

## PRZESTRZENNE ROZMIESZCZENIE MINERALÓW MIEDZIONOŚNYCH W DOLNOCECHSZTYŃSKICH UTWORACH SYNKLINY BOLESŁAWIECKIEJ

UKD 553.43:551.736.3:552.14:552.512/513+552.541/542:551.243.1+551.243.3(438.26 Bolesławiec — okolice)

Synklina bolesławiecka jest jednym z elementów tektonicznych niecki północnosudeckiej i stanowi jej północne skrzydło. Złoże miedzi występuje w południowo-wschodniej części tej synkliny i związane jest z facją przybrzeżną dolnocechsztyńskiej formacji geologicznej. Formacja ta podścielona jest piaskowcami i zlepieńcami czerwonego spagowca. Złoże pocięte jest licznymi uskokami, ze szczególnym nasileniem w części NW i SE. Część środkowa obejmująca rejon kopalń „Konrad I” i „Konrad II” jest stosunkowo spokojna i wykazuje mało zaburzeń tektonicznych.

Pod względem litologicznym formacja ta została podzielona przez J. Krasonia (3) na następujące poziomy (ryc. 1 A):

- 1) piaskowce i zlepieńce graniczne (średnia miąższość ok. 0,60 m),
- 2) wapień podstawowy (średnia miąższość ok. 0,80 m),
- 3) margle kaczawskie (średnia miąższość ok. 3,10 m),

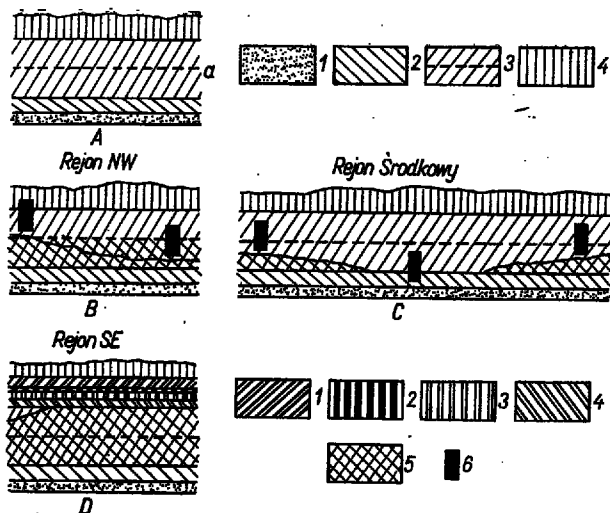
4) wapień marglisty (średnia miąższość ok. 11,70 m),

5) wapień dolomityczny (średnia miąższość ok. 29,00 m).

Okruszczeniem objęte są: margle kaczawskie bez czerwonych, żelazistych plam i smug oraz podrzędnie spągowe partie poziomu wapieni marglistych i seria wapienia podstawowego.

### CHARAKTERYSTYKA GEOLOGICZNA ZŁOŻA

Pierwsza seria utworów, z którymi związane jest złoże, nazywa się wapieniem podstawowym. Miąższość tego poziomu waha się w granicach 0,20—1,40 m i średnio nie przekracza 0,8 m. Występuje on niemal na całym obszarze i składa się z warstw szarych wapieni z brunatnymi lub rdzawymi plamami, z kawernami i szczelinkami wypełnionymi przekrystalizowanym węglanem wapnia. Nad nim zalega następny poziom, tzn. margli kaczawskich o średniej miąższości ok. 3,10 m.



Ryc. 1. Rozpozniomowanie dolnozechsziyńskich utworów miedzionośnych. Interwał bilansowy złoza miedzi.

1 — piaskowce i zlepionce graniczne, 2 — wapień podstawowy, 3 — margle kaczauskie (a — wapień średni), 4 — wapień marglisty (ołowionośny, gerwiliowy); 1 — pokład górny, 2 — wapień środkowy, 3 — pokład dolny, 4 — wapień dolny, 5 — margle kaczauskie z plamami, 6 — interwał bilansowy złoza.

Fig. 1. Subdivision of the Lower Zechstein copper-bearing formations. Payable interval of copper deposit.

1 — boundary sandstones and conglomerates, 2 — basal limestone, 3 — Kaczawa marls (a — intermediate limestone), 4 — marly (lead-bearing, Gervilla) limestones; 1 — upper seam, 2 — middle limestone, 3 — lower seam, 4 — lower limestone, 5 — Kaczawa spotted marls, 6 — payable interval of the deposit.

Margle te wykształcone są w postaci kilkudziesięciu warstw marglistych i jednej lub kilku warstw wapiennych. Miąższość ich jest bardzo różna, na ogół waha się w granicach od kilku milimetrów do kilku centymetrów, aczkolwiek mogą istnieć pewne lokalne odstępstwa.

Warstwy margliste wykazują ciągłość na całym obszarze, natomiast warstwy wapienne wcześniej lub później zanikają, z wyjątkiem jednej, występującej we wszystkich rejonach złoza. Warstwa ta o grubości 2—3 cm mniej więcej w połowie przekroju pionowego przebiega przez serię margli kaczauskich (ryc. 1Aa). Z tego powodu nazwana jest ona wapieniem średnim i ma znaczenie praktyczne w czasie eksploatacji złoza. Wyjątek pod względem budowy stanowi rejon NW złoza, czyli rejon kopalni „Lubichów”, gdzie występują margle bardziej zbite, tak że struktura warstwowa zarysowuje się w nich bardzo słabo. Barwa margli jest szara o różnych odcieniach, aż do czarnej włącznie i pochodzi z rozkładu materii organicznej.

Margle kaczauskie wykazują strukturę afanitową, teksturę wybitnie warstwowaną. Tu i ówdzie spotyka się agregaty hipidiomorficznie lub allotriomorficznie wykształconego kalcytu. Agregatami kalcytu wypełnione są zwykle liczne szczelinki, kawerny i szczątki organiczne. Żyłki kalcytowe są często okruszczone siarczkami miedzi. Więcej przekształconej substancji węglanowej zawierają warstwy wapienne.

W marglach kaczauskich wyróżniamy ogniwo dolne z czerwonymi plamami i smugami żelazistymi oraz górne, bez tych plam i smug (ryc. 1B). Oba ogniwa są litologicznie do siebie podobne i tworzą ten sam poziom stratygraficzny. Używana dotychczas nazwa „margle plamiste” jest czysto umowna i ma wyłącznie znaczenie praktyczne. Czerwone plamy i smugi tlenków żelaza występują niezależnie od uwarstwienia lub poziomu stratygraficznego.

Wysokość zasięgu czerwonych plam jest bardzo zmienna. W niektórych miejscach nie występują one zupełnie (ryc. 1C), w niektórych jak np. w SE części złoza, tzn. w rejonie kopalni „Upadowa Grodziec” (ryc. 1D), nie tylko wypełniają całą miąższość serii marglistej, ale niekiedy przedostają się nawet do spągowych warstw poziomu wapieni marglistych. I tak średnia ich miąższość w części środkowej wynosi 0,8 m, w części NW osiąga 1,5 m, a w części SE zajmują one już całą miąższość serii marglistej.

Górna powierzchnia zasięgu czerwonych plam przebiega zatem falście, a nad nią rozciąga się ogniwo górne, tzw. margli bez plam i smug, które jest siedliskiem złoza miedzi o znaczeniu przemysłowym. W miejscach, gdzie czerwone plamy nie występują okruszczenie obejmuje poziom wapienia podstawowego (ryc. 1C). Tam, gdzie osiągają one strop margli kaczauskich okruszczenie przenosi się wyżej do poziomu wapieni marglistych i lokuje się w ich dolnych partiach (ryc. 1D).

Dolne ogniwo wapieni marglistych (gerwiliowych, ołowionośnych), zbudowane jest z dwóch par naprzemianległych warstw wapiennych i marglisto-wapiennych, których nazwy dla celów praktycznych są następujące (ryc. 1D):

- 1) wapień dolny (średnia miąższość ok. 0,40 m),
- 2) pokład dolny (średnia miąższość ok. 0,40 m),
- 3) wapień środkowy (średnia miąższość ok. 0,20 m),
- 4) pokład górny (średnia miąższość ok. 0,60 m).

Każdy z tych zespołów warstw złożony jest z kilku lub kilkunastu warstewek kilkucentymetrowej grubości. Wapień dolny i środkowy składa się zgodnie z nazwą z serii warstw wapiennych. Zarówno pokład dolny, jak i górny zbudowany jest z naprzemianległych warstewek wapieni i margli.

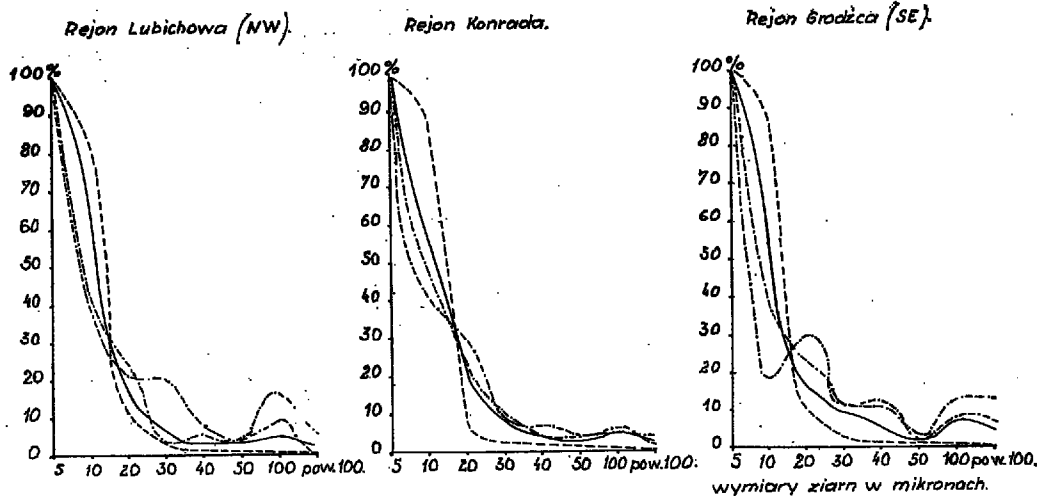
Dolnozechsziyńskie utwory miedzionośne są niepodzielnie opianowane przez faunę brachiopodowo-mszywiolowo-otwornicową i małżową. Najczęściej spotykane są: *Produktus horridus* i *Gervilla*. Otwornice najliczniej reprezentuje *Trochammina pustilla*. Fragmenty jej są często impregnowane siarczkami miedzi.

Omawiane złoże jest typu siarczkowego. Najpoważniejszym reprezentantem tych siarczków jest chalkozyn, następnie bornit, chalkopiryt, piryt miedzionośny, sfaleryt, galena. Dwa ostatnie występują stosunkowo w bardzo małych ilościach. Spotykane są w złożu także minerały wtórnego pochodzenia, w postaci tlenków i węglanów miedzi. Większe ich skupienia zlokalizowane są w strefach ułmienia. Oprócz wymienionych minerałów kruszcowych rozproszone są w złożu drobne wyprysnięcia minerałów rodzimych, srebra i miedzi. Droga analiz chemicznych i spektralnych wyodrębniono jeszcze wiele innych pierwiastków, jak: Mn, Ti, Cd, As, Sb, Cr, Co, Ni, V, Mo, Sn, Bi, Ga, Ge i inne. Nie udało się jednak stwierdzić, czy niektóre z nich występują w związkach chemicznych z innymi pierwiastkami, czy też są one izomorficznie podstawione w sieciach krystalograficznych innych minerałów. W każdym bądź razie występują w ilościach śladowych.

Okruszczenie nie występuje równomiernie w pionie złoza, ale bardzo różnie. Liczne analizy chemiczne przeprowadzone równoległe do analiz mikroskopowych na próbkach bruzdowych wykazały, iż wartości Cu w interwale bilansowym złoza waha się w granicach od kilku dziesiątych procenta do kilku procent. Pewne różnice zachodzą zarówno po rozciągłości, jak i po upadzie złoza.

#### OKRUSZCOWANIE ZŁOZA

Okruszczenie złoza miedzi wiąże się głównie z serią margli kaczauskich bez plam i smug żelazistych, podrzędnie zaś z serią wapieni marglistych (zwanych także ołowionośnymi lub gerwiliowymi) oraz wapieniem podstawowym. Mineralizacja ta przebiega falisto ponad zasięgiem czerwonych plam i smug. Jak już wspomniano złoże jest typu siarcz-



Ryc. 2. Krzywe uziarnienia minerałów miedziowych w synglinie bolestawieckiej.

— chalkozyn, - - - - - bornit, - - - - - chalkopiryt, - - - - - piryt.

Fig. 2. Grain size curves of copper-bearing minerals in the Bolesławiec syncline.

— chalcocine, - - - - - bornite, - - - - - chalcopyrite, - - - - - pyrite.

kowego. Obok siarczków miedzi występują podrzędnie siarczki: żelaza, cynku i ołowiu. Siarczki miedzi reprezentowane są głównie przez: chalkozyn ( $\text{Cu}_2\text{S}$ ), bornit ( $\text{Cu}_5\text{FeS}_4$ ) i chalkopiryt ( $\text{CuFeS}_2$ ). Niekiedy występują także: kowelin ( $\text{CuS}$ ), tenantyt ( $\text{Cu}_{12}\text{As}_2\text{S}_{13}$ ), tetraedryt ( $\text{Cu}_3\text{Sb}_2\text{S}_{13}$ ) oraz arsenopiryt ( $\text{FeAsS}$ ). Oprócz nich napotyka się wtórne minerały miedzi, będące produktem utlenienia siarczków. Do nich należą: kupryt ( $\text{Cu}_2\text{O}$ ) tenoryt ( $\text{CuO}$ ), malachit ( $\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu(OH)}_2$ ) i azuryt ( $2\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu(OH)}_2$ ).

Poza tym na wzmiankę zasługuje występowanie ziarn miedzi rodzimej, a zwłaszcza rodzimego srebra.

Przedstawicielem siarczków żelaza jest zwykle piryt ( $\text{FeS}_2$ ) zwany także miedziowym ze względu na tkwiące w jego ziarnach wrostki chalkopiryty. Siarczki cynku i ołowiu reprezentowane są przez sfaleryt ( $\text{ZnS}$ ) i galenę ( $\text{PbS}$ ). Przeróżne rozmieszczenie, jak i procentowy skład poszczególnych minerałów biorących udział w okruszczeniu złoża nie jest jednakowy w każdym miejscu, lecz bardzo różny zależnie od warunków fizyko-chemicznych środowiska, z którego zostały one wytracone (pH, potencjał red.-oks., temp. i in.). Różnice te wyraźnie występują zarówno po rozciągłości, jak i po upadzie złoża.

Na ogół najbardziej okruszczone są środkowe partie serii złożowej. Spadek okruszczenia zaznacza się zarówno w kierunku stropu, jak i spągu, z tą jednak różnicą, iż w kierunku stropu przebiega łagodnie, natomiast w kierunku spągu bardziej ostro. Poza tym okruszczenie nie występuje równomiernie we wszystkich warstwach, ale zwykle (choć nie jest to regułą) po warstwie bardziej okruszczonej następuje warstwa uboższa i dlatego często krzywa Cu na wykresie nie przedstawia krzywej systematycznego wzrostu czy spadku, lecz biegnie zygzakowato.

Warstwy wapienne są zwykle okruszczone słabiej od warstw marglistych. Świadczy to o warunkach bardziej sprzyjających wytrącaniu się siarczków właśnie w marglach. Różnice te dotyczą także warstw marglistych, jeżeli występują w nich różnice zabarwienia. Warstwy ciemniejsze, a zatem silniej impregnowane bituminami, są bardziej okruszczone od warstw jaśniejszych.

Ze względu na pewne istniejące różnice, co do charakteru mineralizacji złoża w poszczególnych jego częściach, wygodniej będzie omówić je osobno. Największą powierzchnię zajmuje środkowa część złoża, obejmująca kopalnię „Konrad I” i „Konrad II”. Większość złoża jest tu związana z serią marglistą, część z wapieniem podstawowym (w przypadku, jeżeli czerwone plamy i smugi tlenków żelaza nie wystę-

pują), a część z dolnymi partiami wapieni marglistych (jeżeli czerwone plamy obejmują duże mianości, zbliżając się w kierunku stropu serii marglistej). Ten ostatni przypadek zachodzi w pobliżu granicy przejścia do SE części złoża.

Występowanie lub brak czerwonych plam w dolnych partiach utworów miedziowych pociąga za sobą zmianę charakteru okruszczenia siarczkami miedzi. Podobne zmiany zachodzą również zgodnie z upadem złoża, dlatego niemożliwe jest wydzielenie jakiegokolwiek ciągłej strefy występowania poszczególnych siarczków. Jakkolwiek występują tu wszystkie (spośród wymienionych) siarczkowe kruszce miedzi, jednak podstawowym i najczęściej spotykanym jest chalkozyn.

Minerał ten obecny jest w całym pionie serii złożowej. Maksimum swoje osiąga on w środkowych partiach złoża, zmniejszając swój udział zarówno w kierunku jego stropu, jak i spągu. Bornit i chalkopiryt okruszczują przeważnie stropowe i spągowe partie złoża. Występują one w porównaniu z chalkozynem w stosunkowo niewielkich ilościach, przy czym pierwszego z nich jest w złożu kilkakrotnie więcej.

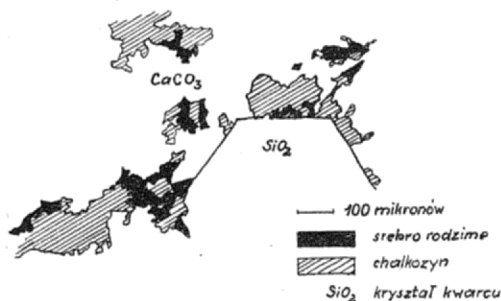
Największy jednak udział w okruszczeniu złoża po chalkozynie przypada na piryt miedziowy, którego skład procentowy rośnie z dołu do góry, gdzie osiąga najwyższe wartości. Piryt często występuje w zmiennych wzajemnych stosunkach z chalkozynem, tzn. że warstwa bogata w chalkozyn uboga jest w piryt i na odwrót. Zjawisko to wiąże się ściśle ze wzrostem i spadkiem zawartości miedzi w pionie złoża.

Inne siarczki miedzi, jak np.: kowelin i tetraedryt spotyka się pod mikroskopem bardzo rzadko. Występują zwykle jako wrostki w ziarnach chalkozynu lub bornitu, niekiedy jako ziarna indywidualne.

Tlenowe związki miedzi reprezentowane są przeważnie przez kupryt, który niekiedy bierze udział w okruszczeniu spągowych partii złoża. Większe nagromadzenia kuprytu i innych tlenowych połączeń miedzi występują w strefach utlenienia, gdzie powstały jako minerały pochodne z siarczków miedzi. Na ogół nie mają one większego znaczenia z tego względu, iż występują sporadycznie i w małych ilościach. Poza tym są one prawie nieosiągalne w trakcie wzbogacania w procesie flotacji.

Średni skład procentowy czterech podstawowych minerałów miedziowych w środkowej części złoża jest następujący: chalkozyn — 49, bornit — 18, chalkopiryt — 4, piryt — 29.

Jak już wspomniano — charakter okruszczenia, a zatem i zawartość Cu w złożu nie są stałe, lecz ulegają ciągłym zmianom. W jednym przypadku zależy



Ryc. 3. Żyła wapienna okruszczowana chalkozynem i srebrem rodzimym.

100 mikronów; pola czarne — srebro rodzime; pola zakreskowane — chalkozyn;  $SiO_2$  — kryształ kwarcu.

Fig. 3. Calcareous vein mineralized with chalcocite and native silver. 100 microns; black fields — native silver, dashed fields — chalcocite,  $SiO_2$  — quartz crystal.

to od występowania i wysokości zasięgu czerwonych plam i smug, w drugim od głębokości zalegania złoża. W miejscach, gdzie czerwone plamy nie występują okruszczowanie przemieszcza się nie tylko do spągu serii marglistej, ale zstępuje niżej, do wapienia podstawowego, obejmując górne jego partie, a niekiedy całą jego miąższość.

Brak czerwonych plam pociąga za sobą zmianę charakteru mineralizacji. Zamiast chalkozynu głównym kruszczem miedzi staje się wówczas bornit spychając swego poprzednika na dalsze miejsce. Pod tym względem środkowa część złoża jest szczególnie uprzywilejowana. Objawia się to praktycznie wyższym udziałem procentowym bornitu w okruszczowaniu złoża w porównaniu z pozostałymi rejonami.

Fakt ten świadczy niezbicie, że środowisko, z którego nastąpiło wytrącanie się siarczków w tych miejscach, nie było zbyt silnie redukujące. Wyższy niż zwykle udział procentowy osiąga także chalkopiryt i udział jego rośnie w kierunku stropu. Piryt występuje w zmiennych wzajemnych stosunkach z bornitem i jest go znacznie mniej niż przy współwystępowaniu z chalkozynem.

Jeżeli mamy do czynienia z sytuacją odwrotną, tzn. jeżeli czerwone plamy i smugi występują na dużych miąższościach, zbliżając się niemal do stropu serii marglistej, a zjawisko takie występuje szczególnie w sąsiedztwie granicy przejścia do rejonu SE złoża, okruszczowaniem objęte są wówczas nie tylko górne partie margli kaczawskich, ale także spągowe partie wapieni marglistych. W takich warunkach charakter okruszczowania wybitnie się zmienia na korzyść chalkozynu, który w takiej sytuacji osiąga najwyższy procent ogólnego okruszczowania. Bornit, chalkopiryt i piryt miedzionośny występują wtedy w znacznie mniejszych ilościach i lokują się głównie w górnych partiach serii złożowej.

Zmiany charakteru okruszczowania zachodzą również zgodnie z głębokością jego zalegania. I tak zgodnie z upadem złoża zaznacza się wzrost okruszczowania chalkopirytowo-bornitowego kosztem okruszczowania piryto-chalkozynowego. Na miejsce chalkozynu wchodzi stopniowo uboższy od niego w miedź bornit, wypierając go ku górze. Zgodnie z upadem złoża dyspersja ziarn wzrasta, a złoże ubożeje.

Spośród innych minerałów kruszczowych występujących w złożu należy wymienić: sfaleryt, galenę i srebro rodzime. Sfaleryt jest mniej więcej równomiernie rozłożony zarówno w pionie, jak i w poziomie w przeciwieństwie do galeny, obejmującej głównie stropowe partie złoża. Oba występują w drobnych ilościach i nie przedstawiają większego znaczenia. Poczesne miejsce zajmują srebro rodzime. Mineral ten występuje we wszystkich poziomach eksploatacyjnych w drobnych ilościach i związany jest przeważnie z minerałami miedzionośnymi — chalkozynem i bornitem, a ilość jego jest proporcjonalna do zawartości miedzi w złożu. Ziarna indywidualne srebra rodzimego spotykano bardzo sporadycznie, są one bardzo drobne i nie przekraczają kilku lub kilkunastu mikro-

nów. Osobniki duże, kilkudziesięciu lub kilkusetmikronowe występują w okruszczowanych chalkozynem żyłach kalcytowych stref uskokowych, szczególnie wzbogaconych w miedź (ryc. 3). Miedź rodzima występuje bardzo rzadko, w postaci bardzo drobnych kilkumikronowych wprysnięć.

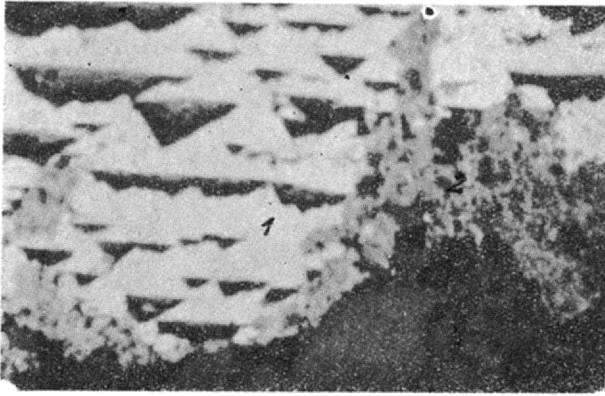
Część SE synkliny obejmuje rejon kopalni „Upadłowa Grodziec”. W porównaniu z omówioną częścią złoża następuje zmiana lokalizacji złoża miedzi, występującej tu całkowicie w poziomie wyżej zalegającym, czyli w poziomie tzw. wapieni marglistych (ołowionośnych, gerwiliowych) i obejmującej ich dolne ogniwo (ryc. 1D).

Seria miedzionośna rozpoczyna się tzw. wapieniem dolnym, słabo okruszczowanym. Występuje tu głównie chalkozyn i podrzędnie piryt miedzionośny. Skok okruszczowania następuje dopiero w wyżejleżącej serii warstw marglisto-wapiennych tzw. pokładu dolnego. Obok chalkozynu jako podstawowego kruszczu miedzi występuje bornit, piryt miedzionośny i w znacznie mniejszych od nich ilościach — chalkopiryt. Z tlenowych związków miedzi wymienić należy sporadycznie pojawiający się kupryt. Jeżeli chodzi o przestrzenne ich rozmieszczenie, to chalkozyn i piryt występują jak zwykle w zmiennych stosunkach wzajemnych w całym pionie omawianej serii. Bornit okruszczuje głównie dolne warstwy i częściowo środkowe. Przechodząc wyżej do wapienia środkowego zauważa się spadek okruszczowania w porównaniu z poprzednim przypadkiem. Spotyka się tu rzadko rozrzucone ziarna chalkozynu i piryty. Wreszcie w ostatniej, marglisto-wapiennej serii warstw tzw. pokładu górnego następuje początkowo raptowny wzrost okruszczowania, aby później ku górze spaść do wartości symbolicznych. Początkowo przeważa chalkozyn i piryt. Wyżej coraz częściej pojawiają się ziarna bornitu i chalkopiryty.

Analizując pod względem okruszczowania całą serię złożową stwierdza się, iż chalkozyn osiąga swoje maksimum w dolnej części złoża, a zanika w kierunku stropu. Odwrotnie jest z pirytem. Jego udział procentowy rośnie zawsze w kierunku stropu. Podobnie jak w poprzednim przypadku warstwy bogate w chalkozyn, ubogie są w piryt i na odwrót. Bornit występuje głównie w spągowych i stropowych partiach złoża. Chalkopiryt raczej w partiach stropowych. Poza tym występują tu drobne ilości sfalerytu, galeny, kuprytu, miedzi rodzimej i srebra rodzimego. Galena lokuje się przeważnie w stropowych partiach. Warstwy margliste są zwykle bardziej okruszczowane od warstw wapiennych. Spośród wyżej wymienionych serii warstw najbardziej okruszczowany jest tzw. pokład dolny. Omawiana część złoża okruszczowana jest słabiej od części środkowej i najsłabiej w całym złożu miedzi synkliny bolesławieckiej.

Skład procentowy najważniejszych kruszczów miedzi przedstawia się następująco: chalkozyn — 38, bornit — 10, chalkopiryt — 4, piryt — 48.

Część NW złoża obejmuje rejon kopalni „Lubińców”. Bilansowy interwał złoża biegnie tu głównie



Ryc. 4. Mikrofotografia galeny (1) i sfalerytu (2) na tle żyły wapiennej (pow. ok. 80 X).  
Fig. 4. Photomicrograph of galena (1) and sphalerite (2) against the background of a calcareous vein (enl. about X 80).

w serii marglistej i częściowo w dolnych partiach wapieni marglistych (ryc. 1B). Okruszczowanie składa się głównie (podobnie jak w pozostałych częściach złożeń) z chalkozynu, bornitu, chalkopiryty i pirytu — z tą jednak różnicą, iż chalkozyn uzyskuje tu najwyższe wartości w porównaniu z pozostałymi częściami złożeń. Tak wysoki procent minerału ten osiąga kosztem pirytu i bornitu. Omawiany rejon złożeń jest zatem w miedź najbogatszy. Chalkozyn koncentruje się głównie w dolnych i środkowych partiach złożeń, zmniejszając swój udział procentowy w kierunku stropu złożeń, aż do wartości symbolicznych. W dolnych partiach złożeń towarzyszy mu często kowelin.

Drugim co do częstości napotykania jest piryt miedzionośny. Sposób jego współwystępowania z chalkozynem jest zupełnie analogiczny jak w pozostałych częściach złożeń. Tak samo wzrost jego udziału procentowego w okruszczowaniu złożeń zaznacza się w kierunku stropu. Pozostałe dwa minerały siarczkowe, jak np. bornit i chalkopiryt lokują się zwykle w stropowych partiach złożeń.

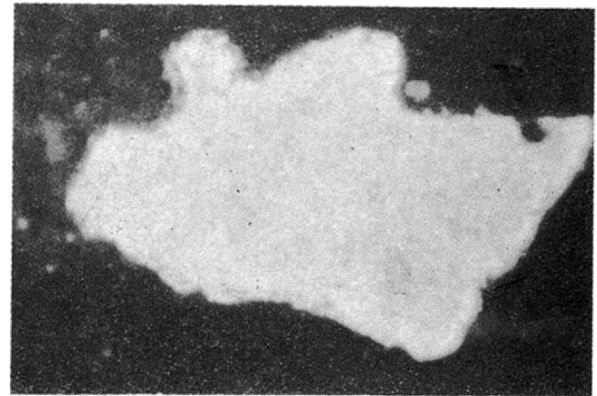
Minerały grupy tetraedrytów występują sporadycznie, najczęściej jako wrostki w ziarnach chalkozynu i bornitu. W spągowych partiach złożeń spotyka się niekiedy drobne wprysnięcia kuprytu. Maksimum okruszczowania, a zatem i najwyższe wartości Cu występują w dolnych partiach złożeń.

Oprócz siarczków miedzi występują siarczki cynku i ołowiu, miedź rodzima oraz srebro rodzime. Występowanie ich jest podobne jak w innych częściach złożeń. Wyjątkowo duże ziarna miedzi rodzimej, osiągające kilkadziesiąt i kilkaset mikronów, napotyka się w strefach uskoku, w marglach wtórnie zmienionych pod wpływem krążących wód.

Średni skład procentowy podstawowych siarczków miedzi jest następujący: chalkozyn — 75, bornit — 7, chalkopiryt — 3, piryt — 15.

Okruszczowanie sięga jeszcze daleko w głąb do margli z plamami i w strop do wapieni marglistych. Są to zwykle wartości niskie, od pozabilansowych do szczytkowych, rzędu od kilku dziesiątych do kilku setnych procenta Cu. Odmienny jest także charakter okruszczowania. I tak: w wapieniu marglistym (ołowionośnym) głównym spośród minerałów miedzionośnych staje się piryt, podzecznie bornit i chalkopiryt, a chalkozyn jest rzadkością. Sfaleryt występuje w ilościach podobnych jak wszędzie. Najwyższe stosunkowo wartości w porównaniu z innymi poziomami stratygraficznymi osiąga galena (stąd często używana nazwa poziomu).

Odmienny skład mineralny występuje również w partiach podłożowych, czyli w tzw. marglach z plamami. Najpospolitszym minerałem miedzionośnym jest tu chalkopiryt. Pozostałe siarczki miedzi występują w podrzędnych ilościach. Niekiedy tylko górne warstwy wzbogacone są w chalkozyn. Większe ziarna chalkopiryty, kilkudziesięciu lub kilkusetmikronowe



Ryc. 5. Mikrofotografia miedzi rodzimej na tle rozłożonego marglu kaczawskiego (pow. ok. 80 X).  
Fig. 5. Photomicrograph of native copper against the background of the weathered Kaczawa marl (enl. about X 80).

spotyka się często w czerwonych plamach i smugach, gdy szare otoczenie tych smug przedstawia całkowicie skalę płoną.

Sumując rozważania nad omawianym złożem dochodzimy do wniosku, że wzrost okruszczowania, a więc i zawartość miedzi rośnie z kierunku SE w kierunku NW synkliny, czyli w tym samym kierunku, w którym rośnie okruszczowanie złożeń chalkozynem. Jego antagonista (piryt miedzionośny) najwyższy procent okruszczowania osiąga w części SE. Bornit najwyższe wartości osiąga w środkowym rejonie złożeń. Chalkopiryt rozprzestrzeniony jest mniej więcej wszędzie jednakowo. Złożeń uboższe zatem z NW w kierunku SE i zgodnie z jego upadem.

Również zgodnie z upadem złożeń wzrasta dyspersja ziarn, wzrasta także okruszczowanie chalkopirytowo-bornitowe kosztem okruszczowania pirytywo-chalkozynowego. Sfaleryt występuje mniej więcej w takich samych ilościach we wszystkich częściach i we wszystkich utworach dolnocechsztyńskich (z wyjątkiem zlepieńca podstawowego). Galena wyższe wartości osiąga w stropowych partiach złożeń. W serii bilansowej złożeń wartości Cu wahają się w granicach od kilku dziesiątych procenta do kilku procent. Zawartość Ag w złożeń jest śladowa i proporcjonalna do ilości Cu. Ilościowe oznaczenie Ag jest możliwe tylko za pomocą analizy spektralnej. Wartości Zn i Pb w złożeń nie przekraczają zwykle setnych części, a co najwyżej — dziesiątych procenta.

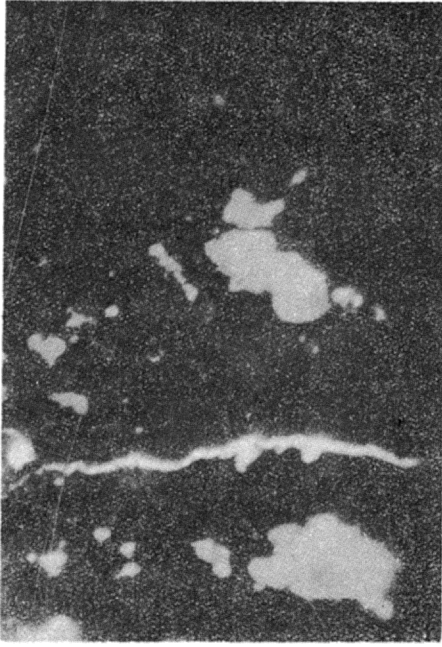
#### MINERAŁY KRUSZCOWE I ICH UZIARNIENIE

Minerały kruszczone omawianego złożeń występują w postaci tak bardzo drobnoziarnistej, że na ogół poszczególne ich osobniki rozpoznawalne są zwykle za pomocą mikroskopu kruszczonego. Jak widać z załączonej tabeli i wykresu (ryc. 2) większość ziarn nie przekracza 30 mikronów. Poniżej przedstawiono procentowo uziarnienie najważniejszych minerałów miedzionośnych (od 5 do 30 mikronów) w poszczególnych rejonach złożeń:

Nazwa rejonu	chalkozyn	bornit	chalkopiryt	piryt
„Upadowa Grodziec”	76	61	90	98
„Konrad”	83	83	84	98
„Lubichów”	88	69	78	98

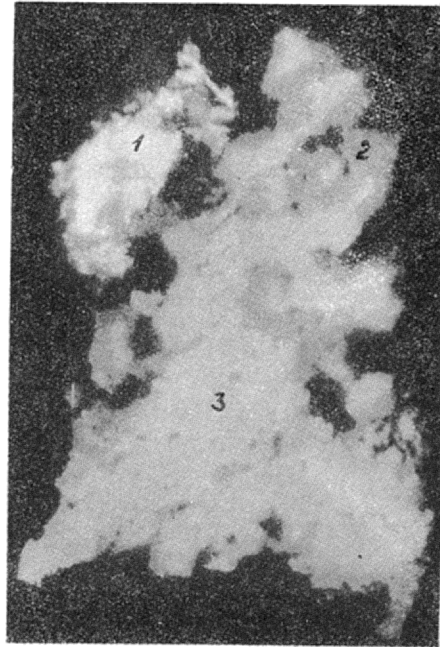
Ziarna większej (kilkusetmikronowe i ponadmili-metrowe) wielkości należą do rzadkości najczęściej natrafia się na nie w okruszczowanych żyłach kalcytowych, szczelinkach i kawernach. Pewna część okruszczowania występuje poza tym w postaci nieoznaczalnego pod mikroskopem pyłu mineralnego (o wielkości ziarn do 5 mikronów).

Najważniejszym i najczęściej pod mikroskopem spotykanym minerałem (częściej niż wszystkie inne razem wzięte) jest chalkozyn. Zwykle spotykana jest jego biała, anizotropowa odmiana. Odmiana izotropowa, niebieska, występuje sporadycznie, głównie w



Ryc. 6. Mikrofotografia srebra rodzimego.

Fig. 6. Photomicrograph of native silver.



Ryc. 7. Srebro rodzime.

Fig. 7. Nativ silver.

ziarnach chalkozynu białego, anizotropowego, na ich peryferiach, tworząc obwódki lub klinowe wcięcia do ich wnętrza. Chalkozyn tworzy często przerosty z bornitem i chalkopirytem, a niekiedy ze sfalerytem i galeną. W niektórych ziarnach chalkozynu widać tkwiące ziarnka pirytu lub ich skupienia. Często chalkozyn cementuje agregaty pirytu lub tworzy cienką otoczkę wokół tych ziarn. Paragenezy chalkozynu z pokrewnymi mu siarczkami spotyka się najczęściej w ziarnach większych. Bornit występuje zwykle na skrajach tych ziarn.

W paragenezie z chalkozynem występuje także srebro rodzime. Tworzy ono obwódki na brzegach ziarn chalkozynowych. W wyniku zmian wtórnych spotykane są na krawędziach ziarn chalkozynu wtórne przejścia w kowelin, kupryt lub tenoryt. Najczęściej większe ziarna kowelinu są spotykane jako wrostki w chalkozynie albo jako klinowe wcięcia. Kształty ziarn chalkozynowych przypominają często wyglądem fragmenty otwornic.

Bornit występuje w postaci ziarn indywidualnych lub w zrostach z chalkozynem albo chalkopirytem. Często zawiera on wrostki pirytu, cementuje agregaty bądź otacza cienką obwódką pojedyncze ziarna pirytu. Nie należą do rzadkości paragenezy bornitu z siarczkami cynku i ołowiu oraz ze srebrem rodzimym. Często impregnuje fragmenty organizmów.

Chalkopiryt spotykany jest w postaci ziarn wyodrębnionych lub we wzajemnych przerostach z chalkozynem, bornitem, galeną i sfalerytem. Tworzy pseudomorfozy po resztkach organicznych albo po pirycie. Bardzo często występuje w postaci wrostków w pirycie.

Piryt rozpoznawany jest pod mikroskopem po słomkowożółtej barwie i wysokim reliefie. Mineral ten tworzy ziarna bardzo drobne, najdrobniejsze spośród wszystkich omawianych minerałów. Na ogół ziarna pirytu nie przekraczają kilku lub kilkunastu mikronów. Większe okazy są zwykle agregatami złożonymi z drobnutkich ziarenek. Poszczególne osobniki mają kształt okrągły, znacznie rzadziej są to ziarna detrytyczne. Powszechnie są znane wrostki pirytu w chalkozynie bądź bornicie.

Galena i sfaleryt występują w sposób podobny jak siarczki miedzi, z tą jednak różnicą, że ich ziarna spotykane są bardzo rzadko indywidualnie, najczęściej w asocjacji z sobą lub siarczkami miedzi (rys. 4).

Miedź rodzima występuje w złożu bardzo rzadko, najczęściej w postaci bardzo drobnych, kilku lub kilkunastomikronowych wprysnięć. Ziarna duże, kilkusetmikronowe i większe są pochodzenia wtórnego i spotyka się je w marglach rozłożonych stref uskokowych (rys. 5).

Srebro rodzime jest drugim minerałem rodzimym, któremu należy poświęcić trochę uwagi. Najpospolitszą formą jego występowania są paragenezy z chalkozynem i bornitem. Srebro to tworzy najczęściej obwódki na krawędziach tych ziarn lub występuje w postaci wrostków. Ziarna samodzielne należą do rzadkości i są bardzo drobne. Duże osobniki ziarn srebra rodzimego (rys. 3) napotyka się we wtórnie okruszczonych chalkozynem żyłach kalcytowych. W podobny sposób srebro rodzime występuje w utworach dolnocehstyńskich, poza rejonem synkliny boleślawieckiej (rys. 6, 7).

Kształty ziarn minerałów siarczkowych oprócz pirytu są bardzo różne: wydłużone, soczewkowate, wrzecionowate, owalne, pierścieniowate i inne. Brzegi ziarn są nieregularne, silnie postrzępione. Brzegi bardziej regularne posiadają zwykle ziarna owalne lub pierścieniowate. Te ostatnie najczęściej przypominają fragmenty okruszczonych mikroorganizmów. Niekiedy są one silnie wytrawione wodami.

Dotychczasowe obserwacje wykazały, iż siarczki miedzi najchętniej wytrącają się w szczątkach poorganicznych. Tlenowe połączenia miedzi, jak np. kupryt, tenoryt, malachit i azuryt spotykane są w postaci drobnoziarnistej lub ziemistej, jako impregnacje skały płonnej. Są to minerały wtórne, typowe dla stref utlenienia i cementacji. W strefach tych ziarna osiągają większe wymiary i na ogół współwystępują ze sobą.

Wielkość uziarnienia nie jest jednakowa w całej synklinie, lecz sukcesywnie zmienia się po rozciągłości złoża. I tak dla chalkozynu stosunek wielkości ziarn do wzrostu okruszczowania jest odwrotnie proporcjonalny, czyli największe ziarna występują w SE części złoża, najmniejsze w części NW (tabela, wykres). Ziarna bornitu najmniejsze wymiary osiągają w środkowej części złoża, a chalkopirytu w SE części. Trudno cokolwiek powiedzieć o pirycie, który wszędzie występuje w postaci ziarenek bardzo drobnutkich. Załączone zdjęcia mikroskopowe obrazują tylko niektóre, raczej „okazałe” osobniki ziarn poszczególnych minerałów.

## LITERATURA

1. Bielański J. — Okruszczowanie dolnocechsztyńskiego złoża miedzi w niecce grodzieckiej. *Rudy i Met. nieżel.* 1961, nr 2.
2. Konstantynowicz E. — Mineralizacja margla

## SUMMARY

The Bolesławiec syncline represents one of the tectonic elements of the North-Sudetic trough, and constitutes its northern limb.

The copper deposit occurs in the southern part of the syncline and is related to the near-shore facies of the Lower Zechstein geological formation. This formation is underlain with the sandstones and conglomerates of the Rotliegendes. The deposit is cut by numerous faults, particularly in its north-western and south-eastern portions. The middle portion, that comprises the area of the mines "Konrad I" and "Konrad II", is only slightly disturbed by tectonic processes.

Lithologically, the formation has been subdivided into the following horizons (Fig. 1A):

- 1 — boundary sandstones and conglomerates (average thickness about 0,60 m),
- 2 — basal limestone (average thickness about 0,80 m),
- 3 — Kaczawa marls (average thickness about 3,10 m),
- 4 — marly limestones (average thickness about 11,70 m),
- 5 — dolomitic limestones (average thickness about 29,0 m).

Mineralized are both the Kaczawa marls, except for those with red, ferruginous stains and streaks, and, subordinately, the basal portions of marly limestones with the series of basal limestone.

miedzionośnego oraz warstw dolnego i środkowego cechsztynu w niecce grodzieckiej. *Ibidem* 1957, nr 4.

3. Krasoń J. — Cykle sedymentacyjne w cechszynie dolnośląskim. *Prz. geol.* 1962, nr 6.
4. Watycha L. — Geologia niecki grodzieckiej na Dolnym Śląsku. *Prace PIG, t. VIII*, 1951.

## РЕЗЮМЕ

Болеславецкая синклираль является одним из тектонических элементов Северосудетской мульды и слагает ее северное крыло. Медное месторождение располагается в юго-восточной части этой синклинали и приурочено к прибрежной фаэии нижнезейштейновой формации. Эта формация подстилается песчаниками и конгломератами красного лежня. Месторождение пересечено рядом сбросов, ступенных особенно в северо-западной и юго-восточной частях. Центральная часть, в пределах которой расположены рудники Конрад I и Конрад II, слабо нарушена тектонически.

В литологическом отношении эта формация подразделяется на следующие горизонты (фиг. 1А):

- 1) граничные песчаники и конгломераты (средняя мощность 0,60 м),
- 2) базальный известняк (средняя мощность 0,80 м),
- 3) качавские мергели (средняя мощность 3,10 м),
- 4) мергелистые известняки (средняя мощность 11,70 м),
- 5) доломитовые известняки (средняя мощность 29 м).

Оруденение распространено в качавских мергелях, лишенных красных, железистых пятен и полос, и подчиненно в подошвенной части горизонта мергелистых известняков и в серии базального известняка.