

EWA GÓRECKA

## Przejawy mineralizacji kruszcowej w utworach paleozoicznych z Będkowic koło Krzeszowic

### ORE MINERALIZATION IN PALEOZOIC ROCKS AT BĘDKOWICE (CRACOW UPLAND)

**STRESZCZENIE:** W oparciu o badania mikroskopowe scharakteryzowano przejawy mineralizacji kruszcowej w utworach paleozoicznych (porfiry i łupki), napotkanych w wierceniu D-8 w Będkowicach. Rozprzestrzenianie się rozтворów kruszonośnych związane było tutaj zapewne z poerupcyjną działalnością kwaśnego wulkanizmu waryscyjskiego.

#### WSTĘP

W roku 1966 Przedsiębiorstwo Geologiczne w Krakowie prowadziło na obszarze Dębnik — Będkowice wstępne prace poszukiwawcze za złóżami cynku i ołowiu. W związku z tym wykonano cztery płytke otwory wiertnicze (D-5, D-6, D-7, D-8), mające na celu określenie zasięgu występowania paleozoicznych utworów węglanowych, z którymi mogą być związane rudy cynku i ołowiu (Szostek 1967). W otworze D-7 (Raclawice) nie stwierdzono mineralizacji kruszcowej, a rdzenie z otworów D-5 i D-6 (Szklary) wykazały jedynie śladowe okruszcowanie skał jury siarczkami żelaza oraz galenitem. Natomiast stosunkowo większe przejawy mineralizacji kruszcowej, głównie w utworach paleozoicznych, stwierdzono w otworze D-8, założonym w Będkowicach, u źródła Będkówki. Zagadnienia dotyczące tej mineralizacji są przedmiotem niniejszej pracy, przy czym materiały geologiczne z wiercenia D-8 udostępnione zostały autorce przez Przedsiębiorstwo Geologiczne w Krakowie.

## PROFIL LITOLOGICZNY

Skąły magmowe będące porfirami nawiercono w otworze D-8 w Będkowicach (fig. 1) dwukrotnie. Porfir I, szarozielonkawy, w którym wiercenie zatrzymano, napotkany został na głębokości 60,2 m. Porfir II, jasnoszary, przebitý został w płytszym odcinku wiercenia, na głębokości 13,5—19,0 m. Porfir ten tworzy żyłę wśród łupków syluru. Przez analogię można przypuszczać, że porfir I reprezentuje również formę żyłową. Oba omawiane porfiry są w znacznym stopniu zmienione, a pierwotne ich składniki przeszły w produkty wtórne. W związku z tym, w zależności od stopnia przeobrażenia, porfiry mają różne barwy. Wśród fenokryształów prawie wyłącznie obserwuje się skalenię, a podrzędnie kwarc oraz wyblakłe blaszki miki.

Badania mikroskopowe wykazują, że fenokryształy skaleni porfiru I są prawie w całości zsercytyzowane. Natomiast porfir II wykazuje jeszcze dalej posunięty proces przeobrażeń, w wyniku czego doszło do utworzenia się licznych wtórnych minerałów ilastych, którym podrzędnie towarzyszy kalcyt. Podobnie jak fenokryształy, w znacznym stopniu przeobrażone jest również ciasto skalne obu porfirów.

Procesy przeobrażeń porfirów z otworu w Będkowicach przejawiają się również w postaci pirytyzacji oraz sylifikacji. Pirytyzacja zaznaczyła się w obu porfirach, podczas gdy sylifikacja objęła głównie porfir II. W tym ostatnim porfirze, drobne ksenomorficzne ziarna kwarcu (o średnicy kilku mikronów), a niekiedy pojawiające się wśród nich nieco większe sferolity chalcedonu, przepajają całą skałę lub tworzą drobne żyłki przecinające zarówno fenokryształy, jak i ciasto skalne. Proces sylifikacji objął ponadto wąskie (0,5—1,0 m miąższości) strefy łupków kontaktujących z porfirem II, zwłaszcza ich pakiety występujące na głębokości 13,0—13,5 m (por. fig. 1).

Fig. 1

Zgeneralizowany profil otworu wiertniczego D-8 w Będkowicach (stratygrafia wg Szostka, 1967). Klamrą objęta — strefa skał najbardziej przeobrażonych i okruszczonych

Simplified profile of borehole D-8 at Będkowie (stratigraphy after Szostek, 1967). Square brackets — indicate the zone of the strongest alteration and mineralization of the rocks

W profilu otworu wiertniczego D-8 w Będkowicach (fig. 1) wyróżnić można poniżej pokrywy czwartorzędowej (Q na fig. 1) następujące utwory.

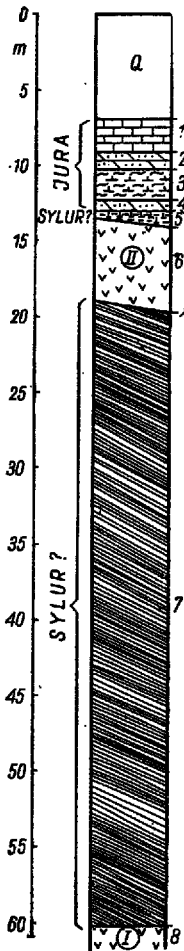


Fig. 1

1. (7,0—9,0 m) Wapień jasnoszary, cienkoławicowy z ułamkami małżów, ślimaków i belemnitów; okruszczony siarczkami żelaza, które tworzą nieregularne skupienia o średnicy 1—8 mm.

2. (9,0—10,3 m) Piaskowiec kwarcowy o spoiwie marglistym, różnoziarnisty (miejscami zlepieńcowy) z ułamkami małżów i ślimaków; okruszczony siarczkami żelaza, tworzącymi skupienia o średnicy 0,5—2 mm.

3. (10,3—12,4 m) Mułowiec marglisty, partiami piaszczysty, z ułamkami małżów i ślimaków.

4. (12,4—13,0 m) Piaskowiec jak w zespole 2.

5. (13,0—13,5 m) Skała ilasto-węglanowa (łupek marglisty?) silnie przeobrażona (zsylikowana), barwy jasnoszarej do białej; poprzecinana żyłkami siarczków żelaza o miąższości 1—2,5 mm.

6. (13,5—19,0 m) Porfir II, jasnoszary z licznymi białymi fenokryształami skaleni o średnicy do 1 cm. Podrzednie występują fenokryształy kwarcu (do 4 mm średnicy) oraz blaszki miki. Skała jest krucha, rozsypliwa. W porfirze rozproszone są drobne kryształki pirytu, grupujące się nieraz w agregaty o średnicy 1—5 mm. Na głębokości 14—19 m występują liczne, prawie pionowe żyłki siarczków żelaza, 1—5 mm miąższości. Miejscami porfir przybiera rdzawe zabarwienie, związane z obecnością wodorotlenków żelaza.

7. (19,0—60,2 m) Łupek ilasty, miejscami ze znaczną domieszką ziarn kwarcu detrytycznego. Skała jest silnie zdiagenezowana, barwy szarej z odcieniem zielonkawym, spękana. W stropie, na kontakcie z porfirem, łupek wykazuje barwę jasnoszarą i jest zsylikowany. Łupek okruszczony jest siarczkami żelaza, które tworzą różnokierunkowe żyłki 0,5—2,5 mm miąższości. Najwięcej tego rodzaju żyłek obserwowano na głębokości: 24—25 m, 34—34,5 m, 45—50 m. Żyłkom kruszczowym często towarzyszy kwarc, który niekiedy tworzy samodzielne żyłki do 1,5 mm miąższości. Łupek, wraz z żyłkami kruszczowo-kwarcowymi, poprzecinany jest żyłkami kalcytu, który miejscami tworzy gniazda do 5 mm średnicy. W towarzystwie kalcytu sporadycznie występują pojedyncze kryształy galenitu o średnicy około 1 mm.

8. (60,2—61,0 m) Porfir I, szarozielonkawy, zwięzły. W cieście skalnym tkwią jasnoszare i białozielonkawe fenokryształy skaleni. W stropie, na kontakcie z łupkiem, porfir szarozielonkawy przechodzi stopniowo w porfir biały, kruchy. Skała okruszczona jest rozproszonymi kryształkami pirytu o średnicy 0,5—1 mm.

## CHARAKTERYSTYKA MIKROSKOPOWA UTWORÓW KRUSZCOWYCH

Badania mikroskopowe, wykonane w świetle odbitym, wykazały obecność w skałach paleozoicznych wierceni Bedkowice następującego zespołu minerałów kruszcowych: piryt, markasyt, pirotyn, chalkopiryt, chalkozym  $\alpha$ , enargit(?), sfaleryt i galenit. Badania mikroskopowe płytek cienkich wskazują, że minerałom kruszcowym towarzyszą kwarc i kalcyt. Stwierdzono również drobne ilości grafitu.

Głównym minerałem kruszcowym w badanych utworach jest piryt. Minerale ten stał się podstawą do przeprowadzenia analizy sposobu występowania minerałów kruszcowych oraz do ustalenia sukcesji mineralnej (fig. 2). Biorąc za podstawę sposób występowania w skale, współwystępowanie z innymi minerałami kruszcowymi oraz jego cechy strukturalne wyróżniono trzy generacje pirytu (I, II, III).

*Piryt I* występuje przede wszystkim w porfirach, gdzie tworzy pojedyncze kryształy o średnicy do 3 mm, względnie drobnokrystaliczne agregaty. Charakterystyczną cechą jest występowanie mniej lub bardziej skorodowanych reliktowych fragmentów porfiru w obrębie kryształów tego pirytu (pl. I, fig. 1 i 2). Wśród relikatów często można wyróżnić biotyt (zastępowany tlenkami żelaza), hematyt, przeobrażone skalenie, a niekiedy kwarc. Piryt I zastępuje zarówno ciasto skalne, jak i fenokryształy. Zwłaszcza fenokryształy przeobrażonych skał często zastępowane są drobnokrystalicznymi agregatami pirytowymi (pl. I, fig. 4; pl. II, fig. 1 i 2). W łupkach kontaktujących z porfirami piryt I występuje w nieznacznej ilości i to jedynie w partiach silnie zsylikowanych, a więc w łupkach kontaktujących z porfirem II. Tutaj piryt I, łącznie z kwarcem, tworzy żyłkowo rozciągające się strefy miąższości do około 1,5 mm (pl. I, fig. 3). Zwrócić należy uwagę, że z pirytem I nie współwystępują inne minerały kruszcowe.

*Piryt II* jest głównym minerałem żyłek kruszcowych przecinających porfir II oraz łupki. Piryt II wykształcony jest najczęściej w postaci sześciianów (do 2 mm średnicy) grupujących się w drobno- lub grubokrystaliczne agregaty. Trawienie strukturalne ( $HNO_3$ ) wykazało u niektórych kryształów budowę pasową. Cechą charakterystyczną pirytu II jest występowanie w nim wrostków pirotynu, chalkozynu  $\alpha$ , chalkopirytu I oraz sfalerytu. Wrostki te, o kształtach nieregularnych lub owalnych (zwłaszcza pirotynu), rozmieszczone są bezładnie (pl. II, fig. 3 i 4; pl. III, fig. 3 i 4). Wśród wrostków największy udział posiada pirotyn i chalkozym  $\alpha$ , natomiast sfaleryt i chalkopiryt I występują śladowo. Należy podkreślić, że w profilu badanych skał daje się zauważyć zróżnicowanie w udziale wrostków pirotynu i chalkozynu  $\alpha$ . W żyłkach pirytu II, przecinających porfir II oraz kontaktujące z nimi łupki zsylikowane, udział wrostków pirotynu i chalkozynu  $\alpha$  jest stosunkowo największy. W miarę oddalenia się od strefy skał najbardziej przeobrażonych udział ten stopniowo się

zmniejsza. W strefach skał przeobrażonych częste są poza tym otwarte szczeliny, na brzegach których występują naskorupienia kwarcu, utworzonego w procesie sylikacji. Środki tych szczelin wypełniają grubokrystaliczne agregaty pirytu II, przy czym zaznacza się wyraźnie wypieranie kwarcu przez piryt (pl. III, fig. 1). Łupki występujące poza tą strefą są natomiast często poprzecinane żyłkami kwarcowo-pirytowymi, gdzie jednak obserwuje się ściśle współwystępowanie obu tych minerałów. Kwarc tworzy tutaj najczęściej przerosty z pirytem, a niekiedy kierunkowo ułożone wrostki podkreślające budowę pasową kryształów pirytu II (pl. III, fig. 2).

*Piryt III* wyróżniono na podstawie jego ściśłego współwystępowania z markasytem, który tworzy z nim przerosty (pl. IV, fig. 2). Sporadycznie w tego typu wydzieleniach obserwuje się nieregularne wrostki enargitu(?) oraz kierunkowo ułożone wrostki sfalerytu (pl. IV, fig. 3). Wydzielenia pirytowo-markasytowe tworzą żyłki w łupkach, już w pewnym oddaleniu od strefy skał przeobrażonych. Żyłki tego typu obserwowano na głębokości poniżej 34,0 m. Mineralem niekruszcowym, współwystępującym z siarczkami żelaza w tego typu żyłkach, jest kwarc.

*Chalkopiryt I*, *sfaleryt* oraz *chalkozym  $\alpha$*  występują w nieznacznych ilościach i są ściśle związane z żyłkami pirytu II, w którym minerały te tworzą wrostki. Ponadto niekiedy obserwuje się samodzielne wydzielenia sfalerytowo-chalkopirytowo-chalkozynowe (którym towarzyszą drobne ilości kwarcu lub grafitu) wciskające się wzdłuż kontaktów kryształów pirytu II, przy czym zaznacza się słaba korozja tych kryształów (pl. III, fig. 3 i 4). Charakterystyczną cechą są tu emulsyjne wydzielenia chalkopirytu w sfalerycie, wskazujące na rozpad roztworów stałych (pl. III, fig. 4). Można przypuszczać, że współwystępujący ze sfalerytem i chalkopirytem chalkozym  $\alpha$  powstał również w procesie tego rozpadu. Stosunkowo najwięcej struktur rozpadowych obserwowano w żyłkach pirytu II, znajdujących się w obrębie skał najbardziej przeobrażonych, tzn. w porfirze II oraz w kontaktujących z nim łupkach. W miarę oddalania się od rozważanej strefy, udział struktur rozpadowych maleje, podobnie jak zmniejsza się też udział sfalerytu, chalkopirytu I, a zwłaszcza chalkozynu  $\alpha$ . Należy zwrócić uwagę, że w łupkach zsylikowanych (głęb. 13,0—13,5 m) obserwuje się niekiedy pojedyncze, ksenomorficzne ziarna (o średnicy poniżej 0,5 mm) chalkopirytowe, chalkopirytowo-sfalerytowe oraz chalkopirytowo-pirytowe (pl. V, fig. 1 i 2).

*Markasyt* i *chalkopiryt II* pojawiają się również w nieznacznej ilości. Minerale te obserwowano w żyłkach pirytu III, występujących w łupkach na głębokości poniżej 34,0 m. Markasyt, jak wspomniano, tworzy tutaj drobnokrystaliczne agregaty przerastające się z pirytem III. Niekiedy ziarna markasytu są nieco większe i występują w typowych formach słupkowych oraz tabliczkowych (pl. IV, fig. 2). Chalkopiryt II występuje

w formie drobnych ziarn przerastających się z agregatami pirytowo-markasytowymi (pl. IV, fig. 1 i 2).

*Galenit* tworzy samodzielne kryształy (średnicy do 1,0 mm), głównie w obrębie żyłek kalcytowych w łupkach.

*Kwarc* współwystępuje w żyłkach z minerałami kruszcowymi (z wyjątkiem galenitu). W żyłkach przecinających porfir II ilość kwarcu jest znikoma, a towarzyszy mu tutaj niekiedy grafit. Stosunkowo większe ilości kwarcu obserwuje się w żyłkach przecinających łupki, gdzie najczęściej tworzy on przerosty z siarczkami żelaza. Najintensywniejszą mineralizację kwarcową obserwowano w towarzystwie żyłek pirytowo-markasytowych w łupkach na głębokości 45,0—50,0 m (pl. IV, fig. 4).

*Kalcyt* jest najczęściej makroskopowo obserwowanym minerałem niekruszcowym. Tworzy on żyłki miąższości do 3 mm oraz drobne gniazda w obrębie łupków (pl. V, fig. 4). Ponadto cienkie żyłki kalcytowe (miąższość do 1,5 mm) przecinają porfir I (pl. V, fig. 3). Żyłki kalcytowe są na ogół płonne. W kilku jednak przypadkach z kalcytem współwystępuje galenit. Ponadto, miejscami w obrębie żyłek kalcytowych występują skorodowane okruchy skał, względnie wcześniej wydzielonych siarczków, głównie pirytu (pl. V, fig. 3 i 4). System żyłek kalcytowych jest najczęściej niezależny od systemu żyłek kwarcowo-kruszcowych. Czasami jednak można obserwować, że kalcyt wciska się szczelinami wzdłuż kontaktów żyłek kwarcowo-kruszcowych z łupkiem. Wtedy też na ogół w obrębie kalcytu występują skorodowane okruchy wcześniej wydzielonych siarczków.

W otworze wiertniczym Będkowice przejawy mineralizacji kruszcowej zaznaczają się również w wapieniach i piaskowcach jury. W wapieniach stwierdzono nieregularne, niekiedy okrągławe skupienia siarczków żelaza, o średnicach 1—8 mm, będące agregatami pirytu i melnikowitu (pl. VI, fig. 1 i 2). W piaskowcach siarczki żelaza są rozproszone lub tworzą drobne skupienia o średnicy 0,5—2 mm, gdzie piryt niekiedy poprzerastrany jest markasytem. Piryt koncentruje się głównie na kontaktach ziarn kwarcowych z marglistym spoiwem, przy czym najczęściej zastępuje on te ziarna od brzegów i wzdłuż spękań (pl. VI, fig. 3 i 4). W badanych utworach jury nie stwierdzono innych minerałów kruszcowych. Fakt ten, jak również obecność melnikowitu pozwalają sądzić, że okruszcowanie utworów paleozoicznych i jurajskich nie było genetycznie związane.

#### WNIOSKI

Przeprowadzone badania wskazują, że procesy metasomatycznych przeobrażeń porfirów oraz mineralizacja kruszcowa w utworach paleozoicznych napotkanych w wierceniu w Będkowicach związane są z poerupcyjną działalnością roztworów hydrotermalnych, rozwijającą się w dwóch etapach (fig. 2).

W etapie pierwszym doszło do metasomatycznego przeobrażenia porfirów, wyrażonego w utworzeniu się serycytu oraz wtórnych produktów ilastych. Z etapem tym związane są również sylicyfikacja oraz pirytyzacja porfirów (wydzielenie się pirytu I), przy czym procesy te objęły także strefę łupków kontaktujących z porfirem II (fig. 1). Pojawienie się obok kwarcu sferolitów chalcedonu może świadczyć, że był to proces niskotermalnej, metasomatycznej sylicyfikacji (zwanej także berezytyzacją), gdzie czynnikiem wywołującym przeobrażenia był roztwór wodny bogaty w siarkowodór.

W etapie drugim nastąpiła główna mineralizacja kruszcowa, która przejawiała się powstaniem w porfirach i łupkach żyłek kruszczowych. Badania mikroskopowe wskazują, że mineralizacja ta reprezentowana jest przez trzy paragenazy mineralne nakładające się sukcesywnie na siebie.

Fig. 2

Sukcesja mineralna w utworach kruszczowych przecinających skały paleozoiczne napotkane w otworze D-8 w Będkowiec

Succession of the ore minerals encountered in Paleozoic rocks in borehole D-8 at Będkowiec

Mineral	Etapy	II			
		I	Paragenazy		
			1	2	3
Piryt I		—			
Piryt II		—			
Pirotyn		—			
Chalkopiryt I		—			
Sfaleryt		—			
Chalkozyn $\alpha$		—			
Grafit			—		
Piryt III			—		
Markasyt			—		
Chalkopiryt II			—		
?Enargit			—		
Galenit				—	
Kwarc			—		
Kalcyt				—	

Paragenaza pierwsza reprezentowana jest głównie przez piryt II, a dalej — przez pirotyn, chalkopiryt I, sfaleryt oraz chalkozyn  $\alpha$ . Z minerałów niekruszczowych występują tu drobne ilości kwarcu, w towarzystwie którego niekiedy spotyka się grafit. Występowanie wrostków pirotynu i chalkozynu  $\alpha$  w pirycie II, jak również pojawienie się wydzieleni sfalerytowo-chalkopirytowo-chalkozynowych, z charakterystycznymi strukturami rozpadu roztworów stałych, wskazuje na stosunkowo wysoką temperaturę roztworów kruszczonośnych.

Paragenaza druga reprezentowana jest przez piryt III, markasyt oraz

chalkopiryt II, jak również nieznaczne ilości enargitu(?) i sfalerytu. Występowanie sfalerytu jedynie w formie wrostków w siarczku żelaza może wskazywać na wygasającą mineralizację siarczkiem cynku. Mineralom kruszcowym towarzyszy kwarc. Skład mineralny tej paragenezy, zwłaszcza pojawienie się markasytu, wskazuje na obniżenie się temperatury oraz zmianę warunków pH roztworów (kruszczośnych).

Trzecia parageneza mineralna, związana z dalszym ochładzaniem się roztworów, reprezentowana jest przez kalcyt, któremu towarzyszą drobne wydzielenia galenitu.

Należy podkreślić, że w profilu pionowym badanych utworów paleozoicznych obserwuje się pewną prawidłowość w rozmieszczeniu poszczególnych paragenez mineralnych. Parageneza pierwsza związana jest głównie z żyłkami znajdującymi się w obrębie strefy skał najbardziej przeobrażonych (por. fig. 1). W miarę oddalania się od tej strefy parageneza pierwsza stopniowo zanika, a pojawia się parageneza druga i trzecia. Można więc sądzić, że główne szczeliny doprowadzające roztwory kruszczośne znajdowały się w obrębie porfiru II oraz na jego kontakcie ze skałami ilastymi. Od szczelin głównych roztwory kruszczośne infiltrowały w bardziej odległe partie łupków.

Badane skały magmowe z otworu w Będkowicach sposobem swego występowania, a zapewne także i wielkiem, przypominają porfiry występujące w postaci żył w wapieniu węglowym doliny Szklarki. Wiek tych porfirów S. Kozłowski (1955) wiąże z fazą asturyjską orogenezy waryscyjskiej. Poprzednio S. Siedlecki (1954) zwracał uwagę, że porfiry z doliny Szklarki są podobne do porfirów z Miękinii, które — zdaniem tego autora — wiązać należy z saalską fazą tektoniczną.

Mineralizację kruszcową w rozważanym regionie stwierdzono dopiero w ostatnich latach w otworach wiertniczych Bęblo oraz Karniowice (Bukowy & Cebulak 1964, Ślósarz 1964, Bukowy & Ślósarz 1968). W otworach tych napotkano żyły różnorodnych waryscyjskich skał wulkanicznych, którym towarzyszą przejawy polimetalicznej mineralizacji kruszcowej.

W zakończeniu autorka składa serdeczne podziękowanie dr Antoniemu Nowakowskiemu za życzliwe uwagi dotyczące zagadnień petrograficznych.

*Instytut Geologii Podstawowej  
Uniwersytetu Warszawskiego  
Warszawa 22, Al. Zwirki i Wigury 93  
Warszawa, w kwietniu 1969 r.*

#### LITERATURA CYTOWANA

- BUKOWY S. & CEBULAK S. 1964. Nowe dane o magmatyzmie antyklinorium śląsko-krakowskiego (New data concerning magmatism of Silesian-Cracovian anticlinorium). — *Biul. Inst. Geol.* 104. Warszawa.



- BUKOWY S. & SŁOSARZ J. 1968. Wyniki wiercenia Bębło (The results of Bębło bore-hole). — *Ibidem*, 212.
- KOZŁOWSKI S. 1955. Intruzje porfirowe w grzbiecie dębickim (Porphyric intrusions in the Dębnik Ridge). — *Ibidem*, 97.
- SIEDLECKI S. 1954. Utwory paleozoiczne okolic Krakowa (Paleozoic formations of the Cracow region). — *Ibidem*, 73.
- SZOSTEK L. 1967. Projekt prac poszukiwawczych w obszarze Dębnik-Będkowice k. Krzeszowic wraz ze sprawozdaniem z wykonanych badań. Arch. Przedsiębiorstwa Geol. w Krakowie (nie publikowane).
- SŁOSARZ J. 1964. Przejawy mineralizacji kruszczowej utworów paleozoicznych w wierceniach „Karniowice” (Mineralization evidences of the Paleozoic deposits in the bore-holes at Karniowice). — *Przełąd Geol.*, nr 7/8. Warszawa.

### SUMMARY

**ABSTRACT:** On the basis of microscopic investigations a description is made of the symptoms of ore mineralization in the Paleozoic rocks (porphyries and schists) from borehole D-8 at Będkowice. The invasion by the ore-bearing solutions was probably connected here with the post-eruptional action of the acid Variscan volcanism.

The writer's investigations reliably suggest that the metasomatic alterations of the porphyries and the ore mineralization of the Paleozoic rocks encountered in the Będkowice borehole (fig. 1) are associated with the two phases of the posteruptional action of hydrothermal solutions (fig. 2).

The first phase resulted in the metasomatic alterations of porphyries, represented by the formation of sericite and secondary clay minerals. This phase is also associated with silification and pyritization — disseminated specks of pyrite I — (pl. I, figs. 1—4; pl. II, figs. 1 and 2).

The main ore mineralization encountered as veinlets in the porphyries and schists (fig. 1) is associated with the second phase of the action of hydrothermal solutions. Microscopic investigations show that this mineralization is represented by three parageneses (fig. 2).

The first paragenesis is represented by pyrite II, pyrrhotite, chalcopyrite I, sphalerite, chalcocite  $\alpha$ , quartz and graphite (pl. III, figs. 3 and 4; pl. IIII, figs. 1—4; pl. V, figs. 1 and 2). The mineral composition of this paragenesis indicates a relatively high temperature of the ore-bearing solutions.

The second paragenesis is represented by pyrite III, marcasite, chalcopyrite II, tenargite, sphalerite and quartz (pl. IV, figs. 1—4). The presence of marcasite suggests the lowering of the temperature of the ore-bearing solutions.

The third paragenesis is represented by calcite (pl. V, figs. 3 and 4) accompanied by minor galenite specks. This paragenesis is a result of the further lowering of the solution temperature.

A trace mineralization of the Jurassic rocks overlying the Paleozoic has, moreover, been observed by the writer. This mineralization includes only the iron sulfides (pl. VI) and it is genetically independent of the Variscan mineralization here discussed.

*Institute of Geology  
of the Warsaw University  
Warszawa 22, Al. Żwirki i Wigury 93  
Warsaw, April 1969*

### OBJAŚNIENIA DO PŁAINSZ I—VI

#### DESCRIPTION OF PLATES I—VI

##### Pl. I

- 1 — Kryształ pirytu I w porfirze; wśród reliktowych wrostków widoczny hematyt (szary). Światło odbite,  $\times 60$ .  
Crystal of pyrite I in porphyry; hematite (grey) seen among the relict inclusions. Reflected light,  $\times 60$ .
- 2 — Fragment fig. 1 w powiększeniu. Największy wrostek przedstawia fragment porfiru częściowo zastąpiony tlenkami żelaza (szare). Światło odbite,  $\times 120$ .  
Magnified fragment of fig. 1. The largest inclusion represents a porphyry fragment partly replaced by iron oxides (grey). Reflected light,  $\times 120$ .
- 3 — Skała ilasto-węglanowa (strefa kontaktowa), zsylikowana i okruszczowana pirytem I (czarny). Światło przechodzące, nikole częściowo skrzyżowane,  $\times 15$ .  
Clayey carbonate rock (contact zone), silicified and mineralized by pyrite I (black). Ordinary light, partly crossed nicols,  $\times 15$ .
- 4 — Piryt I (biały) zastępujący przeobrażony fenokryształ skalenia w porfirze. Światło odbite,  $\times 120$ .  
Pyrite I (white) replacing an altered feldspar phenocryst in porphyry. Reflected light,  $\times 120$ .

##### Pl. II

- 1 — Piryt I (biały) zastępujący przeobrażony fenokryształ skalenia. Światło odbite,  $\times 40$ .  
Pyrite I (white) replacing an altered feldspar phenocryst. Reflected light,  $\times 40$ .
- 2 — Powiększony fenokryształ z fig. 1,  $\times 180$ .  
Magnified phenocryst from fig. 1,  $\times 180$ .
- 3 — Piryt II z wrostkami pirotynu (a); żyłka w lupku — strefa kontaktowa. Światło odbite,  $\times 250$ .

Pyrite *II* with inclusions of pyrrhotite (*a*); veinlet in schist — contact zone. Reflected light,  $\times 250$ .

4 — Kryształy pirytu *II* z wrostkami (*a*) chalkozynu  $\alpha$ . Światło odbite,  $\times 120$ .

Crystals of pyrite *II* with inclusions (*a*) of chalcocite  $\alpha$ . Reflected light,  $\times 120$ .

#### PL. III

1 — Kryształy pirytu *II* wypełniające szczelinę w zsylikowanym łupku (strefa kontaktowa). Światło odbite,  $\times 40$ .

Crystals of pyrite *II* infilling the crevice in the silicified schist (contact zone). Reflected light,  $\times 40$ .

2 — Kryształ pirytu *II* z wrostkami kwarcu podkreślającymi budowę pasową tego kryształu. Światło odbite,  $\times 250$ .

Crystal of pyrite *II* with quartz inclusions stressing the zonal structure of the crystal. Reflected light,  $\times 250$ .

3 — Wydzielenie sfalerytowo-chalkopirytowo-chalkozynowo-kwarcowe wśród grubokryształicznego agregatu pirytu *II*; mineralizacja z żyłki kruszcowej w porfirze *II*. Światło odbite,  $\times 120$ .

Specks of sphalerite, chalcopyrite, chalcocite and quartz within a coarse-crystalline aggregate of pyrite *II*; mineralization from an ore veinlet in porphyry *II*. Reflected light,  $\times 120$ .

4 — Fragment fig. 3 w powiększeniu; *a* sfaleryt z emulsyjnymi wydzieleniami chalkopirytu *I*, *b* chalkozyn, *c* kwarc, *d* pirotyn.  $\times 250$ .

Magnified fragment of fig. 3; *a* sphalerite with disseminated specks of chalcopyrite *I*, *b* chalcocite, *c* quartz, *d* pyrrhotite.  $\times 250$ .

#### PL. IV

1 — Agregat siarczków żelaza (białe) oraz chalkopirytu *II* (*a*); żyłka kwarcowo-kruszcowa w łupku. Światło odbite,  $\times 250$ .

Aggregate of iron sulfides (white) and chalcopyrite *II* (*a*); quartz-ore veinlet in schist. Reflected light,  $\times 250$ .

2 — Podobny agregat jak na fig. 1. *a* piryt *III*, *b* markasyt, *c* chalkopiryt *II*, *d* kwarc. Nikole skrzyżowane,  $\times 180$ .

Aggregate similar to that in fig. 1. *a* pyrite *III*, *b* marcasite, *c* chalcopyrite *II*, *d* quartz. Crossed nicols,  $\times 180$ .

3 — Agregat pirytu *III* w łupku; w pirycie występują wrostki sfalerytu (szare) oraz ?enargitu (*a*). Światło odbite,  $\times 250$ .

Aggregate of pyrite *III* in schist; pyrite with inclusions of sphalerite (grey) and of ?enargite (*a*). Reflected light,  $\times 250$ .

4 — Żyłka kwarcowo-kruszcowa w łupku; kwarc — szary, siarczki żelaza (piryt *III* i markasyt) — białe. Światło odbite,  $\times 60$ .

Quartz-ore veinlet in schist; quartz — grey. Iron sulfides (pyrite *III* and marcasite) — white. Reflected light,  $\times 60$ .

## PL. V

- 1 — Łupek zsylikowany (strefa kontaktowa) okruszczony siarczkami (białe), które wydzieliły się na kontakcie kwarcu ze skałą. Światło odbite,  $\times 120$ .  
Silicified schist (contact zone) mineralized by sulfides (white) at the contact of quartz with the rock. Reflected light,  $\times 120$ .
- 2 — Fragment fig. 1 w powiększeniu; a chalkopiryt I z wrostkami pirytu. Ziarna wydłużone stanowią przerosty sfalerytowo-chalkopirytowe.  $\times 250$ .  
Magnified fragment of fig. 1; a chalcopyrite I with pyrite inclusions. Elongated grains represent sphalerite-chalcopyrite ingrowths.  $\times 250$ .
- 3 — Żyłka kalcytowa przecinająca porfir I; piryt I — biały. W żyłce kalcytowej widoczny jest skorodowany okruch pirytu I. Światło odbite,  $\times 60$ .  
Calcite veinlet crossing the porphyry I; pyrite I — white. A corroded fragment of pyrite I is visible in the calcite veinlet. Reflected light,  $\times 60$ .
- 4 — Łupek poprzecinany żyłkami kalcytu, w których występują skorodowane ziarna siarczków (czarne). Światło przechodzące, nikole skrzyżowane,  $\times 15$ .  
Schist intersected by calcite veinlets in which corroded grains of sulfides (black) occur. Ordinary light, crossed nicols,  $\times 15$ .

## PL. VI

- 1 — Agregat pirytowo-melnikowitowy. Światło odbite,  $\times 60$ .  
Pyrite-melnikovite aggregate. Reflected light,  $\times 60$ .
  - 2 — Fragment fig. 1 w powiększeniu,  $\times 120$ .  
Magnified fragment of fig. 1,  $\times 120$ .
  - 3 — Otoczek kwarcowy zastępowany pirytem. Światło odbite,  $\times 60$ .  
Quartz pebble being replaced by pyrite. Reflected light,  $\times 60$ .
  - 4 — Ziarna kwarcu (a) oraz wapienia (b) zastępowane pirytem. Światło odbite,  $\times 120$ .  
Grains of quartz (a) and of limestone (b) being replaced by pyrite. Reflected light,  $\times 120$ .
-

