

Złoże masywnych rud siarczkowych „Mina Pilas”, Cordillera Real, Ekwador

Fausto Villegas**, Adam Piestrzyński*, Halinas Lachowicz**

Złoże masywnych rud siarczkowych Mina Pilas (MSMP) w Cordillera Real, Ekwador, jest zlokalizowane wśród skał metamorficznych podgrupy Alao–Paute, wieku jurajskiego. Jest typowym złożem wulkanogenicznym proksymalnym, stratoidalnym, Fe–Cu. Skały towarzyszące składają się z cienko przewarstwionych łupków i metałupków plagioklazowo-chlorytowo-kwarcowo-muskowitowych i kwarcowo-muskowitowo-pyrytowych. Górna część złoża jest utleniona. Okruszcowanie jest masywne, złożone głównie z pirytu, z niewielkimi ilościami chalkopirytu, pirotynu, bornitu i tetradrytu. W śladowych ilościach stwierdzono digenit, kowelin i boulangeryt. Minerale towarzyszące to plagioklaz, kwarc, chloryt i serycyt. Złoże rud siarczkowych Mina Pilas zawiera głównie Cu i Fe, ale jego niewielki rozmiar i stosunkowo mała zawartość metali szlachetnych (Au, Ag) sprawia, że w chwili obecnej jest złożem pozabilansowym.

Słowa kluczowe: Ekwador, złoża pyrytowe typu VHMS, okruszcowanie, geochemia

Fausto Villegas, Adam Piestrzyński & Halinas Lachowicz — Massive sulphide deposit "Mina Pilas" (MSMP), Cordillera Real, Ekwador. *Prz. Geol.*, 49: 81–85.

S u m m a r y. "Mina Pilas" (MSMP) deposit that lies at Cordillera Real 23 km southeast from Riobamba (Chimborazo province, Ecuador) has been described as a volcanically hosted massive sulphide (VHMS) deposit. Host rocks are greenstones of the Alao–Paute group comprising andesite-basalt type volcanogenic suite intercalated with metashists composed of plagioclase, chlorite, quartz, muscovite and pyrite. The deposit has been classified as a pyrite-type containing minor copper and gold (361 ppb, in average). Massive and stockwork orebodies contain pyrite, chalcopyrite, bornite, digenite, tetrahedrite, covellite and goethite. Uppermost part of deposit is oxidized. Pyrite ores are not extracted recently because of low gold tenor.

Key words: Ekwador, pyrite deposit — VHMS, geology, geochemistry

Złoże „Mina Pilas” jest zlokalizowane w andyjskiej Cordillera Real, w odległości 23 km na południowo-wschód od miasta Riobamba, Prowincja Chimborazo, na południowym skłonie wulkanu El Altar, w granicach Parku Narodowego Sangay (ryc. 1). W Prowincji Chimborazo istniejące warunki geologiczne wskazują na możliwość odkrycia większych złóż tego typu. Podjęte badania są próbą nawiązania bliższej współpracy z Escuela Politécnica Nacional w Ekwadorze, gdzie pracują absolwenci Akademii Górniczo-Hutniczej.

Rozpoznanie geologiczno-górnictwo w Cordillera Real przeprowadzone w okresie od 1986 do 1993 r., przez Misję Brytyjską ODA/BGS i INEMIN (Ekwador) oraz dane historyczne o górnictwie w Ekwadorze, pozwoliły zlokalizować dwa małe ciała złożowe typu „MS”: Mina Pilas i Guarumales, które znajdują się odpowiednio w centralnej i południowej części Cordillera Real (Jemielita & Bolanos, 1993). Prace geologiczne, głównie mapy (ryc. 2, 3), zostały wykonane w latach 1986–1993 (Jemielita & Bolanos, 1993). Próbkę do badań zostały pobrane przez F. Villegasa i H. Lachowicz (Escuela Politécnica Nacional). Badania mikroskopowe w świetle przechodzącym zostały przeprowadzone w Ekwadorze. Badania petrograficzne rud — wykonane przez H. Lachowicz i A. Piestrzyńskiego — w Zakładzie Złóż Rud i Soli AGH w Krakowie.

Budowa geologiczna

Złoże masywnych rud siarczkowych Mina Pilas (MSMP) znajduje się wśród skał wulkanicznych i piroklastycznych, reprezentowanych przez masywne lawy i aglo-

meraty oraz wśród skał metamorficznych o niskim stopniu przeobrażenia, głównie zielonych fyllitów pochodzenia tufowego, powstałych w środowisku łuku oceanicznego (Litherland i in., 1994), należących do grupy Alao (podgrupa Alao–Paute). Według Aspden i Ivimey-Cook (1992), wiek tej podgrup prawdopodobnie wynosi od 56 do 169 Ma (jura środkowa–górną; Litherland i in., 1994).

Lawy, związane ze złożem, są utworami częściowo zmetamorfizowanymi i występują jako zieleńce z wkładkami łupków zieleńcowych, grafitowych oraz pelitycznych kwarcytów i marmurów. Zieleńce i łupki zieleńcowe zawierają kwarc, chloryt, albit, węglany, epidot, aktynolit i biotyt. Łupki pelityczne składają się z muskowitu, chlorytu i chlorytoidu (Litherland i in., 1994). Sekwencja metamorficzna jest przykryta młodymi skałami wulkanicznymi, których wiek według datowań metodą K–Ar wynosi $3,53 \pm 0,94$ Ma (Lavenu i in., 1992).

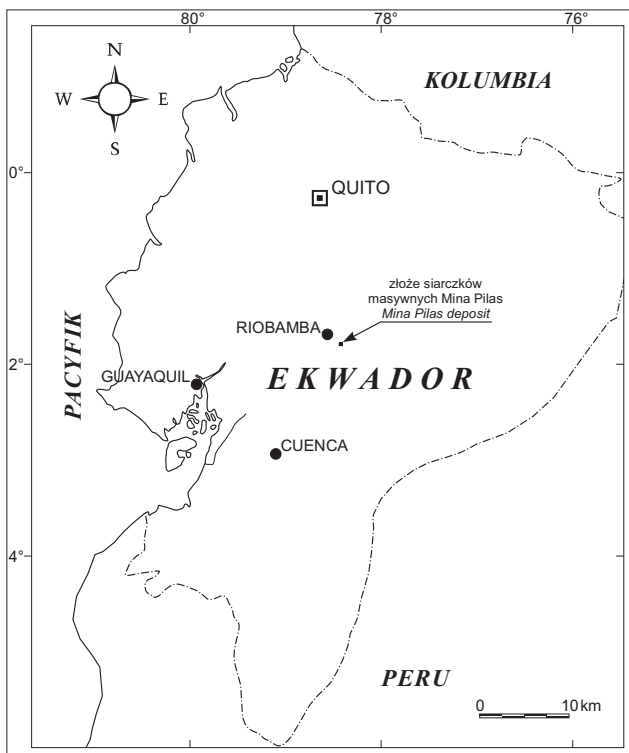
Budowa geologiczna obszaru złoża „Mina Pilas”

MSMP jest zlokalizowane wśród skał metamorficznych podgrupy Alao–Paute (ryc. 2), wykształconej w facji zieleńcowej, które powstały ze skał wulkanicznych zasadowych i pośrednich o składzie andezytowym. Są one reprezentowane przez łupki i skały metawulkaniczne, złożone z plagioklazu, chlorytu, epidotu oraz kwarcu, lokalnie stwierdza się soczewki lub żyłki kwarcu mlecznego i epidotu o miąższości do kilku centymetrów, które są ułożone równoległe do złupkowacenia.

Plagioklasy należą do typu sodowego, od albitu do oligoklazu, niekiedy ulegają przeobrażeniu w epidot i minerały ilaste. Chloryt jest odmianą bogatą w Mg. Epidot tworzy przerosty z allanitem, który wyróżnia się ciemnobrązową barwą i jest przeobrażony w materiał bezpostaciowy typu ilastego.

*Akademia Górniczo-Hutnicza, ul. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków; piestrz@geol.agh.edu.pl

**Escuela Politécnica Nacional (Quito, Ekwador): halina@server.epn.edu.ec



Ryc. 1. Lokalizacja złoża
Fig.1. Location of the deposit

Jako minerały akcesoryczne występują: tytanit, serycyt, piryt i kwarc. Ostatnie dwa składniki mogą osiągać zawartość odpowiednio 2 i 8%.

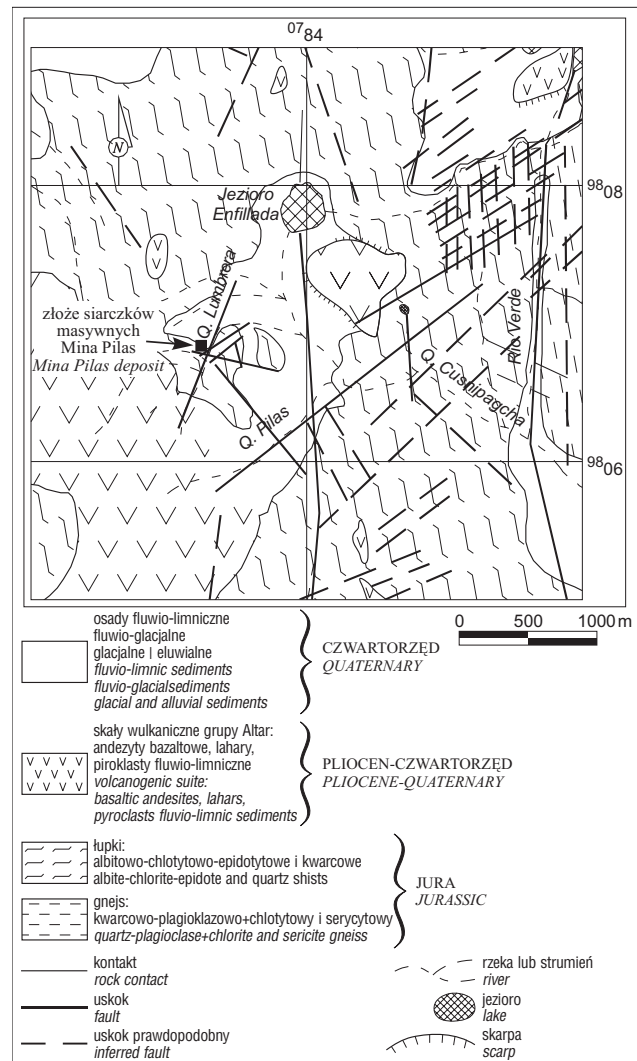
W tych skałach są spotykane mikrofałdy i smugi o składzie plagioklaz i chlorytu-epidotu, zwykle z orientacją tych ostatnich zgodną z kierunkiem złupkowacenia skały.

Wschodnie potoków lawowych, formacji laharowych i formacji kolapsyjno-grawitacyjnych law (należących do grupy Altar), które pokrywają niezgodnie skały metamorficzne, znajdują się w wyższych partiach (ryc. 2). Między dwoma ostatnimi formacjami występują cienkie wkładki osadów fluwiolimnicznych. Skały wulkaniczne wieku pliocen-czwartorzęd mają skład andezytów bazaltowych, o strukturze porfirowej i masie wypełniającej intergranularnej, felfosydycznej lub wtroficydycznej. Jako fenokryształy są obecne: andezyn (z objawami przeobrażeń lub średnio przeobrażony w epidot i minerały ilaste), augit i hipersten, a w niektórych przypadkach oliwin.

Osady fluwiolimniczne składają się z łupków ilastych, o barwie od czekoladowej do różowej oraz piaskowców i piaskowców mułowcowych, które wskazują na istnienie małych jezior glacialnych między okresami aktywności wulkanicznej.

W otoczeniu MSMP lokalnie występują łupki plagioklazowo-chlorytowo-kwarcowo-muskowitowe, niekiedy z epidotem (ryc. 3). Na wychodniach łupki te są wykształcone w postaci cienkich, nieciągłych wkładek, w których kwarc i muskowit są głównymi minerałami. Stwierdzonymi minerałami akcesorycznymi są rutyl, tytanit, zoisyt i piryt. Ostatni minerał napotykaný jest w znacznej ilości w pobliżu złoża siarczków masywnych.

Skały występujące na kontakcie złoża siarczków masywnych ze skałą otaczającą, odznaczają się niewielką



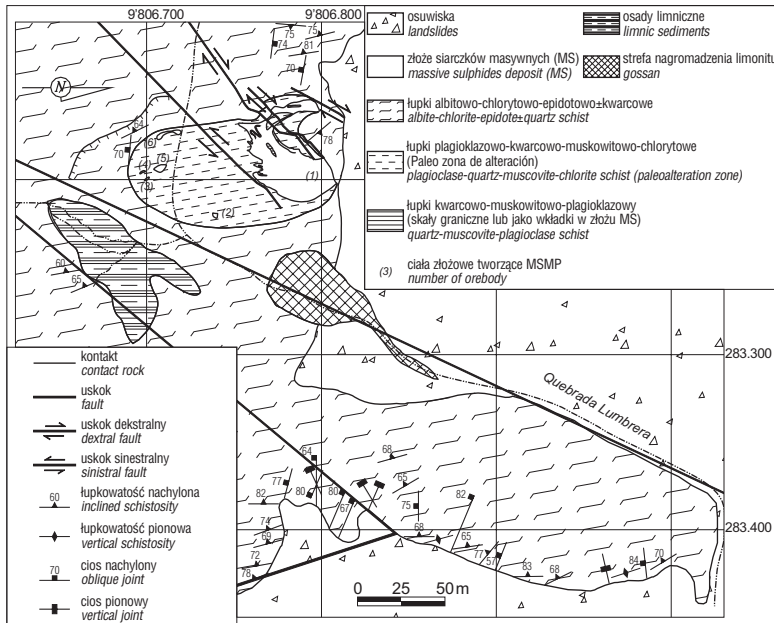
Ryc. 2. Mapa geologiczna obszaru Mina Pílas
Fig. 2. Geological map of the Mina Pílas area

zawartością plagioklaz i chlorytu, mają natomiast większą zawartość kwarcu, muskowitu i pirytu (ryc. 4A).

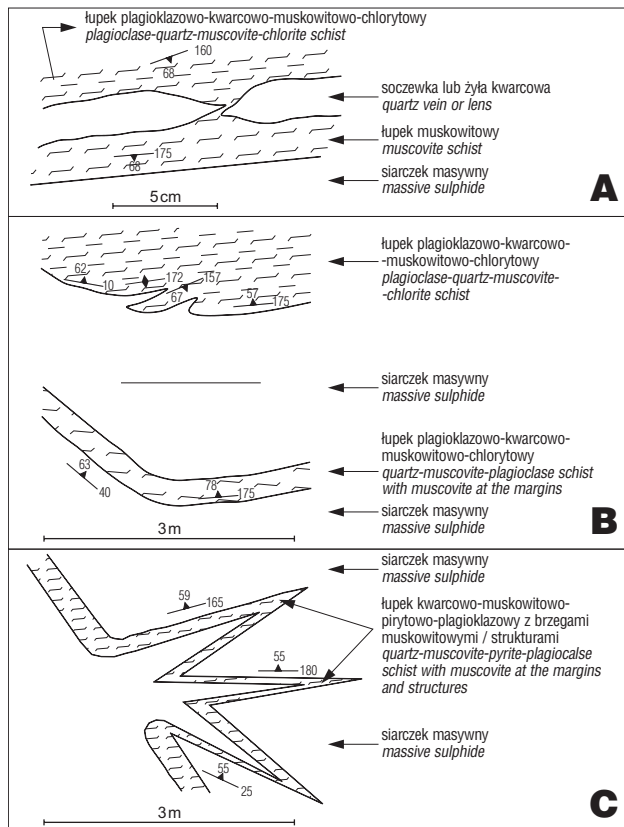
W złożu siarczków masywnych występują skały metamorficzne, granoblastyczne, z plagioklazami, chlorytami, epidotami i łupki plagioklazowo-kwarcowo-muskowitowo-pyrutowe z chlorytem i epidotem, które tworzą cienkie okruszczone wkładki (ryc. 4B, C). Z danych archiwalnych wynika, że złożo siarczków Fe-Cu w niższej części miało strefę przeobrażenia utworzoną przez jądro serycytowo-kwarcowe, otoczone aureolą chlorytu, w której również krystalizowały niewielkie ilości siarczków masywnych (Jemielita & Bolanos, 1993).

Sekwencja metamorficzna odznacza się łupkowatością o głównym kierunku N170° i dużym upadzie na W w zakresie kątów 70-90°. Płaszczyzny ciosowe są często obserwowane w skałach metamorficznych, lokalnie występują również w młodych skałach wulkanicznych. Dane strukturalne preferencjalne są następujące: N109-90° i N81-90°.

Główne uskoki mają kierunki N40° i 62° (prawoprzesuwce ze składnikiem rozciągłości), od N100° do N130° (lewoprzesuwce ze składnikiem rozciągłości) i N-S. Z tym systemem tektonicznym jest związany cios sprzężony. Uskoki te mają wpływ na stopień podzielności skał.



Ryc. 3. Mapa geologiczna obszaru Mina Pilas
Fig. 3. Geological map of the Mina Pilas (MSMP) massive sulphide deposit



Ryc. 4. Szczegóły budowy geologicznej MSMP: (A) – kontakt prosty: złoża skała otaczająca (B) – kontakt złożony; (C) – wkładki pienne wewnątrz złoża siarczkowego
Fig. 4. Geological details of the Mina Pilas orebody: (A) – simple contact of orebody and wall rocks; (B) – complicated contact of orebody and wall rocks; (C) – intercalations of barren rocks

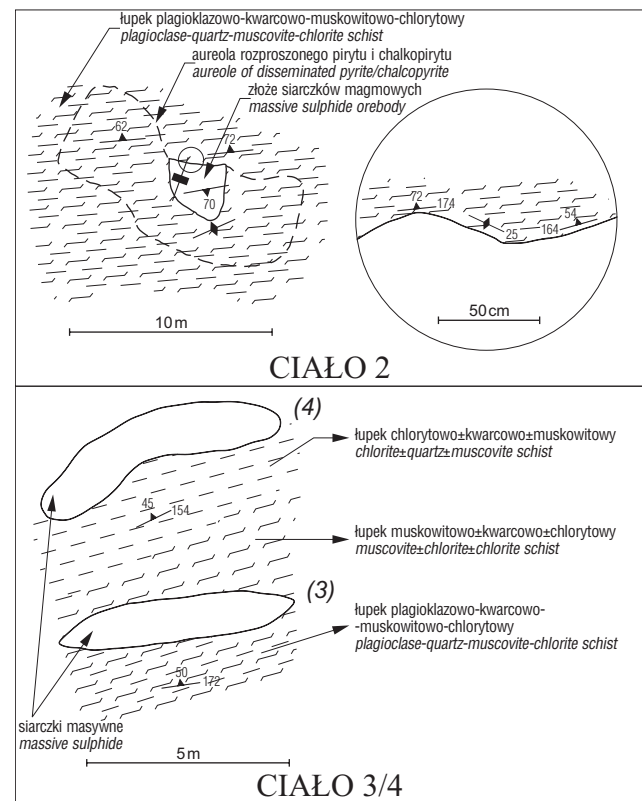
Okruszcowanie

Złoża siarczków masywnych „Mina Pilas” składa się z jednego głównego ciała rudnego (Ciało 1) i 5 mniejszych ciał rudnych oznaczonych kolejnymi numerami 2, 3, 4, 5 i 6, które znajdują się na południe od głównego złoża, w strefie jego przeobrażenia (ryc. 3).

Główne ciało złożowe ma kształt podkowy, zwróconej wypukłością ku północy; jego powierzchnia wynosi w przybliżeniu 1300 m², głębokość występowania siarczków nie jest natomiast znana (możliwy do obserwacji zasięg pionowy wynosi ok. 8 m). Małe ciała siarczków masywnych mają kształt soczewek, które zajmują pozycje prawie równoległe do złupkowacenia (ryc. 5). Ich rozmiary na powierzchni oscylują między 1 i 5 m². Podobnie jak w przypadku ciała głównego, zasięg głębokościowy występowania siarczków nie jest znany.

We wszystkich ciałach złożowych okruszcowanie ma charakter struktur masywnych, z wyjątkiem ciała nr 6, gdzie występuje w formie rozproszonej i tylko częściowo masywnej.

Głównym minerałem kruszczonego jest piryt. Ponadto w złożu stwierdzono śladowe ilości chalkopirytu, pirotynu, bornitu i tetraedrytu. W ciele złożowym nr 3 stwierdzono — obok pirytu występującego jako główny minerał — chalkopiryt (ryc.6) oraz śladowe



Ryc. 5. Detale budowy małych ciał złożowych nr 2, 3 i 4
Fig. 5. Selected structures of small orebodies (No. 2, 3 and 4) and wall rocks

ilości bornitu (ryc. 7), digenitu (ryc. 7), kowelinu, tetraedrytu i boulangerytu (inkluzja w chalkopirycie). Ciało nr 6, zawierające częściowo masywne i rozproszone siarczki, charakteryzuje się zmienionymi proporcjami minerałów kruszcowych. Głównymi minerałami są tutaj piryt, chalkopiryt, kowelin i bornit. Kowelin rozwinięty jako minerał wtórny, zastępuje głównie chalkopiryt. Pirynt zdecydowanie przeważa ilościowo nad chalkopirytem. Tylko lokalnie, w pojedynczych obrazach mikroskopowych chalkopiryt jest minerałem dominującym. Większe ilości chalkopiryty obserwuje się w rudach rozproszonych i na kontakcie ze sturkami rud masywnych, czyli tam, gdzie piryty jest mniej. Obserwacje mikroskopowe wskazują na obecność dwóch generacji chalkopiryty. Generację pierwszą, starszą, tworzy chalkopiryt występujący w postaci inkluzji samodzielnymi lub podwójnymi, składających się z chalkopiryty i bornitu, w allotriomorficznych kryształach piryty. Generacja młodsza, to żyłkowy chalkopiryt, występujący w spękaniach w piryty i szwach łączących poszczególne kryształy siarczku żelaza (ryc. 6) oraz chalkopiryt ziarnisty, ksenomorficzny, występujący w okwarcowanych fragmentach badanych próbek. W rudach masywnych stwierdzono ponadto anataz i getyt. Anataz powstaje w wyniku przeobrażeń hydrotermalnych chlorytów, getyt zaś występuje w spękanych fragmentach próbek jako minerał wtórny. Sukcesja mineralna jest prosta. Najstarszym minerałem jest piryt zawierający inkluzje chalkopiryty I, bornitu, digenitu i tetraedrytu. Młodszy zespół stanowi chalkopiryt II. Kowelin i getyt są minerałami najmłodszymi i wtórnymi w stosunku do zespołów starszych.

Wokół ciał masywnych, zwłaszcza tych mniejszych, obserwuje się aureole rozproszenia, składające się z piryty i chalkopiryty.

Na powierzchni złoża jest widoczna wyraźnie strefa przeobrażenia piryty w limonit i tlenki żelaza. W cienkich warstwach łupkowych, które znajdują się pomiędzy strefami okruszczowanymi są widoczne struktury szkieletowe typu *boxwork*, które wewnątrz mają cienkie warstewki limonitu i tlenków żelaza. U podnóża wychodni siarczkw masywnych stwierdzono wąską strefę zawierającą utlenione fragmenty rudy. Strefa ta składająca się głównie z limo-

nit i tlenków żelaza (gossan), powstała prawdopodobnie w wyniku poziomego przesunięcia czapy żelaznej.

Geochemia masywnych rud siarczkwych

Zawartości Au w próbkach pochodzących z tego złoża znajdują się głównie w przedziale pomiędzy 375 i 500 ppb. Zawartości Ag oscylują między 0,25 i 1 ppm. Wartości średnie dla tych pierwiastków w złożu wynoszą 361,4 ppb (Au) i 1,4 ppm (Ag). Większe ilości złota mogą występować w stwierdzonej strefie gossanu, co jest charakterystyczne dla takich złóż.

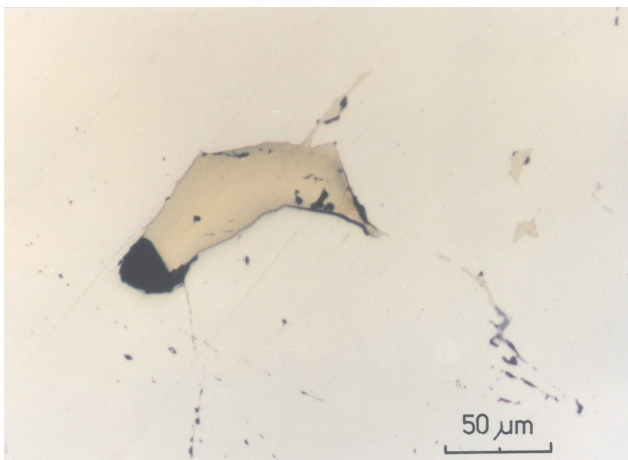
Z diagramu trójkatnego Cu–Pb–Zn wynika (ryc. 8), że rudy siarczkw są najbardziej wzbogacone w Cu. W mniejszych ilościach występuje Zn, zaś zawartość Pb jest śladowa. Stosunek Cu:Pb:Zn wynosi w przybliżeniu 12:1:2. Średnia zawartość Cu, Pb i Zn, wynosi odpowiednio: 541 ppm, 44 ppm i 83 ppm. Badania geochemiczne potwierdzają obserwacje mikroskopowe, z których wynika, że obok piryty najczęściej spotykane są siarczki miedzi. Dane chemiczne wskazują, że opisywane złożo jest typem pirytowym z niewielką domieszką złota. Zawartość Cu, Pb i Zn w badanej części złoża należy uznać za śladowe, bez znaczenia ekonomicznego.

Geneza złoża

Złożo siarczkw masywnych „Mina Pilas” jest złożem wulkanogenicznym proksymalnym, które ma kształt komina, utworzonego w skałach wulkanicznych, o składzie andezytu bazaltowego w środowisku łuku oceanicznego (ryc. 8). Złożo powstało prawdopodobnie w dwu etapach:

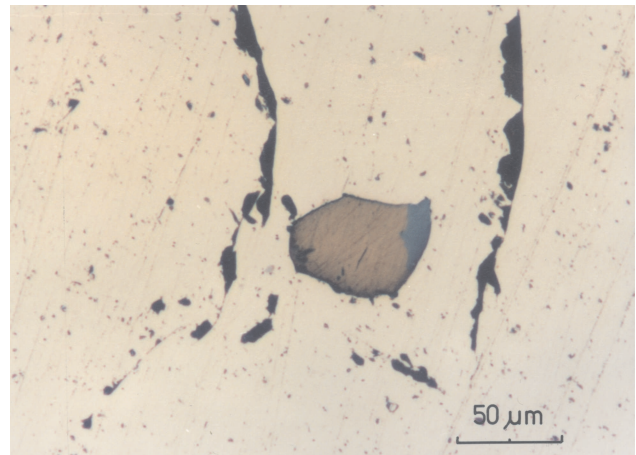
— W etapie pierwszym nastąpiło przeobrażenie skał otaczających w wyniku działalności roztworów gazowych wysokotemperaturowych. Był to etap bezkruszcowy, podczas którego otaczające skały uległy serycytyzacji i okwarcowaniu oraz w mniejszym stopniu chlorytyzacji, która została zamaskowana procesem metamorfizmu.

— W drugim etapie krystalizował siarczk żelaza (I generacji) zawierający nieliczne inkluzje innych siarczkw. Przy końcu tego etapu krystalizowała młodsza gene-



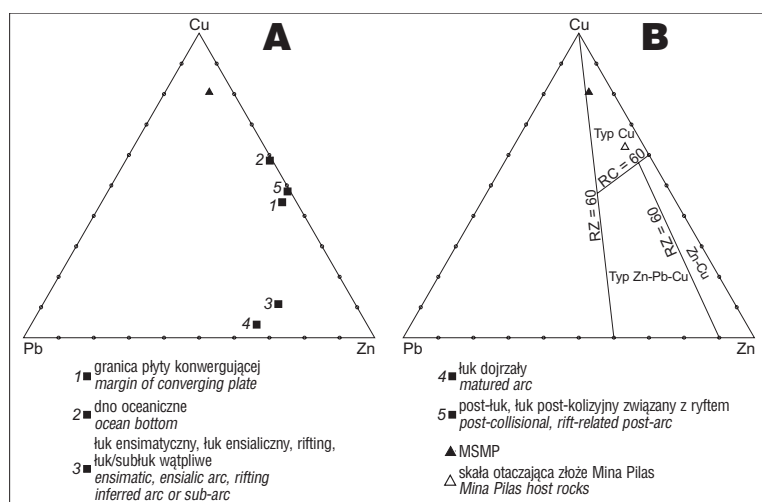
Ryc. 6. Wypełnienie wolnych miejsc i szwów międzykrystalicznych w masywnych pirytych przez chalkopiryt. Mina Pilas, próbka TPV-7. Światło odbite

Fig. 6. Chalcopyrite (yellow) free space filling in coarse crystalline pyrite. Mina Pilas deposit, sample no. TVP-7. Reflected light



Ryc. 7. Wrostek bornitu (brązowo-różowy) z digenitem (niebieski) w piryty (z;0)e Mina Pilas, próbka TPV-7. Światło odbite

Fig. 7. Inclusion of bornite (pink-brown) and digenite (blue) in pyrite, Mina Pilas deposit, sample no. TPV-7. Reflected light



Ryc. 8. (A) — Porównanie średniej zawartości Cu, Pb i Zn w MSMP z pięcioma środowiskami geotektonicznymi zdefiniowanymi przez Stephensa i in. (1984), zmodyfikowanych przez Sangstera (1984); (B) — Pola dla złóż siarczków masywnych typów: Cu; Zn–Cu i Zn–Pb–Cu z naniesieniem wartości MSMP (wg modyfikacji Solomona, 1976). $RZ = 100Zn/(Zn+Pb)$, $RC = 100Cu/(Cu+Zn)$

Fig. 8. Ternary plots: (A) — relationship between average contents of Cu, Pb and Zn from the MSMP and five geotectonic environments defined by Stephens et al. (1984) and modified by Sangster (1984); (B) — Position of Cu-type massive sulphides with minor Zn–Pb; Zn–Pb–Cu-type; and position of the MSMP (according to modification by Solomon, 1976)

racja (II) siarczków miedzi. Istniejące nagromadzenia siarczków są wynikiem przepływu zmineralizowanych roztworów hydrotermalnych. Skład mineralny skał przeobrażonych oraz obecność ich reliktyw w strukturach masywnych siarczków wskazuje na udział roztworów ascenzyjnych średnich i niskich temperatur. Ostatnim etapem w historii rozwoju złoża, który trwa do chwili obecnej, jest powstanie strefy utlenienia wraz z czapą żelazną.

Ze względu na małe rozpoznane zasoby rudy siarczkowej i niską zawartość składników użytecznych MSMP jest uważane za złożo pozabilansowe. Głównym, interesującym pierwiastkiem występującym w złożu jest Au. Srebro i miedź występują w złożu w zbyt niskich zawartościach, aby ich odzysk był ekonomiczny. Srebro występuje w większej ilości niż złoto, można więc przypuszczać, że Ag tworzy inne fazy niż stop Au–Ag. Obydwa metale nie występują w stanie wolnym (nie stwierdzono ich obecności w badanych preparatach), ale prawdopodobnie jako submikroskopowe inkluzje w pirycie i chalkopirycie. Głównym minerałem miedzi jest chalkopiryt i niektóre siarczki będące produktem przeobrażenia tego minerału: kowelin, bornit i digenit. Minerale towarzyszące to: plagioklaz, kwarc, chloryt i muskowitz.

Wnioski

MSMP jest zlokalizowane wśród skał metamorficznych jurajskich, głównie łupków i skał metawulkanicznych, zbudowanych z plagioklaz–chlorytu–epidotu ± kwarcu, miejscami z wkładkami, soczewkami i żyłkami mlecznego kwarcu lub epidotów. Obecne są także skały wulkaniczne (pliocen–czwartorzęd), reprezentowane przez potoki lawowe, formacje laharowe i kolapsyjno-lawowe oraz osady fluwiolimniczne, które leżą niezgodnie na sekwencji metamorficznej. Skały wulkaniczne mają skład andezytu bazaltowego.

Skały na kontakcie złoża siarczków masywnych–skała otaczająca, to łupki kwarcowo-muskowitowo-pirytowe, z niewielką ilością plagioklaz i chlorytu. Wewnątrz złoża siarczkowego występują cienkie wkładki skał metawulkanicznych o składzie plagioklaz–chloryt–epidot, z kwarcem i łupki kwarcowo-muskowitowe z pirytem.

MSMP składa się z ciała głównego i 5 mniejszych soczewkowych struktur, zlokalizowanych na południe od pola głównego. Okruszczenie posiada cechy struktur masywnych. Głównym minerałem kruszcowym jest piryt, w śladowych ilościach występują: chalkopiryt, pirotyt, bornit i tetradryt. Ponadto, w niektórych ciałach złożowych stwierdzono ślady digenitu, kowelinu i boulangerytu. Piryt na powierzchni ulega przeobrażeniu w limonit i tlenki żelaza.

Średnie zawartości pięciu głównych pierwiastków, obecnych w złożu są następujące: 361,4 ppb Au, 1,4 ppm Ag, 541 ppm Cu, 44 ppm Pb i 83 ppm Zn.

Złożo siarczkowych rud masywnych Fe–Cu, Mina Pilas, jest złożem wulkanogenicznym proksymalnym typu VHMS.

Wyróżniono dwa etapy tworzenia się złoża. Etap pierwszy obejmuje sycerytyzację, okwarcowanie i w mniejszym stopniu chlorytyzację skał otaczających przez nie zmineralizowane roztwory hydrotermalne. W etapie drugim powstają rud siarczkowe, które są rezultatem krążenia ascenzyjnych roztworów zmineralizowanych.

Obecność złoża VHMS w kompleksie skał metamorficznych i skał wulkanicznych należących do grupy Alao, może być istotną przesłanką dla poszukiwań w ich strefie innych, bogatszych złóż typu VHMS–SHMS. Obecność strefy wietrzenia i czapy żelaznej jest dobrą przesłanką do poszukiwania laterytowych złóż złota.

Literatura

- ASPDEN J. & IVIMEY-COOK H. 1992 — Nuevos datos paleontológicos del centro y sureste del Ecuador, Bol. Geol. Ecuat., 3: 33–42.
- FRANKLIN J.M., LYDON J.W. & SANGSTER D.F. 1981 — Volcanic-Associated Massive Sulfide Deposits, Econ. Geol., 75th Anniversary Volume: 485–627.
- JEMIELITA R. & BOLAYOS J. 1993 — Mineralization, mineral potential and Metallogenesis of the Cordillera Real of Ecuador. (Final report of the results of the Economic Geology Survey of the Cordillera Real Geological project). ODA/BGS, CODIGEM: 200.
- LAVENU A., NOBLET C., BONHOMME M., EGUEZ A., DUGAS F. & VIVIER G. 1992 — New K–Ar age dates of Neogene and Quaternary volcanic rocks from the Ecuadorian Andes: Implications for the relationship between sedimentation, volcanism, and tectonics. J. South Amer. Earth Sci., 5: 309–320.
- LITHERLAND M., ASPDEN J.A. & JEMIELITA R.A. 1994 — The metamorphic belts of Ecuador. Overseas Memoir of the British Geol. Survey, 11: 147.
- SANGSTER D.F. 1984 — Grade-Tonnage Summaries of Massive Sulfide Deposits Relative to Paleotectonic Settings in the Appalachian-Caledonian Orogen. Econ. Geol., 79: 1479–1482.
- SOLOMON M. 1976 — "Volcanic" massive sulphide deposits and their host rocks — a review and an explanation. [In:] Wolk, K. A., ed., Handbook of strata-bound and Stratiform Ore Deposits, II, Regional Studies and Specific Deposits, Amsterdam, Elsevier: 21–50.
- STEPHENS M. B., SWINDEN H. S. & SLACK J. F. 1984 — Correlation of Massive Sulfide Deposits in the Appalachian-Caledonian Orogen on the Basis of Paleotectonic Setting, Econ. Geol., 79: 1442–1478.