

Eugenia ZIMNOCH

MINERALIZACJA KRUSZCOWA ZŁOŻA CZARNÓW (SUDETY)

(Pl. I—IV)

Ore mineralization of the Czarnów deposit (Sudetes)

(Pl. I—IV)

Eugenia Zimnoch: Ore mineralization of the Czarnów deposit (Sudetes). Summary. Ann. Soc. Geol. Poloniae, 53/1—4: 289—306, 1983, Kraków.

Abstract: The paper presents results of mineralogic investigations of the Czarnów deposit (Sudetes). Twenty-two ore minerals have been identified: arsenopyrite, pyrrhotite, pyrite, chalcopyrite, galena, sphalerite, marcasite, native bismuth, Bi-sulpho-salts, tennantite, bornite, valeriite, cubanite, covellite, chalcocite, goethite, limonite, scorodite, digenite, cassiterite, rutile and leucoxene. Ore mineralization resulted from the activity of postmagmatic solutions connected with Variscan intrusion of the Karkonosze Granite.

Key words: ore mineralization, metamorphic cover, Variscan intrusion, Karkonosze Mts., Czarnów, Sudetes, Poland.

Eugenia Zimnoch: ul. Mokotowska 23 m 3, 00-560 Warszawa.

manuscript received: August 1980

accepted: March 1982

Treść: W oparciu o badania mikroskopowe scharakteryzowano przejawy mineralizacji kruszcowej występującej w złożu Czarnów. Stwierdzono występowanie 22 minerałów kruszcowych: arsenopiryt, pirotyt, piryt, chalkopiryt, galena, sfaleryt, markasyt, bizmut rodzimy, siarkosole bizmutu, tenantyt, bornit, valeriit, kubanit, kowelin, chalkozyn, getyt, limonit, skorodyt, digenit, kasyteryt, rutyl, leukoksen. Mineralizacja kruszcowa powstała w wyniku oddziaływania pomagmowych roztworów związanych z hercyńską intruzją granitu Karkonoszy.

WSTĘP

Złoże arsenopiryty w Czarnowie występujące na południe od złoża Miedzianka w serii łupków metamorficznych wschodniej osłony granitu Karkonoszy jest jednym z przejawów okruszcowania w obrzeżeniu masywu granitowego.

Pierwsze roboty górnicze w obrębie złoża Czarnów rozpoczęto prawdopodobnie około połowy XVIII w. Eksploatowano górne poziomy złoża, gdzie ruda arsenu była wzbogacana w Cu, Pb, Ag i Au.

W ślad za rozpoczętą w Złotym Stoku na początku XVIII w. produkcją arszeniku z zastosowaniem metod wzbogacania rudy arsenopirytowej, podjęto tego typu produkcję z pewnym opóźnieniem, bo dopiero w połowie ubiegłego stulecia również w Czarnowie. Zbudowano tu zakład przeróbczy i hutę.

Prace górnicze prowadzono początkowo na niewielką skalę, natomiast od połowy XIX w. okresowo dość intensywnie. Eksploatacja, z większymi przerwami z powodu nierentowności zakładu, czy nadprodukcji arszeniku na Śląsku, trwała do 1925 r., kiedy to ostatecznie kopalnię zamknięto.

Wydobywana ruda arsenopirytowa zawierająca ok. 10% As, była następnie wzbogacana do 25—32% As, przy czym zawierała ona 2—4 g/t Au oraz 60—80 g/t Ag (Krajewski 1948).

Brak jest dokładniejszych danych o wielkości produkcji w Czarnowie. W latach intensywnej eksploatacji w początkach XX w. kształtowała się na poziomie od ok. 500 ton do ponad 1 tysiąca ton rudy rocznie. W pomysłnym 1918 r. wyeksploatowano 1760 ton rudy (Dziekoński 1972).

Eksploatacja złoża sięgała do głębokości ok. 250 m od powierzchni, roboty górnicze prowadzono na dziesięciu poziomach.

Po drugiej wojnie światowej (1951—1955) kopalnię częściowo odwodniono i przeprowadzono prace o charakterze geologiczno-rozpoznawczym. Została opracowana dokumentacja geologiczna złoża w kategorii C₂ (Kłós 1955).

Na temat budowy, okruszcowania i genezy złoża Czarnów wypowiedziało się wielu autorów: Websky (1853), Traube (1888), Berg (1912, 1918), Schneiderhöhn-Ramdohr (1931), Petrascheck (1933, 1934), Hoehne (1934/35), Krajewski (1948), Banaś (1967), Jaskólski (1968). Historię eksploatacji złoża w Czarnowie omawia Dziekoński (1972), rozpatrując rozwój górnictwa i hutnictwa w Sudetach.

Przedstawiona praca powstała w wyniku kontynuacji badań wykonanych przez autorkę na obszarze metamorficznej osłony granitu Karkonoszy, dotyczących mineralizacji kruszcowej tego regionu.

Do opracowania wykorzystano materiały zebrane w czasie prowadzenia prac geologiczno-poszukiwawczych w kopalni w 1953 r. Dwa okazy rudy galenowej z Czarnowa otrzymano od doc. dra hab. W. Kowalskiego.

Materiał opracowano w 1978/79 r. w Zakładzie Geologii Złóż na Wydziale Geologii Uniwersytetu Warszawskiego.

Panu doc. drowi hab. W. Kowalskiemu dziękuję za udostępnienie okazów rudy. Dziękuję również p. Marii Marcinkiewicz za wykonanie zdjęć mikroskopowych.

BUDOWA ZŁOŻA

Złoże Czarnów leży w kompleksie skał metamorficznych Rudaw Janowickich, ok. 350 m od kontaktu z intruzją granitu Karkonoszy, w obrębie tzw. formacji łupków z Czarnowa (Teisseyre 1973), która odpowiada w przybliżeniu grupie łupków łyszczykowych według podziału Berga (1912). Formacja łupków z Czarnowa ma rozciągłość NE—SW, z upadem około 65° na SE. Między granitem a formacją łupków na wysokości złoża znajduje się pasmo gnejsów kowarskich o miąższości ok. 300 m (granitognejsów o oczkowym lub słojowym wykształceniu, np. Berg 1912). Powierzchnia kontaktowa granitu z osłoną zapada pod kątem ok. 65° ku ESE.

Formacja łupkowa z Czarnowa jest zróżnicowana, co wiąże się z pierwotną zmiennością facjalną tego zespołu osadowo-wulkanicznego, efektami metamorfizmu regionalnego i kontaktowego, oraz deformacjami tektonicznymi. Teisseyre (1973) wyróżnia tu cztery ogniwa litostratygraficzne: najstarsze dolne łupki łyszczykowe z wkładkami łupków grafitowych w spągu, dolne amfibolity smużyste z marmurami, górne łupki łyszczykowe z leptynitami oraz górne amfibolity smużyste.

Dolne amfibolity smużyste łączą się ciągłymi przejściami ze skałami wapienno-krzemianowymi; w ich spągu występują soczewkowate wkładki marmurów dolomitycznych. Między marmurami a amfibolitami smużystymi istnieje strefa przejściowa, w której występują erlany.

Metamorfizm termiczny intruzji granitu Karkonoszy przejawiał się w występowaniu skał zmetamorfizowanych w facji hornfelsów amfibolowych wzdłuż kontaktu Rudaw Janowickich.

Z pomagmową fazą rozwoju granitu związane jest oddziaływanie rozтворów hydrotermalnych. Miały one dogodne warunki dla krążenia w skałach osłony, gdzie istnieją liczne uskoki, spękania i szczeliny. Roztwory te oddziaływające na skały węglanowe powodowały zmianę ich składu mineralnego i chemicznego oraz doprowadziły do powstania m.in. złoża w Czarnowie.

Złoże arsenopiryty w Czarnowie ma formę żyły o rozciągłości SW—NE, stromym upadzie — 80° na SE i występuje w obrębie skał wapienno-krzemianowych. Długość żyły wynosi ponad 500 m i sięga do głębokości ok. 200 m. Zaleganie żyły jest zgodne z ogólną rozciągłością for-

macji łupkowej, kontakt ze skałą otaczającą ma charakter tektoniczny. Złoże jest obcięte tzw. uskokiem południowym.

Odcinki okruszcowane tworzą w niej soczewkowate, ciągnące się w dół strefy, odgraniczone od partii płonnych poprzecznymi do rozciągłości uskokiemi. Wyróżnia się trzy okruszcowane strefy, które stanowiły przedmiot poszukiwań i eksploatacji. Maksymalna miąższość dochodziła do 4 m, średnio ok. 0,4 m. Obok masy żyłowej, której głównymi składnikami są arsenopiryty i kwarc, w węglanowych skałach otaczających występują niewielkie ilości arsenopiryty rozproszonemu (Banaś 1967). W południowo-zachodniej części, w głębszych partiach złoża obok arsenopiryty występuje ciało soczewkowate pirotynu o miąższości dochodzącej do 3 m. Okruszcowanie pirotynem wyklinowuje się w kierunku upadu złoża i na poziomie +583, jego miąższość spada do 20 cm (Kłos 1955).

Na podstawie danych z dokumentacji można przypuszczać, że przeważająca część masy rudnej skupiała się w wyższych poziomach złoża i w miarę posuwania się po upadzie, złoże zmniejszało swe rozmiary.

Wśród minerałów kruszcowych występujących w złożu Czarnów, oprócz przeważającego arsenopiryty, wyróżniono także pirotyn, sfaleryt, galenę. Podrzednie występowały chalkopiryty, piryty, bornit, antymonit, kasyteryt, bizmut rodzimy.

Wiele zagadnień dotyczących budowy i mineralizacji złoża Czarnów pozostaje nadal otwartych; niedostatecznie jasne są genetyczne stosunki okruszcowania żyły arsenopiryty i soczewkowatego ciała pirotynowego, ich budowa, kontakty ze sobą i skałą otaczającą, zmienność paragenez mineralnych wraz z głębokością itp.

Wyjaśnienie tych zagadnień byłoby możliwe, gdyby równoległe z postępem robót górniczych sporządzano szczegółową dokumentację geologiczną.

OPIS MINERAŁÓW KRUSZCOWYCH

Materiał do badań minerałów kruszcowych złoża Czarnów stanowiło 92 preparatów polerowanych, wykonanych z próbek rudy arsenopiryty i pirotynowej, pobranych ze zwałów oraz rudy galenowej z soczewki galeny, na którą natrafiono w strefie uskokowej ok. 130 m od wlotu sztolni głównej.

Stwierdzono występowanie następujących minerałów kruszcowych: arsenopiryty, pirotynu, piryty, chalkopiryty, galeny, sfaleryty, markasyty, bizmutu rodzimego, siarkosoli bizmutu, tenantyty, bornitu, valeriity, kubanitu, kowelinu, chalkozynu, getyty, limonitu, skorodyty, digenitu, kasyteryty, rutyty, leukoksenu.

Głównym i powszechnie występującym w złożu minerałem jest arsenopiryty i kwarc. Arsenopiryty spotykano we wszystkich odmianach rud.

W rudzie pirotynowej oprócz przeważającego pirotynu miejscami w dużych ilościach występuje chalkopiryty, arsenopiryty, piryty, markasyty, spotkano także bizmut rodzimy oraz siarkosole bizmutu.

Inne proporcje obserwowano w preparatach z soczewki galenowej, gdzie przeważają galena i sfaleryty, którym towarzyszą chalkopiryty, arsenopiryty, inne minerały kruszcowe występują w nieznacznych ilościach.

ARSENOPIRYT

Arsenopiryty — główny minerał złoża Czarnów — występuje w dwóch odmianach:

1) Tworzy duże agregaty idiomorficznych kryształów, najczęściej popękane. Szczeliny wypełnione są: galeną, sfalerytem, chalkopirytem, minerałami płonnyymi. W szczelinach spotyka się minerały wtórne, głównie wodorotlenki Fe (getyt, limonit) i rzadko skorodyt. Jest to główna i wszędzie w złożu spotykana odmiana arsenopiryty (w rudzie arsenopirytovej, galenowej i pirotynowej).

2) Drugą odmianę arsenopiryty tworzą drobnoziarniste agregaty i oddzielne kryształy w postaci rombów, trójkątów, gwiazdek. Odmiana ta jest silnie anizotropowa, występuje w partiach o przewodze galeny.

W płytkach polerowanych obserwowano współwystępowanie obu w/w odmian arsenopiryty.

Arsenopiryty grubokrystaliczny zawiera zaokrąglone wydzielienia minerałów nierudnych zgrupowane przeważnie w środku kryształu, podczas gdy strefy brzegowe są zwykle pozbawione tych wydzieleni. Ponadto niekiedy obserwuje się drobne wydzielienia o zaokrąglonych kształtach chalkopiryty, a także pirotynu.

Bardzo rzadko spotykano arsenopiryty w dużych idiomorficznych, nie zniszczonych ziarnach. Najczęściej jest on popękany i albo okruchy są poprzysuwane względem siebie, albo tylko rozsunięte (Pl. I, fig. 1). Miejscami nacisk powodujący kruszenie był kierunkowy (Pl. I, fig. 2). Otaczające arsenopiryty minerały kruszcowe biorą udział w tych deformacjach, czasami obserwuje się na nich mniejsze zaawansowanie tych procesów (Pl. I, fig. 3). Szczeliny spękań są zwykle zabliznione minerałami nierudnymi, niekiedy chalkopirytem i galeną. Często obserwowano okrągławe resztki arsenopiryty tkwiące w masie chalkopiryty, sfaleryty, galeny, czy minerałów płonnych.

W części płytek polerowanych występował arsenopiryty grubokrystaliczny, popękany „gałęzisto” (Pl. I, fig. 4), przy czym szczeliny wypełnione były minerałami nierudnymi, zastępującymi arsenopiryty. Niekiedy proces ten był bardziej zaawansowany, wtedy obserwujemy okruchy niezmiennego arsenopiryty, poprzedzielane dużymi polami zastąpieni,

w których występowały wśród minerałów nierudnych następujące minerały kruszcowe: skorodyt, chalkozyn, kowelin, getyt. Spotkano także digenit i chalkopiryt.

Druga odmiana arsenopirytytu współwystępuje z galeną. Tworzy ona drobne i bardzo drobne rozproszone wydzielienia w partiach nierudnych; a także zastępuje galenę (Pl. I, fig. 5). Proces ten zwykle zaczyna się od brzegów agregatów galeny, albo od szczelin. Można zaobserwować kolejne fazy zastępowania od początkowej, pojedyncze trapezoidalne kryształy arsenopirytytu otoczone są galeną, do fazy zaawansowanej, gdzie obserwuje się resztki galeny wśród arsenopirytytu (Pl. I, fig. 6).

Wypieranie galeny przez arsenopiryt pozwala określić go jako późniejszą, drugą odmianę arsenopirytytu. Charakterystyczna budowa kryształów (drobne, lancetowate, wydłużone), powszechne przerosty w kształcie sześciopromiennej gwiazdy z tępymi zakończeniami promieni oraz silna anizotropia, pozwalają określić ten arsenopiryt jako odmianę niskotemperaturową (Wołyński 1949).

W rudzie pirotynowej wśród średnioziarnistego pirotynu oraz chalkopirytytu występuje arsenopiryt jako agregaty, przeważnie jednak jako pojedyncze kryształy o różnym wykształceniu (Pl. III, fig. 1), do automorficznych kryształów włącznie. Niektóre z nich zawierają drobne amebowate wydzielienia pirotynu; spotkano także pirotyn z chalkopirytem w postaci równoległych wydłużonych agregatów (Pl. IV, fig. 1). Niektóre wydzielienia arsenopirytytu są intensywnie popękane. Kontakty arsenopirytytu z otaczającym pirotynem są często korozyjne. Wydaje się, że część arsenopirytytu nieznacznie wyprzedziła tworzenie się pirotynu, większość wydzieliła się razem z pirotynem i chalkopirytem.

SFALERYT

Sfaleryt należy do głównych minerałów kruszcowych w próbach pobranych z soczewki galeny ok. 130 m od wlotu sztolni głównej.

Występuje w dwóch generacjach. Sfaleryt I tworzy duże agregaty z chalkopirytem I i galeną. Sfaleryt I jest tu miejscami korodowany przez chalkopiryt I i galenę (Pl. II, fig. 1). Zawiera on emulsyjne wtrącenia: chalkopirytytu II niekiedy z valeriitem i kubanitem oraz zrosty chalkopirytytu z pirotynem. Sporadycznie występują w sfalerycie drobne wrostki galeny, pirotynu i bornitu.

W agregatach sfalerytytu I spotyka się okrągławe resztki dużych kryształów arsenopirytytu, rzadziej pirotynu.

Sfaleryt I często bywa popękany, szczeliny są wypełnione chalkopirytem, galeną i minerałami żyłowymi. Strefy spękań niekiedy kończą się na wydzieleniach sfalerytytu, nie przechodząc w minerały sąsiednie (Pl. II, fig. 1).

Dla sfalerytu I z Czarnowa bardzo charakterystyczna jest obecność emulsyjnych utrażeń chalkopiryty. Mają one różne kształty (okrągłe, soczewkowate, niekiedy kwadratowe, nieregularne) i różne wielkości (Pl. II, fig. 2, 3, 4). W sfalerycie występują one w postaci smug, pasm, owalnych skupień, gdzie na brzegach owalu można obserwować ich większe wydzielenia (Pl. II, fig. 4).

Nierzadko wtrącenia emulsyjne zlokalizowane są wzdłuż szczelin sfalerytu I wypełnionych żyłkami chalkopiryty. Część utworów emulsyjnych składa się z bardzo drobnych wydzieleni chalkopiryty II (Pl. II, fig. 3 i 4).

Sfaleryt II występuje wyłącznie w chalkopirytycie I, gdzie tworzy drobne wydzielenia mające niekiedy kształt gwiazdek (Pl. I, fig. 3) i rzadko spotykanych większych, silnie postrzępionych i rozgałęzionych utworów (Pl. II, fig. 5). Sfaleryt II powstał w wyniku rozpadu roztworów stałych.

GALENA

Galena jest minerałem często spotykanym w rudach Czarnowa. Niekiedy wraz ze sfalerytem i chalkopirytem tworzy samodzielne soczewki kilkumetrowej długości.

Ze względu na charakter współwystępowania ze sfalerytem i chalkopirytem oraz z arsenopirytem można wyróżnić dwa podstawowe typy.

1. Występowanie ze sfalerytem i chalkopirytem. Agregaty galeny zbudowane są z różnoziarnistych kryształów, w miejscach występowania gruboziarnistych agregatów nawet przy dobrym wypolerowaniu pozostają charakterystyczne trójkąty wykruszania. Miejscami można obserwować wyniki dynamometamorfizmu w postaci pasm łukowato ułożonych trójkątów wykruszania, a także spękań kierunkowych.

Galena często otacza resztki arsenopiryty I i niekiedy piryty (Pl. II, fig. 2). Wzajemne stosunki galeny, sfalerytu i chalkopiryty są trudne do wyjaśnienia.

Z obserwacji mikroskopowych wynika, że galena tworzyła się nieco później od sfalerytu I, gdyż zastępuje niekiedy sfaleryt lub występuje w żyłkach wewnątrz tego minerału, natomiast wydziela się równocześnie z chalkopirytem I. Kilkakrotnie spotkano w galenie drobne wydzielenia tenantyty (Pl. II, fig. 6).

2. Występowanie galeny z arsenopirytem. W dużej części preparatów obserwuje się galenę w ścisłej asocjacji z ostrokrawędzistymi wydzieleniami drobnokrystalicznego arsenopiryty. Galena ta jest wypierana przez arsenopiryty. W początkowej fazie następowało to od brzegów agregatów galenowych albo od szczelinek w galenie, w końcowej fazie pozostały jedynie resztki galeny wśród arsenopiryty, albo tylko ostrokrawędzisty arsenopiryty. Proces ten postępował stopniowo (Pl. I, fig. 5, 6).

CHALKOPIRYT

W rudach Czarnowa chalkopiryty należy do często spotykanych minerałów. Występuje w dwóch głównych generacjach.

Chalkopiryty I tworzy duże skupienia o intensywnej anizotropii, wykazuje często obecność charakterystycznych lancetowatych zbliźniaczeń. W chalkopirytycie I spotyka się często gwiazdopodobne i niekiedy rozgałęzione wydzielania sfalerytu II (Pl. I, fig. 3; Pl. III, fig. 1). Obserwuje się powszechnie współwystępowanie chalkopiryty z galeną i sfalerytem I. Chalkopiryty I miejscami zawiera resztki okrągławych wydzieleni arsenopiryty I i mniej często piryty. W galenie chalkopiryty I występuje w wydzieleniach różnej wielkości i kształtów; wypełnia szczeliny w innych minerałach. Współwystępowanie chalkopiryty I i galeny w drobnych jednocześnie utworzonych żyłkach świadczą o powstaniu tych minerałów w tym samym okresie.

Obserwowano zastępowanie chalkopiryty I agregatem markasytowo-pirytowym (Pl. III, fig. 3).

W rudzie pirotynowej chalkopiryty I występuje w zmiennych ilościach. Towarzyszy on pirotynowi tworząc z nim wspólne agregaty. Drobne wydzielania chalkopiryty I mają ksenomorficzne formy, zwykle występują między kryształami pirotynu, bardzo rzadko w samym pirotynie. Czasami chalkopiryty I występuje w samodzielnych monomineralnych wydzieleniach. Jest on wyraźnie anizotropowy, wykazuje zbliźniaczenia. Spotkano także „gwiazdki” sfalerytu II. Chalkopiryty I nie wykazuje żadnych przeobrażeń.

Chalkopiryty II występuje w sfalerytycie, w którym tworzy odmieszania w kształtach kulistych, soczewkowatych, wydłużonych, rzadko kwadratowych, ułożonych wzdłuż kierunków łupliwości, nieraz łukowato wygiętych (Pl. II, fig. 2, 3, 4; Pl. III, fig. 2). W emulsyjnych wydzieleniach chalkopiryty II obserwuje się występowanie valeriitu i rzadko kubanitu, zrostów chalkopiryty z pirotynem oraz pirotynu. Część utworów emulsyjnych okrągłego kształtu posiada bardzo małe rozmiary, występuje bardzo nierównomiernie w sfalerytycie I i składa się z chalkopiryty (Pl. II, fig. 3, 4).

KASYTERYT

Występowanie minerałów cyny w złożu Czarnów znane było od ok. połowy XIX w. Po raz pierwszy drobne kryształy kasyteryty znalezione zostały przez Ludwika Faktora z Ronowa (Websky 1853).

Informację o występowaniu kasyteryty w Czarnowie podaje Traube (1888); następnie pojawiają się wzmianki w szeregu prac późniejszych; Berg (1918) — o drobnych kryształkach kasyteryty w sfalerytycie; Petra-

scheck (1933) powołując się na Websky'ego podaje, że z ciemnego sfalerytu można wydzielić igły kasyterytu, chociaż jak sam zaznacza, nie obserwował ich pod mikroskopem.

O występowaniu minerałów cyny (kasyterytu i stanninu w Czarnowie) wspomina się także w podręczniku do mikroskopii kruszcowej (Schneiderhöhn-Ramdohr 1933). Na str. 478 tego podręcznika znajduje się wzmianka o występowaniu stanninu, natomiast na str. 704 w spisie minerałów kruszczowych występujących w poszczególnych złożach, dla Czarnowa wymieniono jedynie kasyteryt.

Wzmianki o występowaniu kasyterytu w Czarnowie znaleźć można również w publikacjach Banasia (1967) i Jaskólskiego (1968).

Przeprowadzone badania mikroskopowe preparatów polerowanych z Czarnowa pozwoliły stwierdzić w dwóch preparatach występowanie kasyterytu w postaci pojedynczych drobnych ziarn o wysokim reliefie (Pl. III, fig. 4).

PIROTYN

Pirotyn występuje w postaci drobnych wydzielen w arsenopirycie, pojedynczych agregatów monomineralnych oraz zrostów z chalkopirytem II w emulsyjnych wydzieleniach w sfalerycie I.

Pirotyn jest głównym minerałem kruszczowym w rudzie pirotynowej. Tworzy on samodzielne monomineralne skupienia lub występuje we wspólnych agregatach razem z chalkopirytem I, arsenopirytem I i pirytem I. Pirotyn jest średnioziarnisty, zawiera wrostki minerałów nierudnych. Pomiedzy jego kryształami ksenomorficznie występuje chalkopirytyt. Wydzielenia gruboziarnistego arsenopirytytu w pirotynie rzadko mają formy automorficzne, przeważnie są to nie do końca wykształcone pojedyncze ziarna (Pl. III, fig. 6).

Piryty I tworzy kryształy różnej wielkości, czasem o pokroju regularnym, często zawiera drobne wrostki minerałów nierudnych.

Bismut rodzimy i siarkosole bizmutu niekiedy występują na brzegach agregatów pirotynowo-chalkopirytytowych (Pl. IV, fig. 3, 4), najczęściej jednak jako wypełnienie przestrzeni międzyziarnowej wśród minerałów nierudnych (Pl. IV, fig. 5).

Można zaobserwować dwa sposoby zastępowania pirotynu przez markasyt i piryty.

1) W agregatach pirotynu na kontakcie z minerałami nierudnymi niekiedy występują wąskie pasma złożone z markasytu i częściowo z pirytytu. Szerokość takich stref jest zmienna. Podobne zjawisko występuje na niektórych szczelinach w pirotynie (Pl. IV, fig. 2). Ponadto w pirotynie można spotkać wąskie, podobne do soczewek utwory wypełnione markasytem, niekiedy występują one równolegle względem siebie.

2) Wzdłuż szczelin łupliwości pirotynu i od brzegów kryształów powstaje szarobiały agregat z silnym efektem anizotropii i wyraźnym dwójod biciem (Pl. IV, fig. 3, 4). Przy dalej posuniętym procesie powstaje masa markasytowo-pirytowa (Ramdohr 1962).

PIRYT

Piryty spotkano w zmiennych ilościach we wszystkich rodzajach rud Kopalni Czarnów. Można wyróżnić kilka jego odmian.

Odmianę grubokrystaliczną — piryty I — charakteryzuje występowanie wtrąceń minerałów nierudnych. Niekiedy piryty otacza duży popękany agregat arsenopiryty (Pl. III, fig. 5). Najczęściej jednak obserwowano resztki gruboziarnistego piryty w masie sfaleryty, chalkopiryty i galeny. W piryty grubokrystalicznym stwierdzono także występowanie niewielkich wydzieleni pirotynu. Pojedyncze kryształy piryty wraz z drobnymi wydzieleniami pirotynu występują też wśród minerałów nierudnych.

Piryty I w rudzie pirotynowej tworzy skupienia, albo pojedyncze ziarna, rzadko dobrze wykształcone. Zawiera wrostki minerałów płonnych oraz rzadko amebowate drobne wydzielenia pirotynu. Główne minerały: pirotyn, arsenopiryty I, piryty I powstawały prawie jednocześnie, z pewnym wyprzedzeniem krystalizował arsenopiryty.

Piryty drugiej odmiany jest minerałem powstałym później i wraz z markasytem tworzy niekiedy pasma na kontakcie agregatów pirotynowych i minerałów nierudnych oraz w szczelinach (Pl. IV, fig. 2). Obserwowano występowanie pojedynczych ziarn piryty przy wypieraniu pirotynu markasytem (Pl. IV, fig. 3).

Jeszcze późniejszy zdaje się być agregat markasytowo-pirytowy powstały przy zastępowaniu chalkopiryty (Pl. III, fig. 3).

Do trzeciej odmiany można zaliczyć piryty występujący w szczelinach jako „rozetkowate” albo wydłużone wydzielenie w pęknięciach chalkopiryty, niekiedy z chalkozynem, kowelinem i hematytem.

MARKASYT

Markasyty wraz z pirytem w rudzie pirotynowej tworzy obwódki na peryferiach oraz na pęknięciach agregatów pirotynowych, a także występuje w skupieniach podobnych do soczewek (Pl. IV, fig. 2).

W kilku preparatach z rudy pirotynowej spotkano przechodzenie pirotynu w markasyty, z niewielką ilością towarzyszącego piryty (Pl. IV, fig. 3, 4). Wraz z pirotynem występował bismut rodzimy i siarkosole Bi. Proces zastępowania pirotynu zaczyna się od brzegów skupień i po szczeli-

nach łupliwości pirotynu, miejscami w postaci szarawobiałych owalno-koncentrycznych utworów o silnej anizotropii. Obserwuje się etapy przejściowe aż do powstania drobnokrystalicznego markasytu z pirytem. Wydaje się, że te przemiany związane są z procesami endogenicznymi. Natomiast z procesami egzogenicznymi może być związane sporadyczne występowanie drobnokrystalicznego agregatu markasytu z pirytem w chalkopirycie z rudy galenowej (Pl. III, fig. 3).

BIZMUT RODZIMY, SIARKOSOLE BIZMUTU

O występowaniu bizmutu w galenie ze złoża Czarnów wspominał Petrascheck (1933, 1934) oraz Hoehne (1934/35), pisząc o drobnych ziarnach rodzimego bizmutu o niepełnych sześciobocznych zarysach w przekroju. Hoehne przypuszczał, że wraz z bizmutem występuje bizmutynit.

Badania ok. 20 preparatów rudy galenowej nie dały pozytywnych wyników, natomiast stwierdzono bizmut rodzimy w trzech (z siedemnastu) preparatach z rudy pirotynowej. W tym jeden preparat wyróżniał się obfitością bizmutu rodzimego. Tworzy on swoiste ksenomorficzne skupienia wypełniające przestrzenie między ziarnami (Pl. IV, fig. 3, 4). Kształt i wielkość ziarn jest zmienna (Pl. IV, fig. 5). Większe wydzielania bizmutu rodzimego charakteryzują się mozaikową budową oraz zbliżeniami parkietowymi (Pl. IV, fig. 6). Wśród wydzieleni bizmutu rodzimego występują siarkosole Bi, różniące się kolorem odbitego światła (odcien szaroniebieskawy, odcien szarozółty). Biorąc pod uwagę cechy optyczne, można wnosić, że występują tu dwie odmiany siarkosoli Bi.

Eksperymentalne badania Godowikowa i Kołonia (1965) cech morfologicznych bizmutu rodzimego i bizmutytu potwierdziły, że obserwowane w minerałach okrągłe i ksenomorficzne wydzielania bizmutu rodzimego z licznymi zbliżeniami parkietowymi powstają w temperaturze ponad 271°C.

TENANTYT

Tenantyt spotkano w kilku preparatach polerowanych. Tworzył on w galenie drobne wydzielania o kształcie nieprawidłowym lub owalnym (Pl. II, fig. 6), albo drobne żyłki w sfalerycie I i galenie. Występował też przy kontakcie galeny ze sfalerytem I oraz w chalkopirycie.

BORNIT

W sfalerycie I sporadycznie obserwowano drobne emulsyjne wydzielania bornitu.

VALERIIT

Stosunkowo często spotykany valeriit tworzy bardzo drobne wydzielienia w chalkopirycie II. Mają one kształty pręcikowate, owalne lub występują jako wąskie listewki.

KUBANIT

Kubanit stwierdzono w chalkopirycie II, gdzie tworzy charakterystycznie rozgałęzione listewki.

MINERAŁY POWSTAŁE W PROCESACH HIPERGENICZNYCH

W szczelinach arsenopiryty krystalicznego (Pl. I, fig. 4; Pl. II, fig. 5), zastępowanego przez minerały żyłowe, spotyka się minerały kruszcowe: chalkozyn, kowelin, getyt, limonit, skorodyt, digenit i niekiedy wtórny chalkopiryt oraz „rozetki” piryty. Oba rodzaje minerałów odkładają się tworząc otoczki, żyłki, pasmowate i serkowate wydzielienia, przy czym proces ten niekiedy jest tak daleko posunięty, że z arsenopiryty pozostają jedynie drobne szczątki. Wymienione minerały występują zwykle bardzo nierównomiernie i w różnych ilościach.

Występowanie chalkozynu, kowelinu i limonitu obserwowano nie tylko w arsenopirycie, lecz także w szczelinach sfaleryty i chalkopiryty.

ZAKOŃCZENIE

Przeprowadzone badania wykazały obecność 22 minerałów kruszcowych. Formy ich występowania, a także wzajemne stosunki między nimi pozwalają wyodrębnić:

1. dwie odmiany arsenopiryty — grubokrystaliczną oraz drobnokrystaliczną.
2. trzy odmiany piryty — piryty grubo- i średniokrystaliczny, piryty z markasytem, „rozetki” piryty w szczelinach minerałów.
3. dwie odmiany pirotynu — pirotyn grubokrystaliczny w rudzie pirotynowej, pirotyn powstały z rozpadu roztworów stałych w sfalerycie I.
4. sfaleryty dwóch generacji — sfaleryty I, sfaleryty II.
5. trzy generacje chalkopiryty — chalkopiryt I, chalkopiryt II, chalkopiryt wtórny.

6. dwie odmiany galeny — galena wypełniająca szczeliny w arsenopirycie, współwystępująca z chalkopirytem I i sfalerytem I, oraz galena współwystępująca z drobnokrystalicznym niskotemperaturowym arsenopirytem.

Wymienionym wyżej minerałom kruszcowym towarzyszy rozproszony rutyl i miejscami leukoksen.

Uproszczony schemat kolejności wydzielania minerałów przedstawia się następująco: kasyteryt, grubokrystaliczny arsenopiryty, pirotyn grubokrystaliczny, piryty I, chalkopiryty I, sfaleryty I, bizmut rodzimy i siarkosole Bi, galena, tenantyty, arsenopiryty drobnokrystaliczny, minerały powstające w procesie odmieszania roztworów stałych (chalkopiryty II, sfaleryty II, pirotyn II, kubanity, valerity), markasyty z pirytem utworzony przy zastępowaniu pirotynu; minerały powstałe pod wpływem warunków hipergenicznych — chalkozyny, koweliny, getyty, limonity, skorodyty, digenity, chalkopiryty wtórny, „rozetki” piryty.

Mineralizacja kruszcowa w złożu Czarnów powstała w wyniku oddziaływania pomagmowych roztworów związanych z waryscyjską intruzją Karkonoszy. Za poglądem tym przemawiają badania wieku bezwzględne, które wykazują, że mineralizacja kruszcowa miała miejsce po karbonie. Oznaczenia wieku modelowego galeny z Czarnowa (Legierski 1973) dały wartości w granicach 250—210 mln lat.

WYKAZ LITERATURY — REFERENCES

- Banaś M. (1967), Złoże rudy arsenowej w Czarnowie. *Prz. geol.*, 5: 239. Warszawa.
- Berg G. (1912), Erläuterungen zu Blatt Kupferberg. Geol. Karte v. Preussen 1: 25 000, *Preuss. Geol. Landesanst.* Berlin.
- Berg G. (1918), Neue Beiträge zur Kenntnis der Arsenkieslagerstätte von Rothenzschau. *Z. prakt. geol.* 26: 177—178. Halle.
- Dziekoński T. (1972), Wydobywanie i metalurgia kruszców na Dolnym Śląsku od XIII do połowy XX wieku. *Ossolineum*. Wrocław—Warszawa—Kraków.
- Hoehne K. (1934/35), Quantitativ chemische und erzmikroskopische Bestimmung von Arsen, Antimon, Zinn und Wismut in vorwiegend schlesischen Bleiglanzen. *Chem. d. Erde*, Bd 9, H. 2: 219—268. Jena.
- Jaskólski S. (1968), Geologia złóż kruszcowych, cz. I, skrypt AGH. Kraków.
- Kłós T. (1955), Dokumentacja geologiczna złoża rud arsenu „Czarnów” w Czarnowie gmina Pisarzowice pow. Kamienna Góra woj. Wrocław. *Arch. Inst. Geol.*, Warszawa.
- Krajewski R. (1948,) Złóża rud na Dolnym Śląsku. *Oblicze Ziemi Odzyskanych*. I: 319—344. *Książnica — Atlas*, Wrocław—Warszawa.
- Legierski J. (1973), Model ages and isotopic composition of ore leads of the Bohemian Massif. *Čas. Mineral. Geol.*, 18, 1: 1—23. Praha.
- Petrascheck W. E. (1933), Die Erzlagerstätten des Schlesischen Gebirges. *Arch. f. Lagerst. Forsch.*, Bd. 59: 1—60. Berlin.
- Petrascheck W. E. (1934), Die Vererzung der Sudeten. *Mitteil. d. geol. Gesellsch.*, Bd. 26: 191—206. Wien.

- Schneiderhöhn H., Ramdohr P. (1931), Lehrbuch der Erzmikroskopie. Bd. 2. Verlag von Gebrüder Borntraeger, Berlin.
- Teisseyre J. (1973), Skaly metamorficzne Rudaw Janowickich i Grzbietu Lasockiego. *Geol. Sudetica*, 8: 7—111. Warszawa.
- Traube H. (1888), Die Minerale Schlesiens. Breslau.
- Webbsky M. (1853), Ueber die geognostischen Verhältnisse der Erzlagerstätten von Kupferberg und Rudelstadt in Schlesien. *Z. Deutsch. Geol. Ges.*, bd 5: 373—438. Berlin.
- Godowikow A. A., Kołoinin G. R. — Годовиков А. А., Колонин Г. Р. (1965), Экспериментальные исследования особенностей выделения висмута и возможности его использования как геологического термометра. *Геол., Руд. Мест.*, 7, 2: 91—97. Изд. „Наука”, Москва.
- Ramdohr P. — Рамдор П. (1962), Рудные минералы и их срastания. *Изд. Ин. Лит.*, Москва.
- Wołyński I. S. — Волынський И. С. (1949), Определение рудных минералов под микроскопом. Том III, *Госгеолиздат*, Москва.

SUMMARY

Arsenopyrite deposit in Czarnów represents one of the mineralization phenomena in metamorphic cover of the Karkonosze Granite massif.

The deposit in question is located about 300 m from the contact of metamorphic rocks with granitic intrusion, within so called Czarnów Schist Formation (Teisseyre 1973). The latter formation shows NE—SW strike and the schists are dipping 65° SE. It is separated from granite by the Kowary Gneiss Group, approx. 300 m thick. The contact plane of the granite and its cover is dipping 65° ESE.

The Czarnów Schist Formation is lithologically fairly diversified because of primary facial variability of the sedimentary-volcanic rock complex, as well as due to effects of contact and regional metamorphism and tectonic deformations.

The hydrothermal solutions were connected with post-magmatic phase of granitic intrusion. These solutions could have penetrated into the cover, abounding in faults, fissures and cracks. The actions of these solutions on carbonate rocks caused distinct changes of their mineral and chemical composition and resulted in the formation of Czarnów deposit.

This arsenopyrite deposit forms a vein displaying SW—NE strike and dipping 80° SE. This lode occurs within calc-silicate rocks. It is more than 500 m long and reaches the depth of ca. 200 m. The orientation of this vein is concordant with that of the schists and its contact with embedding rock is tectonic in character. The deposit is cut by so called „southern fault”.

Ore-bearing bodies form lenses, being separated from barren rocks by faults, perpendicular to their strike. Three ore-bearing zones can be distinguished in the deposit. Their thickness is up to 4 m, being on the

average 0.4 m. Apart from the groundmass of the vein, consisting predominantly of arsenopyrite and quartz, there occur small amounts of arsenopyrite disseminated throughout surrounding carbonate rocks. Besides, a lenticular pyrrhotite body, up to 3 m thick, occurs in deeper horizon of the deposit in its SW part.

The following ore minerals were found to occur: arsenopyrite, pyrrhotite, pyrite, chalcopyrite, galena, sphalerite, marcasite, native bismuth Bi sulphosalts, tennantite, bornite, valeriite, cubanite, cowellite, chalcocite, goethite, limonite, scordite, digenite, cassiterite, rutile and leucoxene.

Arsenopyrite occurs in all the varieties of ores. Pyrrhotite ore contains locally higher amounts of chalcopyrite, arsenopyrite, pyrite and marcasite. Besides, native bismuth and its sulphosalts are observed. Another proportions of the ore minerals are characteristic of the examined samples of galenite lenses, in which this ore is accompanied by sphalerite and lower amounts of chalcopyrite and arsenopyrite. Other ore minerals occur in minute concentrations.

22 ore minerals have been identified. On the ground of their forms of occurrence and mutual relations the following varieties of ores may be distinguished:

1. Coarse-crystalline and fine-crystalline low-temperature arsenopyrite.
2. Coarse- and medium-crystalline pyrite, marcasite and pyrite ore, and pyrite „rosettes” healing fractures within other mineral grains.
3. Two types of pyrrhotite: coarse-crystalline in pyrrhotite ore and pyrrhotite formed from decomposition of solid solution in sphalerite.
4. Two generations of sphalerite I and II.
5. Three generations of chalcopyrite — Ist, IIInd and secondary chalcopyrite.
6. Two varieties of galena: a) fillings of fissures in arsenopyrite, coexisting with chalcopyrite I and sphalerite I and, b) associated with fine-crystalline low-temperature arsenopyrite.

The above mentioned ore minerals are accompanied by dispersed rutile and, locally leucoxene.

A simplified scheme of genetic succession of ore minerals can be presented as follows: cassiterite, coarse-crystalline arsenopyrite, coarse-crystalline pyrrhotite, pyrite I, chalcopyrite I, sphalerite I, native bismuth and its sulphosalts, galena, tennantite, fine-crystalline arsenopyrite, minerals formed by decomposition of solid solutions (chalcopyrite II, sphalerite II, pyrrhotite II, cubanite, valeriite), marcasite and pyrite formed by replacement of pyrrhotite, minerals originated under hypergenic conditions — chalcocite, covellite, goethite, limonite, scorodite, digenite, chalcopyrite, pyrite „rosettes”.

Ore mineralization of the Czarnów deposit is the result of activity of postmagmatic solutions connected with Variscan intrusion of the Karko-

nosze granite. This opinion is supported by the results of absolute age determination indicating that this mineralization is post-Carboniferous. Model age of galena from the Czarnów deposit was found to be 250—210 Ma (Legierski 1973).

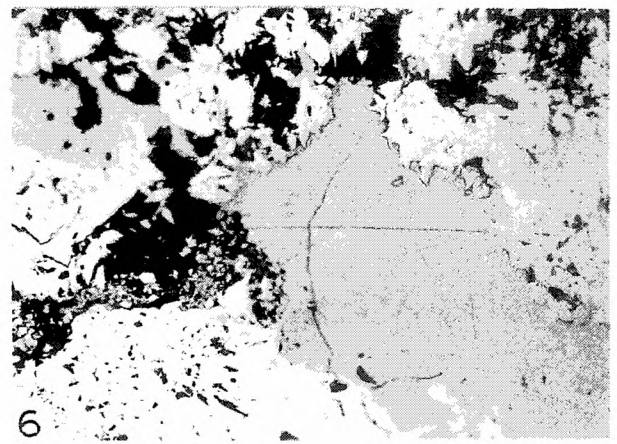
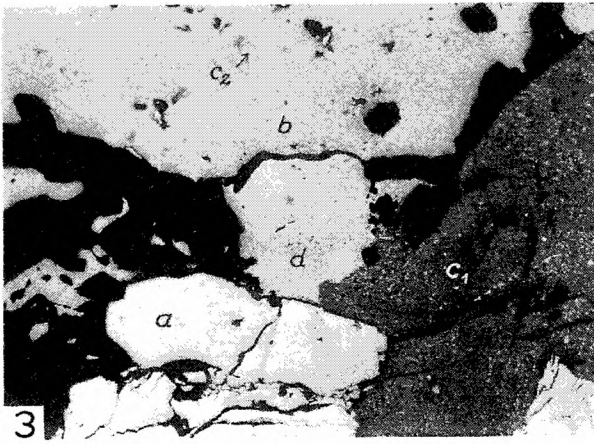
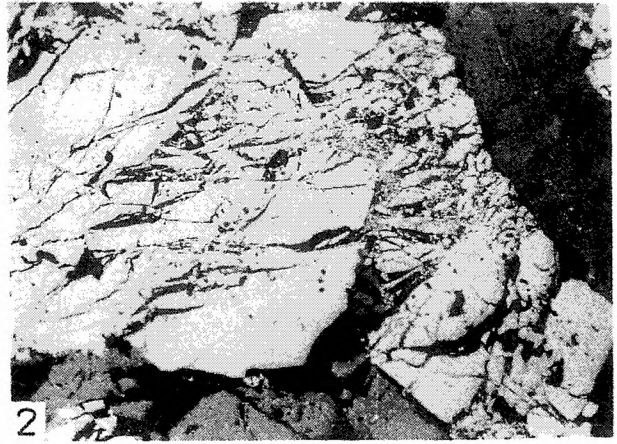
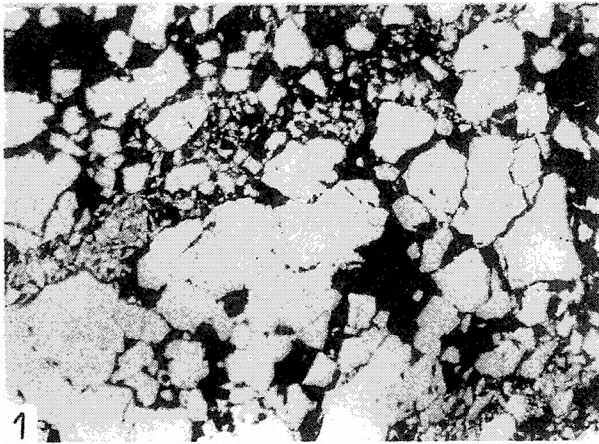
OBJAŚNIENIA PLANSZ — EXPLANATION OF PLATES

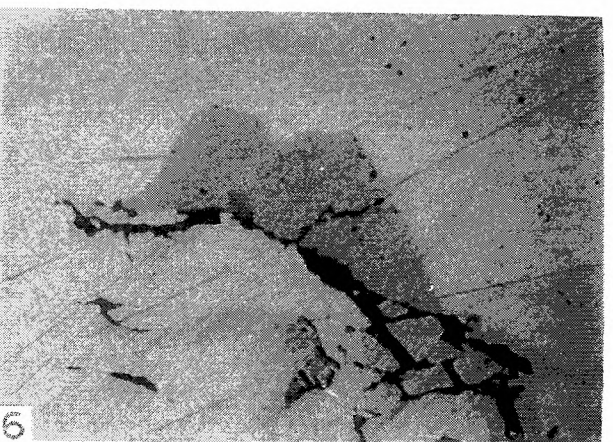
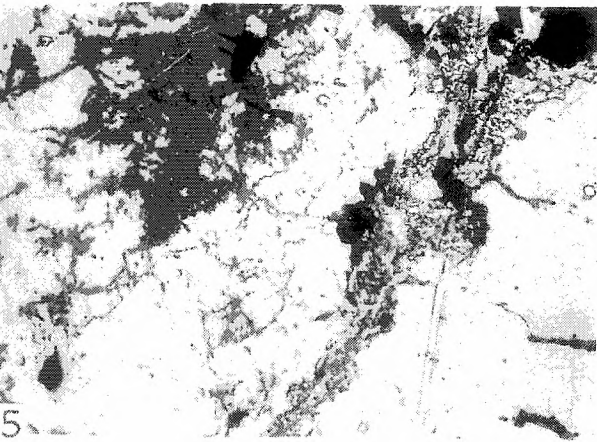
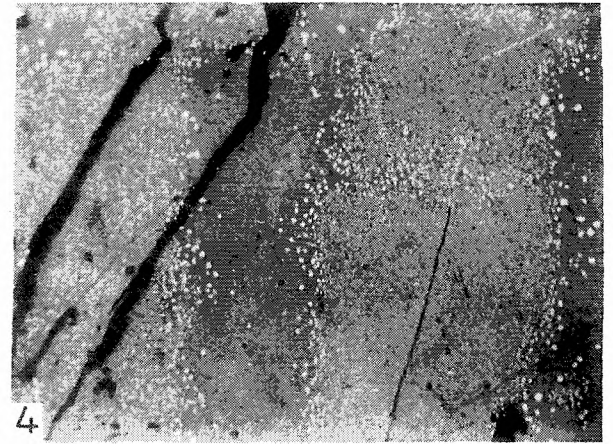
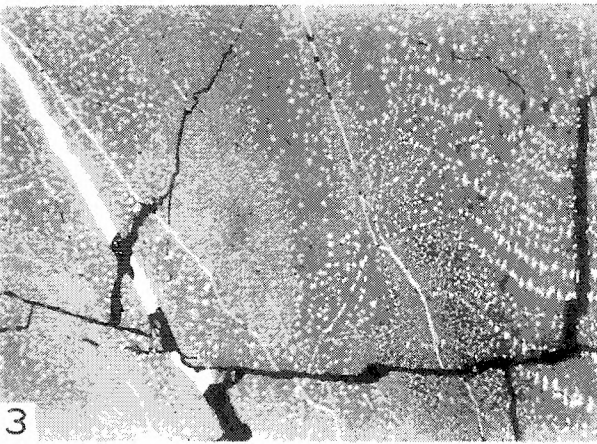
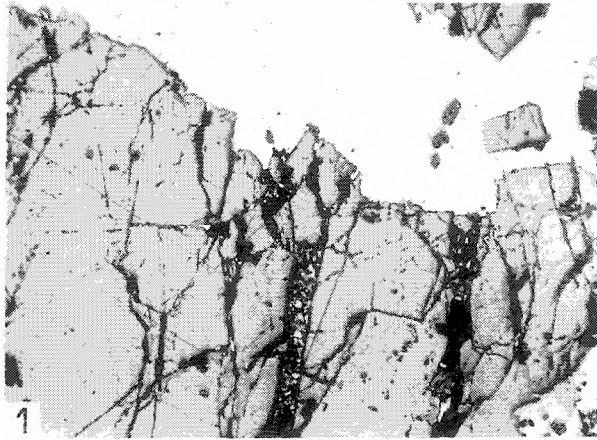
Plansza — Plate I

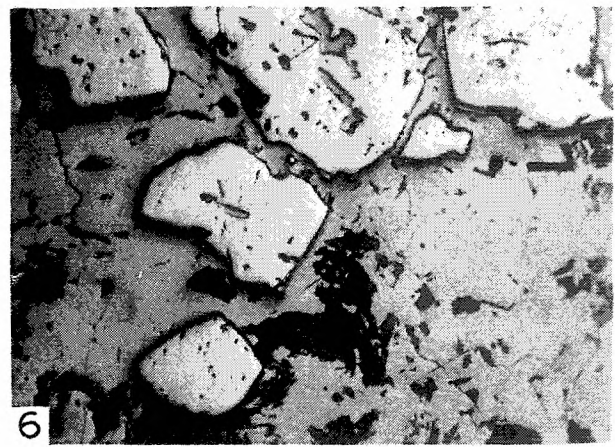
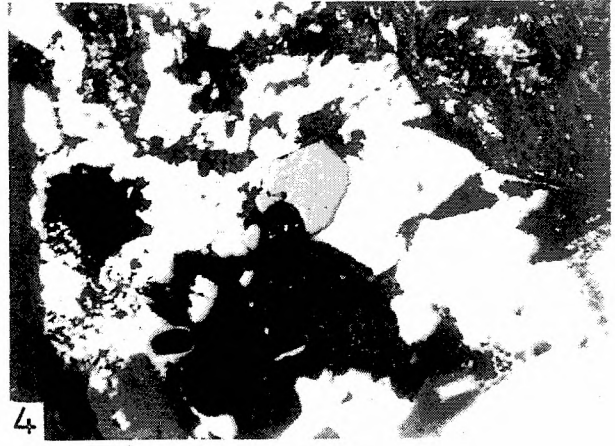
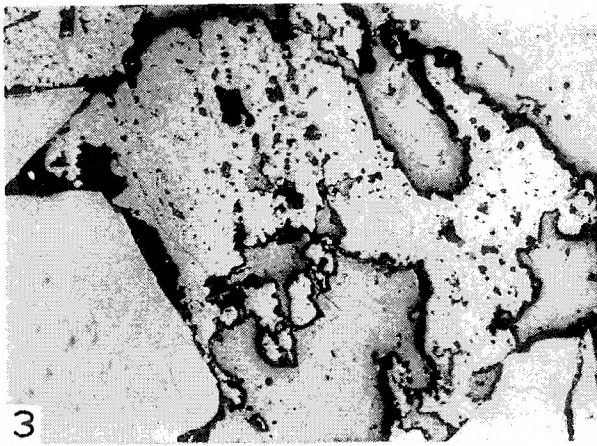
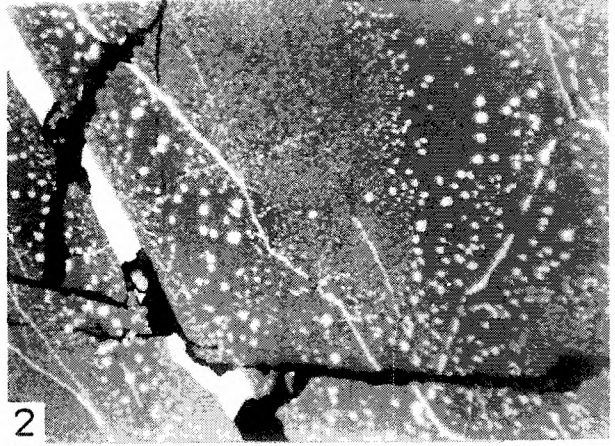
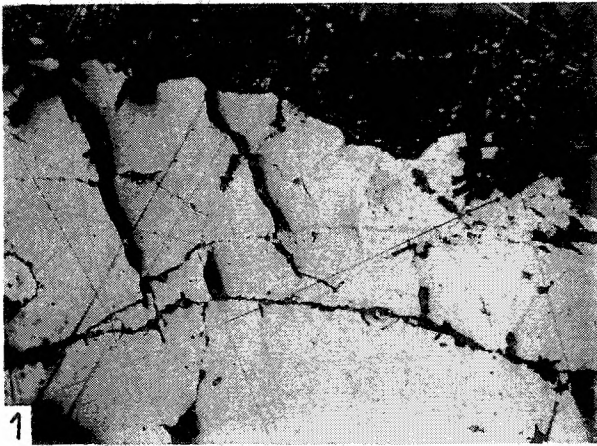
- Fig. 1. Pokruszony grubokrystaliczny arsenopiryty. Św. odbite bez analizatora, pow. 45 ×.
Fig. 1. Crushed coarse-crystalline arsenopyrite. Reflected light, no analyzer, 45 ×.
- Fig. 2. Kierunkowe spękanie grubokrystalicznego arsenopiryty. Św. odbite, bez analizatora, pow. 45 ×.
Fig. 2. Oriented fracture in coarse-crystalline arsenopyrite. Reflected light, no analyzer, 45 ×.
- Fig. 3. Chalkopiryty I (b) z wydzieleniami sfaleryty II (c2), sfaleryty I (c1) z chalkopirytem II, galena (d), arsenopiryty (a). Św. odbite, bez analizatora, pow. 45 ×.
Fig. 3. Chalcopyrite I (b) with inclusions of sphalerite II (c2), sphalerite I (c1) and chalcopyrite II, galena (d), arsenopyrite (a). Reflected light, no analyzer, 45 ×.
- Fig. 4. Grubokrystaliczny arsenopiryty zastępowany minerałami nierudnymi. Św. odbite, bez analizatora, pow. 45 ×.
Fig. 4. Coarse-crystalline arsenopyrite, partly replaced by gangue minerals. Reflected light, no analyzer, 45 ×.
- Fig. 5. Droбноziarnisty arsenopiryty rozproszony w minerałach nierudnych i zastępujący galenę. Św. odbite, bez analizatora, pow. 91 ×.
Fig. 5. Fine grained arsenopyrite, disseminated throughout gangue minerals and replacing galena. Reflected light, no analyzer, 91 ×.
- Fig. 6. Wypieranie galeny droбноziarnistym arsenopirytem. Św. odbite, bez analizatora, pow. 91 ×.
Fig. 6. Replacement of galena by fine-grained arsenopyrite. Reflected light, no analyzer, 91 ×.

Plansza — Plate II

- Fig. 1. Kontakt galeny ze sfalerytem I. Św. odbite, bez analizatora, pow. 45 ×.
Fig. 1. Contact of galena and sphalerite I. Reflected light, no analyzer, 45 ×.
- Fig. 2. Sfaleryty I z chalkopirytem II, galena (biały, wydłużony) z arsenopirytem (biały z reliefem). Św. odbite, bez analizatora, pow. 91 ×.
Fig. 2. Sphalerite I and chalcopyrite II, galena (white, elongated) and arsenopyrite, (showing relief). Reflected light, no analyzer, 91 ×.
- Fig. 3. Dwie odmiany wydzieleni emulsyjnych i żyłki chalkopiryty II w sfalerycie I. Św. odbite, bez analizatora, pow. 182 ×.
Fig. 3. Two modifications of emulsionary exolutions and veinlets of chalcopyrite II in sphalerite I. Reflected light, no analyzer, 182 ×.







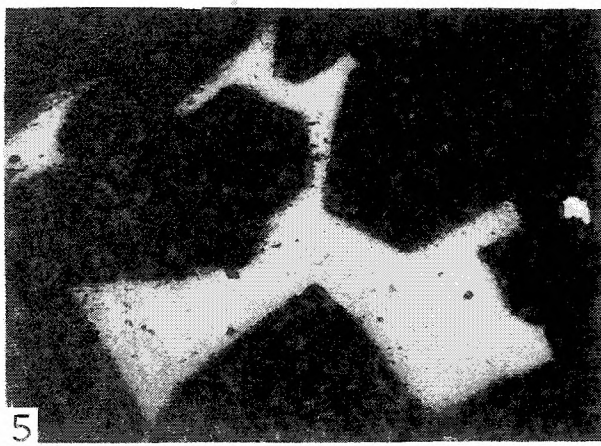
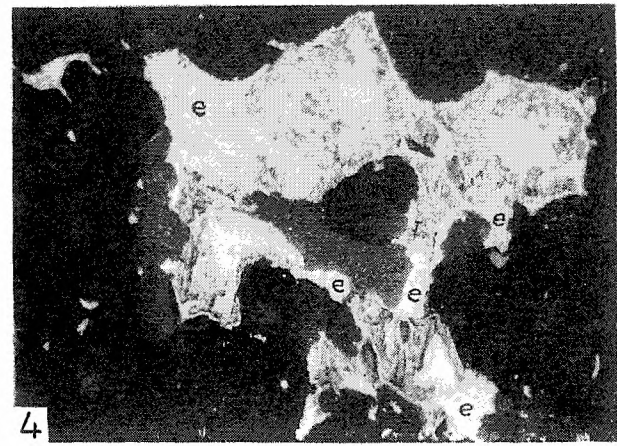
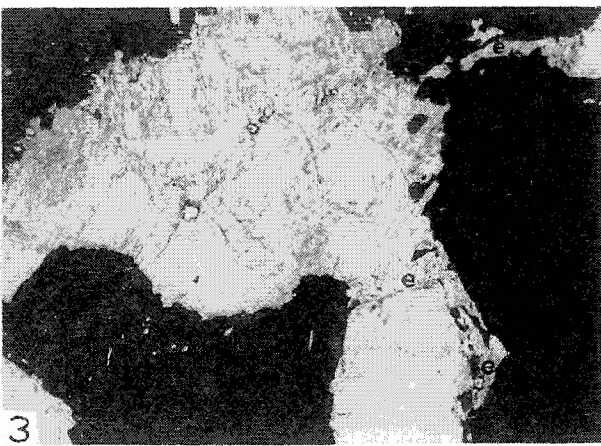
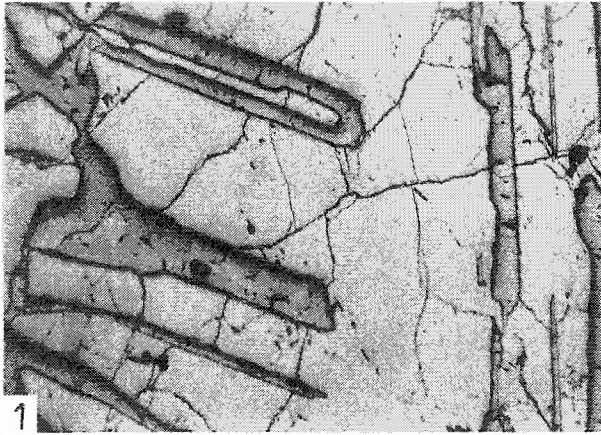


Fig. 4. Sfaleryt I z dwiema odmianami chalkopiryty II. Św. odbite, bez analizatora, pow. 182 ×.

Fig. 4. Sphalerite I and two variations of chalcopyrite II. Reflected light, no analyzer, 182 ×.

Fig. 5. Chalkopiryty I ze sfalerytem II (ciemnoszary — lewa strona foto.). Żyłka wypełniona resztkami chalkopiryty I, pirytem „rozetkowym” (wysoki relief) i galeną. Św. odbite, bez analizatora, pow. 183 ×.

Fig. 5. Chalcopyrite I and sphalerite II (dark gray — on the left side). The vein is filled with relics of chalcopyrite I, "rosette" pyrite (high relief) and galena. Reflected light, no analyzer, 183 ×.

Fig. 6. Tenantyt (szary) w galenie. Św. odbite, bez analizatora, pow. 91 ×.

Fig. 6. Tennantite (gray) in galena. Reflected light, no analyzer, 91 ×.

Plansza — Plate III

Fig. 1. Chalkopiryty I ze sfalerytem II, arsenopiryty (biały z reliefem), sfaleryt I z chalkopirytem II, szczeliny (czarne). Św. odbite, bez analizatora, pow. 91 ×.

Fig. 1. Chalcopyrite I and sphalerite II, arsenopyrite (white, apparent relief), sphalerite I and chalcopyrite II, fractures (black). Reflected light, no analyzer, 91 ×.

Fig. 2. Sfaleryt I z dwiema odmianami chalkopiryty II. Św. odbite, bez analizatora, pow. 364 ×.

Fig. 2. Sphalerite I and two modifications of chalcopyrite II. Reflected light, no analyzer, 364 ×.

Fig. 3. Chalkopiryty I zastępowany pirytem i markasytem. Gruboziarnisty arsenopiryty. Św. odbite, bez analizatora, pow. 91 ×.

Fig. 3. Chalcopyrite I partly replaced by pyrite and marcasite Coarse-grained arsenopyrite. Reflected light, no analyzer, 91 ×.

Fig. 4. Kasyteryty (szary), galena (biały), minerały nierudne (czarny). Św. odbite, bez analizatora, pow. 45 ×.

Fig. 4. Cassiterite (gray), galena (white), gangue minerals (black). Reflected light, no analyzer, 45 ×.

Fig. 5. Arsenopiryty (biały, spękany) otoczony pirytem. Skorodyt (szary, z prawej strony arsenopiryty), minerały nierudne (czarny). Św. odbite, bez analizatora, pow. 45 ×.

Fig. 5. Arsenopyrite (white, cracked) rimmed with pyrite. Scorodite (gray, on the right side of arsenopyrite), gangue minerals (black). Reflected light, no analyzer, 45 ×.

Fig. 6. Arsenopiryty (biały) w pirotynie (szary), minerały nierudne (czarny). Św. odbite, bez analizatora, pow. 45 ×.

Fig. 6. Arsenopyrite (white) in pyrrhotite (gray), gangue minerals (black). Reflected light, no analyzer, 45 ×.

Plansza — Plate IV

Fig. 1. W kryształach arsenopiryty (biały) wydłużone wydzielenia pirotynu (ciemnoszary) z chalkopirytem (szary). Św. odbite, bez analizatora, pow. 45 ×.

Fig. 1. Elongated pyrrhotite intergrowths (dark gray) and chalcopyrite (gray) in arsenopyrite crystal. Reflected light, no analyzer, 45 ×.

- Fig. 2. Chalkopiryt (biały), pirotyn (szary), piryt (biały z reliefem), markasyt w szczelinach pirotynu, minerały nierudne (czarny). Św. odbite, bez analizatora, pow. 45 ×.
- Fig. 2. Chalcopyrite (white), pyrrhotite (gray), pyrite (white, showing relief), and marcasite healing pyrrhotite, gangue minerals (black). Reflected light, no analyzer, 45 ×.
- Fig. 3. Pirotyn po pęknięciach i szczelinach łupliwości przeszedł w utwór przypominający markasyt, który następnie przeszedł w drobnokrystaliczny agregat markasytu (jaśniejsze smugi przy pęknięciach) i pirytu (okrągławe wydzielenia z reliefem), (e) — bizmut rodzimy i siarkosole bizmutu. Św. odbite, bez analizatora, pow. 182 ×.
- Fig. 3. Pyrrhotite coming from cracks and fractures was replaced by marcasite-like transitional material, which is subsequently altered into fine-crystalline aggregate of marcasite (lighter coloured stripes close to fracture and pyrite (roundish inclusions appearing relief) (e) — native bismuth and its sulphosalts. Reflected light, no analyzer, 182 ×.
- Fig. 4. Zastępowanie pirotynu „produktem przejściowym” oraz markasytem i pirytem, (e) — bizmut rodzimy i siarkosole bizmutu. Św. odbite, bez analizatora, pow. 91 ×.
- Fig. 4. Replacement of pyrrhotite by "transition product", marcasite and pyrite, native bismuth (e) and its sulphosalts. Reflected light, no analyzer, 91 ×.
- Fig. 5. Bizmut rodzimy (biały), siarkosole bizmutu (szary), minerały nierudne (ciemny)
Św. odbite, bez analizatora, pow. 91 ×.
- Fig. 5. Native bismuth (white), Bi-sulphosalts (gray), gangue minerals (dark). Reflected light, no analyzer, 91 ×.
- Fig. 6. Parkietowa budowa bizmutu rodzimego. Św. odbite, nikole skrzyżowane, pow. 364 ×.
- Fig. 6. Parquet structure of native bismuth. Reflected light, crossed nicols, 364 ×.