PIG-PIB, Warszawa.

MARKOWIAK M., OSZCZEPALSKI S., 2007 — Charakterystyka geochemiczna skał wendyjskich przeobrażonych termiczno-metasomatycznie wokół intruzji granodiorytowych na obszarze krakowsko-lublinieckim. Centr. Arch. Geol. PIG-PIB, Warszawa.

OSZCZEPALSKI S., MARKOWIAK M., BUŁA Z., LASOŃ K., MIKULSKI S., HABRYN R., TRUSZEL M., PAŃCZYK M., SIKORA R., WOŹNIAK P., MUCHA J., WASILEWSKA M., KARWOWSKI Ł., 2008 — Prognoza złożowa podłoża paleozoicznego (i pokrywy mezozoicznej triasu) północno-wschodniego obrzeżenia GZW. Centr. Arch. Geol. PIG-PIB, Warszawa.

PODEMSKI M. (red), BUŁA Z., CHAFFEE M. A., CIEŚLA E., EPPINGER R., HABRYN R., KARWOWSKI Ł., LASOŃ K., MARKIEWICZ J., MARKOWIAK M., SNEE L.W., ŚLÓSARZ J.M., TRUSZEL M., WYBRANIEC S., ŻABA J., 2001 — Palaeozoic porphyry molybdenium-tungsten deposit in the Myszków area, Southern Poland. *Pol. Geol. Inst. Sp. Papers*, **6**: 1–87.

SAWŁOWICZ Z., 2000 — Framboids: from their origin to application. *Pr. Miner. Kom. Nauk Miner. PAN Oddz. w Krakowie*, **88**: 1–80.

STRONA internetowa – www.mindat. org/min-855.html. Copyright Jolyon Ralph and Ida Chau 1993-2010.

ŻARIKOW W. A., RUSINOW W.L., MARAKUSZEW A.A., ZARAJSKIJ G.P., OMELJANENKO B. I., PERCEW N.N., RASS I.T., ANDREEWA O.W., ABRAMOW S.S., PODLESSKIJ K.W., 1998 — Metasomatizm i metasomaticzeskie porody. Naucznyj Mir., Moskwa.

SUMMARY

The ore mineralisation in the Ediacaran rocks is very poor, but the mineral association represented by: framboidal pyrite, chalcopyrite, pyrite, bornite, galenite–claussthalite, tennanite–tetrahedrite minerals, covellite, chalcocite, marcasite, sphalerite, anglesite and two rare earth elements minerals is rich. The mineralisation has a hydrothermal and low temperature nature.

The older mineralisation is represented by framboidal pyrite (Fig. 3D, F). Locally pyrites recrystallised to sunflower framboids (Fig. 3E). The younger ore mineralisation is similar to the second periods of the Myszków deposit mineralisation:

– period II – main, hydrotermal (the last; fifth paragenetic assemblage – quartz-polymetallic veins – Figs. 3B, 4B, 5A–C, E)

– period III, late, post-mineralisation – ankerite-bearing and barite-fluorite-bearing veins – Fig. 3B (Podemski *et al.*, 2001).

The minerals forming fluids had the temperatures between 90 and 160°C.

There is a possibility of occurrence of an acid igneous intrusion in a close vicinity to the Cianowice 2 borehole (approximately 1.5–2.0 km away) which could be a source of the hydrothermal solutions.

The entire area needs additional studies, first of all detailed geophysical investigations that are necessary to localize the magmatic intrusion followed by deep drillings.