

Jerzy NIŚKIEWICZ, Czesław SKOWRONEK

ZMIANY HYDROGENICZNE W ZŁOŻU MIEDZI "LENA" (DOLNY ŚLĄSK)

(Tabl. I—IV i 4 fig.)

*Hydrogenic changes in copper deposits of the "Lena" Mine
(Lower Silesia). Summary.*

(Pl. I—IV and 4 Figs)

Treść: W złożu miedzi „Lena” stwierdzono wyraźne strefy utleniania i cementacji, które przebiegają pionowo i występują po obu stronach uskoków przecinających złożę. Powstanie tych stref autorzy wiążą z procesami hydrogenicznymi wywołanymi horyzontalnym wsiąkaniem wód descenzyjnych od szczelin uskokowych, przewodzących wody w głąb złoża, do skał miedzionośnych.

WSTĘP

Złożę miedzi „Lena” występuje w województwie legnickim, około 5 km na południe od Złotoryi (fig. 1). Było ono eksploatowane do 1974 roku. W roku 1973 w południowo-zachodniej części złoża stwierdzono czerwone i zielone zabarwienie skał. Barwne pasy przebiegały pionowo świadcząc o zmianach chemicznych, które zaszły w tej partii złoża. Tematem niniejszej pracy są przeobrażenia, jakie zaszły w mineralizacji kruszcowej omawianego odcinka złoża.

Autorzy serdecznie dziękują doc. drowi inż. M. Banasiowi za trud przeczytania rękopisu, za bardzo cenne uwagi i życzliwą dyskusję.

Z GEOLOGII ZŁOŻA

Złożę miedzi „Lena” znajduje się we wschodniej części synkliny leszczyńskiej stanowiącej jedną z jednostek geologicznych w synklinorium północnosudeckim. Granicami geologicznymi synkliny leszczyńskiej są: uskok Jerzmanicki na północy, wychodnie utworów permu i mezozoiku na wschodzie i południu; natomiast ku zachodowi synklina łączy się z innymi jednostkami tektonicznymi synklinorium północnosudeckiego (fig. 1).

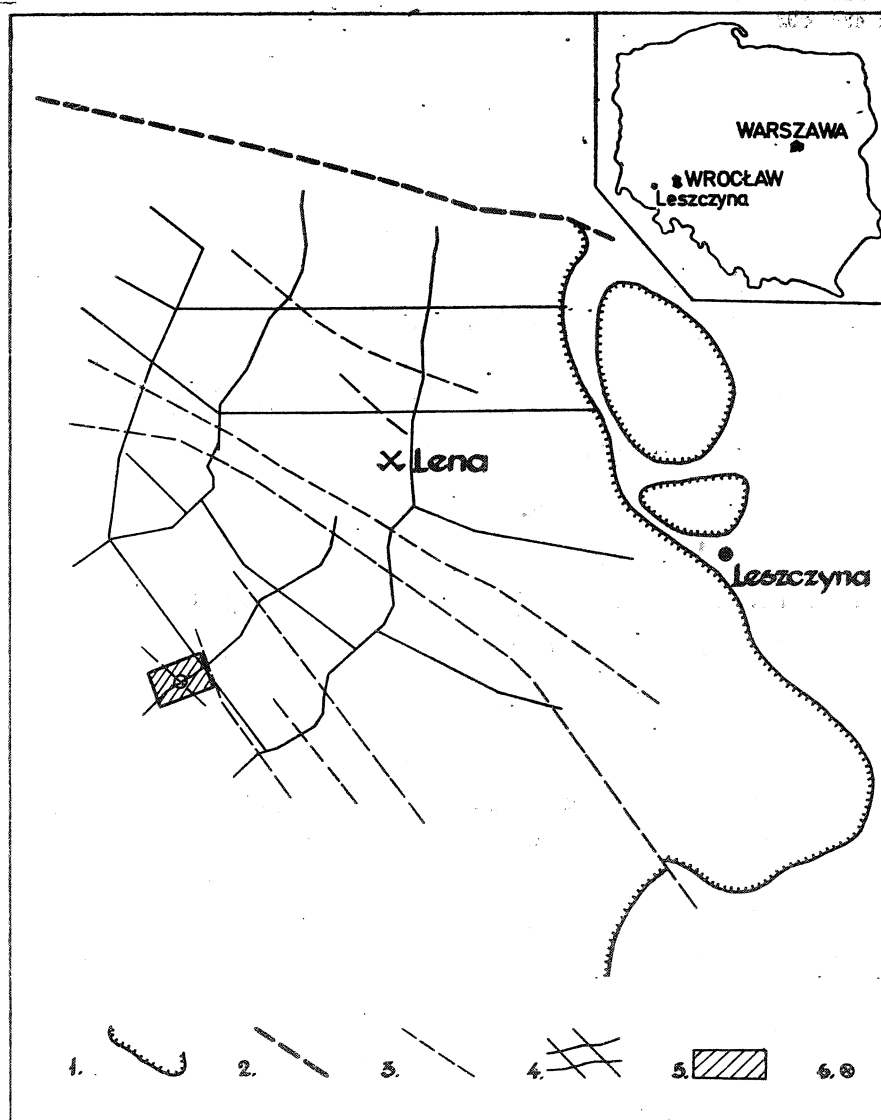


Fig. 1. Szkic sytuacyjny obszaru badań. 1 — wychodnie osadów dolnocechsztyńskich; 2 — uskoki Jerzmanic; 3 — uskoki niższego rzędu; 4 — wyrobiska górnicze kopalni „Lena”; 5 — obszar badań; 6 — miejsce występowania zmian hydroge-nicznych w złożu

Fig. 1. Sketch-map of study area. 1 — outcrop of the Lower Zechstein deposits; 2 — Jerzmanice fault; 3 — faults of lower order; 4 — excavations of the Lena Mine; 5 — study area; 6 — location of hydrogenically altered ore deposits

W podłożu synkliny leszczyńskiej występują sfałdowane łupki meta-morficzne wieku staropaleozoicznego, na których zalegają czerwone lub szare piaskowce i zlepińce o spoiwie ilastym, wieku górnego czerwonego spągowca. Miąższość wymienionych osadów klastycznych wynosi średnio około 11 m. Miejscami w ich stropie występują białe lub szare zlepiń-cowate piaskowce o spoiwie wapiennoilastym, w których stwierdzono fau-nę cechsztyńską. Na tej podstawie niektórzy badacze (m.in. T. G u n i a, 1962) zaliczają skały te do dolnego cechsztynu i wydzielają je jako tzw. zlepińce graniczne. Na opisywanych osadach klastycznych spoczywa cienkoławicowy, masywny, skrytokrystaliczny wapień barwy jasnoszarej z odcieniem fioletowym, miąższość około 2,5 m, zwany wapieniem podsta-

wowym. Na nim zalega seria naprzemianległych warstw wapieni marglistych i margli o łącznej miąższości około 8 m. W części spągowej tych osadów przeważają margle, natomiast ku stropowi wzrasta udział wapieni, które są coraz bogatsze w magnez i wykazują tym samym stopniowe przejście w wyżej zalegające wapienie dolomityczne i dolomity. Wapiień podstawowy i seria warstw wapieni marglistych i margli reprezentują osady dolnego cechsztynu. Wyżej zalegają wspomniane wapienie dolomityczne i dolomity z pojedynczymi, cienkimi wkładkami łupków ilastych i piaskowców w partii stropowej. Średnia miąższość tych osadów wynosi około 10 m. Reprezentują one cechsztn środkowy w tradycyjnym podziale stratygraficznym tego piętra lub cechsztn dolny w ujęciu C. Skowronka (1967). Wyżej zalegają drobnoziarniste piaskowce arkozowe (25—40 m) i iłolupki brunatne (30—45 m) z wkładkami piaskowców i wapieni dolomitycznych należące do górnego cechsztynu. Osady triasu i kredy znane są tylko z rdzeni wiertniczych. Opisane skały permomezozoiczne zapadają pod kątem kilku do kilkunastu stopni w kierunku NW, tj. ku centrum niecki. Skały te pocięte są licznymi intruzjami bazaltowymi wieku trzeciorzędowego, które stwierdzono również w omawianym złożu (C. Jurošek, 1961). Najmłodszymi osadami występującymi na opisywanym obszarze są piaski, żwiry i gliny czwartorzędowe.

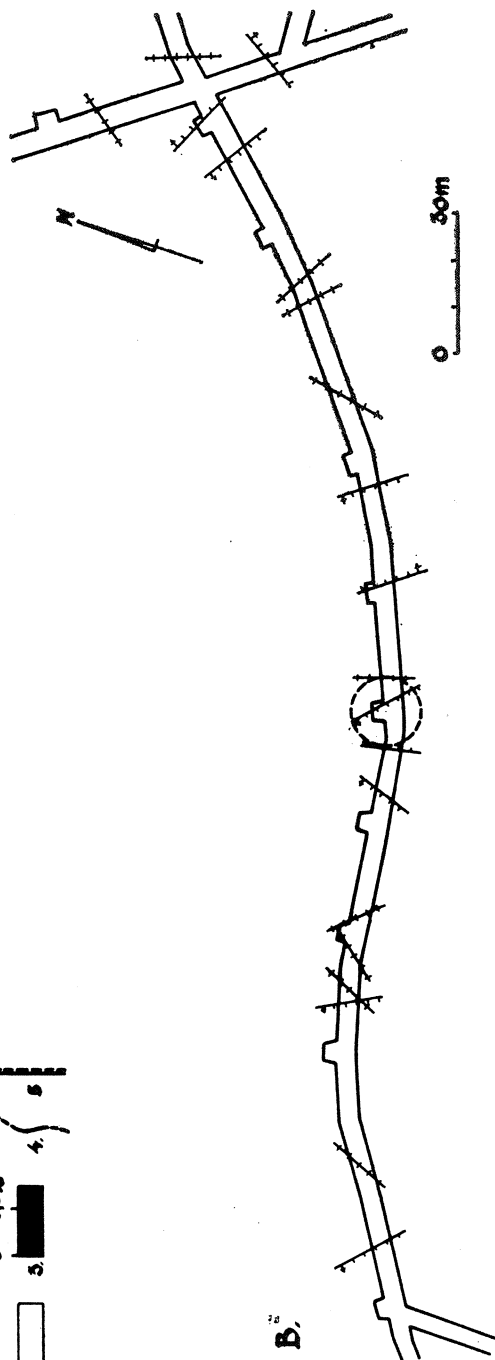
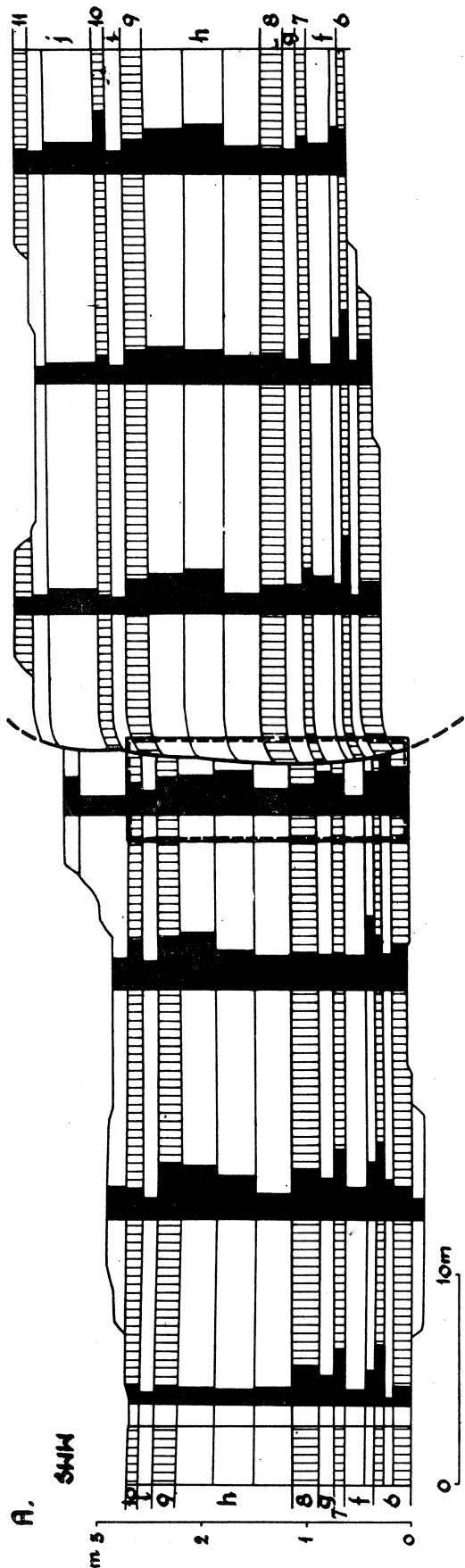
Okruszcowanie związkami metali, głównie miedzią, występuje w serii warstw wapieni marglistych i margli, którą dzieli się na margle plamiste, margle miedzionośne i margle ołowionośne. Wymienione poziomy margli wykazują podwyższone zawartości metali, a ich partie o zawartości miedzi powyżej 0,5% stanowiły rudę, która była przedmiotem eksploatacji. Maksymalne okruszcowanie miedzią nie jest związane, na całym obszarze złoża „Lena” z tym samym zespołem warstw serii wapieni marglistych i margli, lecz przemieszcza się z SE ku NW w warstwy stropowe (młodsze). Utrzymuje ono jednak środkowe położenie w profilu omawianej serii warstw dzięki przemieszczaniu się w tym samym kierunku granicy między tą serią a wapieniami dolomitycznymi i dolomitami (C. Skowronek, 1967). W świetle tych faktów pokładowa forma złoża „Lena” jest pozorna — złożo ma formę pseudopokładową.

Obszar złoża „Lena” przecinają liczne uskoki głównie o kierunku NW—SE i o zrzutach kilkunastu centymetrów do kilku metrów (fig. 1 i 2B). Skały budujące złożo są nadto silnie spękanne. Główny kierunek spękań jest NW—SE, a podrzędny NE—SW.

KRÓTKA CHARAKTERYSTYKA MINERALIZACJI KRUSZCOWEJ

Głównymi minerałami kruszczowymi w złożu „Lena”, podobnie jak w innych złożach miedzi formacji cechsztyńskiej w Polsce, są chalkozyn, bornit, chalkopiryt i piryt. Obok nich spotyka się sporadycznie siarczki

NEE



i siarkosole innych metali. Minerale kruszczowe tworzą ziarna ksenomorficzne lub hipidiomorficzne o rozmiarach mikroskopowych. Ich agregaty osiągają wielkości do kilku milimetrów i mają zarysy soczewkowe lub nieregularne. W agregatach tych obok ziarn kruszczów występują bardzo często ziarna węglanów, głównie kalcytu. Czasami spotyka się postdiagenetyczne żyłki kruszczowe, kruszczowo-węglanowe lub węglanowe zwykle grubości kilku milimetrów i długości do kilku centymetrów, wyjątkowo dłuższe. Ich przebieg jest bardzo nieregularny. Rozmieszczenie ziarn kruszczów lub ich agregatów w skale jest bezładne. Jedynie w marglach o teksturze równoległe warstwowanej ziarna kruszczów i ich agregaty wykazują dość wyraźne ukierunkowanie zgodne z teksturą skały. Stosunki ilościowe między głównymi minerałami kruszczowymi w złożu nie wykazują żadnych dających się bliżej opisać prawidłowości. Można jedynie ogólnie stwierdzić, że w marglach występuje więcej siarczków miedzi niż w wapieniach marglistych. Ma to swój wyraz również w zawartości miedzi, która w marglach jest przeciętnie o 50% wyższa (fig. 2A). W poszczególnych warstwach profilu złożowego współwystępują zazwyczaj ze sobą chalkozyn, bornit, chalkopiryt i piryt, lecz stosunki ilościowe między nimi zmieniają się w szerokich granicach, tak w pionie, jak i w poziomie. Miejscami w skale spotykamy dwa, a czasem nawet tylko jeden z wymienionych siarczków. Piryty natomiast występuje prawie zawsze. W złożu „Lena” obok siarczków miedzi stwierdzono również malachit, azuryt, kupryt, i wodorotlenki żelaza. Minerale te występują głównie w strefie wychodni warstw miedzionośnych, a ich ilość maleje na rzecz siarczków w miarę oddalania się od wychodni, idąc po upadzie ku centrum niecki leszczyńskiej.

CHARAKTERYSTYKA ZMIAN HYDROGENICZNYCH

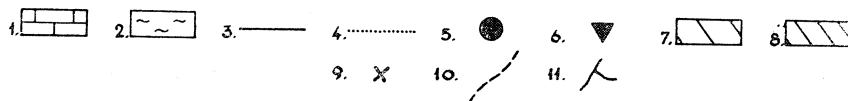
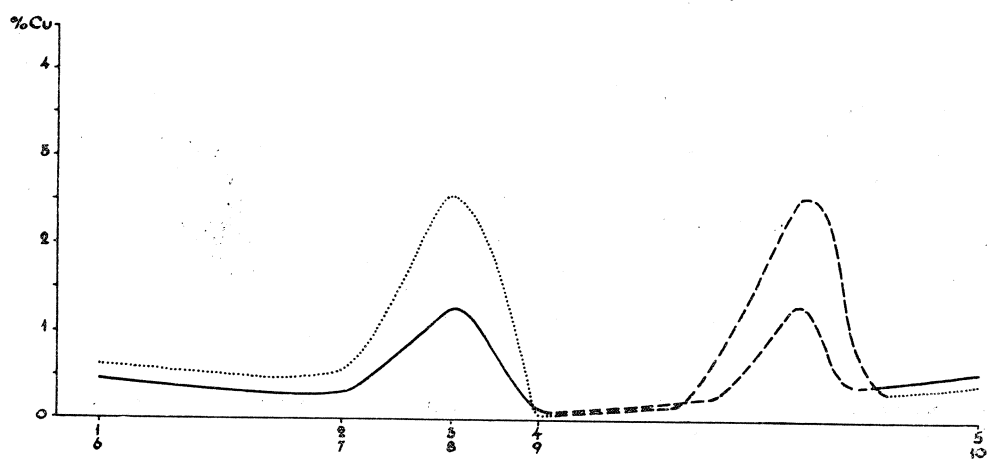
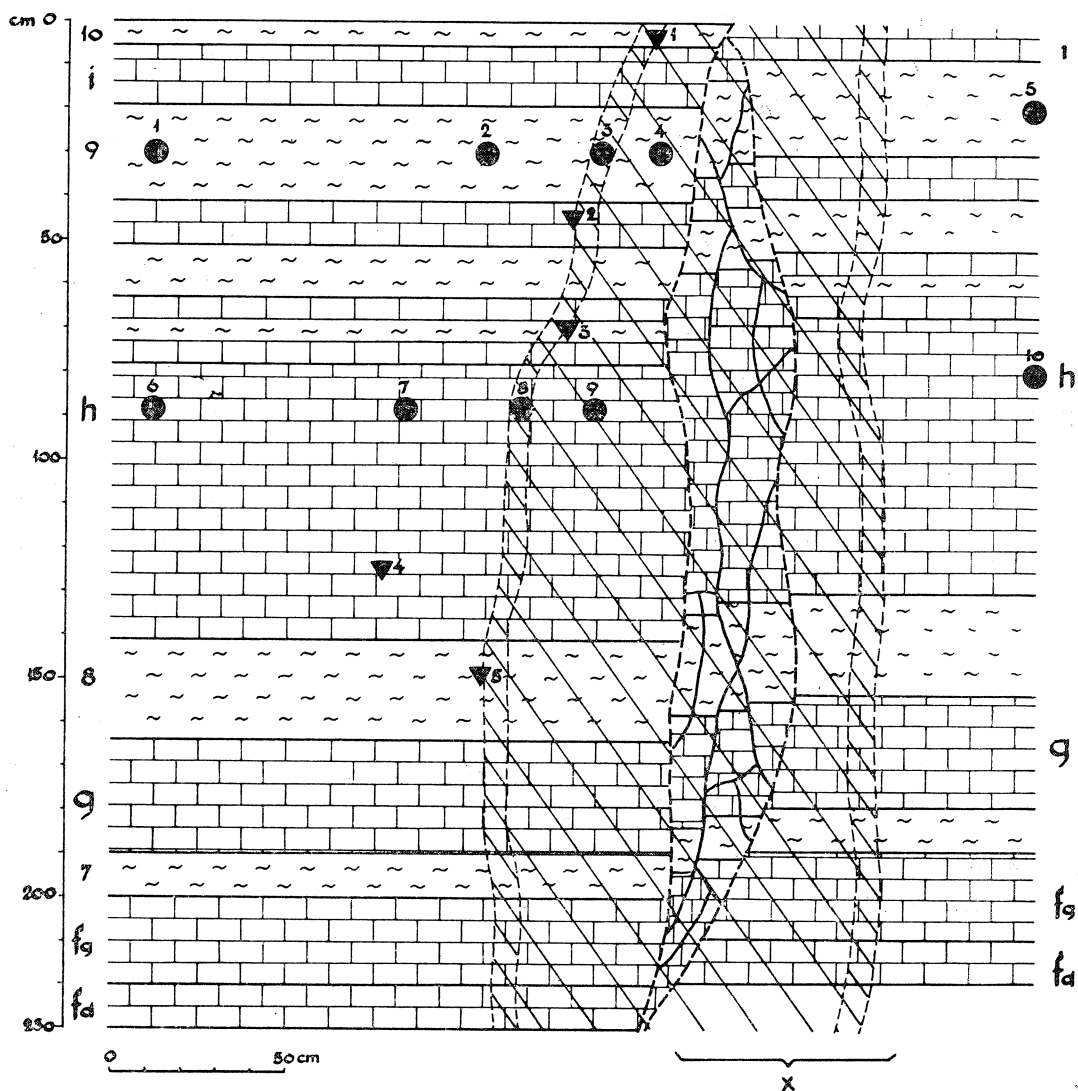
Na badanym odcinku złoża (fig. 1) jego profil litologiczny obejmuje warstwy wapieni marglistych oznaczone zgodnie z nomenklaturą kopalnianą literami od „f” do „i” oraz warstwy margli oznaczone cyframi od „6” do „10” (fig. 2A). Wymienione warstwy przecina uskoki o zrzucie 25 cm (fig. 2 i 3). Po obu jego stronach skały są barwy czerwonej w pasach szerokości około 25 cm, przebiegających prawie równoległe do po-

Fig. 2. Przekrój geologiczny badanego wycinka wyrobiska górniczego (A) i szkic całego wyrobiska górniczego z naniesionymi ważniejszymi zaburzeniami tektonicznymi (B). A: 1 — margle; 2 — wapienie margliste; 3 — zawartość Cu; 4 — uskoki o rzucie 25 cm; 5 — wnęka wiertnicza — obszar szczegółowych badań; B: 1 — obszar badań; 2 — uskoki; 3 — spękania

Fig. 2. Geologic cross-section of part of excavation investigated (A) and sketch of whole excavation showing main tectonic disturbances (B) A: 1 — marl; 2 — marly limestone; 3 — Cu content; 4 — small fault (fault throw = 25 cm); 5 — drilling recess — area of detailed investigations; B: 1 — investigated area; 2 — faults; 3 — joints

SWW

NEE



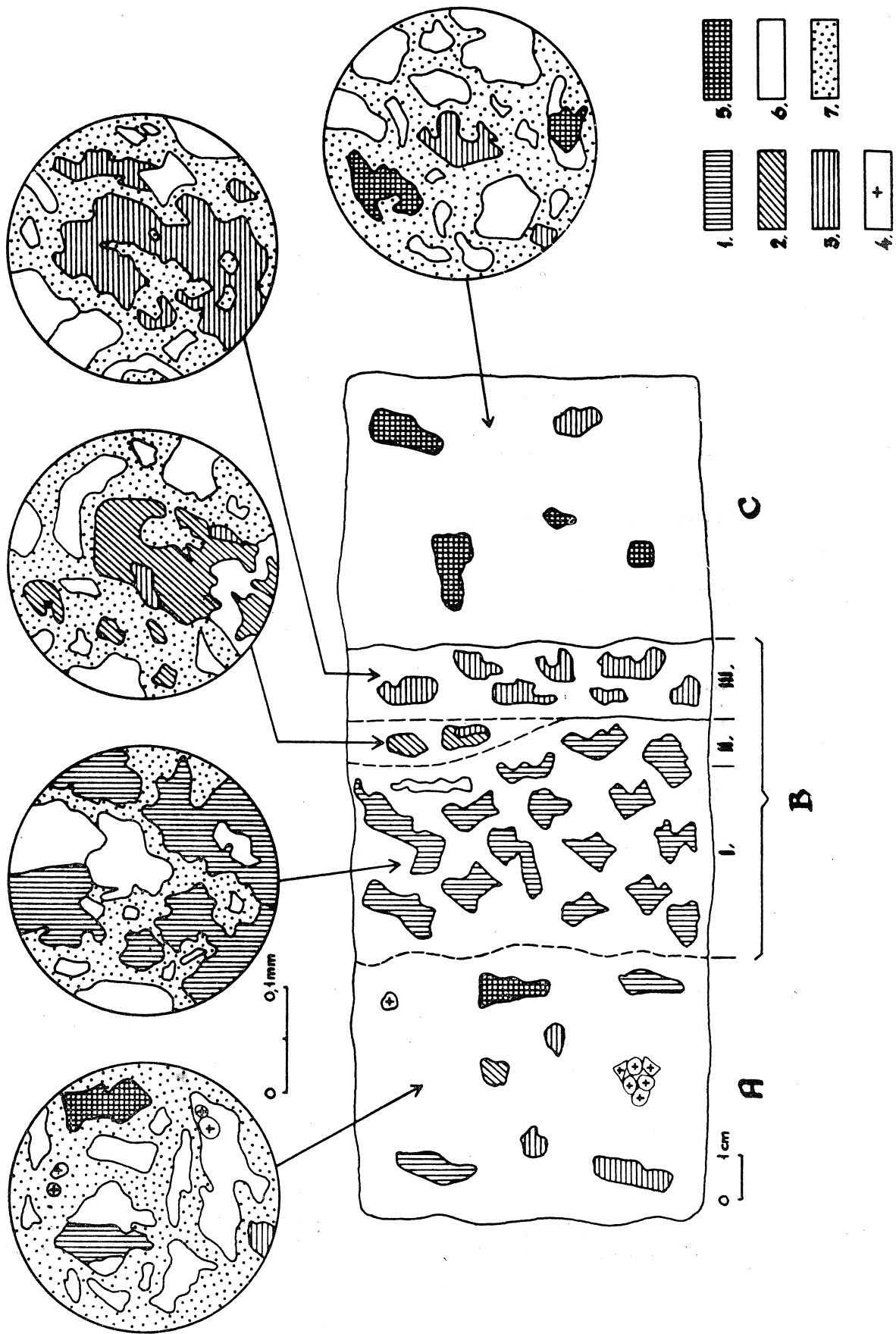
wierzchni uskokowej. Z kolei, również symetrycznie występują dwa pasy szerokości około 5 cm skał barwy „zielonej”, które oddzielają skały czerwone od skał szarych, tj. skały złoza nie zmienionego. Pas skał „zielonych” był dobrze odsłonięty po SWW stronie uskoku (fig. 3, tabl. I i tabl. II, fig. 1). Natomiast po stronie NEE obserwowano w niewielkim „oknie” (tabl. IV), w prawym ociosie wnęki wiertniczej za pasem skał czerwonych skały szare, a na ich kontakcie kilkucentymetrowy pas skał „zielonych”. Fakt ten był podstawą wykreślenia na załączonym rysunku (fig. 3) przypuszczalnego przebiegu pasa skał „zielonych” na NEE od uskoku. Ze względu na obudowę górniczą nie można było przeprowadzić w tej części złoza dokładniejszych obserwacji i pobrać prób. Granice między barwnymi pasami są ostre, co widać dobrze w przodku wnęki (tabl. I), a zwłaszcza w jej stropie zbudowanym z wapienia marglistego (tabl. III, fig. 1, 2). Mniej ostro granice te zaznaczają się w warstwach margli o teksturze równolegle warstwowanej (łupkowej), gdyż wtedy zabarwienie np. „zielone” wnika nieregularnie w głąb margli, wzdłuż płaszczyzn warstwowania (tabl. II, fig. 1). W pobliżu uskoku skały są silnie spękanе i przemieszczone (fig. 3). Niektóre szczeliny spękań wypełnia kalcyt (tabl. II, fig. 2). Z powyższego opisu wynika, że na badanym odcinku w złożu „Lena” można wyróżnić ze względu na barwę skały czerwone, skały „zielone” (barwę taką mają one tylko na powierzchniach utlenionych, a na świeżym przełamie są szare) i skały szare.

Badania chemiczne wykazały, że zawartość miedzi w skałach czerwonych wyraźnie zmalała (do około 0,1%) w stosunku do zawartości miedzi w skałach szarych (złoże nie zmienione, około 0,6% Cu), natomiast zawartość miedzi znacznie wzrasta w skałach „zielonych” (do około 2%). Tak znaczny wzrost miedzi w skałach „zielonych” jest wynikiem procesów chemicznych, które spowodowały przemieszczanie się miedzi ze strefy skał czerwonych do strefy skał „zielonych”. Zmianami tymi objęte zostały warstwy wapieni marglistych i margli z zachowaniem odpowiednich proporcji ilościowych (fig. 3 — wykres).

Badania mikroskopowe skał czerwonych w świetle odbitym wykazały, że minerały węglanowe i ilasto-węglanowe (matrix) są zabarwione na kolor czerwony. Barwa ta pochodzi najprawdopodobniej od rozproszonych

Fig. 3. Schematyczny rysunek badanej wnęki wiertniczej. 1 — wapienie margliste; 2 — margle; 3 — krzywa zawartości Cu w wapieniach marglistych; 4 — krzywa zawartości Cu w marglach; 5 — miejsca pobrania prób do analizy na zawartość Cu; 6 — miejsca pobrania prób, z których wykonano szlify polerowane; 7 — strefa cementacji (skały „zielone”); 8 — strefa utlenienia (skały czerwone); 9 — część wyrobiska zasłonięta obudową górniczą; 10 — ślad powierzchni uskokowej; 11 — spękania

Fig. 3. Schematic drawing of the drilling recess. 1 — marly limestone; 2 — marl; 3 — Cu-content in marly limestone; 4 — Cu-content in marl; 5 — sampling stations for Cu analyses; 6 — sampling stations for polished samples; 7 — cementation zone („green” rocks); 8 — oxidation zone (red rocks); 9 — covered part of excavation; 10 — fault surface; 11 — joints



submikroskopowych ziarenek hematytu. Z siarczków stwierdzono pojedyncze ziarna chalkopiryty. Nadto występują nieliczne pseudomorfozy getytu i lepidokrokitu (?) po pirycie, rzadziej po chalkopirycie. Getyt i lepidokrokite (?) identyfikowano tylko metodami optycznymi w świetle odbitym. Pierwszy z nich miał charakterystyczne dla niego cechy optyczne, natomiast drugi wyróżniał się nieco jaśniejszą barwą i czerwonymi refleksami wewnętrznymi. Występował on tylko w kilku pojedynczych ziarnach. W skałach „zielonych” badania te nie wykazały czerwonego zabarwienia minerałów węglanowych i ilasto-węglanowych. Stwierdzono natomiast występowanie znacznych ilości ksenomorficznych ziarn chalkopiryty, chalkozytu i bornitu. Tworzą one zrosty z sobą i z minerałami węglanowymi. Niekiedy forma zrostów wskazuje na wypieranie węglanów przez siarczki, rzadziej siarczków przez siarczki np. bornitu przez chalkopiryt. Rozmieszczenie wymienionych siarczków miedzi w pasie skał „zielonych” wykazuje wyraźną strefowość (fig. 4). Na kontakcie ze skałami czerwonymi występuje strefa chalkopirytowa zbudowana, jeśli chodzi o kruszce, tylko z ziarn tego minerału. Jej szerokość wynosi kilka, wyjątkowo kilkanaście milimetrów, a granice są wyraźne, gdy bierze się pod uwagę występowanie kruszców. Strefę chalkozynową, szerokości około 4 cm budują, jeśli chodzi o kruszce, prawie wyłącznie ziarna chalkozynu. Jej kontakt ze strefą chalkopirytową jest wyraźny, natomiast ze skałami szarymi niewyraźny. Miejscami na granicy strefy chalkopirytowej i chalkozynowej występują ziarna bornitu i chalkopiryty tworzące soczewkowate skupiska wydłużone zgodnie z przebiegiem stref kruszczowych (fig. 4). Opisana strefowość występowania kruszców w obrębie pasa skał „zielonych” była wielokrotnie obserwowana w badanych szlifach polerowanych. W skałach szarych stwierdzono chalkozyn, chalkopiryt i sporadycznie bornit, lecz w ilościach znacznie mniejszych niż w skałach „zielonych”. Nadto w skałach szarych występuje piryt, który nie występował w skałach czerwonych i „zielonych”. Ziarna pirytu są drobne, hipidiomorficzne lub idiomorficzne i z reguły rozproszone w skale.

Wyżej przedstawione wyniki badań chemicznych i mineralogicznych wskazują, że stwierdzone w złożu „Lena” pionowe pasy skał czerwonych

Fig. 4. Schemat strefowości kruszczowej w pasie cementacji wraz z uproszczonymi rysunkami obrazów mikroskopowych rudy. A — skała szara; B — skała „zielona”: I — strefa chalkozynowa, II — strefa bornitowa, III — strefa chalkopirytowa; C — skała czerwona: 1 — chalkozyn, 2 — bornit, 3 — chalkopiryt, 4 — piryt, 5 — getyt, 6 — minerały przezroczyste (węglany), 7 — matrix (ilasto-węglanowe) Uwaga: zarysy minerałów kruszczowych na schemacie są znacznie powiększone i ilustrują tylko ich względne zagęszczenie w skale szarej (A), „zielonej” (B) i czerwonej (C)

Fig. 4. Scheme of ore zonation in the cementation zone with schematic diagrams of thin sections from ore deposit. A — grey rock; B — „green” rock: I — chalcocite zone, II — bornite zone, III — chalcopyrite zone; C — red rock: 1 — chalcocite; 2 — bornite; 3 — chalcopyrite; 4 — pyrite; 5 — goethite; 6 — transparent minerals (carbonates); 7 — matrix (clayey-calcareous)

Attention: ore minerals in the scheme are much enlarged and illustrate only their relative density in the grey (A), „green” (B), and red rock (C)

i „zielonych”, występujące symetrycznie po obu stronach uskoku, są strefami utlenienia (skały czerwone) i cementacji (skały „zielone”). Powstanie tych stref należy wiązać z wnikaniem wód descenzyjnych szczelinami wzdłuż uskoku w głąb złoża. Wody te musiały być zasobne w tlen i spowodowały utlenienie siarczków. Procesowi temu towarzyszy powstawanie między innymi H_2SO_4 , który rozpuszczając się w wodzie powoduje wzrost pH, a tym samym również wzrost Eh środowiska. W tych warunkach dochodzi do utlenienia Fe^{++} do Fe^{+++} i powstania pigmentu hematytowego, który barwi skały strefy utlenienia na czerwono. W wyniku procesów utleniających zostają uwolnione kationy miedzi, które wędrują w kierunku ich mniejszego stężenia, tj. w kierunku strefy pierwotnej (skał szarych). Na kontakcie strefy utlenienia z strefą pierwotną (redukcyjną) istnieje dość nagle zmiana środowiska chemicznego, tzw. bariera geochemiczna według A. I. Perelmana (1972). Tutaj dochodzi do strącania się siarczków miedzi i do powstania strefy cementacji (pas skał „zielonych”). Strącanie się siarczków zachodziło zgodnie z szeregiem: chalkopiryt — bornit — chalkozyn i uwarunkowało opisaną strefowość w obrębie pasa cementacji (P. Ramdohr, 1960). Przedstawiona powyżej interpretacja geochemiczna stwierdzonych zmian hydrogenicznych w złożu „Lena” jest ogólnie biorąc zgodna z diagramem stabilności faz mineralnych w zależności od Eh i pH dla systemu $\text{Cu—Fe—H}_2\text{O—H}_2\text{S—CO}_2$ (J. Serkies, F. Łętkowski, J. Niemiec, 1966).

UWAGI KOŃCOWE

Zgodnie z genetyczną klasyfikacją procesów hipergenicznych A. E. Fersmanna (A. Saukow, 1953) stwierdzone w złożu „Lena” zmiany w mineralizacji kruszcowej są wynikiem hydrogenozy.

Wody descenzyjne wnikając szczelinami wzdłuż uskoku w głąb złoża powodowały zarazem horyzontalną infiltrację (wsiakanie) wód w skały miedzionośne. Te ostatnie wody wywołały przeobrażenia hydrogeniczne prowadzące do powstania stref utlenienia i cementacji, które przebiegają pionowo i symetrycznie po obu stronach uskoku (fig. 3). Wyraźne i równoległe do siebie granice opisanych stref wskazują, że infiltracja wód była powolna i równomierna. Procesy geochemiczne w tych strefach zachodziły także powoli i równomiernie, o czym świadczy regularne wykształcenie stref kruszczowych — chalkopirytowej, bornitowej i chalkozynowej, w obrębie pasa cementacji (fig. 4). Procesy te nie wywołały żadnych istotnych zmian wśród minerałów węglanowych (przezroczystych) i ilasto-węglanowych (matrix) ani też zmian strukturalnych i teksturalnych w skałach miedzionośnych.

Opisane strefy utlenienia i cementacji mają przebieg pionowy, gdyż są związane z wodami szczelinowymi, a nie z poziomem wód gruntowych,

który warunkuje powstanie podobnych stref w klasycznych profilach wietrzenia złóż kruszczowych. Inną zasadniczą różnicą między klasycznymi i opisanymi strefami hydrogenicznymi są u tych ostatnich wyraźne granice oraz regularna strefowość kruszczowa w obrębie pasa cementacji. Świadczy to, że procesy geochemiczne w opisywanych strefach utlenienia i cementacji przebiegały równomiernie i zostały zakończone. Natomiast brak różnic strukturalnych i teksturalnych między skałami strefy pierwotnej a skałami strefy cementacji i utlenienia wskazuje, że strefa wzbogacona w kruszce miedzi (strefa cementacji) nie jest żyłą typu sekrecyjno-katagenicznego.

W złożu „Lena” kilkakrotnie obserwowano czerwone zabarwienie skał miedzionośnych, tj. strefy utlenienia, występujące symetrycznie po obu stronach linii uskoku lub większych spękań przecinających złożę, lecz nie zaobserwowano w sąsiedztwie skał „zielonych”, tj. stref cementacji. Strefy te prawdopodobnie występowały, lecz nie ujawniły się zielonym zabarwieniem, gdyż nie było warunków na utlenienie się siarczków miedzi. Wymienione strefy utlenienia stwierdzano bowiem w przodkach czynnych wyrobisk górniczych.

Opisana strefowość kruszczowa w pasie cementacji wykazuje duże podobieństwo do podobnej strefowości, stwierdzanej na małą skalę wokół niektórych czerwonych plam występujących w spągu złoża.

W innych osadowych złożach miedzi obszaru sudeckiego i przed-sudeckiego stwierdzano niejednokrotnie podwyższone zawartości miedzi w sąsiedztwie uskoku. Przyczyną tego zjawiska mogły być procesy hydrogeniczne.

Uniwersytet Wrocławski
Instytut Nauk Geologicznych
Zakłady Górnicze „Konrad”
Iwiny, k. Bolesławca

WYKAZ LITERATURY REFERENCES

- Gunia T. (1962), Cechsztyń synkliny leszczyńskiej. *Biul. IG*, 173, s. 57—99, Warszawa.
- Juroszek C. (1961), Przypowierzchniowe intruzje bazaltowe w północnowschodniej części synkliny leszczyńskiej. *Zesz. Nauk. Uniw. Wrocł.*, Seria B, 6, *Nauka o Ziemi* III, p. 87—93, Warszawa—Wrocław.
- Perelmann A. J. (1972), *Geochemie epigenetischer Prozesse (Die hypergene Zone)*, Akademie—Verlag, Berlin.
- Ramdohr P. (1960), *Die Erzminerale und ihre Verwachsungen*. Akademie—Verlag, Berlin.
- Saukow A. (1953), *Geochemia*, W. G., Warszawa.
- Serkies J., Łętkowski F., Niemiec J. (1966), Application of the potential-

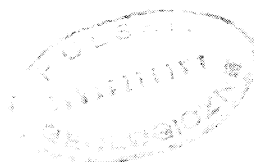
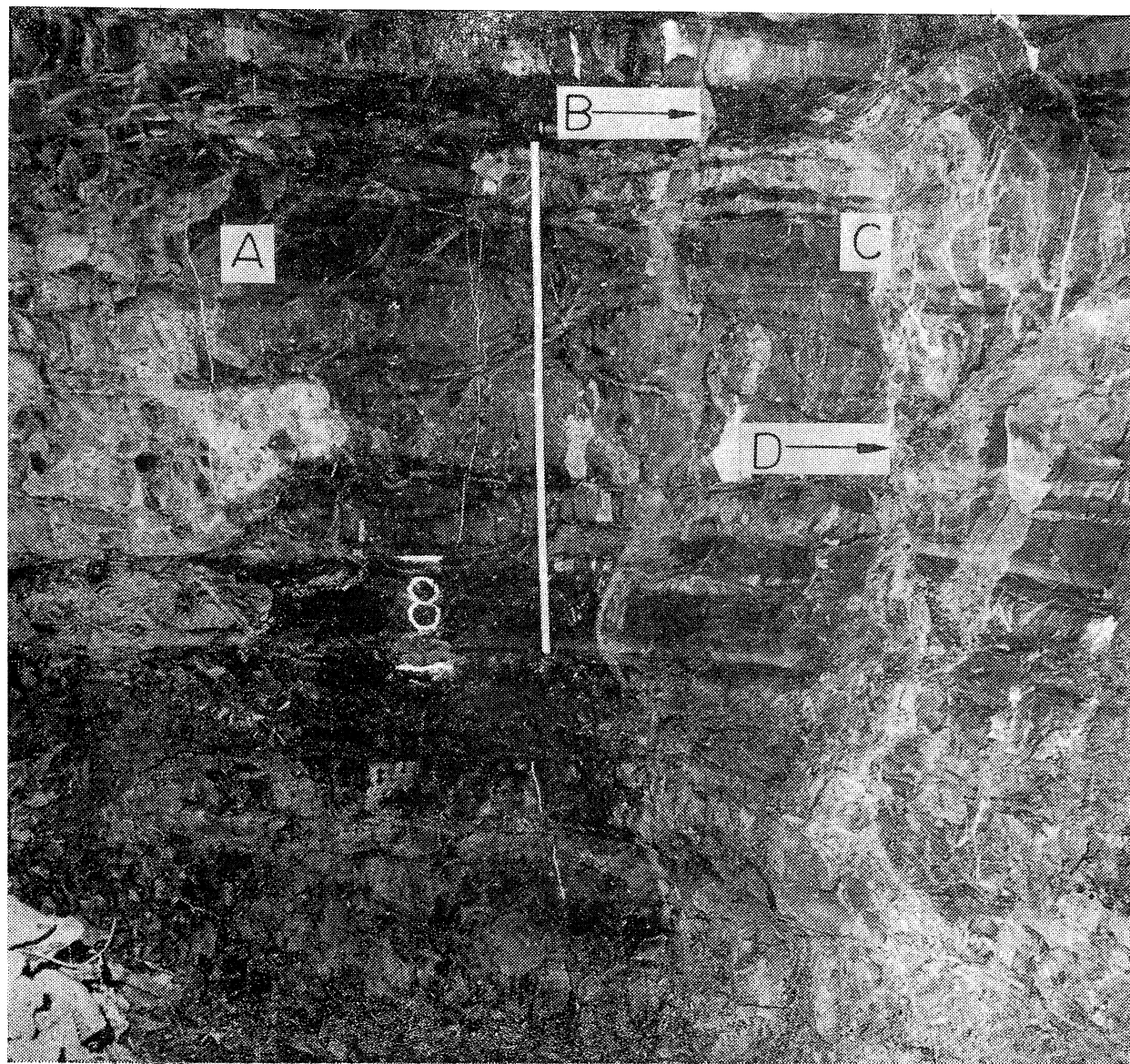
pH diagrams to characteristics of some Zechstein copper deposits. *Econ. Geol.*, 61, p. 1266—1271.

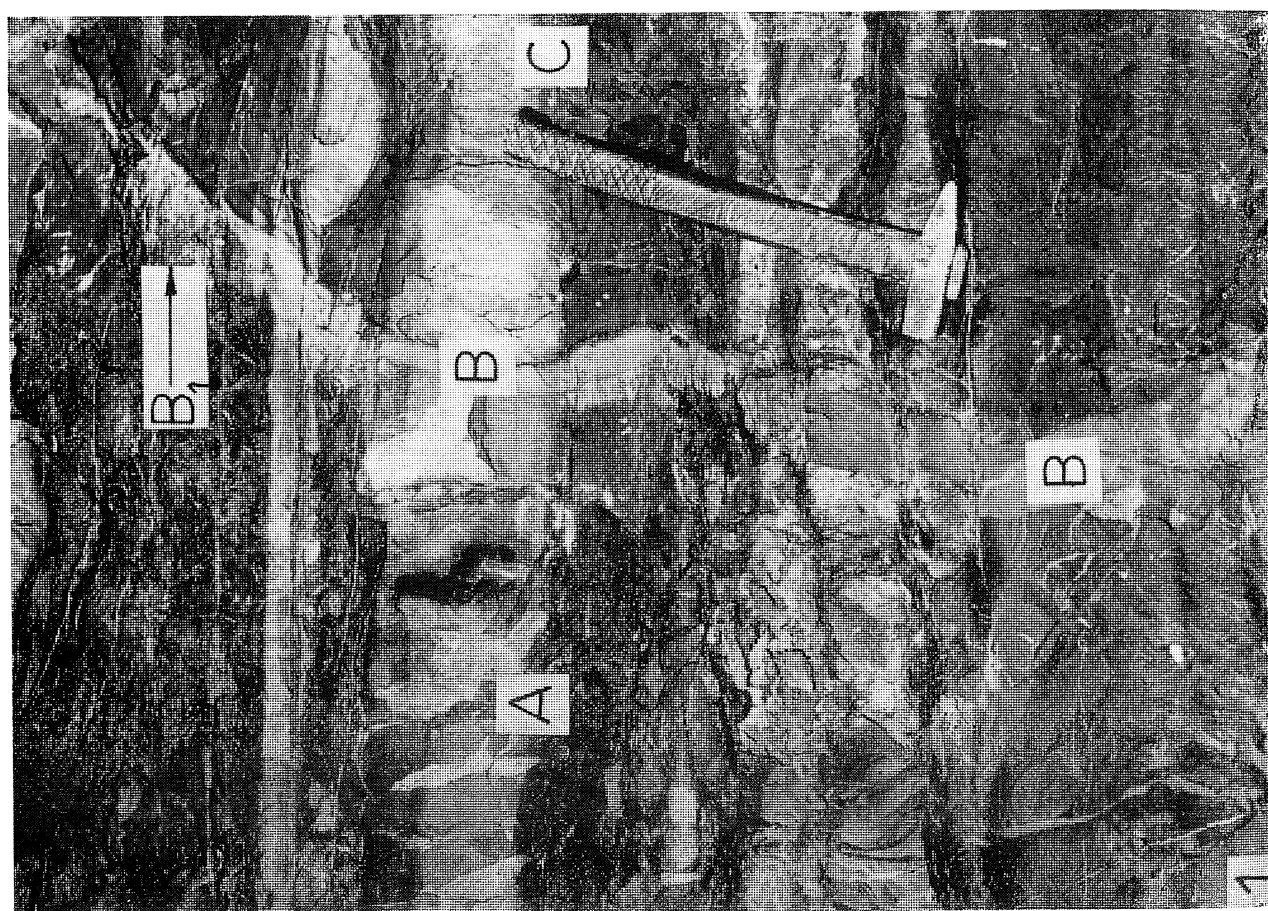
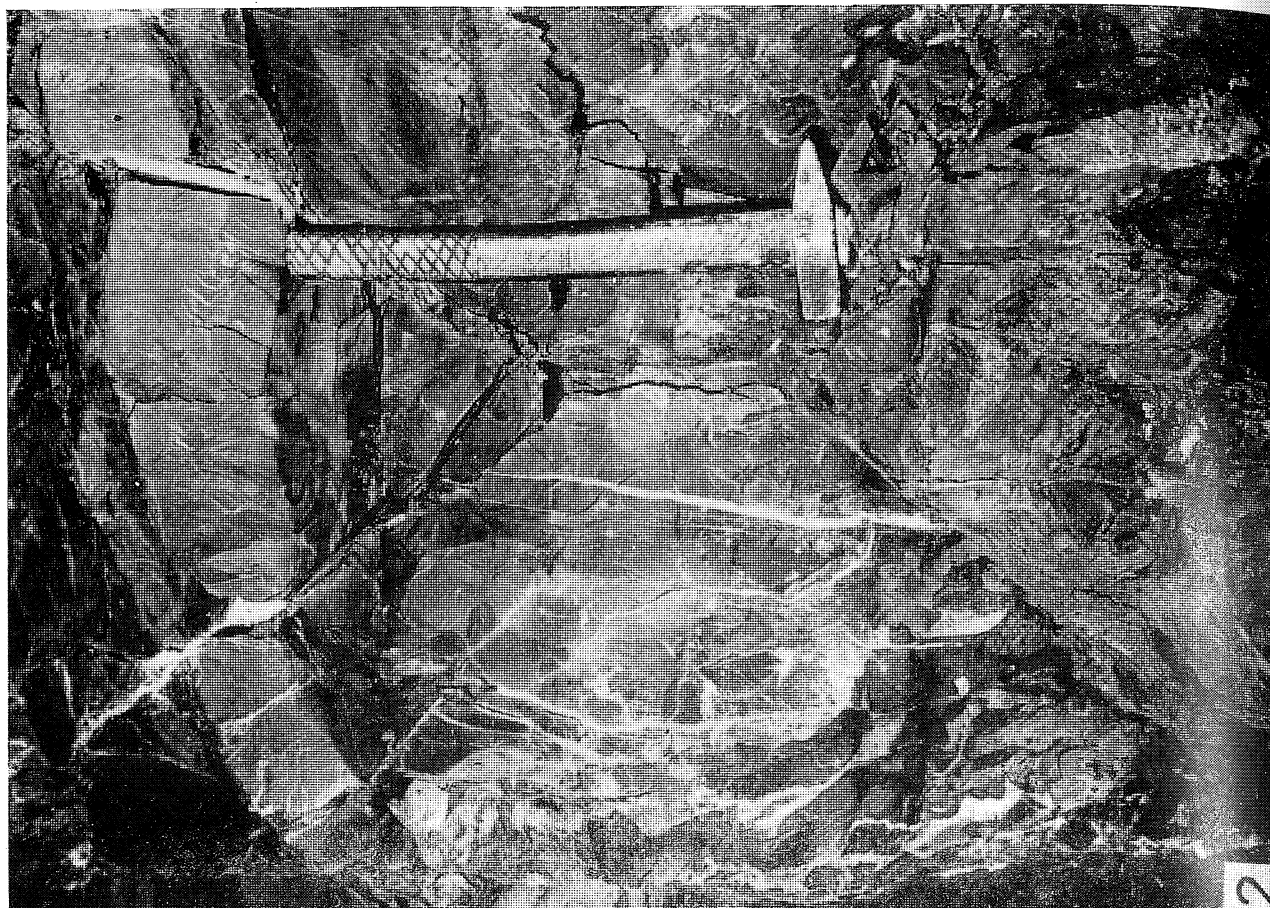
Skowronek C. (1967), Zagadnienie środkowego cechsztynu w rejonie Leszczyna—Wilków na Dolnym Śląsku. *Prz. geol.* 7, p. 330—332, Warszawa.

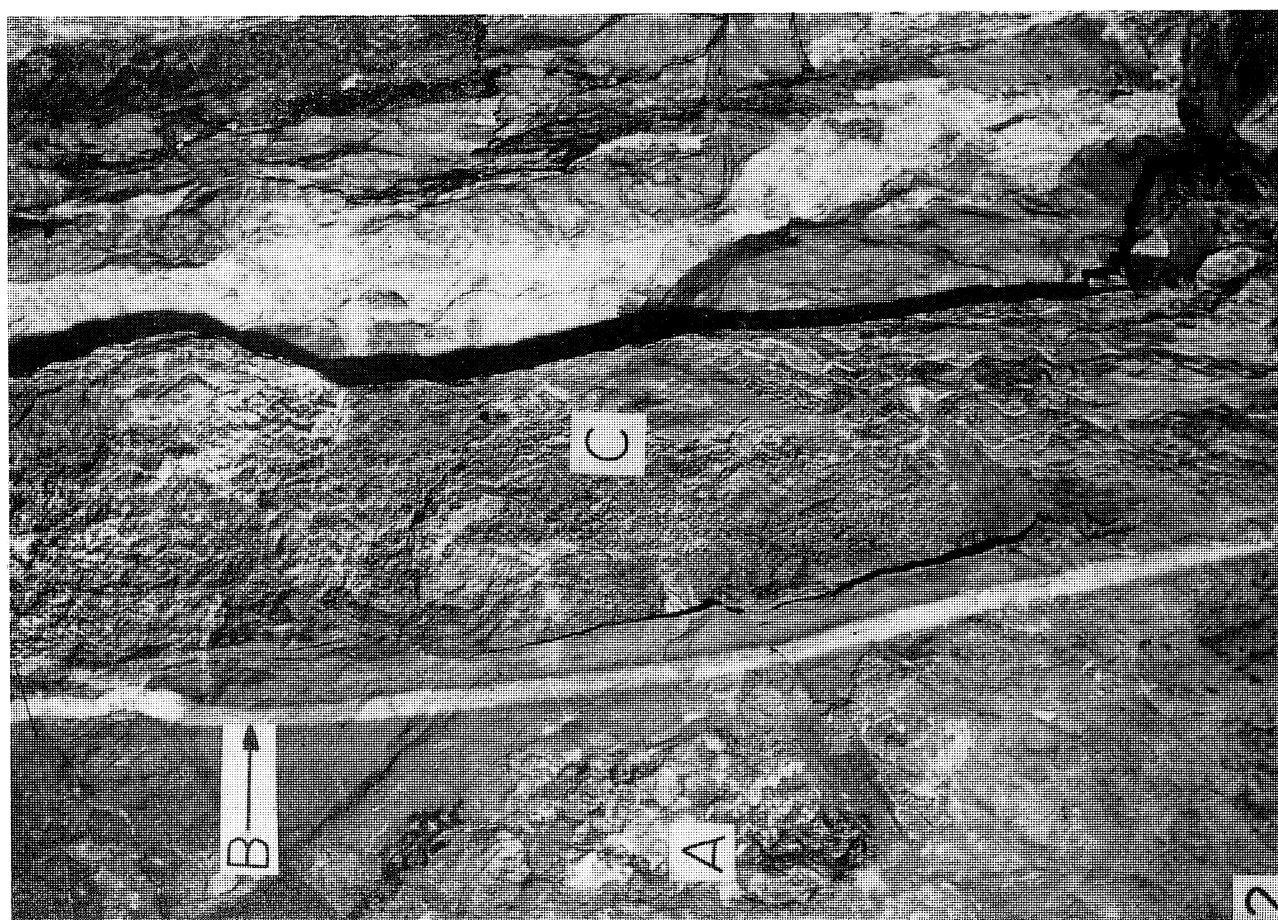
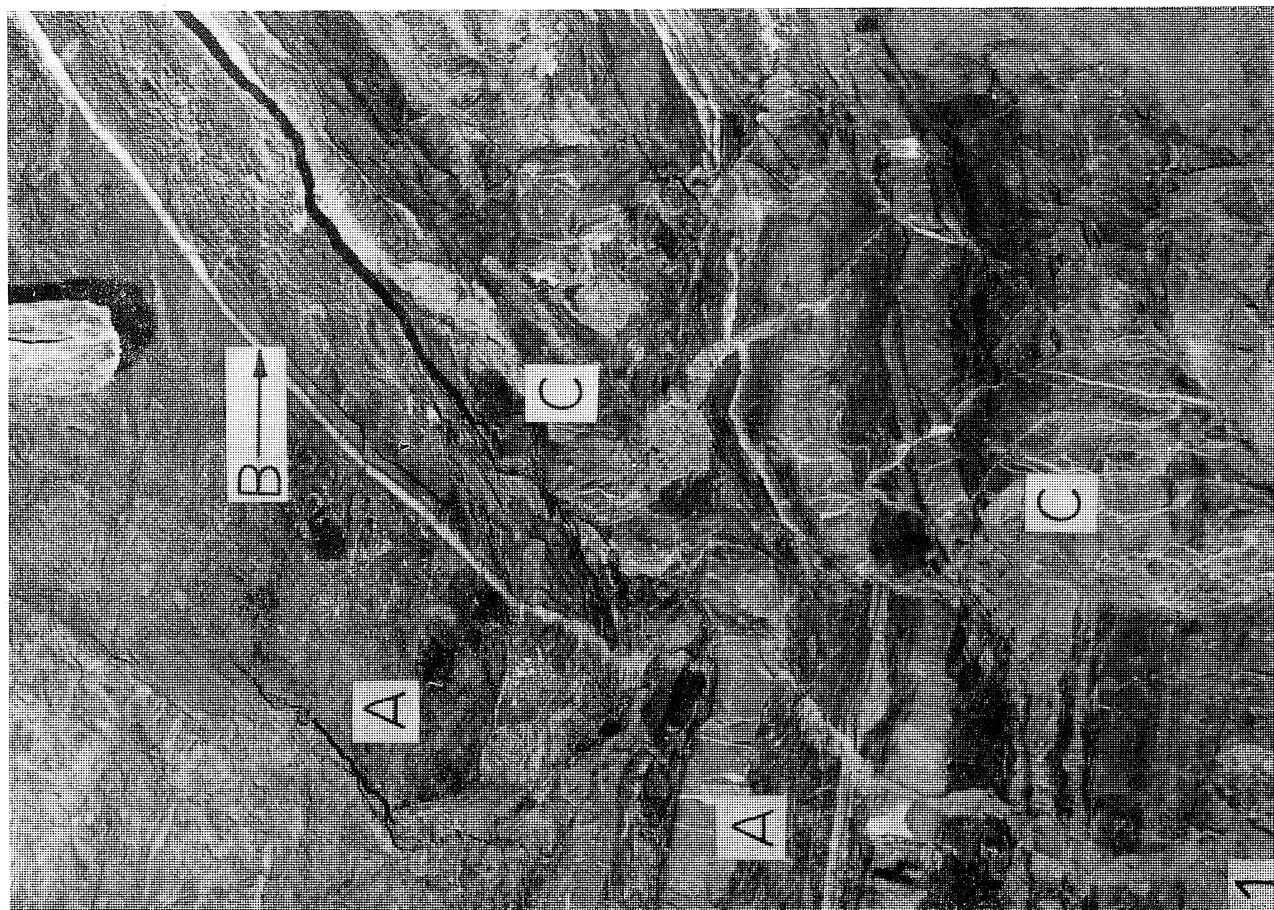
SUMMARY

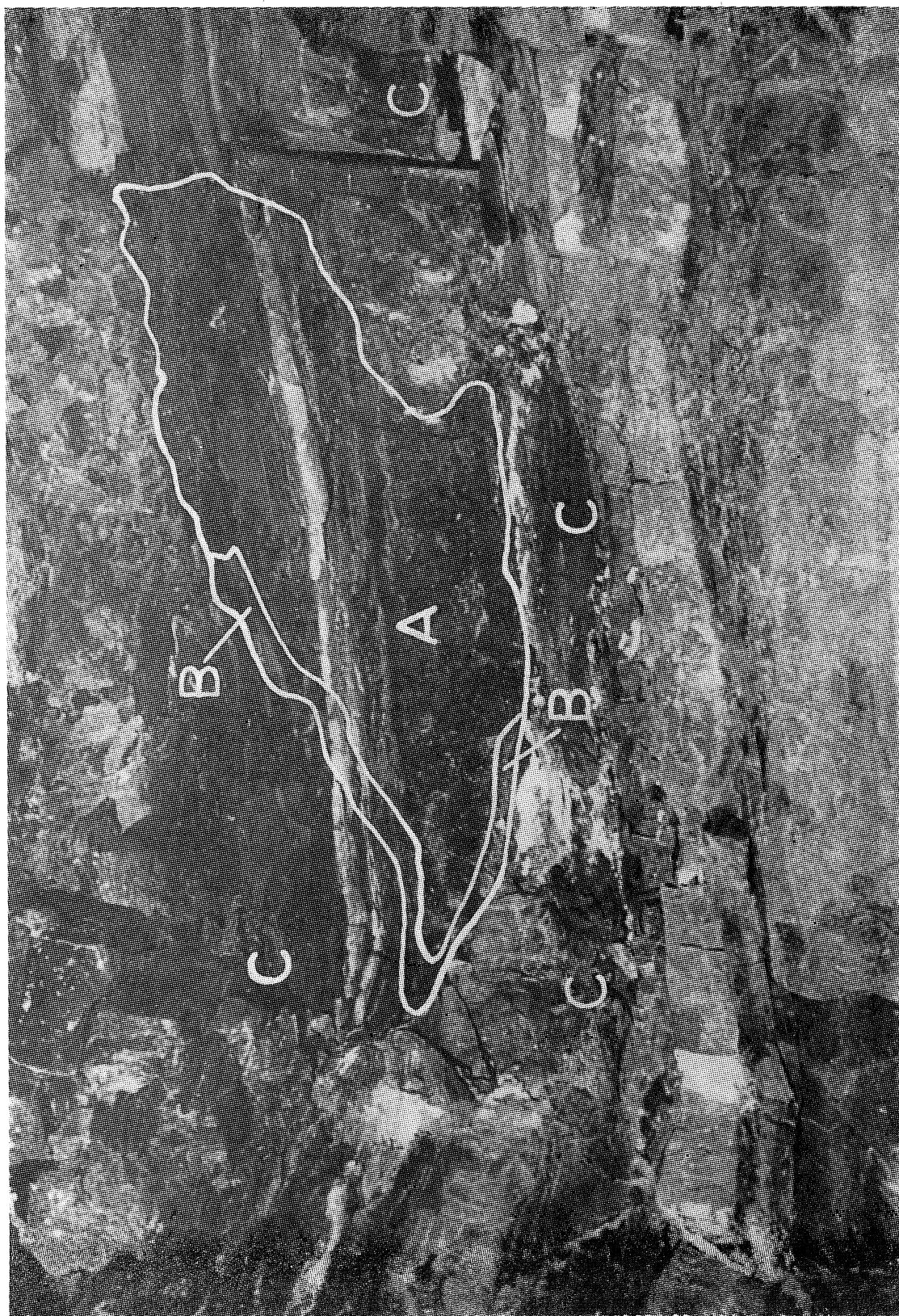
The copper deposits of the Lena Mine lie in the eastern part of the Leszczyna syncline which incorporates metamorphosed Old Paleozoic rocks and Permian-Mesozoic sedimentary rocks (Fig. 1). The deposits in question comprise alternating beds of marly limestone and marl of the Lower Zechstein age. The main ore minerals include chalcocite, bornite, chalcopyrite, and pyrite. These occur in minute xenomorphic and hypidiomorphic grains. Generally, the copper content is higher in the marls than in the marly limestones (the former are nearly 50 per cent richer in copper than limestones, Fig. 2). The area studied is cut by numerous faults trending generally NW—SE and the rocks are intensely jointed (Fig. 1 and 2B).

In the study area (Fig. 1 and 2) rocks are coloured red along the plane of a small fault. The zones of reddened rocks are up to 25 cm in width. It has been also found that the zones are vertical and trend almost parallel to the fault plane. Outside the red zones there occur zones of „green” rocks up to 5 cm wide (these are grey on fresh surfaces but become green if oxidized). The unaltered deposits are also grey. The zones are rather sharply defined, owing to distinct changes in colour (Fig. 3, Pl. I and III). However, the boundary between the zones becomes less distinct in parallel layered marls (Pl. II, Fig. 1). Near the fault, rocks are strongly jointed and displaced, some fissures being infilled by calcite (Pl. II, Fig. 2). Chemical investigations have demonstrated that the copper content diminished in the red rocks (which contain about 0.1 per cent Cu) in relation to grey rocks (unaltered rocks contain about 0.6 per cent Cu). On the other hand, the amounts of copper increased considerably in „green” rocks (up to about 2.0 per cent). The increase in copper content resulted from the migration of copper from the red to the „green” rocks. The changes affected to varying degree both the marly limestones and the marls (Fig. 3). The microscopic investigations of red rocks have demonstrated that they contain only scattered grains of chalcopyrite as the only sulphide mineral. They also contain scarce pseudomorphs of goethite and lepidocrocite (?), mainly after pyrite. Moreover, carbonate minerals as well as clayey-carbonaceous matrix are stained red, most likely by submicroscopic grains of hematite. In the „green” rocks carbonate minerals do not exhibit any red colouring. These rocks, on the other hand, are characterized by a significant increase in abundance of xenomorphic









grains of chalcopyrite, chalcocite, and bornite. The minerals show a distinct zonal distribution, parallel to the boundaries of the zone of „green” rocks (Fig. 4). In the grey rocks (unaltered), chalcocite and chalcopyrite are accompanied by pyrite, the last mineral being unknown from both red- and „green” rocks.

The investigations suggest that the belts of red and „green” rocks are in fact zones of oxidation and cementation which owe their origin to hypergenetic processes. In accordance with the genetic classification of such processes by A. E. Fersmann (A. Saukow, 1953) the modifications in ore mineralization found in these copper deposits resulted from hydrogenic processes. Descending waters penetrated the deposit along fault planes and at the same time resulted in horizontal infiltration into copper-bearing rocks. This caused hydrogenic changes in the deposits, which in turn resulted in the formation of oxidation and cementation zones. These developed symmetrically along both walls of the fault and parallel to it (Fig. 3). The parallel disposition of the zones, sharply defined boundaries between them as well as the regular zonation of ore minerals all suggest that the processes of infiltration and geochemical modification were accomplished slowly and uniformly. On the other hand, the processes caused neither essential changes in composition of carbonates and clayey carbonaceous matrix nor in structure and texture of the copper-bearing rocks.

Translated by A. K. Teisseyre

*University of Wrocław, Institute of Geology
50-205 Wrocław, ul. Cybulskiego 30 (J. Niškiewicz)
Copper Mine „Konrad”
59-721 Iwiny k. Bolesławca (C. Skowronek)*

Tablica — Plate I

Widok ogólny przodka wnętrza wiertniczej: A — strefa pierwotna (skały szare), B — strefa cementacji (skały „zielone”), C — strefa utlenienia (skały czerwone), D — ślad powierzchni uskokuwej (zrzut lewej strony — 25 cm). Białe linie o ogólnym przebiegu pionowym to żyły kalcytowe różnej grubości. Strefy A, B i C mają przebieg pionowy, a linie graniczne są w zasadzie równoległe do śladu powierzchni uskokuwej (porównaj schemat na fig. 3). Długość calówki wynosi 1 m

General view of working end of drilling recess: A — primary zone (grey rocks), B — cementation zone („green” rocks), C — oxidation zone (red rocks), D — fault surface (left side thrown 25 cm). White lines trending vertically are veins of calcite. The A-, B-, and C-zone trend vertically and lines separating them are essentially parallel to the fault (comp. Figure 3). The rule is a metre long

Tablica — Plate II

Fig. 1. Fragment przodka wnętrza wiertniczej: A — strefa pierwotna; B — strefa cementacji; B₁ — wnikanie strefy cementacji w strefę pierwotną wzdłuż powierzchni uwarstwienia margli; C — strefa utlenienia.



- Fig. 1. Fragment of working end of drilling recess: A — primary zone (grey rocks); B — cementation zone; B₁ — penetration of primary zone by zone of cementation along a bedding surface; C — oxidation zone.
- Fig. 2. Fragment przodka wnętr wiertniczej obejmujący strefę utlenienia z wyraźnie widocznymi zaburzeniami tektonicznymi i żyłami kalcytowymi. Długość młotka wynosi 30 cm
- Fig. 2. Fragment of working end of drilling recess showing oxidation zone, tectonic disturbances and calcite veins. The hammer is 30 cm long.

Tablica — Plate III

- Fig. 1. Fragment przedstawiający stropową część przodka wnętr wiertniczej i jej strop: A — strefa pierwotna; B — strefa cementacji; C — strefa utlenienia. Białe są żyły i nacieki kalcytowe, a czarne — pęknięcia i małe przemieszczenia skał
- Fig. 1. Showing top portion of working end of drilling recess: A — primary zone; B — cementation zone; C — oxidation zone. White are veins and infiltrations of calcite, black — joints and small fault
- Fig. 2. Fragment stropu wnętr wiertniczej z bardzo wyraźnie wykształconą strefą cementacji (B) miąższości 5 cm; A — strefa pierwotna; C — strefa utlenienia. Białe są żyły i nacieki kalcytowe, a czarne — pęknięcie i małe przemieszczenie skał
- Fig. 2. Detail of top surface of drilling recess with very well developed cementation zone (5 cm thick, B); A — primary zone; C — oxidation zone. White are veins and infiltrations of calcite, black — joints and a small fault

Tablica — Plate IV

Odsłonięty fragment strefy pierwotnej (skał szarych) w prawym ociosie wnętr wiertniczej, na NEE od uskoku. Odstępy między kreskami podziałki na młotku wynoszą 5 cm; A — strefa pierwotna; B — strefa cementacji; C — strefa utlenienia. Granice stref wkreślono na podstawie kolorowego zdjęcia pozytywowego (diapozytywu)

Showing portion of primary zone (grey rocks) in the right side fall of the drilling recess (located NEE of the fault). 5-cm scale on the hammer handle; A — primary zone; B — cementation zone; C — oxidation zone. The zones have been delimited using a colour slide