

Supergenní asociace s linaritem z Helenína v jihlavském rudním revíru (Česká republika)

Supergene association with linarite from Helenín, the Jihlava ore district (Czech Republic)

PETR PAULIŠ^{*1)2)}, STANISLAV KOPECKÝ³⁾ A IVANA JEBAVÁ²⁾

¹⁾ Smíškova 564, 284 01 Kutná Hora; *e-mail: petr.paulis@post.cz

²⁾ Mineralogicko-petrologické oddělení, Národní muzeum, Cirkusová 1740, 193 00 Praha 9 - Horní Počernice

³⁾ Žižkov II/1294, 588 01 Havlíčkův Brod

PAULIŠ P., KOPECKÝ S., JEBAVÁ I. (2013) Supergenní asociace s linaritem z Helenína v jihlavském rudním revíru (Česká republika). *Bull. mineral.-petrolog. Odd. Nár. Muz. (Praha) 21, 1, 52-56. ISSN 1211-0329.*

Abstract

Supergene Pb-Cu sulphate, linarite, was found at a small old mine dump (part of historical mine field Zlaté studánky - Goldbrünn) in Helenín near Jihlava (the Jihlava ore district, Czech Republic). Linarite forms sky-blue grains up to 1 - 4 mm in size and rarely also imperfectly developed crystals up to 0.5 mm. The unit cell parameters of linarite refined from powder X-ray data are: $a = 9.690(2)$ Å, $b = 5.6440(8)$ Å, $c = 4.6846(9)$ Å, $\beta = 102.64(2)$ and $V = 250.00(8)$ Å³. Small crystals and aggregates of anglesite, cerussite and powder aggregates of plumbojarosite were found in association with linarite.

Key words: linarite, X-ray powder data, chemical composition, Helenín, Jihlava ore district, Czech Republic

Obdrženo: 23. ledna 2013; přijato: 21. června 2013

Úvod

Jihlavský rudní revír patří k nejstarším oblastem těžby stříbronosných rud v České republice. Zdejší těžba je historicky doložitelná již v první polovině 13. století (Jaroš 1996). Jihlavský rudní revír se nachází v moravské části moldanubika a na jeho stavbě se vedle metamorfovaných hornin podílejí i granitické horniny moldanubického plutonu a durbachity jihlavského masivu (např. Tonika 1970; Holub 1997; Pluskal, Vosáhlo 1998).

Na území rudního revíru bylo v minulosti těženo kolem 120 zrudněných struktur, z nichž ekonomicky nejvýznamnější byly struktury probíhající ve směru S - J. Jihlavské žíly jsou označovány často jako „couky“ (z německého „Zug“ = „tah“) nebo jako „pásma“. Převládají žíly severojižních směrů a směrů sblížených, časté jsou i žíly směru V - Z, resp. SZ - JV. Žíly provází pásma alterace o mocnosti 0.5 - 20 m (Koutek 1952). Vrtným průzkumem byl hloubkový dosah žil ověřen do 200 m. Mocnosti žil kolísají od několika cm až po výjimečné 2 m. Odhaduje se, že těžené rudy obsahovaly 80 až 5000 g/t stříbra (průměr kolem 100 g/t Ag) a že zdejší doly poskytly celkem 363 - 488 t stříbra (Zajíček 1983).

V jihlavském rudním revíru je vyčleněno několik typů mineralizace (Malý 1999). Nejrozšířenější typ reprezentuje černý sfalerit s vysokým obsahem železa, galenit a hojný pyrit. V žilovině pak převládá křemen, místy jsou hojné i karbonáty, zejména siderit a ankerit, vzácně i kalcit. Na žilách mezi Hruškovými Dvory, Malým Beranovem a Kosovem, na Postřibřovacím pásmu u Rančířova a jinde se objevuje mineralizace se světle až tmavě hnědým sfaleritem, galenitem, barytem a karbonáty kalcitem a ankeritem, zarůstající do kavernózního, drúzovitého nebo kokardovitého křemene. Z ekonomického hlediska

byla nejvýznamnější právě tato mineralizace se světlým sfaleritem, vedle kterého jsou přítomny galenit, pyrit, chalkopyrit a tetraedrit. Jako hlavní rudy stříbra jsou uváděny stříbronosný galenit (s obsahem do 0.33 hm. % Ag), tetraedrit (freibergit) a patrně i argentit-akantit (Malý 1999).

Relativně chudá je zdejší supergenní mineralizace. Nejčastější je cerusit, tvořící většinou jen bělavé povlaky a práškovité agregáty, někdy provázený anglesitem. Jeden z mála nápadnějších minerálů byl pyromorfit, který tvořil až 1 cm velké trávově zelené sloupcovité krystaly či polokulovité agregáty. Méně nápadné jsou bílé, drobně jehličkovité agregáty bezbarvého, bílého a hnědého pyromorfitu. Nově byly v asociaci s pyromorfitem zjištěny kintoreit, plumbogummit a fosfohedyfán, které však dosahovaly jen mikroskopických rozměrů (Kocourková et al. 2010). K dalším supergenním minerálům, které jsou v literatuře z revíru uváděny, patří azurit, malachit, covellin, akantit, ryzí měď a stříbro, wulfenit, plumbojarosit a některé další (Burkart 1953; Dokoupilová, Sulovský 2007).

Charakteristika lokality

Popisovaná mineralizace byla nalezena druhým z autorů na starých haldách po historické těžbě (obr. 1) na couku „Zlaté studánky“ (Goldbrünn) v Heleníně (asi 2 km sv. od centra Jihlavy, jejíž je dnes součástí). Obvaly po historické těžbě se nacházejí v údolí řeky Jihlavy, cca 300 m západně od bývalé textilní továrny (dnes textilní školy). Tuto továrnu vybudoval roku 1856 jihlavský židovský podnikatel V. J. Morawitz na místě tehdejšího Zlatého mlýna (hamru, který ještě v 18. století drtil zdejší stříbrnou rudu). V následujících letech zde vyrostla dělnická kolonie, která se stala jádrem dnešní osady. Původní lidové názvy zněly *Schmaldorf*, *Goldmühle*, *Zlatomlýn*, *Helenenthal* a *He-*

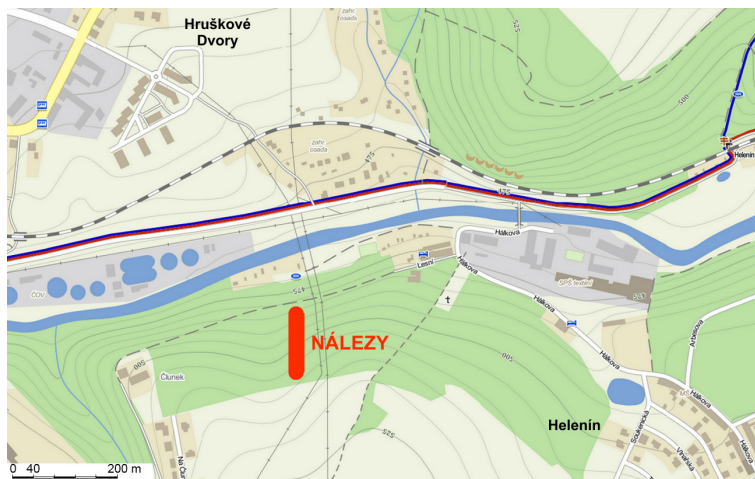
lenov. Roku 1888 dostala osada oficiální název *Kolonie Františka Josefa I.*, který byl užíván do roku 1918. Ve 20. letech 20. století osada úředně získala jméno Helenín. Po skončení války byl v prostorách textilní továrny krátce umístěn internační tábor pro jihlavské Němce, roku 1948 zde byla zřízena textilní škola, která tu působí dodnes. Z dědičné štoly u Helenína do dnešních dnů vytéká pramen, o jehož léčebných účincích píše už v roce 1566 známý jihlavský kronikář Leupold z Lewenthalu. Jak uvádí, na podzim toho roku prý bylo více jak 100 nemocných a neduživých osob u této helenínské Zlaté studánky její vodou uzdraveno. Jeden z posledních důkladných rozborů Helenínské studánky nechal v roce 1925 provést továrník Löw a v jeho závěru bylo konstatováno, že chemický nález je možno označit za velmi příznivý. Po výstavbě továrny byla studánka určena za zdroj vody pro podnik. Při hloubení rezervoáru dělníci narazili na ústí štoly s dosud zachovalou výdřevou. Bylo však upraveno pro vodárenské účely a zazděno. Bližší údaje o zdejší těžbě nejsou známy. Z 16. století pochází štola směřující k jihu pod pásmo odvalů, táhnoucí se v délce asi 400 m směru SZ - JV (Vohlídal 1949). Práce tu byly naposled obnoveny v letech 1769 - 1783. V lese se zachovalo 26 jam, nejhlubší je 8 m, na přilehlém poli byly pozůstatky po těžbě aplanovány. Kutiště probíhá od řeky šikmo do svahu až do polí nad bývalou textilní továrnou. Dodnes se dochovala velká halda v úrovni cesty k Handlovým Dvorem a v lesním průseku porostlém nově vysazenými stromky řada jam, z nichž nejhlubší měří 8 m a největší zaujímá plochu 42 x 16 m.

Zrudněné křemenné žíly tu jsou uloženy v hydrotermálně alterované migmatitizované rule a sillimanit-biotitické pararule, lokálně grafitické. V materiálu odvalů se vedle rul vyskytují hojné granity, vzácnější jsou amfibolity a erlany. Typická je křemenná žilovina s podílem chalcedonu a s téměř vylouženými sulfidy, nejmladší generace stébelnatého křemene je bez rudní mineralizace. Z rudních minerálů se vyskytují hnědý sfalerit, galenit, chalkopyrit a pyrit. Supergenního původu je chalkozin i nově nalezené ryzí stříbro, které tvoří několik stromečkovitých, plochých agregátů o velikosti do 2.5 mm (Malý et al. 2010). Z dalších supergenních minerálů jsou odtud uváděny anglesit, akantit, cerusit, malachit, azurit a pyromorfit (Koutek 1952; Zajíček 1982; Vosáhl 1996). Detailním studiem jihlavských pyromorfitů včetně jeho nálezů z Helenína se zabývali Kocourková et al. (2010). V centrech některých krystalů zjistili mikroskopickou fázi chemickým složením odpovídající plumbogummitu.

Metodika výzkumu

Linarit a další popsané minerály byly analyzovány na rentgenovém práškovém difraktometru Bruker D8 Advance (Národní muzeum) za následujících podmínek: záření $\text{CuK}\alpha$, 40 kV/40 mA, pozičně citlivý detektor

LynxEye, krok 0.01° 2 θ , načítací čas 6 s/krok. Pozice jednotlivých difrakčních maxim byly popsány profilovou funkcí Pseudo-Voigt a upřesněny profilovým fitováním v programu HighScore Plus. Mřížkové parametry byly vyřezány metodou nejmenších čtverců pomocí programu Celref (Laugier, Bochu 2011).



Obr. 1 Lokalizace starých odvalů s výskytem linaritu v Heleníně.



Obr. 2 Staré odvaly na couku „Zlaté studánky“ u Helenína. Foto P. Pauliš, 2012.



Obr. 3 Staré odvaly na couku „Zlaté studánky“ u Helenína. Foto P. Pauliš, 2012.

Chemické složení bylo sledováno na energiově disperzním (EDS) mikroanalyzátoru Bruker Quantax (elektronová mikrosonda Cameca SX100, Národní muzeum) operujícím při urychlovacím napětí 15 kV.



Obr. 4 Zrnité agregáty sfaleritu a galenitu z Helenína, velikost vzorku 7 cm. Foto S. Kopecký.



Obr. 5 Zrnité agregáty sfaleritu s radiálně paprscitým křemenem z Helenína, velikost vzorku 8 cm. Foto P. Pauliš.



Obr. 6 Radiálně paprscitý „hvězdovec“ z Helenína, velikost vzorku 8 cm. Foto P. Pauliš.

Popis zjištěné mineralizace

Na počátku roku 2012 byly při provádění údržbě terénu pod vedením linky vysokého napětí (VN) obnaženy odvaly v prostoru couku „Zlaté studánky“ (obr. 2 a 3). Zpřístupnění odvalů umožnilo provedení nového mineralogického průzkumu a revizi dané lokality. Při kopání namátkových sond byly nalezeny četné zlomky pravděpodobně středověké tuhové keramiky a zachovalá hornická sekerka s kovářskou značkou a rudní materiál, tvořený především žlutým a světle hnědým zrnitým sfaleritem (obr. 4 a 5), drobnými zrny galenitu a zrny a tenkými žilkami chalkopyritu. Sulfidy zarůstají do křemenné žiloviny. Křemen často vytváří hrubě stébelnaté agregáty, které v některých případech tvoří radiálně paprscité „hvězdovce“ (obr. 6). Část žiloviny tvoří šedomodrý chalcedon, poměrně často se zajímavou achátovou texturou v akumulacích o velikosti do 8 cm (obr. 7 a 8).

K nejhojnějším supergenním minerálům na lokalitě patří drobné krystalické agregáty a kúry bílého a našedlého cerusitu a anglesitu, zelené povlaky a vějířkovité agregáty malachitu, zelené, nažloutlé a šedobílé drobné krystalické a bradavčité agregáty a kúry pyromorfitu. V několika případech agregáty anglesitu a cerusitu srůstaly s blankytně modrými, 1 - 4 mm velkými, skelně lesklými zrny či povlaky **linaritu**. Ve dvou případech tvoří tento minerál v malé dutině i drobné (do 0.5 mm) nedokonale vyvinuté krystaly (obr. 9 a 10). Vzhledem k tomu, že tento minerál je poměrně nápadný, je pravděpodobné, že byl dosud zaměňován za podobný azurit. Linarit byl identifikován rentgenometricky, jeho rentgenová prášková data



Obr. 7 Chalcedonová žilovina s achátovou texturou z Helenína, velikost vzorku 7 cm. Foto P. Pauliš.



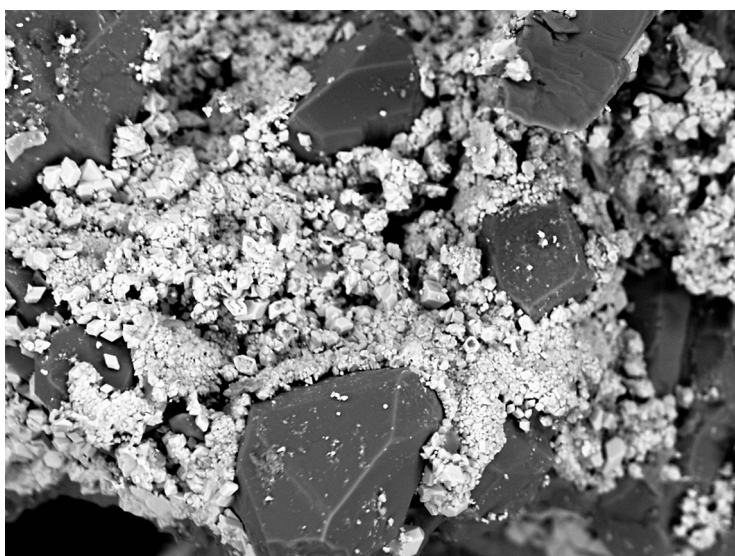
Obr. 8 Chalcedonová žilovina s achátovou texturou z Helenína, velikost vzorku 6 cm. Foto P. Pauliš.



Obr. 9 Drobně krystalické agregáty linaritu z Helenína. Šířka obrázku 1 cm. Foto S. Kopecký.



Obr. 10 Drobně krystalické agregáty linaritu z Helenína. Šířka obrázku 1 cm, foto P. Pauliš.



Obr. 11 Práškovité a drobně krystalické agregáty plumbojarositu (světlé) na drúzovitém křemenu z Helenína. Šířka obrázku 200 μm , BSE foto I. Jebavá.

Tabulka 1 Rentgenová prášková data linaritu z Helenína

h	k	l	I_{obs}	d_{obs}	d_{calc}
1	0	0	19	9.426	9.455
1	1	0	23	4.839	4.846
2	0	0	4	4.722	4.727
0	0	1	3	4.563	4.571
-1	0	1	79	4.514	4.521
1	0	1	9	3.801	3.802
2	1	0	21	3.621	3.624
0	1	1	32	3.549	3.552
3	0	0	100	3.150	3.152
-2	1	1	25	3.103	3.105
2	0	1	16	2.974	2.977
0	2	0	13	2.821	2.822
3	1	0	4	2.751	2.752
1	2	0	15	2.703	2.704
-3	1	1	25	2.588	2.586
2	2	0	3	2.4222	2.4230
0	2	1	8	2.4006	2.4012
4	0	0	4	2.3637	2.3637
-1	0	2	3	2.3403	2.3416
-4	0	1	21	2.3159	2.3166
1	2	1	9	2.2654	2.2660
-2	0	2	16	2.2597	2.2606
-2	2	1	3	2.2472	2.2477
4	1	0	12	2.1800	2.1802
-1	1	2	16	2.1617	2.1629
-4	1	1	1	2.1427	2.1431
1	0	2	19	2.1173	2.1181
3	2	0	5	2.1021	2.1023
-3	0	2	36	2.0797	2.0790
2	2	1	1	2.0480	2.0479
-3	2	1	8	2.0259	2.0255
-4	0	2	24	1.8575	1.8589
1	3	0	13	1.8439	1.8451
4	1	1	5	1.8295	1.8295
3	2	1	11	1.8122	1.8122
-5	1	1	11	1.8013	1.8011
5	1	0	12	1.7939	1.7930
-2	2	2	4	1.7654	1.7643
0	3	1	4	1.7401	1.7397
1	3	1	3	1.6864	1.6862
-2	3	1	1	1.6788	1.6786
-3	2	2	4	1.6740	1.6738
-5	0	2	4	1.6445	1.6444
5	0	1	5	1.6256	1.6261
3	1	2	4	1.6134	1.6131
4	2	1	1	1.5955	1.5953
-6	0	0	8	1.5764	1.5758
5	2	0	3	1.5708	1.5709
-1	0	3	8	1.5607	1.5588
-6	1	1	3	1.5411	1.5408
0	0	3	3	1.5236	1.5236
-3	0	3	3	1.5069	1.5071
-1	1	3	8	1.5023	1.5025
-2	1	3	1	1.4972	1.4972
4	0	2	3	1.4883	1.4883
0	4	0	4	1.4115	1.4110

Tabulka 2 Parametry základní cely linaritu (monoklinická prostorová grupa $P 2_1/m$)

	tato práce	Effenberger (1987)	Schofield et al. (2009)	Pauliš et al. (2012)
a [Å]	9.690(2)	9.701(2)	9.682(2)	9.6886(9)
b [Å]	5.6440(8)	5.650(2)	5.646(1)	5.6459(4)
c [Å]	4.6846(9)	4.690(2)	4.683(1)	4.6846(5)
β [Å]	102.64(2)	102.65(2)	102.66(1)	102.66(1)
V [Å ³]	250.00(8)	250.82	249.77	250.00(4)

jsou uvedena v tabulce 1. Vypřesněné parametry základní cely analyzovaného linaritu jsou v tabulce 2 porovnány s publikovanými údaji pro tento minerální druh. Chemické složení, zjištěné na základě 2 bodových stanovení (EDS) a po přepočtu na teoretický obsah H₂O (4.5 hm. %), dobře odpovídá ideálnímu složení: CuO 18.8, PbO 56.5 a SO₃ 20.2 hm. %.

Vzácný je další supergenní minerál s obsahem olova. Jedná se o drobné žluté práškovité agregáty **plumbojarositu** (obr. 11), které pokrývají drobné drůzovité agregáty křemene. Plumbojarosit obdobného charakteru byl již z jihlavského rudního revíru popsán z Rančířova (Dokoupilová, Sulovský 2007). Plumbojarosit byl identifikován rentgenometricky, jeho zjištěná data jsou blízka publikovaným údajům (JCPDS 18-698). Odpovídající je i jeho chemismus, vedle FeO, PbO, SO₃, byla zjištěna i malá příměs SiO₂ (do 2 hm. %), Al₂O₃ (do 1.5 hm. %) a CuO (do 3 hm. %).

V asociaci s výše uvedenými nerosty byly ověřeny (PXRD, EDS) i kůry, povlaky a drůzy velmi drobných krystalů **anglesitu** o velikosti od 0.05 do 2 mm; zelenobílý a šedobílý **pyromorfit** (se zvýšenými obsahy CaO v rozmezí 3.7 - 4.7 hm. %) a až 2 mm velké plíšky nebo větvičkovité agregáty **ryzího stříbra**.

Závěr

Linarit nově určený na lokalitě Helenín (jihlavský rudní revír) v asociaci s plumbojarositem, pyromorfitem, cerusitem a anglesitem rozšiřuje počet dosud známých supergenních minerálů tohoto revíru. Nelze vyloučit, že dříve byly jeho výskyty zaměňovány za běžnější azurit. Popisovaná supergenní mineralizace vznikla při rozkladu primárních minerálů olova a mědi - galenitu a chalkopyritu.

Poděkování

Předložená práce vznikla za finanční podpory Ministerstva kultury ČR v rámci institucionálního financování dlouhodobého koncepčního rozvoje výzkumné organizace Národní muzeum (DKRVO 2013/2, 00023272).

Literatura

Burkart E. (1953) Mährens Minerale und ihre Literatur. 1006 s., Nakl. ČSAV, Praha.
 Dokoupilová P., Sulovský P. (2007) Minerály skupiny jarositu ze sulfidických paragenezí východní části Českého masivu. *Acta Mus. Moraviae, Sci. geol.* 92, 75-91.

Effenberger H. (1987) Crystal structure and chemical formula of schmiederite, Pb₂Cu₂(OH)₄(SeO₃)(SeO₄), with a comparison to linarite PbCu(OH)₂(SO₄). *Miner. Petrolog.* 36, 3-12.
 Holub F. V. (1997) Ultrapotassic plutonic rocks of the durbachite series in the Bohemian Massif: Petrology, geochemistry and petrogenetic interpretation. *Sbor. geol. Věd, Ložisk. Geol., Mineral.*, 31, 5-26.
 Jaroš Z. (1996) Několik poznámek k počátkům dolování stříbra na Jihlavsku. *Sbor. Příspěvků ze semináře „Stříbrná Jihlava 1995“*, 45-48.
 Kocourková E., Houzar S., Hrazdil V. (2010) Pyromorfit z jihlavského rudního revíru. *Acta Mus. Moraviae, Sci. geol.* 95, 105-120.
 Koutek J. (1952) O rudních žilách a starém dolování u Jihlavy. *Sbor. Ústř. Úst. geol., Odd. geol.* 19, 77-116.
 Laugier J., Bochu B. (2011) LMGP-Suite of Programs for the Interpretation of X-ray experiments. <http://www.ccp14.ac.uk/tutorial/lmgp>, přístup duben 2011.
 Malý K. (1999) Jihlavský rudní revír - přehled geologie a mineralogie. In: *Sbor. Dolování stříbra a mincování v Jihlavě, Muzeum Vysočiny*, 15-27. Jihlava.
 Malý K., Houzar S., Štelcl J. (2010) Ryzí stříbro z Helenína (jihlavský rudní revír). *Acta rerum naturalium* 8, 1, 55-58.
 Pauliš P., Jebavá I., Vlk J. (2012) Linarit z Dolního Kramolína (rudní revír Michalovy Hory, Česká republika). *Bull. mineral.-petrolog. Odd. Nár. Muz. (Praha)* 20, 1, 83-86.
 Pluskal O., Vosáhlo J. (1998) Jihlavský rudní obvod. *Vlastivěd. Sbor. Vysočiny* 13, 157-191.
 Schofield P. F., Wilson C. C., Knight K. S., Kirk C. A. (2009) Proton location and hydrogen bonding in the hydrous lead copper sulphates, PbCu(SO₄)(OH)₂, and caledonite, Pb₅Cu₂(SO₄)₃CO₃(OH)₆. *Can. Mineral.* 47, 649-662.
 Tonika J. (1970) Geologie a petrografie jihlavského masivu. *Sbor. geol. Věd, Geol.* 17, 105-119.
 Vohlídal A. (1949) O jihlavském hornictví. *Musejní publikace, Jihlava*, sv. 1, 1-31.
 Vosáhlo J. (1996) Staré jihlavské doly. *Minerál* 4, 5, 293-302.
 Zajíček P. (1982) Jihlavský rudní revír a jeho mineralogie. *Nár. muzeum a Spol. přátel Nár. muzea*, 4, 1-24.
 Zajíček P. (1983) Ocenění zásob Ag v jihlavském rudním revíru. *Čas. Mineral. Geol.* 28, 2, 197-207.