

Argentopyrit z ložiska Bohutín, Příbram (Česká republika)

Argentopyrite from the Bohutín deposit, Příbram (Czech Republic)

PAVEL ŠKÁCHA^{1)2)*}, Jiří SEJKORA²⁾

¹⁾Mineralogicko-petrologické oddělení, Národní muzeum, Cirkusová 1740, 193 00 Praha 9 - Horní Počernice;
*e-mail: skacha-p@muzeum-pribram.cz

²⁾Hornické muzeum Příbram, nám. Hynka Kličky 293, Příbram VI, 261 01

ŠKÁCHA P, SEJKORA J (2017) Argentopyrit z ložiska Bohutín, Příbram (Česká republika). Bull Mineral Petrolog 25(2): 245-251 ISSN: 2570-7337

Abstract

Rare argentopyrite was found in the Bohutín deposit of the Březové Hory ore district (central Bohemia, Czech Republic). It was found on two archive specimens and forms up to 2 mm large globular aggregates consisting of very small prismatic crystals. Original colour is bronze-brown but it very fast tarnished black. Apart from main elements Ag, Fe and S, it contains minor Cu (up to 0.019 *apfu*) and Sb (up to 0.022 *apfu*). Its empirical formula (37 analyses) on the basis of 6 *apfu* corresponding to $(\text{Ag}_{0.99}\text{Cu}_{0.01}\text{Sb}_{1.00})\text{Fe}_{1.95}\text{S}_{3.04}$. Its refined PXRD unit-cell parameters for the monoclinic space group *P*112₁/*n* are: *a* 6.693(1), *b* 11.459(2), *c* 6.454(1) Å, γ 90.24(1)°, *V* 494.9(1) Å³. Crystals of the phases of proustite - pyrrargyrite solid solution up to 2 mm are the most abundant Ag-minerals on studied samples. Proustite forms cores of these mixed crystals, younger pyrrargyrite forms their rims. Colour is light cherry red, lighter than the colour typical for pyrrargyrite from Příbram. Galena, pyrite, sphalerite and stephanite are the other associated minerals.

Key words: argentopyrite, proustite-pyrrargyrite, silver sulphides, stephanite, Příbram, Czech Republic

Obdrženo: 17. 11. 2017; přijato 12. 12. 2017

Úvod

V současné době jsou ve skupině tzv. *stříbrných kyzů* tři platné minerální druhy: dimorfní argentopyrit a sternbergit (AgFe_2S_3) a lenait (AgFeS_2). Stříbrné kyzы se poměrně vzácně vyskytují na některých ložiskách ušlechtilých stříbrných rud, rozšířenější u nás byly například na lokalitách Jáchymov (Ondruš et al. 2003) a Meděvec (Šrein et al. 1986). Na obou lokalitách byl zjištěn argentopyrit a sternbergit, lenait u nás zatím nebyl nalezen. Extrémně vzácně byl zjištěn sternbergit v březohorském ložisku v Příbrami (Škácha et al. 2007) na vzorku pocházejícím z Vojtěšské hlavní žíly ve formě až 7 mm velkých krystalů v asociaci se stefanitem. Druhý známý vzorek sternbergitu z březohorského ložiska je uložen ve sbírkách Naturhistorisches Museum ve Vídni a pochází z 20. patra Eusebské žíly již z proterozoické části ložiska za jílovou rozsedlinou. Původní určení bylo potvrzeno vizuálně a díky ohebnosti sternbergitu (Kolitsch, Škácha). V sousedním uran -polymetalickém revíru byly zatím potvrzeny výskyty sternbergitu (Scharmová et al. 1987), sternbergitu a argentopyritu (Balada 1988) a směsné Ag-Fe-S fáze (Litochleb, Šrein 1994). Další výskyt argentopyritu pocházející zřejmě ze

šachty č. 21 (patrně žíla H61Z, 6 - 7. patro) je tvořen drobnými krystaly narůstajícími na krystaly polybasitu.

Tato práce je věnovaná studiu argentopyritu z ložiska Bohutín, poprvé zjištěném na vzorku ze sbírek Hornického muzea Příbram a později i na jednom vzorku ze soukromé sbírky.



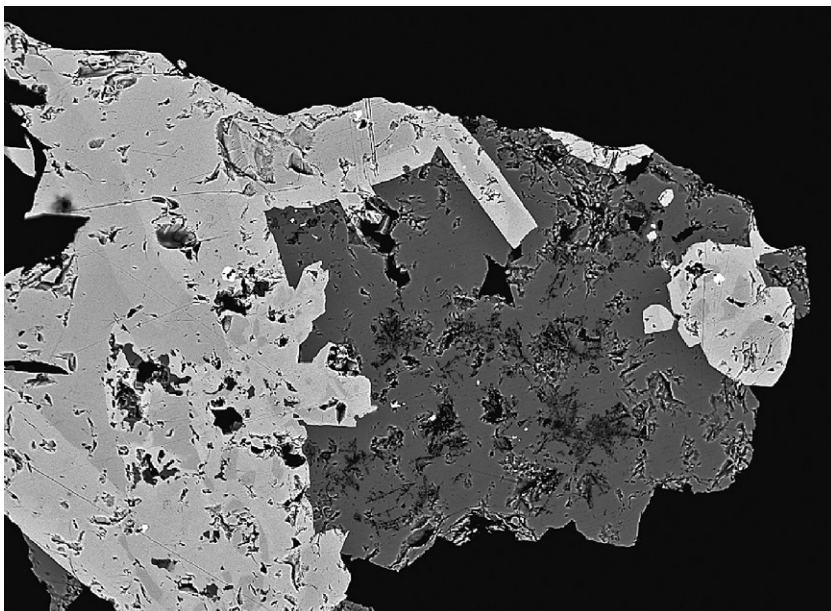
Obr. 1 Krystal xantokonu srůstající s agregáty argentopyritu v asociaci s minerálními řadami proustit - pyrrargyrit; Bohutín; šířka záběru 2.5 mm; foto P. Škácha.



Obr. 2 Kulovité agregáty argentopyritu srůstající s krystaly minerálů řady proustit - pyrargyrit; Bohutín; šířka záběru 4 mm; foto P. Škácha.



Obr. 3 Kulovité agregáty argentopyritu srůstající s krystaly minerálů řady proustit - pyrargyrit; Bohutín, šířka záběru 2.5 mm; foto P. Škácha.



Popis vzorků

Studovány byly dva vzorky, na kterých byl zjištěn argentopyrit. Vzorek z depozitářů Hornického muzea Příbram, evidovaný jako pyrargyrit (i. č. 1399) je tvořen křemen - karbonátovou žilovinou o rozměrech $14 \times 7 \times 8$ cm. Vzorek byl zapsán do sbírek Rudných dolů v roce 1898. Lokalizace vzorku je na 11. patro Klementské žíly, důl Štěpán. Křemen tvoří na vzorku jednotlivé žíly s dutinami s krystaly křemene do velikosti až 1 mm, zejména jsou časté duté perimorfózy křemene po barytu, což je typický znak právě pro některé vzorky z bohutínského ložiska. Karbonát dolomického vzhledu tvoří na vzorku žilné výplně a nepravidelné tvary o velikosti až přes 1 cm. Z rudních minerálů patří mezi starší sfalerit a galenit, tvořící pásy a zrna hlavně na okraji žiloviny. Zřejmě mladší je pyrit typicky žluté barvy tvořící až 7 mm velká zrna, místy na povrchu pokrytá velmi drobnými krystaly. Stříbrné minerály na vzorku vytvářejí krystaly a zrna v dutinách nebo na puklinách křemene a perimorfóz křemene po barytu a jsou nejmladšími fázemi ve studované asociaci. Makroskopicky jednoznačně identifikované byly krystaly pyrargyrit - proustitu a stefanitu do velikosti až 2 mm. Argentopyrit byl zjištěn ve formě velmi nenápadných tmavě naběhlých drobně krystalických srůstů a nepravidelných kulovitých agregátů a jejich srůstů do velikosti až 2 mm. Na okraji vzorku je zastížená šedozelená jílovitá silně alterovaná hornina zřejmě omezující bok žíly. Šedozelené jílové minerály tvoří i velmi tenké pásy a povlaky přímo v žilovně. Druhý, podstatně menší vzorek, uložený v soukromé sbírce je charakterově velmi podobný a nejspíše pochází ze stejné lokality. Obsahuje kromě pyrargyritu a velmi drobných agregátů argentopyritu také ojedinělý krystal xantokonu (obr. 1), který nebylo možné pro jeho malou velikost podrobit analytickým metodám.

Obr. 4 Agregáty argentopyritu (nejtmavší) srůstající se zonálními krystaly pyrargyritu (světlejší okraje) a proustitu (tmavší dále zonální centra); nejsvětlejší drobné inkluze tvoří galenit; šířka záběru 700 μ m; BSE foto P. Škácha, J. Sejkora.

Tabulka 1 Chemické složení argentopyritu z Bohutína (hm. %)

| | mean | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Ag | 33.79 | 33.66 | 33.51 | 33.65 | 33.78 | 33.51 | 33.76 | 33.92 | 33.81 | 33.96 | 33.29 |
| Fe | 34.47 | 34.94 | 34.41 | 34.40 | 34.07 | 34.03 | 33.96 | 34.64 | 34.57 | 34.44 | 34.69 |
| Cu | 0.29 | 0.32 | 0.26 | 0.23 | 0.29 | 0.27 | 0.27 | 0.28 | 0.25 | 0.25 | 0.23 |
| Sb | 0.18 | 0.00 | 0.18 | 0.21 | 0.52 | 0.54 | 0.64 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.34 |
| S | 30.78 | 30.35 | 30.74 | 30.51 | 30.86 | 30.76 | 30.65 | 30.74 | 30.84 | 30.77 | 30.81 |
| total | 99.52 | 99.27 | 99.10 | 99.00 | 99.52 | 99.11 | 99.28 | 99.58 | 99.47 | 99.42 | 99.36 |
| Ag | 0.991 | 0.991 | 0.986 | 0.993 | 0.992 | 0.987 | 0.995 | 0.994 | 0.991 | 0.997 | 0.976 |
| Cu | 0.015 | 0.016 | 0.013 | 0.012 | 0.014 | 0.014 | 0.014 | 0.014 | 0.012 | 0.012 | 0.011 |
| Σ | 1.005 | 1.007 | 0.999 | 1.005 | 1.006 | 1.001 | 1.009 | 1.008 | 1.003 | 1.009 | 0.988 |
| Fe | 1.953 | 1.987 | 1.955 | 1.961 | 1.932 | 1.936 | 1.934 | 1.961 | 1.957 | 1.952 | 1.965 |
| Sb | 0.005 | 0.000 | 0.005 | 0.005 | 0.014 | 0.014 | 0.017 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.009 |
| Σ | 1.958 | 1.987 | 1.960 | 1.966 | 1.946 | 1.951 | 1.951 | 1.961 | 1.957 | 1.952 | 1.973 |
| S | 3.037 | 3.006 | 3.042 | 3.029 | 3.048 | 3.049 | 3.040 | 3.031 | 3.040 | 3.038 | 3.039 |

mean - průměr z 37 bodových analýz; 1-10 vybrané reprezentativní bodové analýzy; koeficienty empirických vzorců počítány na bázi 6 *apfu*.

Tabulka 2 Rentgenová prášková data argentopyritu z Bohutína

| <i>h</i> | <i>k</i> | <i>l</i> | <i>d_{obs}</i> | <i>I_{obs}</i> | <i>d_{calc}</i> | <i>h</i> | <i>k</i> | <i>l</i> | <i>d_{obs}</i> | <i>I_{obs}</i> | <i>d_{calc}</i> | <i>h</i> | <i>k</i> | <i>l</i> | <i>d_{obs}</i> | <i>I_{obs}</i> | <i>d_{calc}</i> |
|----------|----------|----------|------------------------|------------------------|-------------------------|----------|----------|----------|------------------------|------------------------|-------------------------|----------|----------|----------|------------------------|------------------------|-------------------------|
| -1 | 1 | 0 | 5.790 | 22 | 5.790 | -1 | 3 | 1 | 2.956 | 9 | 2.955 | 0 | 2 | 3 | 2.0151 | 5 | 2.0139 |
| 1 | 1 | 0 | 5.761 | 8 | 5.769 | 1 | 3 | 1 | 2.945 | 10 | 2.946 | 2 | 3 | 2 | 1.9827 | 8 | 1.9821 |
| 0 | 1 | 1 | 5.627 | 10 | 5.623 | 1 | 0 | 2 | 2.906 | 20 | 2.907 | -3 | 3 | 0 | 1.9302 | 53 | 1.9299 |
| 1 | 0 | 1 | 4.641 | 4 | 4.646 | -2 | 1 | 1 | 2.877 | 2 | 2.878 | 3 | 3 | 0 | 1.9225 | 28 | 1.9229 |
| -1 | 2 | 1 | 3.618 | 24 | 3.614 | 2 | 1 | 1 | 2.876 | 20 | 2.873 | 0 | 6 | 0 | 1.9097 | 32 | 1.9098 |
| 1 | 2 | 1 | 3.606 | 37 | 3.603 | -1 | 2 | 2 | 2.591 | 17 | 2.594 | 0 | 5 | 2 | 1.8681 | 11 | 1.8684 |
| 2 | 0 | 0 | 3.347 | 70 | 3.346 | -1 | 4 | 1 | 2.4419 | 7 | 2.4415 | -2 | 5 | 1 | 1.8173 | 3 | 1.8178 |
| -1 | 3 | 0 | 3.326 | 74 | 3.323 | 1 | 4 | 1 | 2.4342 | 22 | 2.4352 | 2 | 0 | 3 | 1.8101 | 39 | 1.8095 |
| 1 | 3 | 0 | 3.312 | 100 | 3.311 | -1 | 3 | 2 | 2.3143 | 6 | 2.3150 | -1 | 3 | 3 | 1.8053 | 39 | 1.8059 |
| 0 | 3 | 1 | 3.289 | 11 | 3.287 | -2 | 1 | 2 | 2.2771 | 7 | 2.2778 | 1 | 3 | 3 | 1.8028 | 12 | 1.8040 |
| 0 | 0 | 2 | 3.227 | 20 | 3.227 | 1 | 5 | 0 | 2.1654 | 11 | 2.1654 | 2 | 1 | 3 | 1.7869 | 3 | 1.7868 |
| 0 | 1 | 2 | 3.107 | 70 | 3.106 | 0 | 1 | 3 | 2.1147 | 6 | 2.1143 | -3 | 2 | 2 | 1.7490 | 2 | 1.7493 |
| 2 | 0 | 1 | 2.970 | 20 | 2.971 | -1 | 4 | 2 | 2.0427 | 3 | 2.0421 | 3 | 2 | 2 | 1.7461 | 17 | 1.7458 |

Metodika

Mikrografická dokumentace studovaných vzorků byla vyhotovena na mikroskopu Zeiss Stemi 2000C (P. Škacha; Hornické muzeum, Příbram). Povrchová morfologie vzorků byla sledována v dopadajícím světle pomocí optického mikroskopu Zeiss (Hornické muzeum Příbram), studium nábrusů v odraženém světle bylo provedeno na rudním mikroskopu Nikon Eclipse ME600L (Národní muzeum, Praha).

Rentgenová prášková difrakční data byla získána pomocí práškového difraktometru Bruker D8 Advance (Národní muzeum, Praha) s polovodičovým pozičně citlivým detektorem LynxEye za užití CuK α záření (40 kV, 40 mA). Práškové preparáty byly nanášeny v acetonové suspenzi na nosič zhotovený z monokrystalu křemíku a následně pak byla pořízena difrakční data ve step-scanning režimu (krok 0.01°, načítací čas 8 s/krok detektoru, celkový čas experimentu cca 15 hod.). Získaná data byla vyhodnocena pomocí software ZDS pro DOS (Ondruš 1993) za použití profilové funkce Pearson VII a indexována na základě teoretického záznamu vypočteného programem Lazy Pulverix (Yvon et al. 1977) z publikovaných krystalových strukturálních dat. Parametry základní cely pak byly zpřesněny pomocí programu Burnhama (1962).

Chemické složení bylo kvantitativně studováno po-

Tabulka 3 Parametry základní cely argentopyritu pro monoklinickou prostorovou grupu P112₁/n

| | tato práce | Yang et al. (2009) |
|----------------------------|------------|--------------------|
| <i>a</i> [Å] | 6.693(1) | 6.6902(2) |
| <i>b</i> [Å] | 11.459(2) | 11.4497(4) |
| <i>c</i> [Å] | 6.454(1) | 6.4525(2) |
| γ [°] | 90.24(1) | 90.2420(8) |
| <i>V</i> [Å ³] | 494.9(1) | 494.26(3) |

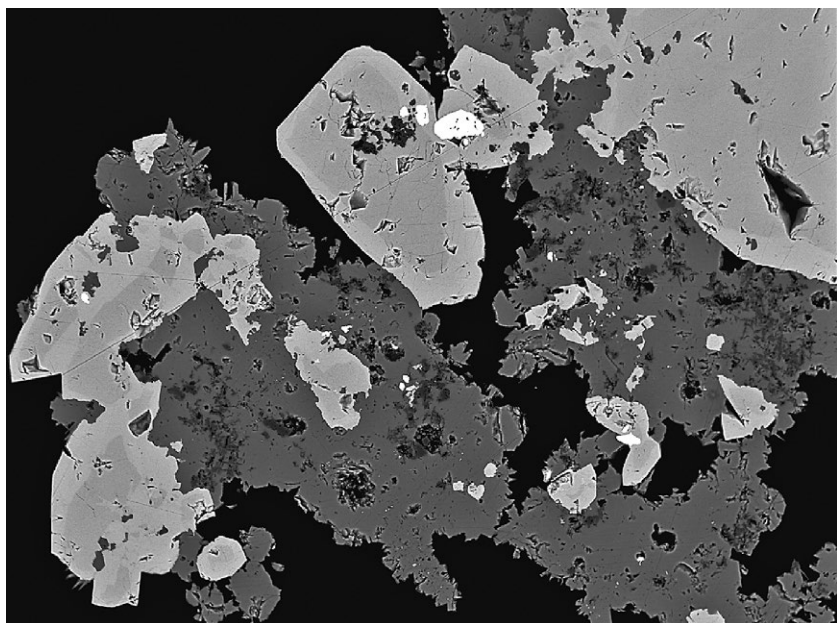
mocí elektronového mikroanalyzátoru Cameca SX100 (Národní muzeum, Praha, analytik J. Sejkora) za podmínek: vlnově disperzní analýza, napětí 25 kV, proud 20 nA, průměr svazku 2 μ m, použité standardy: Ag (AgL α), Au (AuM α), Bi₂Se₃ (BiM β), CdTe (CdL α), Co (CoK α), CuFeS₂ (CuK α , SK α), FeS₂ (FeK α), HgTe (HgL α), InAs (InL α), Mn (MnK α), NaCl (ClK α), NiAs (AsL β), Ni (NiK α), PbS (PbM α), PbSe (SeL β), PbTe (TeL α), Sb₂S₃ (SbL α), Sn (SnL α) a ZnS (ZnK α). Obsahy výše uvedených prvků, které nejsou zahrnuty v tabulkách, byly kvantitativně analyzovány, ale zjištěné obsahy byly pod detekčním limitem (cca 0.03 - 0.08 hm. % pro jednotlivé prvky). Získaná data byla korigována za použití software PAP (Pouchou, Pichoir 1985).

Výsledky

Argentopyrit patří mezi vzácnější minerály stříbra ve studované asociaci. Vytváří drobně krystalické nepravidelné kulovité agregáty do velikosti až 2 mm, které velmi typicky nabíhají do černá či do tmavě modra (obr. 2 a 3). Na čerstvém lomu je argentopyrit tombakově hnědý. Agregáty jsou složeny z velmi drobných nepravidelných krystalů do velikosti několika μm , pouze ojediněle byly



Obr. 5 Krystaly minerálů řady proustit - pyrargyrit; Bohutín; šířka záběru 3 mm; foto P. Škacha.



Obr. 6 Zonální krystaly proustit (tmavší centra) - pyrargyritu (světlejší okraje) srůstají s tmavými agregáty krystalů argentopyritu, nejstarší fází je galenit (bílý); šířka záběru 600 μm ; BSE foto P. Škacha, J. Sejkora.

v nábrusu pozorovány průřezy typických pseudo-hexagonálních krystalů.

Chemické složení argentopyritu je uvedeno v tabulce 1. Agregáty argentopyritu jsou podle BSE obrazu a výsledků chemických analýz homogenní (obr. 4). Zatlačování argentopyritu pyritem typické například pro vzorky z Jáchymova (Ondruš et al. 2003) nebylo ve studovaných nábrusech zastiženo, ale některé agregáty pyritu na vzorcích vzhledově tyto pseudomorfozy připomínají. V argentopyritu z Bohutína se kromě hlavních prvků vyskytují ještě zvýšené obsahy Cu (0.011 - 0.019 *apfu*) a Sb (0 - 0.022 *apfu*). Empirický vzorec studovaného argentopyritu (průměr 37 analýz) je možné vyjádřit na bázi 6 *apfu* jako $(\text{Ag}_{0.99}\text{Cu}_{0.01})_{\Sigma 1.00}\text{Fe}_{1.95}\text{S}_{3.04}$.

Rentgenová prášková data argentopyritu (tab. 2) odpovídají publikovaným údajům pro tento minerální druh i teoretickému záznamu vypočtenému ze strukturních dat publikovaných v práci Yang et al. (2009); intenzity jednotlivých experimentálních difrakcí jsou ovlivněny přednostní orientací a jen minimálním množstvím materiálu dostupným pro analýzu. Zpřesněné parametry základní cely v nestandardním postavení prostorové grupy $P112_1/n$ zavedené Yangem et al. (2009) jsou v tabulce 3 porovnány s publikovanými údaji.

Galenit je nejstarším minerálem ve studované asociaci. Vytváří až 20 μm velké agregáty zarůstající do všech pozorovaných minerálů. Chemicky je galenit homogenní s nízkými obsahy Fe (0.019 *apfu*).

Minerály řady **proustit - pyrargyrit** vytváří až 2 mm velké dobře vyvinuté prizmatické krystaly světle třešňově červené barvy (obr. 5), které místy nabíhají do tmavých náběhových barev. Častěji tvoří velmi jemně krystalické agregáty. V BSE je dobře patrná zonalita vyvolaná proměnlivými obsahy Sb-As (obr. 4 a 6). Tmavší jsou vždy jádra náležící proustitu, světlejší jsou v BSE okraje idiomorfních zrn tvořené pyrargyritem.

Chemické složení **proustitu** z Bohutína je uvedeno v tabulce 4. Hodnoty poměru As/As+Sb kolísají v rozmezí 0.62 - 0.90. V porovnání s výskyty proustitu v Jáchymově (Ondruš et al. 2003) obsahují bohutínské proustity větší množství antimonu. Proustity z Bohutína obsahují kromě hlavních prvků také nevýrazné obsahy chloru (do 0.012 *apfu*). Obsahy As se pohybují v rozmezí 0.59 - 0.87 *apfu* a obsahy Sb v rozmezí 0.09 - 0.38 *apfu*.

Chemické složení **pyrargyritu** z Bohutína je uvedeno v tabulce 5.

Tabulka 4 Chemické složení proustitu z Bohutína (hm. %)

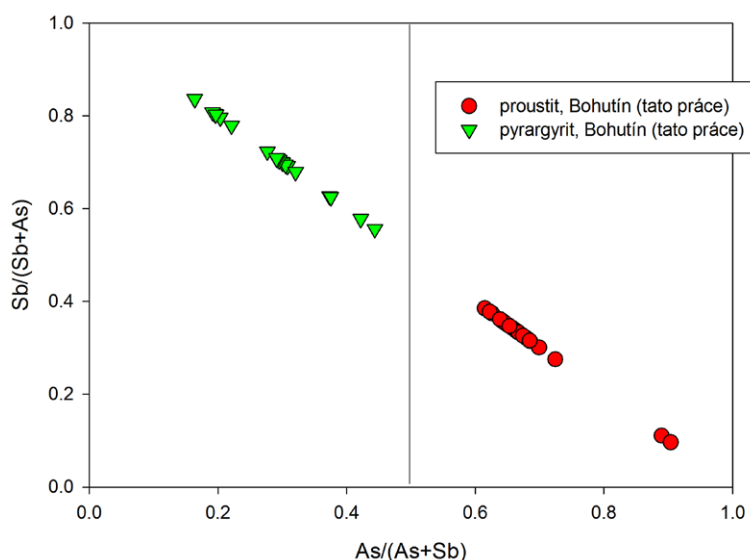
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|------------|--------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Ag | 64.87 | 64.24 | 65.20 | 63.99 | 63.43 | 64.86 | 64.29 | 63.59 | 63.38 | 63.49 |
| Sb | 7.79 | 8.10 | 7.19 | 7.89 | 7.73 | 2.55 | 2.23 | 6.38 | 6.91 | 7.40 |
| As | 8.70 | 8.96 | 9.41 | 9.37 | 9.50 | 12.68 | 12.90 | 10.33 | 9.89 | 9.90 |
| S | 18.77 | 18.24 | 18.48 | 18.58 | 18.57 | 19.34 | 19.22 | 18.97 | 18.74 | 19.02 |
| Cl | 0.06 | 0.06 | 0.05 | 0.00 | 0.07 | 0.07 | 0.07 | 0.06 | 0.06 | 0.06 |
| total | 100.19 | 99.60 | 100.33 | 99.83 | 99.30 | 99.50 | 98.71 | 99.33 | 98.98 | 99.87 |
| Ag | 3.076 | 3.083 | 3.096 | 3.048 | 3.028 | 3.014 | 3.006 | 3.005 | 3.019 | 2.993 |
| Sb | 0.327 | 0.344 | 0.302 | 0.333 | 0.327 | 0.105 | 0.092 | 0.267 | 0.292 | 0.309 |
| As | 0.594 | 0.619 | 0.643 | 0.643 | 0.653 | 0.848 | 0.868 | 0.703 | 0.678 | 0.672 |
| Σ | 0.921 | 0.963 | 0.946 | 0.975 | 0.980 | 0.953 | 0.961 | 0.970 | 0.970 | 0.981 |
| S | 2.994 | 2.945 | 2.952 | 2.977 | 2.982 | 3.023 | 3.023 | 3.016 | 3.003 | 3.017 |
| Cl | 0.009 | 0.009 | 0.007 | 0.000 | 0.010 | 0.010 | 0.010 | 0.009 | 0.009 | 0.009 |
| Σ | 3.003 | 2.954 | 2.959 | 2.977 | 2.992 | 3.033 | 3.033 | 3.025 | 3.011 | 3.025 |
| As/(As+Sb) | 0.64 | 0.64 | 0.68 | 0.66 | 0.67 | 0.89 | 0.90 | 0.72 | 0.70 | 0.69 |

1 - 10: vybrané reprezentativní bodové analýzy z celkem 23 změřených; koeficienty empirických vzorců počítány na bázi 7 apfu.

Tabulka 5 Chemické složení pyrargyritu z Bohutína (hm. %)

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|------------|-------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Ag | 60.79 | 61.29 | 62.36 | 62.07 | 62.60 | 61.67 | 61.84 | 61.69 | 61.75 | 60.54 |
| Fe | 0.00 | 0.10 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Sb | 18.36 | 16.22 | 15.87 | 17.92 | 16.22 | 12.54 | 14.35 | 14.36 | 13.30 | 17.68 |
| As | 2.75 | 4.09 | 4.18 | 2.82 | 3.82 | 6.16 | 5.26 | 5.31 | 5.98 | 3.09 |
| Se | 0.30 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| S | 17.27 | 18.41 | 18.31 | 17.99 | 17.86 | 18.36 | 18.41 | 18.32 | 18.22 | 18.05 |
| Cl | 0.06 | 0.06 | 0.06 | 0.06 | 0.00 | 0.06 | 0.05 | 0.06 | 0.09 | 0.05 |
| total | 99.53 | 100.17 | 100.78 | 100.86 | 100.50 | 98.79 | 99.91 | 99.74 | 99.34 | 99.41 |
| Ag | 3.046 | 2.982 | 3.027 | 3.045 | 3.074 | 3.006 | 3.002 | 3.001 | 3.008 | 2.994 |
| Fe | 0.000 | 0.009 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| Sb | 0.815 | 0.699 | 0.682 | 0.779 | 0.706 | 0.542 | 0.617 | 0.619 | 0.574 | 0.775 |
| As | 0.198 | 0.287 | 0.292 | 0.199 | 0.270 | 0.432 | 0.368 | 0.372 | 0.419 | 0.220 |
| Σ | 1.013 | 0.995 | 0.975 | 0.978 | 0.976 | 0.974 | 0.985 | 0.991 | 0.993 | 0.995 |
| Se | 0.021 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| S | 2.911 | 3.014 | 2.990 | 2.969 | 2.950 | 3.011 | 3.006 | 2.999 | 2.986 | 3.003 |
| Cl | 0.009 | 0.009 | 0.009 | 0.009 | 0.000 | 0.009 | 0.007 | 0.009 | 0.013 | 0.008 |
| Σ | 2.941 | 3.023 | 2.999 | 2.978 | 2.950 | 3.020 | 3.014 | 3.008 | 2.999 | 3.011 |
| Sb/(As+Sb) | 0.80 | 0.70 | 0.70 | 0.80 | 0.72 | 0.56 | 0.63 | 0.62 | 0.58 | 0.77 |

1 - 10: vybrané reprezentativní bodové analýzy z celkem 20 změřených; koeficienty empirických vzorců počítány na bázi 7 apfu.



Obr. 7 Graf Sb (apfu) vs. As (apfu) pro pyrargyrit a proustit z Bohutína.

Hodnoty poměru Sb/Sb+As pro pyrargyrit kolísají v rozmezí 0.56 - 0.84. V porovnání s výskyty pyrargyritu v Jáchymově (Ondruš et al. 2003) obsahují bohutínské proustity větší množství arsenu. Pyrargyrit z Bohutína obsahuje kromě hlavních prvků také minoritní obsahy chloru (do 0.013 *apfu*) a zvýšené obsahy Fe (do 0.041 *apfu*) a Se (do 0.021 *apfu*). Obsahy Sb se pohybují v rozmezí 0.54 - 0.82 *apfu* a As v rozmezí 0.15 - 0.43 *apfu*.

Stefanit vytváří na muzejním vzorku černé vertikálně rýhované prizmatické krystaly o velikosti okolo 1 mm (obr. 8). Jeho rentgenová prášková data (tab. 6) odpovídají publikovaným údajům pro tento minerální druh i teoretickému záznamu vypočtenému ze strukturních dat publikovaných v práci Leitl et al. (2009); intenzity jednotlivých experimentálních difrakcí jsou ovlivněny jen minimálním množstvím materiálu dostupným pro analýzu. Zpřesněné parametry základní cely jsou v tabulce 7 porovnány s publikovanými údaji.

Závěr

Nález argentopyritu v archivním materiálu z bohutínské části březohorského rudního revíru dokládá rozmanitost výskytu minerálů obsahujících Ag v této oblasti. Také výskyty krystalovaných proustitů nebyly z bohutínského ložiska doposud popisovány. Sukcesi krystalizace je možno stanovit pro část zjištěných minerálů takto: galenit → proustit → pyrargyrit → argentopyrit. Argentopyrit je nejmladším minerálem zkoumané asociace. Postavení stefanitu a ostatních rudních minerálů se nepodařilo stanovit.

Poděkování

Předložená práce vznikla za finanční podpory Ministerstva kultury ČR v rámci institucionálního financování dlouhodobého koncepčního rozvoje výzkumné organizace Národní muzeum (00023272 - cíl DKRVO 2017/01).



Obr. 8 Prizmatické krystaly černého stefanitu narůstající na krystaly křemene; Bohutín; šířka záběru 5.3 mm; foto P. Škácha.

Tabulka 6 Rentgenová prášková data stefanitu z Bohutína

| <i>h</i> | <i>k</i> | <i>l</i> | <i>d</i> _{obs} | <i>I</i> _{obs} | <i>d</i> _{calc} | <i>h</i> | <i>k</i> | <i>l</i> | <i>d</i> _{obs} | <i>I</i> _{obs} | <i>d</i> _{calc} | <i>h</i> | <i>k</i> | <i>l</i> | <i>d</i> _{obs} | <i>I</i> _{obs} | <i>d</i> _{calc} |
|----------|----------|----------|-------------------------|-------------------------|--------------------------|----------|----------|----------|-------------------------|-------------------------|--------------------------|----------|----------|----------|-------------------------|-------------------------|--------------------------|
| 0 | 2 | 0 | 6.247 | 6 | 6.237 | 1 | 3 | 2 | 2.785 | 24 | 2.785 | 4 | 0 | 0 | 1.9612 | 2 | 1.9608 |
| 1 | 1 | 1 | 5.246 | 8 | 5.242 | 1 | 1 | 3 | 2.616 | 3 | 2.616 | 3 | 1 | 3 | 1.9029 | 3 | 1.9030 |
| 0 | 0 | 2 | 4.273 | 10 | 4.270 | 0 | 2 | 3 | 2.590 | 100 | 2.590 | 2 | 0 | 4 | 1.8749 | 5 | 1.8751 |
| 1 | 1 | 2 | 3.593 | 27 | 3.591 | 0 | 4 | 2 | 2.519 | 15 | 2.518 | 0 | 6 | 2 | 1.8691 | 5 | 1.8693 |
| 0 | 2 | 2 | 3.524 | 31 | 3.523 | 3 | 1 | 1 | 2.4517 | 14 | 2.4512 | 2 | 4 | 3 | 1.8530 | 6 | 1.8530 |
| 1 | 3 | 1 | 3.375 | 12 | 3.375 | 2 | 4 | 1 | 2.3467 | 8 | 2.3470 | 1 | 3 | 4 | 1.8459 | 11 | 1.8459 |
| 2 | 2 | 0 | 3.322 | 4 | 3.320 | 3 | 1 | 2 | 2.1946 | 13 | 2.1949 | 2 | 6 | 0 | 1.8367 | 5 | 1.8369 |
| 0 | 4 | 0 | 3.120 | 11 | 3.119 | 3 | 3 | 1 | 2.1424 | 16 | 2.1425 | 4 | 2 | 1 | 1.8268 | 5 | 1.8273 |
| 2 | 2 | 1 | 3.095 | 67 | 3.094 | 0 | 0 | 4 | 2.1348 | 8 | 2.1350 | 2 | 6 | 1 | 1.7959 | 7 | 1.7959 |
| 0 | 4 | 1 | 2.930 | 39 | 2.929 | 2 | 4 | 2 | 2.1187 | 7 | 2.1191 | 1 | 1 | 5 | 1.6540 | 4 | 1.6541 |
| 2 | 0 | 2 | 2.889 | 38 | 2.888 | 0 | 6 | 1 | 2.0200 | 3 | 2.0201 | 3 | 5 | 3 | 1.5241 | 1 | 1.5244 |

Tabulka 7 Parametry základní cely stefanitu pro ortorombickou prostorovou grupu *Cmc*₂

| | tato práce | Leitl et al. (2009) | Ribár, Nowacki (1970) |
|----------------------------|------------|---------------------|-----------------------|
| <i>a</i> [Å] | 7.8433(7) | 7.8329(6) | 7.837(3) |
| <i>b</i> [Å] | 12.475(1) | 12.458(1) | 12.467(6) |
| <i>c</i> [Å] | 8.5398(7) | 8.5272(7) | 8.538(2) |
| <i>V</i> [Å ³] | 835.57(9) | 832.1(1) | 834.2 |

Literatura

- BALADA J (1988) Polymetalické zrudnění žíly H32A na š. č. 16 UD Příbram. Studie z dějin hornictví. 95-118
- BURNHAM CH W (1962) Lattice constant refinement. Carnegie Inst Washington Year Book 61: 132-135
- LEITL M, PFITZNER A, BINDI L (2009) Preferred ion diffusion pathways and activation energies for Ag in the crystal structure of stephanite, Ag_5SbS_4 . Mineral Mag 73(1): 17-26
- LITOCHEB J, ŠREIN V (1994) Minerály stříbra příbramského uranového ložiska. Bull mineral-petrolog Odd Nár Muz (Praha) 2: 76-81
- ONDRUŠ P (1993) ZDS - A computer program for analysis of X-ray powder diffraction patterns. Materials Science Forum, 133-136, 297-300, EPDIC-2. Enchede
- ONDRUŠ P, VESELOVSKÝ F, GABAŠOVÁ A, HLOUŠEK J, ŠREIN V, VAVŘIN I, SKÁLA R, SEJKORA J, DRÁBEK M (2003) Primary minerals of the Jáchymov ore district. J Czech Geol Soc 48(3-4): 19-147
- POUCHOU JL, PICOIR F (1985) "PAP" ($\varphi\rho Z$) procedure for improved quantitative microanalysis. In: Microbeam Analysis (J. T. Armstrong, ed.). San Francisco Press, San Francisco, 104-106
- RIBÁR B, NOWACKI W (1970) Die Kristallstruktur von Stephanit, $[SbS_3]S[Ag_5^{II}]$. Acta Cryst B26(3): 201-207
- SCHARMOVÁ M ET AL. (1987) Studium vybraných vzorků stříbrné mineralizace. MS VVÚ ČSUP (Diamo). Stráž pod Ralskem
- ŠREIN V, ŘIDKOŠIL T, KAŠPAR P, ŠOUREK J (1986) Argentopyrite and sternbergite from polymetallic veins of the skarn deposit Medenec, Krušné hory Mts., Czechoslovakia. N Jb Mineral, Abh 154, 207-222
- ŠKÁCHA P, SEJKORA J, LITOCHEBOVÁ E, LITOCHEB J (2007) Sternbergit v asociaci s Ag-sulfidy, ložisko Březové hory, Příbram. Bull mineral-petrolog Odd Nár Muz (Praha) 13: 207-210
- YANG H, PINCH WW, DOWNS RT (2009) Crystal structure of argentopyrite, $AgFe_2S_3$, and its relationship with cubanite. Am Mineral 94: 1727-1730
- YVON K, JEITSCHKO W, PARTHÉ E (1977) Lazy Pulverix, a computer program for calculation X-ray and neutron diffraction powder patterns. J Appl Cryst 10: 73-74