

RYZÍ STŘÍBRO Z BOROVICE (ŠTĚPÁNOVSKÝ RUDNÍ REVÍR)

NATIVE SILVER FROM BOROVEC (ŠTĚPÁNOV ORE DISTRICT)

VLADIMÍR HRAZDIL & STANISLAV HOUZAR

Abstract

Hrazdil, V., Houzar S., 2011: Ryzí stříbro z Borovce (štěpánovský rudní revír). - Acta Mus. Moraviae, Sci. geol., 96, 1, 11-18.

Native silver from Borovec (Štěpánov ore district)

Silver mining activities at Štěpánov ore district date back to 13th century. Besides the major ore minerals, the silver-bearing galenite with inclusions of freibergite, and the silver-bearing chalcopyrite, rare presence of native silver was encountered on dumps close to the shallow shaft Josef near Borovec (1 km N from Štěpánov). The mineralization occurs in quartz-carbonate veins cross-cutting marbles and metapelites. The native silver locally intergrows with native copper in quartz-calcite gangue or in quartz cavities; rarely, it is enclosed in cuprite or chrysocolla. Malachite and iron oxides and hydroxides are common constituents of the assemblage but in a small volume. Chemically, the native silver is very pure (~99 wt. % Ag) and except of low amounts of Cu (≤ 1 wt. %) it contains only traces of As (≤ 0.5 wt. %) Bi (≤ 0.13 wt. %).

Key words: native silver, copper, Štěpánov ore district, Svratka Dome, Czech Republic.

Vladimír Hrazdil, Stanislav Houzar: Department of Mineralogy and Petrography, Moravian Museum, Zelný trh 6, 659 37 Brno, Czech Republic, vhrzdil@mzm.cz; shouzar@mzm.cz

Úvod

Štěpánovský rudní revír, rozkládající se podél řeky Svratky přibližně mezi Koroužným a Nedvědicí, patřil ve středověku k významným zdrojům stříbra na Moravě. I když jeho sláva zdaleka nedosáhla věhlasu Jihlavy, která se proslavila zejména první psanou formou horního práva u nás (tradičně kladeného k r. 1249), podle posledních archeologických výzkumů se zdá, že těžební podnikatelská perspektiva byla pro oba revíry na počátku 13. století prakticky shodná. Dokládá to hornické osídlení zjištěné u Štěpánova-Havírny (SADÍLEK 1995), které se svým rozsahem a významem patrně příliš nelišilo od osídlení u Jihlavy-Starých Hor (srov. DOLEŽEL a SADÍLEK 2004). Další osudy obou míst byly rozdílné, což bylo patrně zapříčiněno jak rozsahem stříbrnosného zrudnění, tak politickými okolnostmi, až posléze jejich význam upadl v souvislosti s otvírkou ložiska u Kutné Hory po roce 1260 (HOLUB 2005a, b).

Relativně velký rozsah dolování stříbra ve 13. století, po němž se ve štěpánovském revíru dochovala řada pozůstatků (POLÁK 1960, MÁTL et al. 1965, ŠTANCL 1980, MALÝ 1998, HOUZAR et al. 2000, PAŘÍZEK 2000) je v rozporu s dosud nedostatečnými znalostmi o rozsahu a mineralogickém charakteru vlastního stříbrnosného zrudnění. Podrobný geologický průzkum revíru včetně rozsáhlých hornických prací se Ag-zrudněním buď nezabýval vůbec (MÁTL et al. 1965) nebo jeho zájmem bylo (koncem osmdesátých let 20. století) především zajištění dostatečného množství polymetalických rud pro možnou budoucí těžbu a vlastní mineralogie a geneze stříbrné mineralizace studována nebyla (srov. ABRAHAM

et al. 1990). Ve „stříbrné studii“ bylo Štěpánovsko pokládáno za prospekčně zajímavé (KRÁLÍK *et al.* 1985), závěr zmíněného posledního průzkumu vyzněl celkově negativně (ABRAHAM *et al.* 1990, HOLUB 2005a).

Přestože se požadavky na množství a kvalitu stříbrné rudy během staletí nepochybně měnily a ve středověku byly prokazatelně využívány rudy z dnešního hlediska velmi chudé (např. HOLUB 2005b), velký rozsah středověkých (příp. raně novověkých) dobývek na Štěpánovsku naznačuje alespoň lokální bohatost tamějších rud, která „starce“ motivovala k tomu, že otevřeli do značné hloubky i ložiska se složitými hydrogeologickými podmínkami (např. rozsáhlé dílo za samotou VOREL, MÁTL *et al.* 1965). Podle historických údajů obsahovala vytříbená galenitová ruda v přepočtu až 5 kg stříbra na tunu (ŠTŘEJN 1960). Vedle těchto primárních „galenitových rud“, v nichž jsou nositeli stříbra freibergit a pyrargyrit (MALÝ 2000), byla u stříbrnosných zrudnění na Českomoravské vrchovině tradičně předpokládána i existence stříbrem obohacených povrchových partií žil (KOUTEK 1952 aj.). Přestože je v poslední době jejich význam co do objemu poněkud zpochybňován (HOLUB 2005a, 2008), svědčí pro jejich alespoň občasný výskyt mineralogický charakter nových ojedinelých nálezů asociací bohatých stříbrem na Jihlavsku (MALÝ *et al.* 2010, KOCOURKOVÁ *et al.* 2010) a Havlíčkobrodsku (ústní sdělení K. Malý, Muzeum Vysočiny Jihlava).

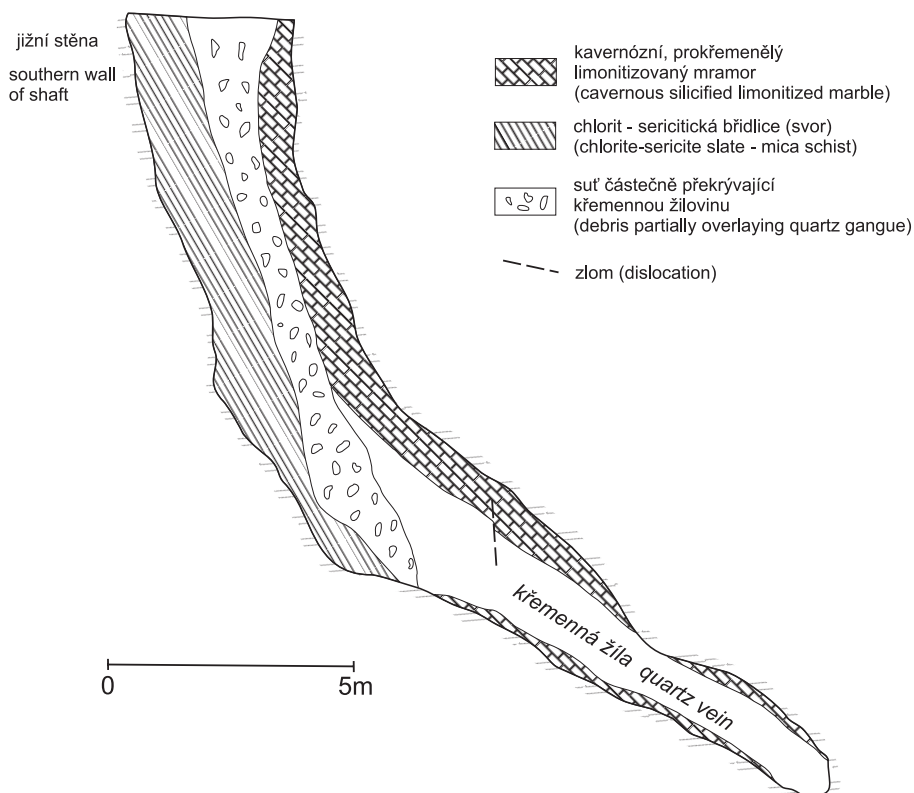
Nálezy minerálních asociací s ryzím stříbrem jsou z Borovce známy již delší dobu (KRÁČMAR in MALÝ 2000, PELZ 2000, VELEBIL a KRÁČMAR 2002). Protože však jeho minerální asociace nebyla dosud popsána detailněji, věnujeme jí po nedávných nálezích dalších vzorků stříbra na lokalitě pozornost v této studii. Při studiu byl využit scanovací elektronový mikroskop JEOL 6490 LV s ED spektrometrem LN2-free a elektronová mikrosonda Cameca Camebax SX-100 (ÚGV MU v Brně, operátor P. Gadas) a analogická mikrosonda na SGÚDŠ v Bratislavě (operátoři V. Kollárová a P. Konečný), za užití urychlovacího napětí 20 kV a proudu 15–20 nA; průměr svazku 1 μm . Jako standardů bylo použito čistých kovů.

Charakteristika lokality

Známa mineralogická lokalita Borovec (obec Štěpánov nad Svratkou) se nachází v oboře na Němečkově kopci. Zdejší, mědi a lokálně stříbrem bohatá asociace je vázána na křemenné a křemen-kalcitové žily s chalkopyritem. Ty pronikají šedými, prokřemenělými a grafitizovanými mramory olešnické jednotky (svratecká klenba) ve směru přibližně S-J na vzdálenost stovek metrů a mohou přecházet od ložního do pravého typu (MÁTL *et al.* 1965). Jsou součástí mocné tektonické zóny, vyvinuté v podloží hranice svrateckého krystalinika a olešnické jednotky, řazené převážně k moraviku (ABRAHAM *et al.* 1990). Pásmo několika žil bylo otevřené jak od severu třípatrovou „Kupferštolou“, tak od jihu Boroveckou štolou, štolou a šachtou Barow a později nafaráno průzkumnými štolami Mír a Na barytě (MÁTL *et al.* 1965, HOUZAR *et al.* 2000). Kromě primárních sulfidických rud s chalkopyritem s malým podílem galenitu, sfaleritu a tetraedritu bylo důlními díly zastiženo i oxidační pásmo („limonit“, malachit, vzácněji azurit, brochantit a langit), vyvinuté na tektonické zóně, tzv. modré rozsedlině („die Blaue Kluft“).

Starší etapu těžby představují „staré obvaly nad „Kupferštolou“, v současnosti reprezentované povrchovými, částečně zasutými < 5 m hlubokými dobývkami ve směru žil spojenými krátkými štolami („Josef“, „Partyzánská“). Na jejich odvalech byla nalezena i hornická železka, která je datují přibližně do doby před 17. století (HRAZDIL *et al.* 2008).

K mladší etapě těžby zde náleží štola „Na Bukovské“ (někdy zvaná „nová Marie Terezie), sledující žilu s chalkopyritem a galenitem, ležící asi 100 m východně od popisovaného pásma. To bylo rovněž nepochybně překutáváno i v mladších obdobích, měděná ruda však již vybírána nebyla, neboť jí na odvalu do současnosti zůstalo zachováno velké množství. Po všech těchto pracích zbyly rozsáhlé odvaly.



Obr. 1. Geologický profil jižní stěny šachty Josef (ZAMARSKÝ in MÁTL *et al.* 1965, upraveno).
 Fig. 1. Geological section of the south wall of the Josef shaft (ZAMARSKÝ in MÁTL *et al.* 1965, modified).

Stříbronosná mineralizace byla zjištěna zejména v okolí díla „Josef“. Jde o krátkou kolmou (do hloubky 8 m) a níže úklonnou šachtici, sledující do hloubky 23 m slabě zrudněnou křemennou žilu o mocnosti 1,5 m, probíhající mramorem a alterovanými a grafitickými metapeliti (grafitickými svory). Z ní je východním směrem ražena krátká sledná chodba v křemenné žile (obr. 1 a 2).

Minerální asociace s ryzím stříbrem

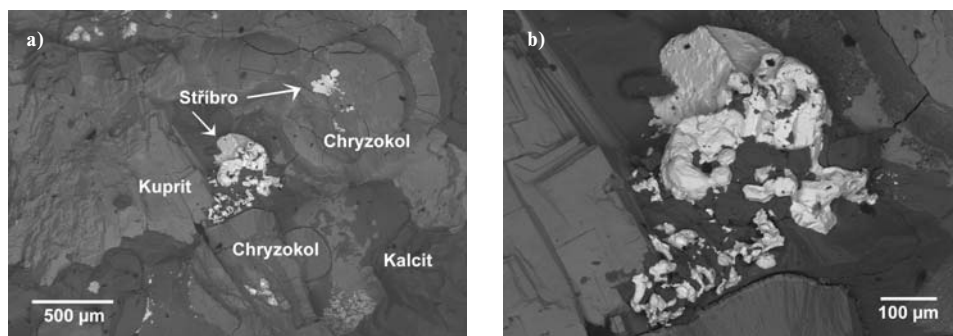
Nejvýznamnější nálezy Ag-mineralizace pocházejí z odvalů, nacházejících se pod šachticí „Josef“ a táhnoucích se směrem k jihu. Ryzí stříbro bylo nalezeno v doprovodu ryzí mědi.

Ryzí stříbro na lokalitě po dlouhá desetiletí unikalo pozornosti geologů, mineralogů i sběratelů. Bylo zde nalezeno až koncem osmdesátých let minulého století sběrateli minerálů při vyhledávání ryzí mědi (srov. PELZ 2000, VELEBIL a KRÁČMAR 2002) a patří tam dosud k nejzácnějším minerálům.

V námi studovaných vzorcích zarůstá drobně drátkovité bílé stříbro velikosti < 1 mm do zrn kupritu, nebo se nachází v centrech koncentricky zonálních kulovitých agregátů modrozeleného chryzokolu. Ten povléká společně s tenkou vrstvou tvořenou jemnými krystalky křišťálu jemnozrnný až vláknitý, nahnědlý kalcit narůstající do dutin křemene. V těchto drobných dutinách se mohou vyskytovat až 0,5 cm velké trsovité agregáty krystalů malachi-

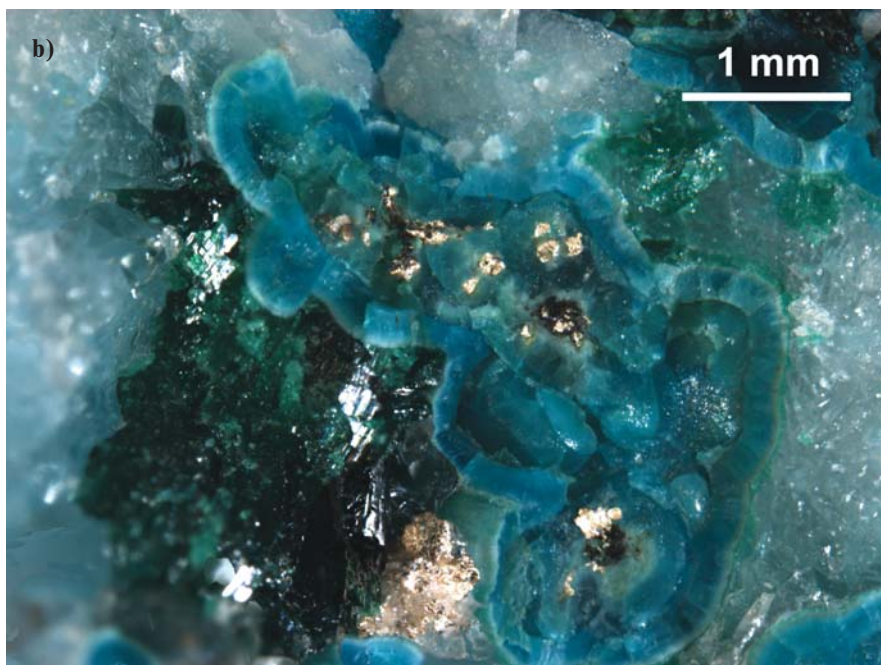
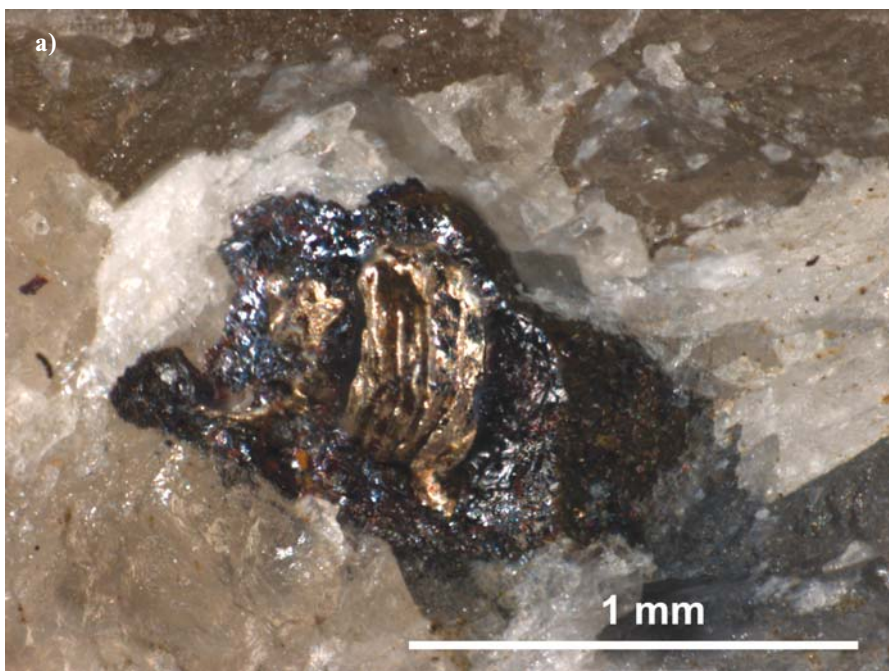


Obr. 2. Štola sledující žílu křemene v šachtici Josef (foto J. Sadílek).
 Fig. 2. Adit following the quartz vein in the Josef shaft (photo J. Sadílek).



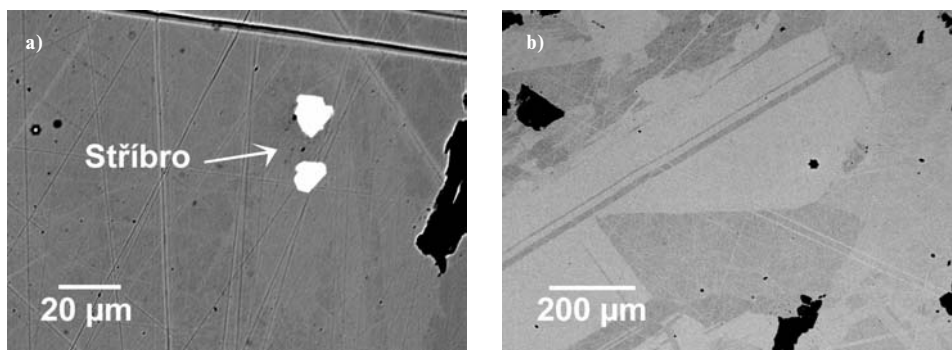
Obr. 3. Mikrofotografie v odražených elektronech (BSE); a) asociace ryzího stříbra s kupritem, chryzokolem a kalcitem, b) detail zrna ryzího stříbra (foto P. Gadas).
 Fig. 3. Back-scattered electron (BSE) microphotographs; a) assemblage of native silver, cuprite, chrysocolla and calcite, b) detail of the native silver grain (photo P. Gadas).

tu (obr. 3 a 4). Křemen je součástí brekcie, v níž uzavírá ostrohranné grafitické horniny a limonitizované alterované svory. Stříbro rovněž tvoří vzácné ostrohranné inkluze velikosti $< 15 \mu\text{m}$ zarostlé v mědi (obr. 5a). Studium chemického složení na mikrosondě prokázalo stříbro s obsahem $\leq 1 \text{ hm. \% Cu}$; při hranici detekce je obsah As ($\leq 0,50 \text{ hm. \%}$), Bi ($\leq 0,13 \text{ hm. \%}$) a pod hranici stanovení byl podíl Au, Co, Hg, Pb, Sb, Te a Zn. Charakteristická je zejména jeho asociace s chryzokolem, jenž se jinde ve štěpánovském rudním revíru prakticky nenachází (srovnej HOUZAR a MALÝ 2002).



Obr. 4. Fotografie asociací ryziho stříbra; a) ryzi stříbro v kupritu, b) ryzi stříbro v chryzokolu s malachitem (foto M. Ivanov).

Fig. 4. Photographs of the native silver assemblages; a) native silver in cuprite, b) assemblage of native silver, chrysocolla and malachite (photo M. Ivanov).



Obr. 5. Mikrofotografie v BSE, nábrus; a) inkluze ryzího stříbra (bílé) v ryzí mědi, b) ryzí měď - tmavé zóny mají vyšší obsah As (foto V. Kollárová).

Fig. 5. BSE-microphotographs, polished section; a) native silver inclusions within native copper, b) native copper - darker zones have higher content of As (photo V. Kollárová).

V jiných případech drátky stříbra zpravidla zarůstají do křemen-karbonátové žiloviny spolu s ryzí mědí bez významnějšího doprovodu povlaků supergenních minerálů mědi. Ve výjimečných případech stříbro nalézáme ve formě drobných stromčkových agregátů na plochách horniny až 10×5 cm velkých (VELEBIL a KRÁČMAR 2002); maximální velikost drátků může zcela ojediněle přesahovat až 1 cm s náznaky srůstů krychlových krystalů (HOUZAR a MALÝ 2002). Sukcesní vztah stříbra a mědi není jasný. Podle VELEBILA a KRÁČMARA (2002) může stříbro narůstat na měď, naopak v našich vzorcích je měď uzavíráno; nejspíše vznikají oba ryzí kovy současně. Argentit (spíše však podle morfologie akantit), popisovaný jako černé jehličkovité krystaly v žilovině a jako povlaky na mědi PELZEM (2000) a VELEBILEM a KRÁČMAREM (2002) jsme na námi studovaných vzorcích nezjistili. Může však jít i o recentní minerál vzniklý až po uložení materiálu ve sbírce.

Ryzí měď na vzorcích téměř ve všech případech dominuje a vytváří jak drobná zrna uzavřená v kupritu, tak častěji drátovité, plíškovité i celistvé agregáty typicky měděně červené barvy a kovového lesku v křemeni, někdy nepatrně zbarveném modrozeleně chryzokolem. Velikost agregátů mědi dosahuje až několika cm². Chemickým složením jde o velmi čistou měď (99,48–99,86 hm. % Cu), lokálně s nízkým podílem As ≤ 0,62 hm. % (obr. 5b). Obsahy Ag, Bi, Cd, Co, Hg, Sb, a Zn jsou na hranici detekce; za zmínku stojí zvýšený podíl Au (400 ppm), podobně jako v doprovodném kupritu.

Diskuse a závěry

Asociace měď (± kuprit) >> stříbro byla v Borovci dosud nalezena pouze v okolí zmíněné šachtice Josef, vzorky ryzí mědi s kupritem však pocházejí i z jiných míst, ležících v jižním pokračování výskytu (štola Barow). Nejsou však příliš hojné a výskyt stříbra v asociaci tam nelze zcela vyloučit. Vznik asociace s ryzím stříbrem byl však nepochybně vázán na lokální podmínky, které nebyly splněny u podobných žil v okolí. V těch dominují Cu-sulfidy, hlavně chalkopyrit, lokálně i tetraedrit, a hojný supergenní limonit (místy až gossanového vzhledu), hematit, malachit a azurit. Brekciovitá textura žil a uzavřeniny grafitických hornin jsou běžným znakem obou těchto mineralizací (HOUZAR a MALÝ 2002).

Studovaná minerální asociace je charakterizována úplnou absencí síry. V křemen-karbonátové žilovině, která je nositelem Cu-Ag mineralizace zcela chybějí sulfidy (chalkopyrit). Jediný oxidický minerál, parageneticky přímo spjatý s ryzími kovy je kuprit, uzavírající drátky ryzí mědi a stříbra. Jde o asociaci, vzniklou buď přímo z pozdních rudonosných Cu>>Ag obsahujících fluid nebo jde o produkt kompletního rozkladu primárního chalkopyritu, spo-

jeného s redistribucí komponent a totální desulfurizací systému, čemuž by odpovídala stálá a naprostá převaha mědi nad stříbrem a hojný doprovodný hematit. Pro druhou možnost svědčí zjištění, že chalkopyrit je primárním nositelem stříbra na ložiscích s nízkým podílem galenitu a bez ušlechtilých stříbrných rud (např. HARRIS *et al.* 1984, AMCOFF 1984, HUSTON *et al.* 1996). Tento minerál za hlavního nositele stříbra v Cu-Pb(-Zn) typu zrudnění ve štěpánovském revíru pokládá rovněž MALÝ (2000) a předpokládá, že stříbro je vázáno pravděpodobně na krystalovou mřížku, neboť v něm nezjistil inkluze žádného Ag-minerálu. Maximální obsahy Ag v chalkopyritu s lokalizací „Na Bukovské“ (nedaleko námi studovaného výskytu) dosáhly až 349 ppm (obvykle jsou o řád nižší, 13–37 ppm), ve štole Mír pak 150 ppm. Chalkopyritem bohatá žilovina (s 12 a 32 hm. % Cu) ze štoły Mír obsahovala 34 a 42 ppm Ag (též 1,2 a 2,4 ppm Au) a slabě zrudněný křemen s kupřitem a ryzí mědí z odvalu šachtice Josef měl 3 290 ppm Cu, 8,3 ppm Ag a 0,15 ppm Au (srov. HOUZAR a MALÝ 2002).

Zda asociace s mědí a stříbrem vznikla nízkoteplotními hydrotermálními procesy v závěru rudní mineralizace štěpánovského revíru nebo zda jde o důsledek změn primárních rud v zóně supergeneze, nelze dosud rozhodnout. K zřetelně nejmladší supergenní asociaci náležejí v dnešním erozním řezu vedle limonitu a hematitu jen tenké povlaky malachitu (azurit je ojedinělý) a zejména chryzokol. Poslední minerál se v Borovci mimo studovanou lokalitu jinde nevyskytuje a dokládá ve studované asociaci lokálně zvýšenou aktivitu Si a Cu v zóně supergeneze.

Poděkování

Za spolupráci při studiu chemického složení minerální asociace děkujeme Dr. V. Kolárové a Dr. P. Konečnému, operátorům elektronové mikrosondy ŠGÚDŠ v Bratislavě a Mgr. P. Gadasovi ze společného pracoviště ÚGV MU a ČGS v Brně. Práce byla financována institucionálním záměrem MK00009486201.

LITERATURA

- ABRAHAM, M., KOMÍNEK, E., HÁJEK, J., LACINOVÁ, A., TURNOVEC, I., HOLUB, M., TESAR, M., PROCHÁZKA, J., BENEŠ, V., CHOCHOLÍK, S., KOČÍ, T., DOLEŽALOVÁ J., ZEJDA, R., 1990: Moravikum - Rudy, surovina polymetaly, baryt. - MS, Geofond Praha, P 50484.
- AMCOFF, Ö., 1984: Distribution of Silver in Massive Sulfide Ores. - *Mineral Deposita*, 19, 63–69.
- DOLEŽEL, J., SADÍLEK, J., 2004: Středověký důlní komplex v trati Havírna, k. ú. Štěpánov nad Svratkou. Příspěvek k dějinám těžby stříbra v oblasti severozápadní Moravy ve 13. a 14. století I. Výsledky průzkumu v letech 1990–2001. - *Mediaevalia Archaeologica*, 6, 43–119.
- HARRIS, D. C., CABRI, L. J., NOBILING, R., 1984: Silver-bearing chalcopyrite, a principal source of silver in the Izok Lake massive-sulfide deposit: Confirmation by electron- and proton- microprobe analysis. *Canad. Mineralogist*, 22, 493–498.
- HOLUB, M., 2005a: Několik poznámek ložiskového geologa ke sborníku „Těžba a zpracování drahých kovů: sídelní a archeologické aspekty“. - *Archeologické rozhledy*, 57, 390–409.
- HOLUB, M., 2005b: Nakolik mohly chudé, stříbro obsahující rudy zajímat prospektory v polovině 13. století. - *Archeologické rozhledy*, 57, 573–580.
- HOLUB, M., 2008: Poznámky k existenci zvětrávaním obohacených zón stříbrnosných rud v Brodském a Jihlavském rudním revíru. - *Stříbrná Jihlava 2007, Studie k dějinám hornictví a důlních prací, Archeol. Výzk. na Vysočině, Supl. 1*, 206–215.
- HOUZAR, S., MALÝ, K., 2002: Přehled mineralogie, ložiskových poměrů a historie štěpánovského rudního revíru na západní Moravě. - *Acta Mus. Morav., Sci. geol.*, 87, 5–59.
- HOUZAR, S., HRAZDIL, V., MALÝ, K., PFEIFEROVÁ, A., SADÍLEK, J., 2000: Charakteristika pozůstatků po starém dolování Ag-Pb-Cu rud ve štěpánovském rudním revíru na západní Moravě. - *Vlastiv. Sbor. „Západní Morava“*, 4, 116–137.
- HUSTON, D. L., JABLONSKI, W., SIE, S. H., 1996: The distribution and mineral hosts of silver in eastern Australian volcanogenic massive sulfide deposits. - *Canad. Mineralogist*, 34, 529–546.

- HRAZDIL, V., DOČKAL, P., VOKÁČ, M., 2008: Rudní lokality na Českomoravské vrchovině s nálezy hornických nástrojů. – „Stříbrná Jihlava 2007“, Studie k dějinám hornictví a důlních prací, Archeol. Vyzk. na Vysočině, Supl. 1, 26–55.
- KOCOURKOVÁ, E., HOUZAR, S., HRAZDIL, V., 2010: Pyromorfit z jihlavského rudního revíru. – Acta Mus. Moraviae, Sci., geol., 95, 1, 105–120.
- KOUTEK, J., 1952: O rudních žilách a starém dolování u Jihlavy. – Sbor. Ústř. úst. Geol., geol., 19, 40–77.
- KRÁLÍK, M., 1985: Zhodnocení prognózních zdrojů Ag v Českém masivu. – Geofond, Praha.
- MALÝ, K., 1998: Současný stav lokalit dolování Pb-Zn-Cu-Ag rud ve svratecké klenbě (západní Morava). – Stříbrná Jihlava 2007, K dějinám hornictví a důlních prací na Vysočině, 63–71.
- MALÝ, K., 2000: Mineralogie polymetalických rudních výskytnů ve svratecké klenbě moravika. – MS, Disertační práce, Katedra mineralogie, petrografie a geochemie přírod. fak MU v Brně.
- MALÝ, K., HOUZAR, S., ŠTELCL, J. (2010): Ryzí stříbro z Helenína (jihlavský rudní revír). – Acta rerum naturalium, 8, 1, 55–58.
- MÁTĚL, V., FREJVALD, M., ŠOUBA, M., BUNDOVSKÝ, N., VOMELA, R., ČERNÝ, P., KOBLEROVÁ, E., URBAN, F., DAŇKO, K., HERINK, V., KRÁSENSKÝ, M., 1965: Vyhledávací průzkum Pb, Zn, (Cu) rud Borovec u Štěpánova. – MS, Geologický průzkum Brno, 1–83.
- PAŘÍZEK, J., 2000: Dobývání nerostných surovin v okrese Žďár nad Sázavou a okolí. – Listy Horáckého muzea, 3, 1–68.
- PELZ, J., 2000: Borovec – několik poznámek k mineralogii lokality. – Minerál, 8, 1, 20–26.
- SADÍLEK, J., 1995: Dolování na Štěpánovsku. – Terra, 1, 16–20.
- POLÁK, A., 1960: Nerostné bohatství Bystricka. – Krajské nakladatelství, Brno, 76 p.
- ŠTANCL, R., 1980: Geologicko-ložisková charakteristika některých rudních výskytnů ve svratecké klenbě. – MS, Diplomová práce, Katedra geol. a paleont. přírod. fak. UJEP v Brně, 1–87.
- ŠTREJN, Z., 1960: K historii těžby barevných kovů na Štěpánovsku. – MS, Geofond P11733, 1–41.
- VELEBIL, D., KRÁČMAR, L., 2002: Ložisko Borovec u Štěpánova (štěpánovský revír). – Minerál, 10, 3, 163–181.