

Supergenní mineralizace skarnového cínového ložiska Zlatý Kopec v Krušných horách (Česká republika)

Supergene mineralization of the skarn tin deposit Zlatý Kopec in the Krušné hory Mts. (Czech Republic)

PETR PAULIŠ^{1,2)*}, LUBOŠ VRTIŠKA²⁾, JIŘÍ SEJKORA²⁾, RADANA MALÍKOVÁ²⁾, JAN HLOUŠEK^{3)†}, ZDENĚK DVOŘÁK⁴⁾, ROMAN GRAMBLIČKA⁴⁾, ONDŘEJ POUR⁵⁾ A JIŘÍ LUDVÍK⁶⁾

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⁾U Roháčových kasáren 24, 100 00 Praha 10

⁴⁾Severočeské doly a. s. - doly Bílina, Důlní 375/89, 418 29 Bílina

⁵⁾Česká geologická služba, Geologická 6, 152 00 Praha 5

⁶⁾Technistone a. s., Bratří Štefanů 1070, 500 03 Hradec Králové

PAULIŠ P., VRTIŠKA L., SEJKORA J., MALÍKOVÁ R., HLOUŠEK J., DVOŘÁK Z., GRAMBLIČKA R., POUR O., LUDVÍK J. (2015) Supergenní mineralizace cínového ložiska Zlatý Kopec v Krušných horách (Česká republika). *Bull. mineral.-petrolog. Odd. Nár. Muz. (Praha)* 23, 2, 182-200. ISSN 1211-0329.

Abstract

A new interesting supergene minerals were found at the abandoned ore deposit Zlatý Kopec near Boží Dar, Krušné hory Mountains, Czech Republic. Aurichalcite forms groups of light blue hemispherical aggregates up to 0.X mm in size. Aurichalcite is monoclinic, space group $P2_1/m$ with a 13.820(5), b 6.412(3), c 5.289(3) Å, β 101.03(5)°, V 460.0(3) Å³. Brochantite forms aggregates of vitreous emerald green crystals up to 0.0X mm in size in association with hemimorphite and Zn-rich malachite. Brochantite is monoclinic, space group $P2_1/a$ with a 13.089(4), b 9.837(4), c 6.019(3) Å, β 103.33°, V 754.1(5) Å³. Devillite forms pearly light blue tabular crystals up to 0.5 mm and radial aggregates up to 1 mm in size. Devillite is monoclinic, space group $P2_1/c$ with a 20.866(9), b 6.136(2), c 22.192(1) Å, β 102.73(5)°, V 2771(2) Å³. Greenockite occurs as yellow thin coatings on a sphalerite and it is hexagonal, space group $P6_3mc$ with a 4.10(3), c 6.737(3) Å, V 97.9(8) Å³. Hemimorphite forms white coatings, white crusts up to 3 mm thick and radial aggregates up to 3 mm in size. It is orthorhombic, space group $Imm2$ with a 8.363(1), b 10.711(1), c 5.1108(6) Å, V 457.79(9) Å³. Jarosite forms yellow powder and earthy aggregates in association with colourless crystals of gypsum. Jarosite is trigonal, space group $R-3m$, with a 7.295(7), c 17.198(1) Å, V 792.5(8) Å³. Linarite occurs as small dark blue crystals groups up to 1 mm in size. It is monoclinic, space group $P2_1/m$ with a 9.6910(4), b 5.6448(9), c 4.6847(6) Å, β 102.64(2)°, V 250.00(8) Å³. Zn-rich malachite forms light green hemispherical aggregates up to 0.2 mm in size. Zn-rich malachite is monoclinic, space group $P2_1/a$ with a 9.457(5), b 12.003(6), c 3.207(5) Å, β 97.8(2)°, V 360.7(6) Å³. Rare schulenbergit forms pearly light blue aggregates of very thin tabular crystals. Schulenbergite is trigonal, space group $P-3$ with a 8.286(1), c 6.999(3) Å, V 416.2(5) Å³. The X-ray powder diffraction patterns and quantitative chemical composition for determined mineral phases are given in the paper.

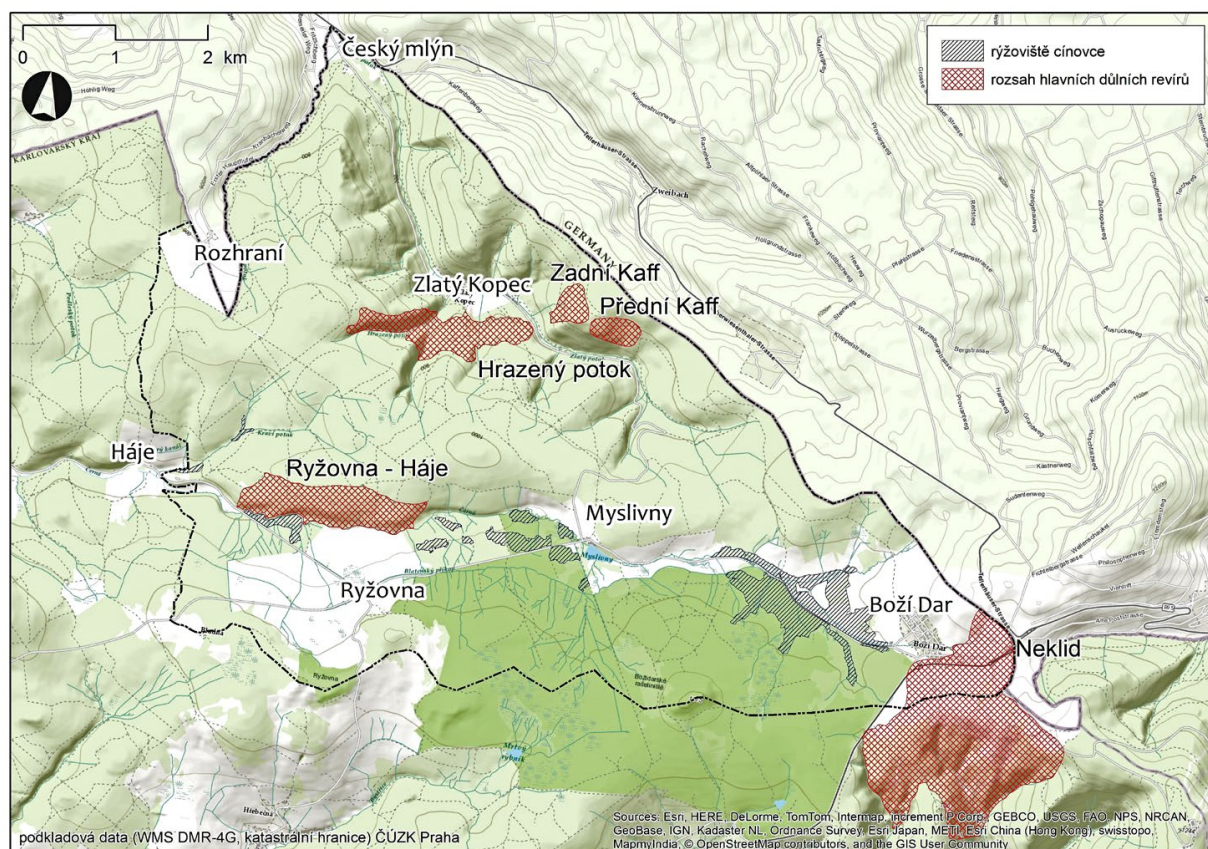
Key words: supergene mineralization, chemical composition, powder X-ray diffraction data, unit-cell parameters, Zlatý Kopec, Krušné hory Mts., Czech Republic

Obdrženo: 7. 9. 2015; přijato: 18. 12. 2015

Úvod

Osada Zlatý Kopec (něm. Goldenhöhe), která se nachází asi 5 km sz. od Božího Daru (Krušné hory, Česká republika) nedaleko německé hranice v odlehleém údolí Zlatého potoka (Goldbach), vznikla před polovinou 16. století při hornické stezce spojující Boží Dar a saský Rittersgrün. Nejstarší část hornického osídlení, která se nacházela na pravém svahu Zlatého potoka nad Červenou hájovnou, nesla název Kaff, který se dodnes objevuje v označení hraničního kopce Kaffenberg (923 m n. m.). Na levém svahu, kdesi poblíž dnešního Komářského vrchu, se pak nacházelo hornické osídlení zvané Mückenbergr (obr. 1). Obě tato jména jsou známá již z roku 1534, kdy

byla vytyčena hranice mezi hornoblatenským a božidarským důlním revírem. Teprve v roce 1541 byla vybudována cesta, která spojila Boží Dar s Kaffem a Rittersgrünem a byla pravděpodobně místy totožná s dnešní Kaffenberskou cestou. Jména Kaff a Mückenbergr se záhy poté objevují i v názvu horního řádu krále Ferdinanda I. z 6. ledna 1548 pro tzv. lesní cínové doly (Urban 2015). Na území Zlatého Kopce se nacházejí dva historické důlní revíry - revír v okolí Hrazeného potoka a revír na Kaffu - s odlišnými typy zrudnění. Zatímco v oblasti Hrazeného potoka j. a jz. od Zlatého Kopce byly těženy výhradně cínové rudy vázané na křemenné žíly ve fylitech, v oblasti Kaffu v. a sv. od obce byly těženy skarnové rudy, ve kterých se



Obr. 1 Poloha hlavních rudných ložisek v okolí Božího Daru.

vyskytují cínové rudy spolu s rudami železa, zinku a mědi (Urban et al. 2014).

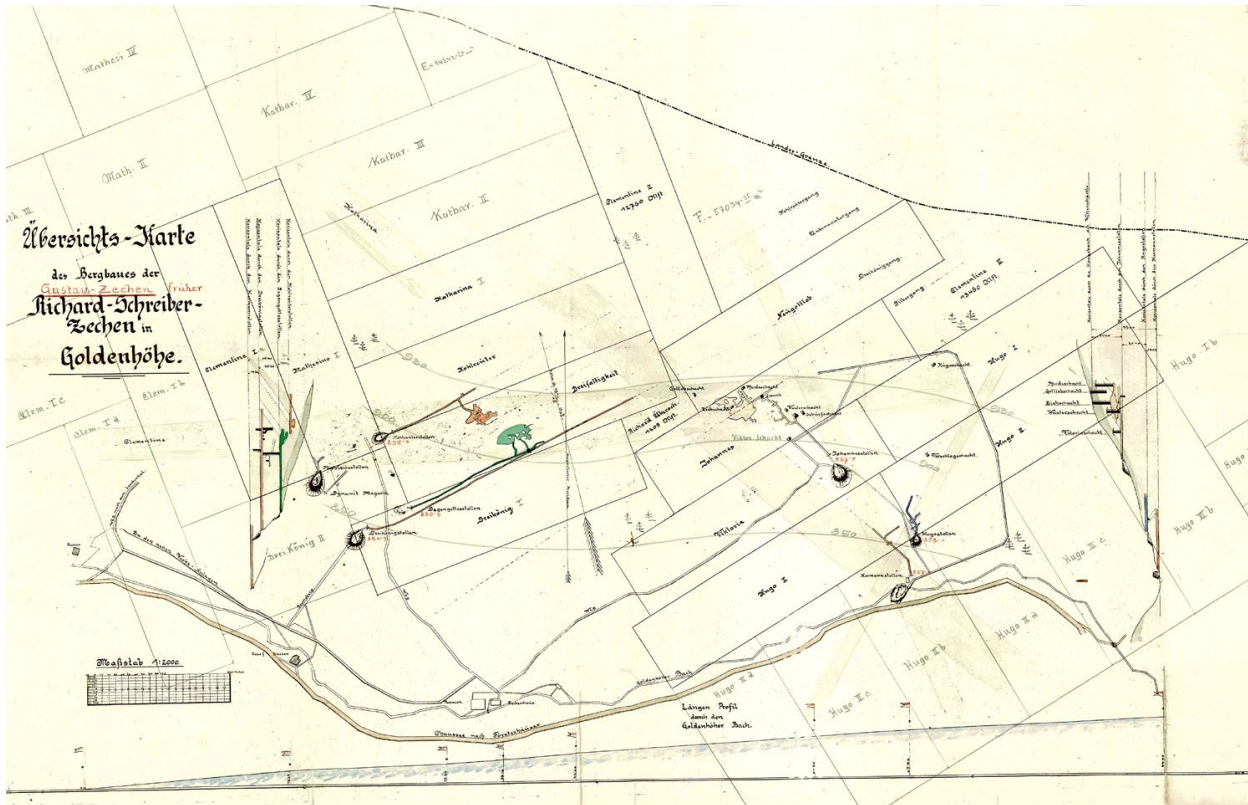
Podle archivních údajů patřila zdejší ložiska v minulosti k nejbohatším nalezištím cínových rud v krystalinickém plášti české strany Krušných hor. První zmínky o hornické činnosti pocházejí ze 14. století, kdy byla zřejmě předmětem zájmu saských prospektorů pouze rýžoviště. Již v první polovině 16. století, v době založení horních měst Božího Daru a Horní Blatné, se na ložisku prokazatelně dolovalo. Největší těžba cínu probíhala v 16. století. Po vyčerpání nejbohatších ložiskových partií a poklesu cen cínu dochází na konci 16. a v 17. století k postupnému úpadku dolování, které již nikdy nedosáhlo dřívější slávy (Bílek, Urban 1959). V revíru Hrazeného potoka byly desítkami štol a nehlubokými šachticemi sledovány strmé křemenné žíly s kasiteritem protínající okolní fylity. Do dnešní doby se tu dochovalo velké množství pozůstatků po dolování. Dominantní je odval dolu Hoffnung zu Gott, který byl v provozu ještě ve 20. a 30. letech 20. století a znovu pak prozkoumán při prospekci na uran počátkem 50. let minulého století. Ve štolách ražených Jáchymovskými doly, však byly zjištěny pouze karbonát-fluoritové žíly v decimetrové mocnosti a mocný zlom odstavcovitě mineralizovaný fluoritem (Chrt 2001).

Polymetalické skarnové ložisko Kaff bylo pravděpodobně objeveno těžaři ze saského Breitenbrunn koncem 15. nebo počátkem 16. století. Výskyt magnetitu byl z tohoto prostoru popsán už v roce 1530, když se připravovalo vymezení božidarského rudního revíru. O magnetitu z Kaffu se v roce 1562 zmiňoval i jáchymovský pastor Johannes Mathesius či Petrus Albinus autor Míšeňské kroniky z roku 1590 (Urban et al. 2014). V nejstarším období se ruda těžila povrchově přímo z výchozů, pozdě-

ji řadou mělkých šachtic a teprve když šachtice nebylo možné odvodnit, byly raženy i štolky. Pod rudonosným Kaffenbergem a Mückenbergem vzniklo při potoce hospodářské zázemí dolů s drtírnami rudy (stoupy), plavírnami a hutěmi, z něž se postupně vyvinula osada Zlatý Kopec (Urban 2015).

V revíru Kaff, který byl zdaleka nejvýznamnějším cínovým revírem na Božídarsku, se cín doloval již od první třetiny 16. století až do přelomu 60. a 70. let 19. století. Po vzniku samostatného revíru Boží Dar v roce 1534 podléhaly doly božidarskému hornímu úřadu. Na ploše cca 1500 × 400 m se dochovalo nesčetné množství nadzemních i podzemních pozůstatků po dolování. O množství kovů získaných v 16. století se nedochovaly žádné údaje, objem těžby však podle rozsahu pozůstatků musel být značný. Těžba cínu probíhala na Zlatém Kopci i v 17. století. Nezastavila ji úplně dokonce ani třicetiletá válka. Podle zprávy z roku 1655 pracovalo v dole Alte St. Johannes Fundgrube na Předním Kaffu 21 havířů a v dole Segen Gottes šest horníků. Ani objem těžby nebyl zanedbatelný, z produkce dolu Johannes se v tu dobu vytavilo okolo 40 centnýřů (cca 2 tuny cínu), z dolů Königin a Segen Gottes, kde se podařilo narazit na nedotčené zásoby, dokonce kolem 100 centnýřů (5 tun) cínu ročně. Z let 1684 - 1688 je uváděno na 30 cínových dolů, které v tomto období poskytly kolem 14 tun cínu a 300 tun železa. Těžba probíhala i v 18. století. Například v roce 1757 pracovaly na Předním Kaffu cínové doly Alter St. Johannes s 22 zaměstnanci, Maria de Victoria s pěti horníky apod. (Urban 2015).

Nový zájem o obnovu dolů na Kaffu byl zaznamenán v 19. století, kdy zde počátkem šedesátých let získal vrocavský bankéř Schreiber licenci k těžbě. Pokoušel



Obr. 2 Historická mapa okolí štol Johannes „Übersichtskarte der Gustavzechen früher Richard-Schreiberzechen in Goldenhöhe“ z první poloviny 20. století (Mapový archiv ČGS).

se o využití předchozí těžbou téměř nedotčené polohy sfaleritu ve skarnovém tělese s obsahem až 40 % zinku. Investoval tu značné prostředky do otvírky ložiska i výstavby úpravy a hutě, ale těžba se ve větším rozsahu nerozběhla. Komplexní využití a oddělení jednotlivých rudních složek tohoto typu zrudnění bylo nad tehdejší technologické možnosti a těžba pouze zinkové rudy nebyla ekonomická. Po 1. světové válce patřil revír železářskému koncernu Thyssen. Rozsáhlý geologický průzkum zde pak probíhal od roku 1957 do konce osmdesátých let minulého století, při kterém byla odvrtna řada vrtů a vyzmáhány hlavní historické štol (Chrt, Strnad 1964; Absolonová 1980, 1984). Průzkum prokázal kolem 1 mil. t

cínové rudy o obsahu 1 % Sn a 0.5 % Zn (Absolonová 1984). V rámci průzkumu bylo zjištěno, že zdejší rudy obsahují poměrně vysoký obsah vzácných prvků (Cd, In, Sc, Tl apod.), o jejichž využití se ještě po roce 2010 zajímala společnost Geomet, další průzkum ložiska však s ohledem na prohlášení celého území za krajinnou památkovou zónu nebyl povolen (Urban 2015).

Skarnový revír na Kaffu se dělí do dvou dílčích důlních polí - na západě důlní pole Kohlreuter (tzv. Zadní Kaff) s nejvýznamnějším dolem Kohlreuter se stejnojmennou štolou dlouhou 170 m s grandiózními poruby dlouhými až 40 m a 25 m širokými a důlní pole Johannes (tzv. Přední Kaff) s hlavní štolou Johannes (obr. 2) s ohromnými podzemními komorami a méně významnými štolami Hugo, Hermann a dalšími. K odvodnění dolů sloužily níže položené štol Segen Gottes a Dreikönig, jejichž ústí jsou dobře dochována. Štola Segen Gottes byla dlouhá asi 210 m, štola Dreikönig měřila původně asi 285 m, při báňském průzkumu po 1. světové válce byla její délka prodloužena na 440 m (Urban 2015).

Štola Johannes byla v současnosti zpřístupněna pro veřejnost. Je cca 180 m dlouhá a ústí do rozsáhlých středověkých komor Kostel a Kaple. Největší dobývka má rozměry 60 × 20 m při výšce 10 - 12 m. Zlatý Kopec je jednou z lokalit, jež budou prezentovat českou část pohoří v připravované německo-české nominaci Krušných hor do Seznamu světového dědictví UNESCO.



Obr. 3 Ústí štol Johannes; foto L. Vrtiška, říjen 2013.

Metodika výzkumu

Povrchová morfologie vzorků byla sledována v dopadajícím světle pomocí optického mikroskopu Nikon SMZ 1000 (Národní muzeum, Praha); tento mikroskop byl použit také pro separaci jednotlivých fází pro další výzkum. SE fotografie některých studovaných fází pak byly pořízeny za pomoci elektronového mikroanalýzátoru Cameca SX100 (Národní muzeum, Praha).

Rentgenová prášková difrakční data popsaných supergenních fází byla získána pomocí práškového difraktometru Bruker D8 Advance (Národní muzeum, Praha) s polovodičovým pozičně citlivým detektorem LynxEye za užití $\text{CuK}\alpha$ 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.). Pozice jednotlivých difrakčních maxim byly popsány profilovou funkcí Pseudo-Voigt a upřesněny profilovým fitováním v programu HighScore Plus. Mřížkové parametry byly zpřesněny metodou nejmenších čtverců pomocí programu Celref (Laugier, Bochu 2011).

Chemické složení studovaných fází bylo kvantitativně studováno pomocí elektronového mikroanalýzátoru Cameca SX100 (Přírodovědecká fakulta, MU Brno, analytik J. Sejkora, R. Škoda) za podmínek: WD analýza, 15 kV, 5 nA, průměr svazku elektronů 15 μm , použité standardy: lammerit (As, Cu), sanidin (Si, K, Al), Mg_2SiO_4 (Mg), fluorapatit (P, Ca), vanadinit (Cl, Pb), gahnite (Zn), almandin (Fe), spessartin (Mn), topaz (F), SrSO_4 (S), Bi (Bi). Obsahy výše uvedených prvků, které nejsou zahrnuty v tabulkách, byly kvantitativně analyzovány, ale zjištěné obsahy byly pod detekčním limitem (cca 0.03 - 0.05 hm. % pro jednotlivé prvky). Získaná data byla korigována za použití software PAP (Pouchou, Pichoir 1985). Chemické složení linaritu bylo sledováno energiově disperzním spektrometrem Oxford Instruments XMAX 80 spojeným se scanovacím elektronovým mikroskopem Tescan Mira3 (Česká geologická služba, Praha), operujícím při urychlovacím napětí 15 kV na zalitých a naleštěných vzorcích daného minerálu.

Ramanovo spektrum Zn bohatého malachitu bylo pořízeno za pomo-



Obr. 4 Podzemí dolu Johannes; foto J. Albrecht, 2015.



Obr. 5 Podzemí dolu Johannes; foto J. Albrecht, 2015.



Obr. 6 Podzemí dolu Johannes; foto J. Albrecht, 2015.



Obr. 7 Odval u bývalé šachty Johannes; foto P. Pauliš, září, 2014.



Obr. 8 Aurichalcit ze Zlatého Kopce; šířka záběru 2.5 mm, foto L. Vrtiška.



Obr. 9 Aurichalcit ze Zlatého Kopce; šířka záběru 3 mm, foto L. Vrtiška.

ci disperzního spektrometru DXR (Thermo Scientific) spojeného s konfokálním mikroskopem Olympus (Národní muzeum Praha). Podmínky měření: zvětšení objektivu 50 \times , použitý laser 532 nm, rozsah měření 50 - 1800 cm^{-1} , doba expozice 1, celkový počet expozic 1000, nastavený výkon laseru 4 mW, použitá apertura 50 μm slit (šterbino-vá), velikost paprsku 7 μm .

Geologie a mineralogie skarnového ložiska

Skarnové ložisko Zlatý Kopec se nachází v hřebenové části Krušných hor v bezprostřední blízkosti státní hranice se SRN (na svahu Hraničního vrchu) cca 6 km sz. od Božího Daru. Skarny Zlatého Kopce vytvářejí čočkovitá tělesa v komplexu chloriticko-sericitických fylitů frauenbašské série s čočkovitými vložkami grafitických fylitů, kvarcitů, metabazitů a episkarnů. Vlastní ložisko představují Hlavní poloha a 70 m níže uložená menší skarnová poloha Hugo s obdobným petrologickým složením. Převládající směr obou skarnových těles je SZ - JV s plochým úklonem 5 - 20° k SV. Mocnost skarnů je variabilní, v průměru se pohybuje od 1.5 do 3 m, maximálně 9.5 m. Podle vrtů má ložisko tvar protaženého nepravidelného tělesa o délce 600 m a šířce 300 m (Chrt 2001). Geneticky i stratigraficky má skarn blízké vztahy k amfibolitům, jen zčásti je ložisko reprezentováno typickými diopsid-chlorit-aktinolitovými skarny (Šrein, Hloušek 1998). Ložisko leží 350 m nad granitovým kontaktem. Fylity byly tektonicky protaženy žilnickým pásmem, pozdní roztoky s Fe-Sn-B-Zn mineralizací způsobily přeměnu části metabazitů na komplex skarnů (Chrt 2001).

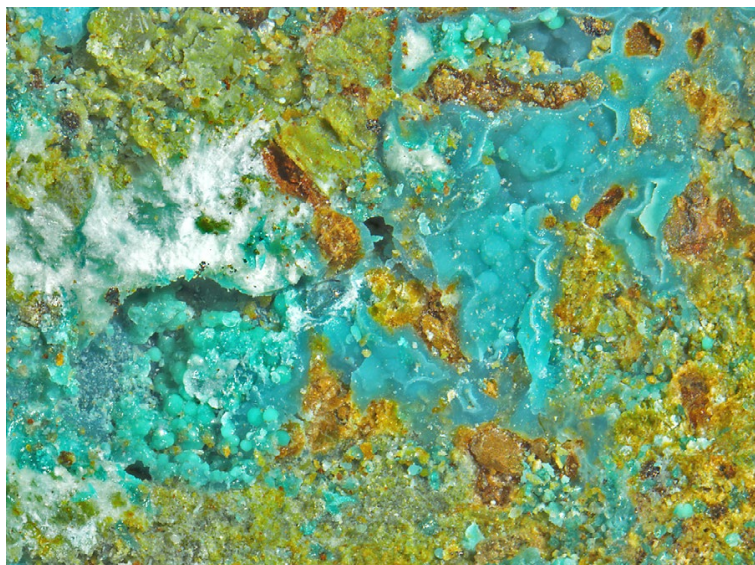
Minerály skarnových hornin tvoří plstnaté agregáty, které tvoří masivní šedohnědou až tmavozelenou horninu. Na minerálním složení skarnů se podílejí obecný amfibil, diopsid, antigorit, antofylit, aktinolit, flogopit a chlorit. Různé typy skarnů do sebe navzájem přecházejí (Chrt, Strnad 1964; Táborský et al. 1980). Rudní složky tvořící místy monominerální akumulace jsou reprezentovány kasiteritem, sfaleritem, chalkopyritem, magnetitem, pyritem, vzácněji arsenopyritem, löllingitem a pyrhotinem. Většinou se rudní složky prostorově překrývají s převahou dvou složek nad třetí. Nejstarší asociace bezvodých minerálů hořečnatých skarnů, pyroxen-diopsid, kasiterit s granátem je následována magnetitem a boráty, retrogradní skarnovou asociací (serpentin), pozdní chlorit-sulfidickou asociací a pozdní karbonátovou asociací (kalcit a fluorit) (Šrein, Šťastný 2000). Nejstarším rudním minerálem je magnetit, který tvoří čočkovitá nepravidelně omezená tělesa. Objevuje se v podobě impregnací, hnízd a čoček, zrnitých agregátů a vzácněji i jako drobné krystaly. Obvykle červenohnědý až hnědočervený sfalerit s vysokou příměsí Fe (do 10 %), kadmia (oko-

lo 1 %) a india (do 0.15 %), který má větší plošné rozšíření, tvoří většinou až 5 cm velká nepravidelná hnízda a impregnace. Ve sfaleritu byly zjištěny mikroskopické inkluze staninu (Chrt 2001). Ve starých dobývkách byly nalezeny i hrubě krystalické polohy místy lité sfaleritové rudy až 1 m mocné. Kasiterit, hlavní rudní složka ložiska, je přítomen i ve stratigrafických ekvivalentech skarnů, tj. je obsažen i ve skarnizovaných fylitech a amfibolitech. Ve dvou případech (Johannes a Boží Požehání) byly dokonce podložní fylity těženy jako cínová ruda. Velká část kasiteritu má mikroskopické až submikroskopické rozměry (0.002 - 0.015 mm) (Absolonová 1984). Méně hojná jsou drobná zrna chalkopyritu. Nepravidelně rozptýleny ve všech horninách ložiska se vyskytují pyrit a pyrhotin. Nověji byly ve skarnech zjištěny olivín, hydroxylklinohumit a především až několik mm velká zrna a krystaly helvínu (Šrein et al. 2004). Mineralogicky velmi zajímavá je asociace s boráty, která se vyskytuje spolu s magnetitem v jádru ložiska. Jedná se o agregáty jehlic hulsitu, dosahující až 1 cm délky, které někdy zarůstají do vláknitého ludwigitu (Šrein, Hloušek 1998). Szaibelyit a fluoborit tvoří jen mikrokrytalické chomáčky krátkých jehlic a shluky zrn do 0.1 mm délky a 0.01 mm šířky (Šrein et al. 2000; Šrein, Šťastný 2000). Z dalších boronosných minerálů jde o vonsenit, minerály ze skupiny schoenfliesitu a wickmanit (Šrein et al. 1999). Zjištěná minerální asociace odpovídá skarnům postiženým intenzivní hořečnatou metasomatózou.

Charakteristika supergenní mineralizace

O zdejší supergenní mineralizaci existuje poměrně málo informací. Ve staré literatuře je odtud zmiňován především greenockit, tvořící sytě žluté práškovité agregáty na černém sfaleritu ze starých hald (Johannes Zeche na Kaffbergu). Tento minerál je uváděn již v mineralogickém lexikonu z 19. století (Zepharovich 1873). Novější jsou nálezy jasně světle zelených lupenitých agregátů aurichalcitu (Tuček 1948) a woodruffitu v asociaci s flogopitem, hematitem a limonitem (Šrein 2011).

Nový mineralogický výzkum byl zaměřen na supergenní mineralizaci, která vzniká v opuštěných důlních dílech a na starých haldách přeměnou primární sulfidické mineralizace. Bohužel, jak bylo při výzkumu zjištěno, je značná část pestrobarevných povlaků rentgenamorfními směsnými sulfáty a karbonáty zinku a mědi, které nelze mineralogicky jednoznačně definovat. Přesto však bylo zjištěno několik zajímavých minerálních fází, které byly dosud v rámci České republiky zjištěny pouze na nevelkém množství lokalit. Stručný přehled některých zjištěných supergenních minerálů uvádějí Pauliš et al. (2015). Nově zjištěné supergenní minerály pocházejí z části z podzemí nově zpřístup-



Obr. 10 Aurichalcit ze Zlatého Kopce; šířka záběru 6 mm, foto L. Vrtiška.



Obr. 11 Tabulkovité zelené krystaly brochantitu narůstající na hemimorphit ze Zlatého Kopce; šířka záběru 2 mm, foto L. Vrtiška.



Obr. 12 Tabulkovité krystaly brochantitu narůstající na Zn-malachit ze Zlatého Kopce; šířka záběru 350 μ m, SEM foto L. Vrtiška.

Tabulka 1 Rentgenová prášková data aurichalcitu ze Zlatého Kopce

<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}
2	0	0	6.768	100	6.782	-4	1	1	2.813	<1	2.810	-6	2	1	1.8323	1	1.8336
2	1	0	4.653	<1	4.659	-1	2	1	2.725	<1	2.728	-2	0	3	1.7568	4	1.7594
3	0	0	4.515	1	4.521	-2	2	1	2.626	1	2.624	5	0	2	1.7178	<1	1.7183
-3	0	1	3.781	1	3.788	-5	0	1	2.621	<1	2.619	-8	0	0	1.6957	<1	1.6955
3	1	0	3.691	3	3.695	5	1	0	2.4968	1	2.4984	-5	3	1	1.6571	<1	1.6559
4	0	0	3.388	2	3.391	-5	1	1	2.4234	<1	2.4245	0	4	0	1.6019	<1	1.6030
1	2	0	3.119	<1	3.120	4	2	0	2.3321	<1	2.3296	-4	2	3	1.4881	<1	1.4858
4	1	0	2.997	<1	2.998	1	1	2	2.3000	<1	2.2998	6	4	0	1.3080	<1	1.3076
2	2	0	2.894	1	2.898	-7	0	1	1.9421	<1	1.9412	-6	2	1	1.8323	1	1.8336

Tabulka 2 Parametry základní cely aurichalcitu pro monoklinickou prostorovou grupu P2₁/m

	tato práce	Harding et al. (1994)	Sejkora et al. (2008)
<i>a</i> [Å]	13.820(5)	13.82(2)	13.812(1)
<i>b</i> [Å]	6.412(3)	6.419(3)	6.404(8)
<i>c</i> [Å]	5.289(3)	5.29(3)	5.3060(8)
β [°]	101.03(5)	101.04(2)	100.71(1)
<i>V</i> [Å ³]	460.0(3)	460.59	461.14(9)

Tabulka 3 Chemické složení aurichalcitu ze Zlatého Kopce (hm. %)

	mean	1	2	3	4	5	6	7	8	9
CuO	27.79	28.31	26.37	25.66	25.12	23.07	31.69	29.73	30.21	29.95
ZnO	45.00	46.00	47.09	46.33	45.14	47.92	41.51	43.97	44.07	42.94
FeO	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.18	0.00
Al ₂ O ₃	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.16	0.09	0.00	0.14
SiO ₂	1.54	0.24	0.16	0.57	0.24	0.23	2.56	2.66	2.93	4.24
P ₂ O ₅	0.04	0.19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.21	0.00	0.00
SO ₃	0.85	0.84	0.71	0.55	0.66	0.45	1.07	1.07	1.19	1.15
CO ₂ *	14.28	15.46	15.51	14.98	14.79	15.06	13.58	13.46	13.46	12.23
F	0.14	0.00	0.17	0.26	0.15	0.15	0.15	0.17	0.20	0.00
H ₂ O*	9.71	9.96	9.76	9.52	9.34	9.43	9.81	9.84	9.89	9.82
F=-O	-0.06	0.00	-0.07	-0.11	-0.06	-0.06	-0.06	-0.07	-0.08	0.00
total	99.35	100.99	99.70	97.75	95.37	96.24	100.47	101.12	102.04	100.45
Cu	1.932	1.932	1.822	1.808	1.814	1.650	2.185	2.040	2.056	2.076
Zn	3.062	3.068	3.178	3.192	3.186	3.350	2.798	2.950	2.931	2.909
Fe	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.014	0.000
Al	0.005	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.017	0.010	0.000	0.015
Σ M	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000
Si	0.140	0.022	0.014	0.054	0.023	0.021	0.234	0.242	0.264	0.389
P	0.003	0.014	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.016	0.000	0.000
S	0.059	0.057	0.049	0.038	0.047	0.032	0.074	0.073	0.081	0.079
C	1.798	1.907	1.937	1.908	1.930	1.946	1.693	1.669	1.656	1.532
Σ T	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000
OH	5.964	6.000	5.952	5.923	5.955	5.956	5.975	5.961	5.943	6.015
F	0.040	0.000	0.048	0.077	0.045	0.044	0.042	0.049	0.057	0.000
Zn/Cu	1.59	1.59	1.74	1.76	1.76	2.03	1.28	1.45	1.43	1.40

Koeficienty empirických vzorců přepočteny na bázi kationtů = 5 *apfu*; obsahy *CO₂ a *H₂O byly dopočteny na základě ideálního vzorce aurichalcitu a vyrovnání valencí.

něné štoly Johannes (GPS souřadnice: 50° 26' 4.815" N; 12° 52' 9.878" E) (obr. 3 - 6), a z části ze starých odvalů šachet Johannes (obr. 7) a Schurfschacht (cca 200 m s. od ústí štoly Johannes; GPS souřadnice: 50° 26' 7.325" N; 12° 52' 9.878" E).

Aurichalcit

Aurichalcit byl zjištěn pouze na několika vzorcích skarnu z haldového materiálu. Tvoří skupiny světle modrých, drobně polokulovitých agregátů o rozměrech dosahujících prvních desetin mm (obr. 8). V několika případech byl zaznamenán výskyt jeho perleťově lesklých lupenitých krystalů (obr. 9) či ledvinitých kůr (obr. 10) světle modré barvy v asociaci s hemimorfitem.

Rentgenová prášková data aurichalcitu ze Zlatého Kopce (tab. 1) odpovídají publikovaným údajům. Zpřesněné parametry základní cely studovaného aurichalcitu jsou v tabulce 2 porovnány s daty uváděnými pro tuto minerální fázi.

Při studiu chemického složení aurichalcitu (tab. 3) byly v kationtu zjištěny dominantní zastoupení Zn v rozmezí 2.80 - 3.35 *apfu* a Cu (1.65 - 2.19 *apfu*) a nepatrné příměsi Fe a Al (pod 0.01 *apfu*). Vypočtený molární poměr Zn/Cu se pro aurichalcit ze Zlatého Kopce pohybuje v rozmezí 1.3 - 2.0, což koresponduje s údaji pro aurichalcit z Měděnce (Sejkora, Šrein 2012). V aniontové části vzorce byly vedle karbonátu zjištěny zvýšené obsahy Si (do 0.38 *apfu*) a nevelké obsahy S (do 0.08 *apfu*). Empirický vzorec aurichalcitu ze Zlatého Kopce (průměr devíti bodových analýz) můžeme na bázi $\text{Cu}+\text{Zn}+\text{Al} = 5 \text{ apfu}$ vyjádřit jako $(\text{Zn}_{3.06}\text{Cu}_{1.93}\text{Al}_{0.01})_{\Sigma 5.00}[(\text{CO}_3)_{1.80}(\text{SiO}_4)_{0.14}(\text{SO}_4)_{0.06}]_{\Sigma 2.00}(\text{OH})_{5.96}\text{F}_{0.04}$.

Brochantit

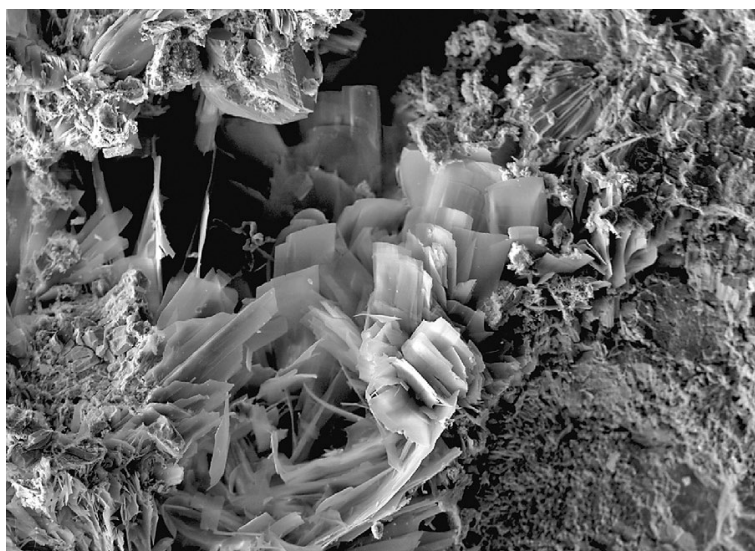
Brochantit je zde poměrně hojným supergenním minerálem, který tvoří sytě zelené povlaky a agregáty velmi drobných (setiny mm) krystalů (obr. 11 - 13), které často narůstají na bílé povlaky hemimorfitu, na Zn-bohatý malachit či přímo na fragmenty skarnových hornin.

Rentgenová prášková data brochantitu ze Zlatého Kopce (tab. 4) jsou v dobré shodě s publikovanými daty. Zpřesněné parametry základní cely studovaného brochantitu jsou v tabulce 5 porovnány s daty uváděnými pro tuto minerální fázi.

Při studiu chemického složení brochantitu (tab. 6) byly vedle zcela minoritního obsahu Fe (pod 0.01 *apfu*) zjištěny významnější obsahy Zn v rozmezí 0.32 - 0.45 *apfu*. Podobné zvýšené obsahy zinku zjistili Sejkora a Šrein (2012) v brochantitu ze skarnového ložiska Mědník na Měděnci. Empirický vzorec brochantitu ze Zlatého Kopce (průměr tří bodových analýz) můžeme na bázi $\text{S}+\text{Si} = 1 \text{ apfu}$ vyjádřit jako $(\text{Cu}_{3.42}\text{Zn}_{0.37})_{\Sigma 3.79}[(\text{SO}_4)_{0.94}(\text{SiO}_4)_{0.06}]_{\Sigma 1.00}(\text{OH})_{5.53}\text{F}_{0.05}\text{S}_{5.58}$.



Obr. 13 Drobně krystalický brochantit s aurichalcitem ze Zlatého Kopce; šířka záběru 1.5 mm, foto L. Vrtiška.



Obr. 14 Tabulkovité krystaly devillinu ze Zlatého Kopce; šířka záběru 900 μm , SEM foto L. Vrtiška.



Obr. 15 Práškovité povlaky greenockitu ze Zlatého Kopce; šířka záběru 20 mm, foto P. Fuchs.

Tabulka 4 Rentgenová prášková data brochantitu ze Zlatého Kopce

<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	7.769	3	7.785	5	1	0	2.4667	54	2.4659	7	1	0	1.7889	2	1.7891
2	0	0	6.355	100	6.368	0	4	0	2.4609	1	2.4592	6	2	1	1.7396	2	1.7420
2	1	0	5.339	30	5.346	2	4	0	2.2967	1	2.2941	-7	1	2	1.7119	<1	1.7087
-2	0	1	4.865	<1	4.912	5	2	0	2.2632	3	2.2619	4	5	0	1.6728	<1	1.6737
3	1	0	3.893	39	3.898	0	3	2	2.1825	<1	2.1841	-3	5	2	1.5937	1	1.5944
4	0	0	3.183	48	3.184	-6	0	0	2.1252	<1	2.1227	-2	6	1	1.5550	1	1.5551
4	1	0	3.032	1	3.029	2	4	1	2.0760	5	2.0782	4	0	3	1.5157	5	1.5158
2	3	0	2.916	6	2.915	5	3	0	2.0133	3	2.0116	8	2	1	1.3937	<1	1.3941
4	2	0	2.674	27	2.673	0	0	3	1.9515	1	1.9521	-4	3	4	1.3384	1	1.3372
3	3	0	2.597	8	2.595	-2	4	2	1.8830	<1	1.8834	-10	0	1	1.3082	<1	1.3088
-2	2	2	2.519	3	2.517	1	1	3	1.8326	<1	1.8335						

Tabulka 5 Parametry základní cely brochantitu pro monoklinickou prostorovou grupu *P2₁/a*

	tato práce	Helliwell, Smith (1997)	Sejkora, Šrein (2012)
<i>a</i> [Å]	13.089(4)	13.087(1)	13.128(1)
<i>b</i> [Å]	9.837(4)	9.835(1)	9.8627(8)
<i>c</i> [Å]	6.019(3)	6.015(2)	6.0345(7)
β [°]	103.33	103.33(1)	130.306(8)
<i>V</i> [Å ³]	754.1(5)	753.34	760.3(1)

Tabulka 6 Chemické složení brochantitu (hm. %)

	mean	1	2	3		mean	1	2	3
CuO	61.60	63.73	62.27	58.79	Cu	3.417	3.627	3.563	3.061
ZnO	6.80	5.78	5.84	8.78	Zn	0.365	0.322	0.326	0.447
FeO	0.06	0.19	0.00	0.00	Fe	0.004	0.012	0.000	0.000
SiO ₂	0.84	0.27	0.45	1.82	Σ M	3.786	3.961	3.889	3.508
SO ₃	17.06	17.31	16.99	16.90	Si	0.060	0.020	0.034	0.125
F	0.20	0.25	0.16	0.19	S	0.940	0.980	0.966	0.875
H ₂ O*	11.28	11.66	11.36	10.82	Σ T	1.000	1.000	1.000	1.000
F=-O	-0.08	-0.11	-0.07	-0.08	OH	5.525	5.861	5.741	4.974
total	97.76	99.09	97.00	97.20	F	0.046	0.060	0.037	0.042

H₂O* - obsah vypočtený na bázi vyrovnání valencí; koeficienty empirických vzorců počítány na bázi (S+Si) = 1 *apfu*.

Devillin

Z minerálů řady serpierit-devillin byl na Zlatém Kopci zjištěn pouze devillin. Vyskytuje se v poměrně omezeném množství ve skarnovém materiálu z podzemí (štola Johannes). Tvoří světle modré až 0.5 mm velké tabulkovité krystaly a radiálně paprskovité agregáty o rozměrech do 1 mm (obr. 14). Devillin vykazuje charakteristický perleťový lesk. Krystaly jsou velmi křehké. V asociaci s devillinem se běžně vyskytuje sádrovec.

Rentgenová prášková data devillinu ze Zlatého Kopce (tab. 7) odpovídají publikovaným údajům. Zpřesněné parametry základní cely studovaného devillinu jsou v tabulce 8 porovnány s daty uváděnými pro tuto minerální fázi.

Při studiu chemického složení devillinu (tab. 9) bylo v kationtu zjištěno dominantní zastoupení Cu v rozmezí 3.26 - 3.81 *apfu* a Ca 0.65 - 1.06 *apfu*. Zinek je přítomen pouze v malém množství (0.22 - 0.36 *apfu*), nepatrně je obsažen Al (0.03 - 0.07 *apfu*). Vypočtený molární poměr

Zn/Cu se pro devillin ze Zlatého Kopce pohybuje v rozmezí 0.06 - 0.10, což koresponduje s údaji uváděnými pro tento minerální druh ve studii Krauseho a Täubera (1992), kteří uvádějí hranici pro devillin/serpierit stanovenou molárním poměrem Zn/Cu = 0.14. V aniontové části vzorce byly vedle sulfátu zjištěny i nevelké obsahy Si (do 0.10 *apfu*). Empirický vzorec devillinu ze Zlatého Kopce (průměr tří bodových analýz) můžeme na bázi S+Si = 2 *apfu* vyjádřit jako $\text{Ca}_{0.89}(\text{Cu}_{3.58}\text{Zn}_{0.29}\text{Fe}_{0.06}\text{Al}_{0.05})_{\Sigma 3.98}[(\text{SO}_4)_{1.95}(\text{SiO}_4)_{0.05}]_{\Sigma 2.00}[(\text{OH})_{5.67}\text{F}_{0.11}\text{Cl}_{0.05}]_{\Sigma 5.83} 3 \text{H}_2\text{O}$.

Greenockit

V historické literatuře je odtud uváděn především výskyt greenockitu tvořícího žluté práškovité agregáty na sfaleritu ze starých hald (Johannes Zeche na Kaffbergu - Zepharovich 1873). V obdobné formě se greenockit vyskytuje v menší míře na starých odvalech i v současnosti (obr. 15). Nově revidovány byly sběry tohoto minerálu ze

Tabulka 7 Rentgenová prášková data devillinu ze Zlatého Kopce

<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}
2	0	0	10.142	100	10.165	-4	1	4	3.470	<1	3.464	2	1	8	2.3014	1	2.3014
1	0	2	8.738	6	8.787	5	1	0	3.390	22	3.392	-6	2	6	2.0671	<1	2.0674
4	0	0	5.081	30	5.088	-6	0	4	3.213	<1	3.210	1	3	0	2.0343	<1	2.0350
-1	1	3	4.709	1	4.705	-4	1	5	3.185	1	3.186	6	2	4	1.9938	<1	1.9948
2	0	4	4.377	<1	4.393	0	1	6	3.111	2	3.110	10	2	0	1.6962	1	1.6960
4	0	2	4.252	<1	4.258	0	2	3	2.822	<1	2.823	-9	1	11	1.6201	<1	1.6194
4	1	1	3.754	<1	3.744	2	1	7	2.543	1	2.542	-3	4	2	1.4921	<1	1.4920

Tabulka 8 Parametry základní cely devillinu pro monoklinickou prostorovou grupu P2₁/c

	tato práce	Sabelli, Zanazzi (1972)	Sejkora, Šrein (2012)
<i>a</i> [Å]	20.866(9)	20.870(2)	20.858(5)
<i>b</i> [Å]	6.136(2)	6.135(3)	6.168(3)
<i>c</i> [Å]	22.192(11)	22.1910(30)	22.09(1)
β [°]	102.73(5)	102.73(2)	102.71(3)
<i>V</i> [Å ³]	2771(2)	2771.44	2773(2)

Tabulka 9 Chemické složení devillinu (hm. %)

	mean	1	2	3		mean	1	2	3
CaO	6.88	6.83	8.18	5.62	Ca	0.889	1.059	0.961	0.647
FeO	0.71	0.00	0.37	1.77	Fe	0.064	0.000	0.034	0.159
CuO	39.98	35.07	44.39	40.47	Ca+Fe	0.953	1.059	0.995	0.805
ZnO	3.41	2.07	4.47	3.68	Cu	3.576	3.807	3.662	3.259
Al ₂ O ₃	0.35	0.18	0.31	0.57	Zn	0.292	0.221	0.362	0.291
SiO ₂	0.44	0.18	0.19	0.95	Al	0.048	0.031	0.039	0.072
SO ₃	21.91	18.16	24.03	23.54	Cu+Zn+Al	3.915	4.059	4.063	3.623
F	0.28	0.32	0.22	0.30	Si	0.050	0.026	0.021	0.101
Cl	0.24	0.48	0.00	0.22	S	1.950	1.974	1.979	1.899
H ₂ O*	14.72	12.49	16.55	15.12	S+Si	2.000	2.000	2.000	2.000
F=O	-0.12	-0.13	-0.09	-0.13	F	0.108	0.144	0.078	0.102
Cl=O	-0.05	-0.11	0.00	-0.05	Cl	0.053	0.118	0.000	0.041
total	88.74	75.55	98.62	92.05	OH	5.666	6.055	6.108	4.833
					H ₂ O	3.000	3.000	3.000	3.000
					Zn/Cu	0.08	0.06	0.10	0.09

H₂O* - obsah vypočtený na bázi teoretického obsahu 3H₂O v devillinu a na bázi vyrovnání valencí; koeficienty empirických vzorců počítány na bázi (S+Si) = 2 *apfu*.

Tabulka 10 Rentgenová prášková data greenockitu ze Zlatého Kopce

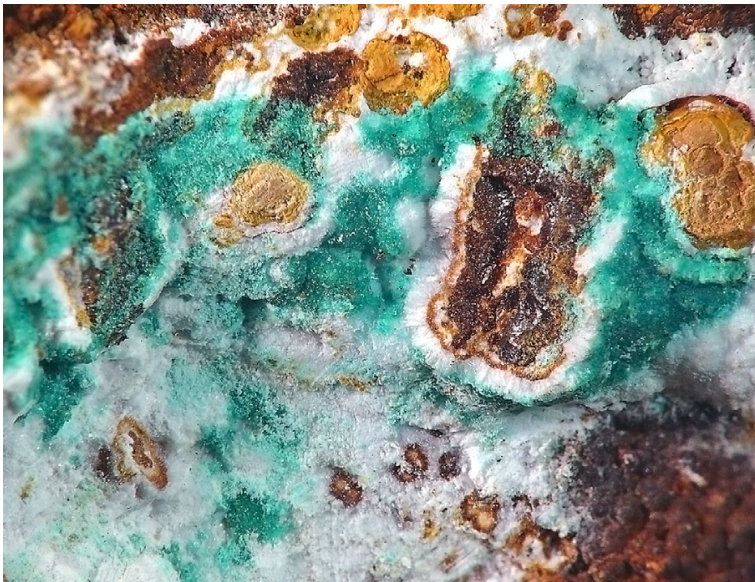
<i>h</i>	<i>k</i>	<i>l</i>	<i>d</i> _{obs}	<i>I</i> _{obs}	<i>d</i> _{calc}	<i>h</i>	<i>k</i>	<i>l</i>	<i>d</i> _{obs}	<i>I</i> _{obs}	<i>d</i> _{calc}	<i>h</i>	<i>k</i>	<i>l</i>	<i>d</i> _{obs}	<i>I</i> _{obs}	<i>d</i> _{calc}
0	1	0	3.548	15	3.547	1	1	0	2.0503	54	2.0480	0	0	4	1.6768	4	1.6842
0	0	2	3.330	100	3.348	0	1	3	1.9133	4	1.8974	0	1	4	1.5270	2	1.5214
0	1	1	3.122	34	3.139	1	1	2	1.7482	27	1.7499	0	2	3	1.3929	1	1.3919
0	1	2	2.4306	2	2.4426	0	2	1	1.7102	2	1.7152						

Tabulka 11 Parametry základní cely greenockitu pro hexagonální prostorovou grupu P6₃mc

	tato práce	Stevenson et al. (1984)	Pardo et al. (1984)
<i>a</i> [Å]	4.10(3)	4.136	4.153
<i>c</i> [Å]	6.737(3)	6.713	6.740
<i>V</i> [Å ³]	97.9(8)	99.45	100.67



Obr. 16 Hemimorfit ze Zlatého Kopce; šířka záběru 7 mm, foto P. Fuchs.



Obr. 17 Hemimorfit s brochantitem ze Zlatého Kopce; šířka záběru 6 mm, foto P. Fuchs.



Obr. 18 Srostlice krystalů hemimorfitu ze Zlatého Kopce; šířka záběru 0.5 mm, foto L. Vrtiška.

starých odvalů z okolí stoly Johannes. Rentgenová prášková data greenockitu ze Zlatého Kopce (tab. 10) odpovídají publikovaným údajům. Zpřesněné parametry základní cely studovaného greenockitu jsou v tabulce 11 porovnány s daty uváděnými pro tuto minerální fázi.

Při studiu chemického složení greenockitu byly zjištěny pouze obsahy Cd a S ve stochiometricky odpovídajícím množství.

Hemimorfit

Poměrně hojným minerálem, který se na Zlatém Kopci nachází v několika vzhledově odlišných formách, je hemimorfit. Většinou vytváří bílé až šedavě bílé povlaky a až 3 mm silné kůry (obr. 16 - 17), radiálně paprscité agregáty o velikosti do 3 mm či srůsty tabulkovitých kopinatých krystalů (obr. 18, 19). Hemimorfit narůstá nejčastěji na navětralé limonitizované úlomky skarnu s černým sfaleritem. Často asociuje s brochantitem či s dalšími sulfáty Zn a Cu.

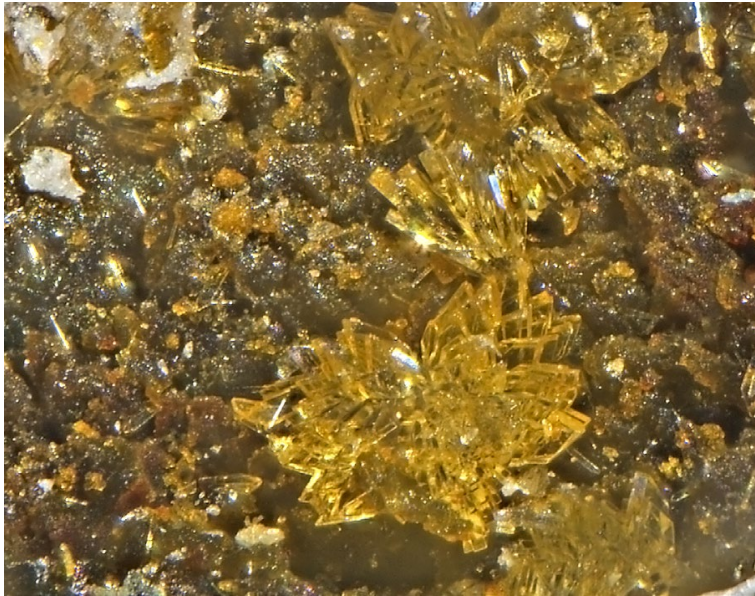
Rentgenová prášková data hemimorfitu ze Zlatého Kopce (tab. 12) odpovídají publikovaným údajům. Zpřesněné parametry základní cely studovaného hemimorfitu jsou v tabulce 13 porovnány s daty uváděnými pro tuto minerální fázi.

Hemimorfit ze Zlatého Kopce je velmi blízký ideálnímu složení, v kationtové části vzorce je obsažen pouze zinek a v aniontové části byl zjištěn nepatrný obsah P (do 0.03 *apfu*) (tab. 14). Empirický vzorec hemimorfitu ze Zlatého Kopce (průměr šesti bodových analýz) můžeme na bázi $Zn+P+Si = 6$ vyjádřit jako $Zn_{3.94}(Si_{2.06}P_{0.01})_{\Sigma 2.07}O_7[(OH)_{2.11}F_{0.02}]_{\Sigma 2.13} \cdot H_2O$.

Jarosit

Spolu se sádrovcem se poměrně v hojném množství vyskytují žluté práškovité polokulovité agregáty jarositu (obr. 20). Studovaný vzorek jarositu pochází z mineralogické sbírky Národního muzea v Praze, evidovaný pod inventárním číslem P1N 42568. Rentgenová prášková data jarositu ze Zlatého Kopce (tab. 15) odpovídají publikovaným údajům. Zpřesněné parametry základní cely studovaného jarositu jsou v tabulce 16 porovnány s daty uváděnými pro tuto minerální fázi.

Chemické složení tohoto minerálu vykazuje v kationtové části vedle dominantního Fe i K (průměr z pěti bodových měření 6.55 hm. % K_2O) a malou příměs Na (0.65 hm. % Na_2O). Vzhledem k jistému deficitu alkálií proti ideálnímu vzorci, lze předpokládat, že studovaný jarosit obsahuje menší podíl (cca 25 - 30 hm. %) hydroniumjarositové komponenty.



Obr. 19 Srostlice krystalů hemimorfitu ze Zlatého Kopce; šířka záběru 0.7 mm, foto L. Vrtiška.

Tabulka 16 Parametry základní cely jarositu pro trigonální prostorovou grupu $R\bar{3}m$

	tato práce	Sato et al. (2009)	Černý et al. (2015)
a [Å]	7.295(7)	7.2768(4)	7.286(3)
c [Å]	17.198(1)	17.224(2)	17.2189(1)
V [Å ³]	792.5(8)	789.85	791.7(3)

Tabulka 17 Rentgenová prášková data linaritu ze Zlatého Kopce

h	k	l	d_{obs}	l_{obs}	d_{calc}	h	k	l	d_{obs}	l_{obs}	d_{calc}	h	k	l	d_{obs}	l_{obs}	d_{calc}
1	0	0	9.427	18	9.458	-1	0	2	2.3403	3	2.3416	5	1	0	1.7939	12	1.7930
1	1	0	4.838	22	4.845	-4	0	1	2.3159	20	2.3166	-2	2	2	1.7654	4	1.7643
2	0	0	4.721	5	4.725	1	2	1	2.2654	8	2.2660	0	3	1	1.7401	4	1.7397
0	0	1	4.563	3	4.571	-2	0	2	2.2597	16	2.2606	1	3	1	1.6864	3	1.6862
-1	0	1	4.516	74	4.523	-2	2	1	2.2472	3	2.2477	-2	3	1	1.6788	1	1.6786
1	0	1	3.800	9	3.801	4	1	0	2.1802	12	2.1803	-3	2	2	1.6740	4	1.6738
2	1	0	3.621	21	3.624	-1	1	2	2.1617	16	2.1629	-5	0	2	1.6445	4	1.6444
0	1	1	3.548	32	3.551	-4	1	1	2.1427	1	2.1431	5	0	1	1.6256	5	1.6261
3	0	0	3.150	100	3.152	1	0	2	2.1173	20	2.1181	3	1	2	1.6134	4	1.6131
-2	1	1	3.101	22	3.103	3	2	0	2.1021	6	2.1023	4	2	1	1.5955	1	1.5953
2	0	1	2.974	17	2.977	-3	0	2	2.0797	38	2.0790	-6	0	0	1.5769	8	1.5766
0	2	0	2.820	12	2.822	2	2	1	2.0480	1	2.0479	5	2	0	1.5708	3	1.5709
3	1	0	2.751	6	2.752	-3	2	1	2.0259	8	2.0255	-1	0	3	1.5609	7	1.5589
1	2	0	2.701	16	2.702	-4	0	2	1.8575	24	1.8589	-6	1	1	1.5410	3	1.5408
-3	1	1	2.588	25	2.586	1	3	0	1.8439	13	1.8451	0	0	3	1.5236	3	1.5236
2	2	0	2.4220	3	2.4228	4	1	1	1.8295	5	1.8295	-3	0	3	1.5070	2	1.5072
0	2	1	2.4005	8	2.4015	3	2	1	1.8122	11	1.8122	-1	1	3	1.5022	9	1.5024
4	0	0	2.3635	5	2.3636	-5	1	1	1.8013	11	1.8011	-2	1	3	1.4974	2	1.4974

Tabulka 18 Parametry základní cely linaritu pro monoklinickou prostorovou grupu $P2_1/m$

	tato práce	Effenberger (1987)	Pauliš et al. (2012)	Pauliš et al. (2013)
a [Å]	9.6910(4)	9.701(2)	9.6886(9)	9.690(2)
b [Å]	5.6448(9)	5.650(2)	5.6459(4)	5.6440(8)
c [Å]	4.6847(6)	4.690(2)	4.6846(5)	4.6846(9)
β [°]	102.64(2)	102.65(2)	102.66(1)	102.64(2)
V [Å ³]	250.00(8)	250.82	250.00(4)	250.00(8)

Linarit

Linarit tvoří drúzy drobných krystalů o velikosti do 1 mm (obr. 21 - 22), tmavomodré barvy narůstající na limonitizovaných puklinách skarnu. Tento minerál byl nalezen ve zříceném sloupu v komoře v nově zpřístupněném dole Johannes.

Linarit byl identifikován rentgenometricky (tab. 17); zpřesněné parametry jeho základní cely jsou v tabulce 18 porovnány s publikovanými údaji. Chemické složení zjištěné na základě tří bodových stanovení (EDS) na nábrusu, a po přepočtu na teoretický obsah H₂O (4.5 hm. %), odpovídá čistému linaritu: CuO (18.8 hm. %), PbO (56.5 hm. %) a SO₃ (20.2 hm. %).

Malachit

Zn-bohatý malachit tvoří světle zelené polokulovité agregáty o rozměrech do 0.2 mm (obr. 24). Byl nalezen na vzorcích z halového materiálu nad štolou Johannes.

Rentgenová prášková data studovaného malachitu (tab. 19) odpovídají publikovaným údajům. Zpřesněné parametry základní cely studovaného malachitu jsou v tabulce 20 porovnány s daty uváděnými pro tuto minerální fázi.

Od strukturně i chemicky obdobného rosasitu byl Zn-malachit odlišen pomocí Ramanovy spektroskopie (obr. 23), která má u malachitu i rosasitu odlišný záznam dle porovnání se záznamy dostupnými v databázi RRUFF (www.ruff.info).

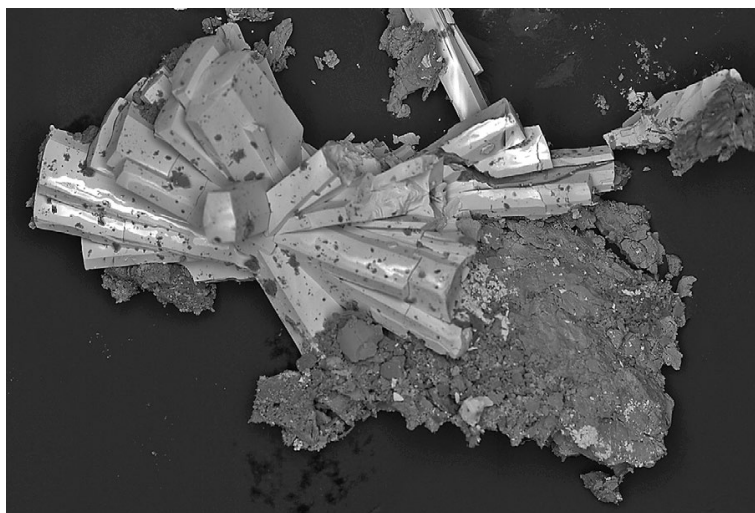
Při studiu chemického složení malachitu (tab. 21) byly v kationtu zjištěny vedle dominantního zastoupení Cu i poměrně značné a kolísavé obsahy zinku v rozmezí 0.26 - 0.37 *apfu*. Vypočtený molární poměr Cu/Zn se pro malachit ze Zlatého Kopce pohybuje v rozmezí 4.5 - 6.7, což koresponduje s publikovanými údaji pro tento minerální druh uvedenými v práci Behrens, Girgsdies (2010). Podle těchto autorů fáze s poměrem Cu/Zn > 2.70 strukturně odpovídají Zn-bohatému malachitu, struktura rosasitu je pro tato složení obvykle metastabilní. V aniontové části vzorce byly vedle karbonátu zjištěny i nevelké obsahy Si (do 0.02 *apfu*) a S (do 0.01 *apfu*). Empirický vzorec malachitu ze Zlatého Kopce (průměr šesti bodových analýz) můžeme na bázi kationů Cu+Zn = 2 *apfu* vyjádřit jako $(\text{Cu}_{1.65}\text{Zn}_{0.35})_{2.00}[(\text{CO}_3)_{1.98}(\text{SO}_4)_{0.01}(\text{SiO}_4)_{0.01}]_{2.00}[(\text{OH})_{1.98}\text{F}_{0.02}]_{2.00}$.



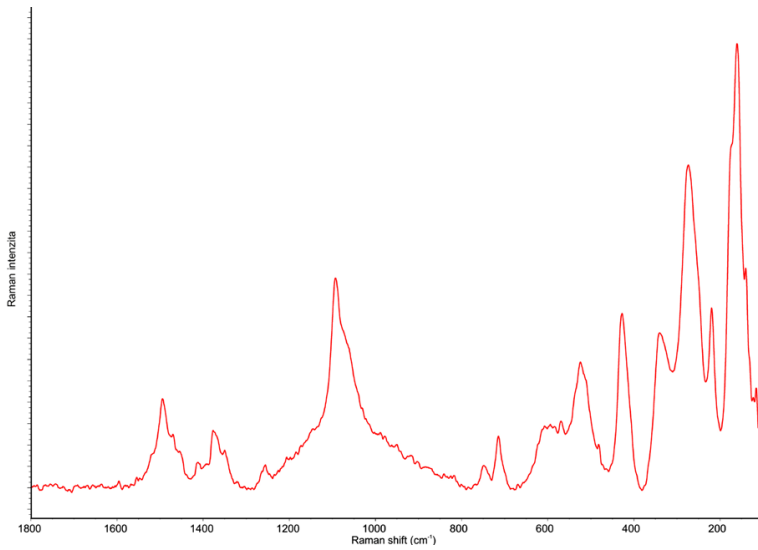
Obr. 20 Jarosit s jehlicovitými krystaly sádrovce ze Zlatého Kopce; šířka záběru 10 mm, foto P. Fuchs.



Obr. 21 Krystaly linaritu ze Zlatého Kopce. Velikost největšího krystalu je 0.5 mm, foto P. Fuchs.



Obr. 22 Vějířovitá srostlice krystalů linaritu ze Zlatého Kopce; šířka záběru 800 μm , SEM foto O. Pour.



Obr. 23 Ramanovo spektrum Zn-malachitu ze Zlatého Kopce.



Obr. 24 Zn bohatý malachit ze Zlatého Kopce; šířka záběru 1.5 mm, foto L. Vrtiška.

Tabulka 19 Rentgenová prášková data Zn bohatého malachitu ze Zlatého Kopce

<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	7.376	12	7.386	3	3	0	2.4618	43	2.4619	1	5	1	1.8485	2	1.8470
0	2	0	5.991	91	6.002	0	4	1	2.1815	6	2.1817	5	2	0	1.7871	6	1.7887
2	2	0	3.687	100	3.693	2	5	0	2.1373	8	2.1365	-1	6	1	1.6897	2	1.6876
1	3	0	3.678	86	3.680	0	6	0	1.9969	2	2.0006	0	7	1	1.5080	8	1.5090
1	4	0	2.864	4	2.858	1	6	0	1.9583	3	1.9565	6	4	0	1.3859	1	1.3852
3	2	0	2.774	5	2.770	-1	5	1	1.9070	4	1.9077	4	6	1	1.3263	1	1.3270
2	4	0	2.528	31	2.527												

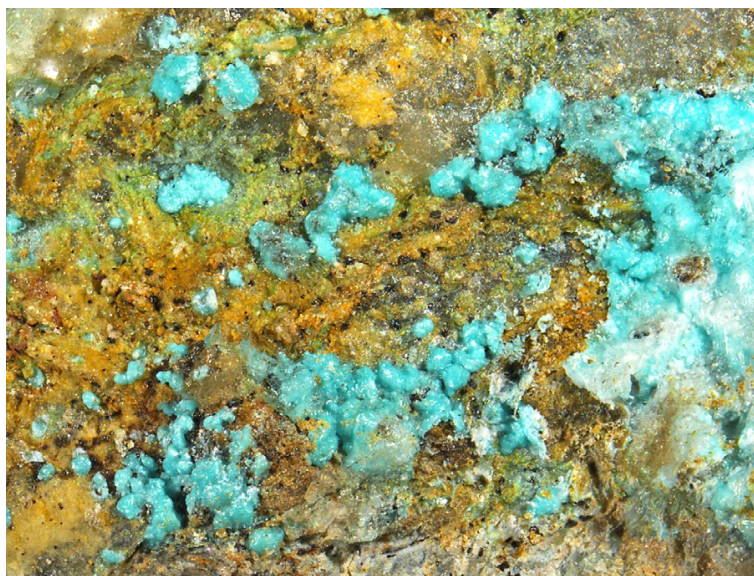
Tabulka 20 Parametry základní cely Zn bohatého malachitu pro monoklinickou prostorovou grupu $P2_1/a$

	tato práce	Behrens, Girsdsies (2010)
<i>a</i> [Å]	9.457(5)	9.4490(12)
<i>b</i> [Å]	12.003(6)	11.9749(14)
<i>c</i> [Å]	3.207(5)	3.2198(3)
β [°]	97.8(2)	97.839(7)
<i>V</i> [Å ³]	360.7(6)	360.92

Tabulka 21 Chemické složení Zn bohatého malachitu (hm. %)

	mean	1	2	3	4	5	6
CuO	58.98	59.17	59.09	58.69	61.80	61.73	62.57
ZnO	12.89	13.56	12.47	12.66	10.22	10.51	9.57
SiO ₂	0.23	0.29	0.21	0.21	0.34	0.53	0.44
CO ₂ *	19.40	19.59	19.32	19.30	19.43	19.32	19.41
SO ₃	0.41	0.42	0.45	0.38	0.33	0.37	0.29
F	0.17	0.19	0.15	0.18	0.15	0.00	0.14
H ₂ O*	8.02	8.11	8.00	7.96	8.06	8.15	8.08
F=-O	-0.07	-0.08	-0.06	-0.08	-0.06	0.00	-0.06
total	100.05	101.24	99.63	99.30	100.26	100.61	100.44
Cu	1.648	1.634	1.658	1.652	1.722	1.715	1.740
Zn	0.352	0.366	0.342	0.348	0.278	0.285	0.260
Σ M	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000
Si	0.009	0.010	0.008	0.008	0.013	0.020	0.016
C	0.980	0.978	0.980	0.982	0.978	0.970	0.976
S	0.012	0.011	0.013	0.011	0.009	0.010	0.008
Σ T	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
OH	1.980	1.978	1.983	1.979	1.983	2.000	1.984
F	0.020	0.022	0.017	0.021	0.017	0.000	0.016
Cu/Zn	4.68	4.47	4.85	4.74	6.19	6.01	6.69

Koeficienty empirických vzorců přepočteny na bázi kationtů = 2 *apfu*; obsahy *CO₂ a *H₂O byly dopočteny na základě ideálního vzorce malachitu a vyrovnání valencí.



Obr. 25 Schulenbergit se sádrovcem ze Zlatého Kopce; šířka záběru 6 mm, foto L. Vrtiška.

Sádrovec

Hojným průvodcem sulfátů Cu a Zn je sádrovec, který se nejčastěji vyskytuje v podobě bílých, čirých, až 3 mm dlouhých, sloupcovitých či jehličkovitých krystalů, které mají v některých případech radiálně paprscitou skladbu (obr. 20 a 25). Vystupuje v asociaci s dalšími sulfáty na puklinách alterovaného skarnu. Sádrovec byl určen rentgenometricky.

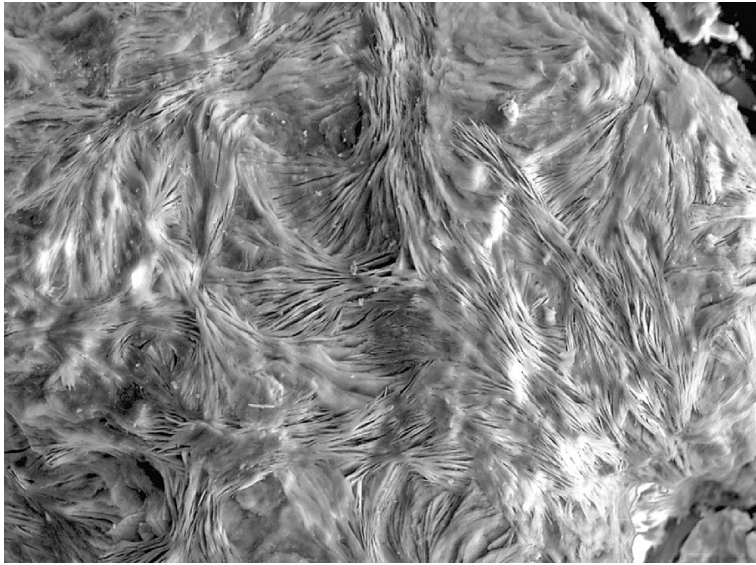
Schulenbergit

Z méně obvyklých minerálů byl identifikován schulenbergit, tvořící drobné, modré, perleťově lesklé lupenité agregáty (obr. 26, 27). Byl zjištěn v asociaci se sádrovcem v dole Johannes. Tento sulfát Cu a Zn s ideálním vzorcem $(\text{Cu,Zn})_7(\text{SO}_4)_2(\text{OH})_{10} \cdot 3\text{H}_2\text{O}$, byl popsán Hodenbergem et al (1984) z Clausthalu-Zellerfeldu (SRN). V ČR

byl dosud zjištěn Zn-bohatý schulenbergit na haldě dolu Lill v Příbrami (Sejkora 1995) a v hutních struskách po zpracování olovených rud ve Lhotě u Příbrami (Rüsenberg, Pauliš 1996).

Rentgenová prášková data schulenbergitu ze Zlatého Kopce (tab. 22) odpovídají publikovaným údajům. Zpřesněné parametry základní cely studovaného schulenbergitu jsou v tabulce 23 porovnány s daty uváděnými pro tuto minerální fázi.

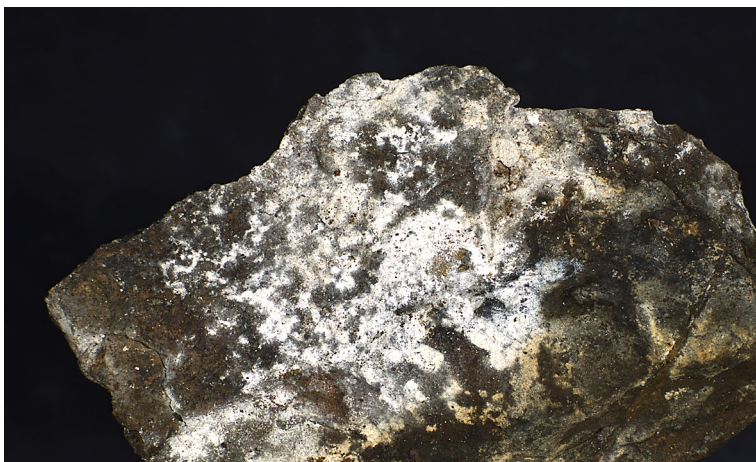
Při studiu chemického složení schulenbergitu (tab. 24) bylo v kationu zjištěno dominantní zastoupení Cu (v průměru 3.72 *apfu*) a Zn (3.23 *apfu*) s nevelkou převahou obsahu Cu. Empirický vzorec schulenbergitu ze Zlatého Kopce (průměr devíti bodových analýz) můžeme na bázi kationtů = 7 *apfu* vyjádřit jako $(\text{Cu}_{3.72}\text{Zn}_{3.23}\text{Al}_{0.04})_{26.99} [(\text{SO}_4)_{1.71}(\text{CO}_3)_{0.17}(\text{SiO}_4)_{0.11}\Sigma_{1.99}(\text{OH})_{9.76} \cdot 3\text{H}_2\text{O}$.



Tabulka 22 Rentgenová prášková data schulenbergitu ze Zlatého Kopce

<i>h</i>	<i>k</i>	<i>l</i>	d_{obs}	l_{obs}	d_{calc}
0	0	1	7.192	100	7.186
0	1	0	7.073	68	6.999
0	0	2	3.513	40	3.500
0	1	2	3.154	8	3.145
1	2	0	2.698	1	2.712
1	2	2	2.1267	1	2.1438
2	2	0	2.0814	1	2.0716
0	4	0	1.7716	1	1.7940

Obr. 26 Schulenbergit ze Zlatého Kopce; šířka záběru 300 μ m, SEM foto L. Vrtiška.



Obr. 27 Bílý Zn-sulfát (některými vlastnostmi podobný bechereritu) ze Zlatého Kopce; velikost vzorku 10 \times 6 cm, foto L. Vrtiška.

Tabulka 23 Parametry základní cely schulenbergitu pro trigonální prostorovou grupu P-3

	tato práce	Mumme et al. (1994)	Ohnishi et al. (2007)
<i>a</i> [Å]	8.286(12)	8.211(2)	8.256(2)
<i>c</i> [Å]	6.999(3)	7.106(2)	7.207(3)
<i>V</i> [Å ³]	416.2(5)	414.9	425.4

Bliže neurčitelné Zn-sulfáty

Na lokalitě byly během výzkumu zjištěny bohaté bílé až okrové práškovité agregáty Zn bohatého sulfátu (obr. 27), který nebylo možné pro poměrně značnou nehomogenitu přesněji určit. V naměřeném vzorku byly zjištěny obsahy ZnO kolísající mezi 33 - 60 hm. %, SO₃ od 2.3 do 6 hm. % a SiO₂ 2 - 21 hm. %. Naměřená rentgenová prášková data se z velké části shodují se záznamem v České republice dosud nepopsaným hydratovaným Cu-Zn sulfát/silikátem bechereritem. Při studiu chemického složení bílých práškovitých povlaků ze Zlatého Kopce však přítomnost Cu nebyla zjištěna.

Závěr

Skarnové ložisko Zlatý Kopec, nacházející se v hřebenové části Krušných hor nedaleko Božího Daru, bylo především od 16. století bohatým zdrojem cínových rud. Rudní složky tvořící místy monominerální akumulace jsou

reprezentovány kasiteritem, sfaleritem, chalkopyritem, magnetitem a pyritem. Zatímco primární mineralizaci byla věnována poměrně značná pozornost, supergenní mineralizace dosud unikala pozornosti mineralogů.

Snahou této studie bylo alespoň zčásti tuto mezeru zaplnit. Výzkum byl zaměřen na vzorky pocházející z nově zpřístupněné štoly Johannes a ze starých odvalů šachet Johannes a Schurfschacht. Vedle převažující části rentgenamorfních směsných sulfátů a karbonátů mědi a zinku, které nelze mineralogicky definovat, tu bylo nově zjištěno několik minerálů dosud unikajících pozornosti. Vznik této mineralizace, patrně subrecentního charakteru, je podmíněn zvětráváním primárních sulfidů - sfaleritu, chalkopyritu a pyritu. Zvýšená koncentrace zinku v roztocích, daná především dominancí sfaleritu v rámci sulfidické mineralizace, se odrazila i na poměrně hojném zastoupení hemimorfitu a dalších supergenních minerálů s obsahem Zn.

Tabulka 24 Chemické složení schulenbergitu ze Zlatého Kopce (hm. %)

	mean	1	2	3	4	5	6	7	8	9
CuO	31.33	31.66	31.87	32.91	33.45	29.09	30.76	31.49	28.83	31.89
ZnO	27.80	28.83	27.36	27.29	27.27	29.77	28.37	28.20	25.97	27.11
FeO	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.14
MnO	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.28	0.00	0.00	0.00	0.00
CaO	0.04	0.00	0.00	0.13	0.10	0.00	0.07	0.08	0.00	0.00
Al ₂ O ₃	0.19	0.19	0.44	0.30	0.24	0.13	0.13	0.00	0.13	0.16
SiO ₂	0.72	0.84	0.62	0.73	0.65	0.75	0.71	0.62	0.84	0.73
SO ₃	14.50	14.84	14.95	14.76	14.45	14.26	13.94	14.72	13.75	14.85
CO ₂ *	0.81	0.73	0.69	0.87	1.16	0.89	1.10	0.80	0.42	0.59
F	0.11	0.16	0.18	0.21	0.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.24
H ₂ O*	15.01	15.27	15.15	15.33	15.47	14.99	15.02	15.13	13.85	14.91
F=O	-0.04	-0.07	-0.08	-0.09	-0.06	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.10
total	90.50	92.46	91.21	92.43	92.87	90.14	90.09	91.04	83.79	90.50
Cu	3.722	3.685	3.762	3.825	3.862	3.469	3.663	3.726	3.709	3.798
Zn	3.230	3.280	3.156	3.099	3.078	3.470	3.302	3.261	3.265	3.155
Fe	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.018
Mn	0.004	0.000	0.000	0.000	0.000	0.037	0.000	0.000	0.000	0.000
Ca	0.007	0.000	0.000	0.021	0.017	0.000	0.011	0.013	0.000	0.000
Al	0.035	0.035	0.082	0.055	0.043	0.024	0.023	0.000	0.026	0.029
Σ M	7.000	7.000	7.000	7.000	7.000	7.000	7.000	7.000	7.000	7.000
Si	0.114	0.130	0.097	0.112	0.099	0.118	0.112	0.097	0.143	0.115
S	1.714	1.717	1.755	1.705	1.659	1.691	1.651	1.731	1.759	1.759
C	0.172	0.153	0.148	0.183	0.242	0.191	0.237	0.172	0.098	0.126
Σ T	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000
F	0.052	0.080	0.091	0.101	0.074	0.000	0.000	0.000	0.000	0.121
OH	9.756	9.695	9.796	9.730	9.771	9.788	9.799	9.806	9.740	9.678
H ₂ O	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000

Koeficienty empirických vzorců přepočteny na bázi kationtů = 7 apfu; obsahy *CO₂ a *H₂O byly doloženy na základě ideálního vzorce schulenbergitu a vyrovnání valencí.

Poděkování

Milou povinností autorů je poděkovat za poskytnutí některých fotografií P. Fuchsovi z Teplic, za fotografie z podzemí J. Albrechtovi z Hřebečné a za poskytnutí mapových podkladů M. Urbanovi z Prahy. Předložená práce vznikla za finanční podpory Ministerstva kultury ČR v rámci institucionálního financování dlouhodobého koncepčního rozvoje výzkumné organizace Národní muzeum (DKRVO 2015/01; 00023272).

Literatura

- Absolonová E. (1980) Ložiskový výzkum W-Sn-Mo rud v oblasti Božího Daru. *MS, Geofond Praha*.
- Absolonová E. (1984) Cínové ložisko Zlatý Kopec (u Jáchymova). *Sbor. geol. Věd, Ř. ložisk. Geol.* 26, 209-244.
- Behrens M., Girgsdies F. (2010): Structural effects of Cu/Zn substitution in the malachite-rosasite system. *Zeits. Anorg. Allgem. Chem.* 636(6), 919-927.
- Bílek J., Urban J. (1959) Bářsko-historická rešerše k lokalitě Zlatý Kopec. *MS, Geofond Praha*.
- Černý P., Černý P., Vrtiška L., Malíková R., Exnar P. (2015) Jarosit a doprovodné minerály z opuštěného lomu Mílina u Zaječova (Česká republika). *Bull. mineral.-petrolog. Odd. Nár. Muz. (Praha)* 24, 2, 242-246.
- Effenberger H. (1987) Crystal structure and chemical formula of schmiederite, Pb₂Cu₂(OH)₄(SeO₃)₂(SeO₄), with a comparison to linarite PbCu(OH)₂(SO₄). *Mineral. Petrol.* 36, 3-12.
- Harding M. M., Kariuki B. M., Cernik R., Cressey G. (1994): The structure of aurichalcite, (Cu,Zn)₅(OH)₆(CO₃)₂, determined from a microcrystal. *Acta Cryst. B* 50, 673-676.
- Helliwell M., Smith J. V. (1997) Brochantite. *Acta Cryst. C* 53, 1369-1371.
- Hodenberg R., Krause W., Täuber H. (1984) Schulenbergit, (Cu,Zn)₇(SO₄,CO₃)₂(OH)₁₀·3H₂O, ein neues mineral. *N. Jb. Mineral., Mh.* 17-24.
- Chrt J. (2001) Stratiformní rudní ložiska staršího paleozoika Krušných hor a Smrčin. *Uhlí, rudy, Geol. Průzk.* 8, 3-8.
- Chrt J., Strnad J. (1964) Polymetalické skarny a erlány - nový typ ložiska cínových rud v Krušných horách. *Geol. Průzk.* 3, 71-74.
- Krause W., Täuber H. (1992) Zum Kenntnisstand der Minerala Serpierit, Orthoserpierit und Devillin. *Aufschluss* 43, 1-25.
- Laugier J., Bochu B. (2011) LMGP-Suite of Programs for the Interpretation of X-ray Experiments. <http://www.ccp14.ac.uk/tutorial/lmgp.pristup.duben.2011>.
- Mumme W. G., Sarp H., Chiappero P. J. (1994): A note on the crystal structure of schulenbergite. *Archiv des Sciences, Geneve* 47, 117-124.

- Ohnishi M., Kusachi I., Koyayashi S., Yamakawa J. (2007) Mineral chemistry of schulenbergite and its Zn-dominant analogue from the Hirao mine, Osaka, Japan. *J. Mineral. Petrol. Sci.* 102, 233-239.
- Pardo M. P., Flahaut J., Gastaldi L. (1984) Systeme Ga_2S_3 - CdS etude cristallographique - diagramme de phase. *Mat. Res. Bull.* 19, 6, 735-743.
- 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.
- 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.
- Pauliš P., Vrtiška L., Malíková R., Hloušek J., Dvořák Z., Gramblička R., Pour O., Ludvík J. (2015) Skarnové cínové ložisko Zlatý Kopec a jeho mineralizace. *Minerál* 23, 4, 316-327.
- Pouchou J. L., Pichoir F. (1985) "PAP" ($\rho\rho Z$) procedure for improved quantitative microanalysis. In: *Microbeam Analysis (J. T. Armstrong, ed.)*. 104-106, San Francisco Press, San Francisco.
- Rüsenberg K. A., Pauliš P. (1996) Umbildungen und Neubildungen in den Schlackehalden der Blei- und Silberhütte von Příbram/ČR. *Aufschluss* 47, 267-287.
- Sabelli C., Zanazzi P. F. (1972) The crystal structure of devilline. *Acta Cryst. B*, 28, 1182-1189.
- Sato E., Nakai I., Miyawaki R., Matsubara S. (2009) Crystal structures of alunite family minerals: beaverite, corkite, alunite, natroalunite, jarosite, svanbergite and woodhouseite. *N. Jb. Mineral.* 185, 3, 313-322.
- Sejkora J. (1995) Sekundární mineralizace březohorského revíru. *Minerál* 3, 2, 87-91.
- Sejkora J., Bureš B., Škoda R. (2008) Supergenní Cu-Zn karbonáty z rudního ložiska Horní Rokytnice v Krkonoších. *Bull. mineral.-petrolog. Odd. Nár. Muz. (Praha)* 16, 1, 17-23.
- Sejkora J., Šrein V. (2012) Supergenní Cu mineralizace z Mědníku na Měděnci, Krušné hory (Česká republika). *Bull. mineral.-petrolog. Odd. Nár. Muz. (Praha)* 20, 2, 255-269.
- Stevenson A. W., Malinko M., Barnea Z. (1984) Anharmonic thermal vibrations and the position parameter in wurzite structures. I. Cadmium Sulphide. *Acta Cryst. B* 40, 521-530.
- Šrein V. (2011) Zlatý Kopec - příklad vzácné cínové mineralizace (přednáška). ČGS Praha. www.geology.cz/extranet/vav/.../prednaska-zlaty-kopec-srein.pdf.
- Šrein V., Hloušek J. (1998) Ludwigit a hulsit z Krušných hor. *Bull. mineral.-petrolog. Odd. Nár. Muz. (Praha)* 6, 243-246.
- Šrein V., Hloušek J., Veselovský F. (2004) Olivín, klinohumit a helvín ze Zlatého Kopce. *Bull. mineral.-petrolog. Odd. Nár. Muz. (Praha)* 12, 186-189.
- Šrein V., Šťastný M. (2000) Mineralogie variských a prevariských skartů Českého masivu. *Acta montana (Praha)* AB8 (115), 175-185.
- Šrein V., Šťastný M., Langrová A., Hloušek J. (2000) Hulsite, szaibelyite and fluoroborite from borate skarn of Zlatý Kopec tin deposit, NW Bohemia, Czech Republic. *Acta montana (Praha)* A17 (119), 51-56.
- Šrein V., Šťastný M., Šreinová B., Langrová A., Litochleb J., Houzar S. (1999) Nové výsledky ve výzkumu skarnů Českého masivu. *Bull. mineral.-petrolog. Odd. Nár. Muz. (Praha)* 7, 221-224.
- Števkó M., Ozdín D., Bačík P., Pršek J., Gramblička R. (2008) Sekundárne minerály z polymetalickej mineralizácie pri Valaskej Belej, Slovenská republika. *Bull. mineral.-petrolog. Odd. Nár. Muz. (Praha)* 16, 2, 177-184.
- Táborský Z. et al. (1980) Mineralogie skarnového a greisenového zrudnění ve vrtech u Božího Daru. *MS, ÚÚG Praha*.
- Takeuchi Y., Sasaki S., Joswig W., Fuess H. (1978) X-ray and neutron diffraction study of hemimorphite. *Proc. Jap. Acad., Ser. B* 54, 577-582.
- Tuček K. (1948) Nové nálezy nerostů II. Příspěvky k topografické mineralogii. *Věst. Král. Čes. Společ. Nauk, Tř. mat.-přírodověd.* 13, 1-25.
- Urban M. (1975) Zlatý Kopec. *Čas. Mineral. Geol.* 20, 3, 332-333.
- Urban M., Bufka A., Velebil D., Rojík P., Hloušek J., Zeman L., Erlbeck R. (2014) Horní města Krušných hor. 1-320, *Fornica graphics, Sokolov*.
- Urban M. (2015) Boží Dar a jeho (nejen) hornická minulost. 1-126, *Fornica graphics, Sokolov*.
- Zepharovich v. V. (1873) Mineralogisches Lexicon für das Kaiserthum Österreich. Band II. 1-436, *Wilhelm Braumüller, Wien*.