

Supergenní mineralizace rudního revíru Michalovy Hory (Česká republika)

Supergene mineralization of the Michalovy Hory ore district (Czech Republic)

LUBOŠ VRTIŠKA^{1)*}, PETR PAULIŠ^{1,2)}, ROMAN GRAMBLIČKA³⁾, JIŘÍ SEJKORA¹⁾, RADANA MALÍKOVÁ¹⁾
A ONDŘEJ POUR⁴⁾

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

²⁾Smíškova 564, 284 01 Kutná Hora

³⁾Severočeské doly a.s., ul. 5. května 213, 418 29 Bílina

⁴⁾Česká geologická služba, Geologická 6, 152 00 Praha 5

VRTIŠKA L, PAULIŠ P, GRAMBLIČKA R, SEJKORA J, MALÍKOVÁ R, POUR O (2017) Supergenní mineralizace rudního revíru Michalovy Hory (Česká republika). Bull Mineral Petrolog 25(2): 228-244 ISSN 2570-7337

Abstract

New interesting supergene minerals were found at the abandoned ore deposit district Michalovy Hory near Mariánské Lázně, Czech Republic. Annabergite forms light green crystalline crusts and hemispherical aggregates up to 0.2 mm in size. Annabergite is monoclinic, space group $C2/m$ with a 10.188(7), b 13.332(9), c 4.733(6) Å, β 105.13(2)°, V 621(1) Å³. Brochantite forms aggregates of vitreous emerald green crystals up to 0.5 mm in size in association with wroewolfeite. Brochantite is monoclinic, space group $P2_1/a$ with a 13.083(4), b 9.844(4), c 6.0161(3) Å, β 103.32(2)°, V 754.0(6) Å³. Cerussite forms light grey to light brown elongated crystals up to 5 mm in size. It is orthorhombic, space group $Pmcn$ with a 5.1846(6), b 8.5010(7), c 6.1480(6) Å, V 270.97(4) Å³. Devilline forms pearly light blue tabular crystals up to 0.8 mm in size. Devilline is monoclinic, space group $P2_1/c$ with a 20.872(6), b 6.136(17), c 22.196(9) Å, β 102.7(4)°, V 2772.4(5) Å³. Hörnesite occurs as creamy to light pink earthy crusts and hemispherical aggregates up to 0.5 mm in size on a Ni arsenides in association with annabergite, picroparmacolite and gypsum. Hörnesite is monoclinic, space group $C2/m$ with a 10.248(4), b 13.415(3), c 4.7467(17) Å, β 105.09(2)°, V 630.1(4) Å³. Köttigite forms transparent pink elongated crystals and radial aggregates up to 1 mm in size in association with schultenite. It is monoclinic, space group $C2/m$ with a 10.239(4), b 13.411(4), c 4.7589(18) Å, β 105.2(3)°, V 630.6(4) Å³. Mimetite forms earthy yellow aggregates in association with cerussite. Mimetite is hexagonal, space group $P6_3$, with a 10.247(5), c 7.4506(2) Å, V 677.5(3) Å³. Picroparmacolite occurs as white needles and hemispherical aggregates up to 2 mm in size. It is triclinic, space group $P\bar{1}$ with a 13.537(5), b 13.507(7), c 6.709(4) Å, α 99.81(5)°, β 96.45(4)°, γ 91.60(4)°, V 1199.8 Å³. Pyromorphite forms yellow to green crystalline crusts and elongated crystals up to 0.8 mm in size. Pyromorphite is hexagonal, space group $P6_3/m$, with a 9.986(8), c 7.3498(8) Å, V 634.7(6) Å³. Schultenite occurs as white to creamy earthy crusts and aggregates up to 1 mm in size. It is monoclinic, space group $P2_1/c$ with a 4.923(5), b 6.771(4), c 5.852(4) Å, β 96.0(2)°, V 193.9(2) Å³. Rare wroewolfeite forms pearly light blue fibrous aggregates up to 2 mm in size on brochantite. Wroewolfeite is monoclinic, space group P/c with a 6.044(2), b 5.6504(14), c 14.341(3) Å, β 93.38(4)°, V 488.9(2) Å³. It is the first occurrence of wroewolfeite in the Czech Republic. The X-ray powder diffraction patterns and quantitative chemical composition for determined mineral phases are given in the paper.

Key words: supergene mineralization, wroewolfeite, schultenite, hörnesite, chemical composition, powder X-ray diffraction data, unit-cell parameters, Michalovy Hory ore district, Czech Republic

Obdrženo: 17. 11. 2017; přijato 3. 12. 2017

Úvod

Rudní obvod Michalovy Hory (německy Michelsberg) se nachází v oblasti mezi obcemi Dolní Kramolín, Chodová Planá, Výškov a Michalovy Hory, jv. od Mariánských Lázní (západní Čechy, Česká republika). Počátky těžby stříbrných rud jsou nejisté, první písemné údaje o těžbě pocházejí až z roku 1505. Větší rozvoj těžby stříbrných rud byl však zaznamenán až na konci 16. století. K další kulminaci báňských aktivit došlo v závěru 17. století, kdy byla založena štola Jana Křtitele (1690). V roce 1721 se pracovalo na dole Nové štěstí s radostí (Werk Neu Glück

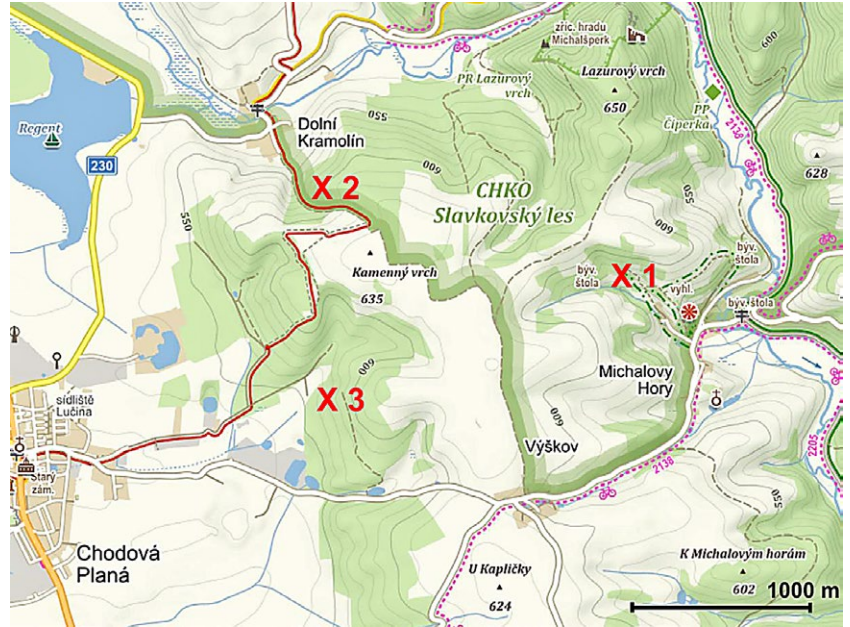
mit Freuden) a v tomto období též vznikly pozoruhodné dědičné štoly Zikmund, Barbora a především 3 km dlouhá štola Rakouský dům, která vedla od Dolního Kramolína do šachty Štěstí. V 19. století byly uskutečněny nové pokusy o těžbu Ag, Pb, Ni a Co rud, ta však byla roku 1887 zastavena (Andrle 1997). Poslední etapa intenzivnějšího dolování byla zahájena v roce 1906 na dole Austria u Chodové Plané, kde se pracovalo do roku 1910. V letech 1911 - 1924 byl opět otevřen důl Neu Glück společností Deutsch-Böhmischen Erzbergbau AG. V roce 1935 byly na tomto 80 m hlubokém dole veškeré práce ukončeny.

V letech 1937 - 1939 byl na žilách jv. od Kramolína pokusně těžen baryt. V poválečném období, v letech 1953 - 1959, tu probíhaly průzkumné práce na uranové rudy (Jáchymovské doly) ve štolách Rakouský dům, Štěpán Šlik, Sv. Jan Křtitel, Malá a Velká Barbora, Jakub, Minerálka a Michal s negativním výsledkem (Fiala, Mrázek 1977).

Charakteristika lokality, geologie a mineralogie

Oblast Michalových Hor je součástí západní části teplesko-barrandienské oblasti Českého masivu. Převládají zde mezozonálně metamorfované sedimentární horniny mladoproterozoického stáří (biotitické až dvojsídné ruly někdy s granátem a sillimanitem, kvarcitické pararuly, granátické amfibolity až gabra, jemně zrnité amfibolity s epidotem a krystalické vápence), v severní části se silným podílem bazických intruziv, efuziv a jejich tufů, obsažených v mariánskolázeňském metabazitovém tělese. Komplex hornin je zvrásněn a směry břídlíčnatosti jsou většinou směru SV - JZ. Pro lokalizaci zrudnění je rozhodující zlomová tektonika. Podél západního okraje území probíhá nejdůležitější struktura - mariánskolázeňský zlom směru S - J, zpeřený několika zlomy směru SZ - JV, tvořících k JV hrástovou stavbu. Rudní žíly jsou seskupeny do několika žilných uzlů, zejména v pokleslých kráč této hrástové stavby, a většinou se zlomy směru SZ - JV souvisejí (Fiala, Mrázek 1977). Zdejší mineralizace na žilách směru SZ - JV a S - J je velmi komplexní.

Fiala a Mrázek (1977) dělí rudní revír Michalovy Hory na tři základní



Obr. 1 Topografická mapa s vyznačením jednotlivých nalezišť: 1. štola Jana Křtitele; 2. Grubenwall 42; 3. důl Austria; upraveno podle <https://mapy.cz>.

Obr. 2 Rozkopaná halda u propadlého ústí jámy na štole Jan Křtitel u Michalových Hor; foto R. Gramblička, 2016.

Obr. 3 Odval Grubenwall 42 u Dolního Kramolína; foto R. Gramblička, 2015.





celky (žilné uzly). Jedná se o žilný uzel Michalovy Hory, kde bylo předmětem těžby kolem 12 žil převážně s Ni-Co zrudněním, žilný uzel mezi Výškovem a Dolním Kramolínem, tvořený asi 20 žilami a žilný uzel východně od Chodové Planě, tvořený dvěma rudními žilami a několika odžilkami.

Žilnou výplň ložisek v blízkém okolí Michalových Hor tvořily především baryt a karbonáty s Ni-Co, méně Ag-Pb-Zn zrudněním. Žíly byly těženy štolami Sv. Michal, Jan Křtitel, Velká a Malá Barbora a Jakub. Na haldě štol Sv. Michal byly zjištěny Ni-Co rudy (nikelín, skutterudit a niklskutterudit). V minulosti se zde vyskytovaly i drátkovité agregáty ryzího stříbra a ušlechtilé stříbrné rudy (pyrargyrit, proustit, stefanit a argentit). Sporadický byl antimonit (Fiala, Mrázek 1977). Na haldě štol Sv. Michala byly zjištěny až 20 mm velké zrnité agregáty tennantitu (Pauliš 1990). Nově byla studovaná Ni-Sb mineralizace z halového materiálu ze štol Jan Křtitel. Vedle běžných sulfidů (chalkopyritu, pyritu, galenitu a sfaleritu), drobných plíškovitých agregátů akantitu, ryzího stříbra a drobných zrn pyrargyritu, zde byla nově zjištěna Ni-Sb mineralizace s nikelínem, rammelsbergitem, breithauptitem, gersdorffitem, milleritem a violaritem. Z dalších rudních minerálů byla analyzována až několik cm velká supergenně alterovaná zrna niklskutteruditu, malá zrna saffloritu, ryzí bismut, stefanit a tetradrit (Sejkora et al. 2015).

Žilný uzel mezi Výškovem a Dolním Kramolínem (resp. v jv. okolí Dolního Kramolína) je tvořen žilami téměř výlučně s Ag-Pb-Zn zrudněním v křemenné žilovině. Hlavními důlními díly byly Nová jáma (Deutsch-Böhmische

Obr. 4 Odval Grubenwall 42 u Dolního Kramolína; foto R. Gramblička, 2015.

Obr. 5 Stará halda v okolí dolu Austria, východně od Chodové Planě; foto R. Gramblička, 2015.

Obr. 6 Odběr vzorků na staré haldě v okolí dolu Austria, východně od Chodové Planě; foto R. Gramblička, 2015.

Erzbergbau AG), Staré štěstí s radostí, Štěpán, Sadová jáma, Mladé Sasko a Svatá Anna. K mineralogicky nejzajímavějším patří halda dolu Staré štěstí s radostí, kde lze objevit křemennou žilovinu se zrnitým chalkopyritem, pyritem a vzácně s pyrhotinem. V drobných dutinách se objevují i růžový ankerit a dolomit se zrnky galenitu a sfaleritu. Stříbronosný galenit někdy vytváří až 1 cm velké krychlové krystaly. Vzácně se v žilovině objevují i Ag-rudy - pyrargyrit, argentit a ryzí stříbro. Poněkud izolované postavení má žíla 42 nacházející se ve svahu j. od Dolního Kramolína (Fiala, Mrázek 1977).

Třetím rudním okrskem je oblast východního okolí Chodové Plané. Tento rudní okrsek je tvořen křemen-karbonátovými žilami s Cu-Pb-Zn zrudněním, které bylo těženo dolem Austria a štolami Sv. Ondřej, Sv. To-



Obr. 7 Světle zelené práškovité agregáty annabergitu, bílé krystalické agregáty pikrofarmakolitu a bílé až okrové práškovité povlaky hörnesitu z haldy u štol Jan Křitel u Michalových Hor; šířka záběru 11 mm; foto L. Vrtiška.

Tabulka 1 Rentgenová prášková data annabergitu z haldy u štol Jan Křitel u Michalových Hor

<i>h</i>	<i>k</i>	<i>l</i>	<i>d_{obs}</i>	<i>I_{obs}</i>	<i>d_{calc}</i>
1	1	0	7.954	20	7.917
0	2	0	6.691	100	6.671
2	0	0	4.943	4	4.918
-1	1	1	4.385	9	4.375
2	2	0	3.969	3	3.958
1	1	1	3.656	2	3.640
0	4	0	3.337	3	3.335
-1	3	1	3.205	21	3.208
-3	1	1	2.998	23	2.992
2	4	0	2.765	3	2.760
0	4	1	2.698	7	2.694
3	3	0	2.647	6	2.639
-2	4	1	2.534	5	2.533
4	0	0	2.4533	7	2.4589
-2	0	2	2.3111	6	2.3156
2	4	1	2.2185	1	2.2230
-2	2	2	2.1871	2	2.1876
1	1	2	2.0753	3	2.0816
5	1	0	1.9502	2	1.9461
-5	3	1	1.8289	<1	1.8294
-1	7	1	1.7621	2	1.7626
3	1	2	1.6664	4	1.6668
4	6	0	1.6501	2	1.6493
-5	5	1	1.6018	1	1.6040
-1	1	3	1.5593	1	1.5575
-6	0	2	1.5346	1	1.5351
-3	3	3	1.4589	1	1.4584
1	7	2	1.4142	<1	1.4136
5	7	0	1.3671	<1	1.3688

Tabulka 2 Parametry základní cely annabergitu pro monoklinickou prostorovou grupu C2/m

	tato práce	Wildner et al. (1996)
<i>a</i> [Å]	10.188(7)	10.179(2)
<i>b</i> [Å]	13.332(9)	13.309(3)
<i>c</i> [Å]	4.733(6)	4.725(1)
β [°]	105.13(2)	105.00(1)
<i>V</i> [Å ³]	621(1)	618.3

Tabulka 3 Chemické složení annabergitu z haldy u štol Jan Křitel u Michalových Hor (hm. %)

	mean	1	2	3
NiO	29.16	29.48	29.66	28.35
MgO	2.12	2.03	2.33	2.00
CaO	1.05	0.98	1.25	0.93
CoO	0.42	0.35	0.51	0.39
MnO	0.10	0.16	0.14	0.00
As ₂ O ₅	37.81	36.58	38.58	38.27
H ₂ O*	23.71	22.94	24.19	24.00
total	94.37	92.51	96.66	93.93
Ni	2.375	2.480	2.366	2.279
Mg	0.320	0.317	0.345	0.298
Ca	0.114	0.110	0.133	0.099
Co	0.034	0.029	0.040	0.031
Mn	0.009	0.014	0.012	0.000
Σ	2.851	2.950	2.896	2.708
As	2.000	2.000	2.000	2.000
H ₂ O	8.000	8.000	8.000	8.000

Mean - průměr 3 bodových analýz; koeficienty empirického vzorce počítány na bázi As = 2 apfu; *H₂O počítáno na bázi teoretického obsahu 8 molekul v annabergitu.



Obr. 8 Agregáty smaragdově zelených krystalů brochantitu z odvalu Grubenwall 42 u Dolního Kramolína, šířka záběru 1.2 mm; foto L. Vrtiška.



Obr. 9 Smaragdově zelená krystalická kůra brochantitu spolu s vláknitými světle modrými agregáty wroewolfeitu z odvalu Grubenwall 42 u Dolního Kramolína, šířka záběru 3.1 mm; foto L. Vrtiška.



máš a Sv. Antonín. V žilovině se objevují zrnité agregáty galenitu a pyritu, v menší míře sfaleritu. Gramblička (2015) objevil nově na starých pozůstatcích po dolování v okolí dolu Austria křemennou žilovinu se zrnitými agregáty a krystaly galenitu a sfaleritu, které provázejí chalkopyrit, Co-Ni arsenidy, Ag-minerály (akantit apod.) s produkty supergenní přeměny.

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. Barevné mikrofotografie byly pořízeny pomocí mikroskopu Nikon SMZ 25 s digitální kamerou Nikon DS-Ri2 a funkce skládání obrazu za použití programu NIS Elements AR verze 4.20.

Rentgenová prášková difrakční data studovaných minerálů 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.). 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 2004).

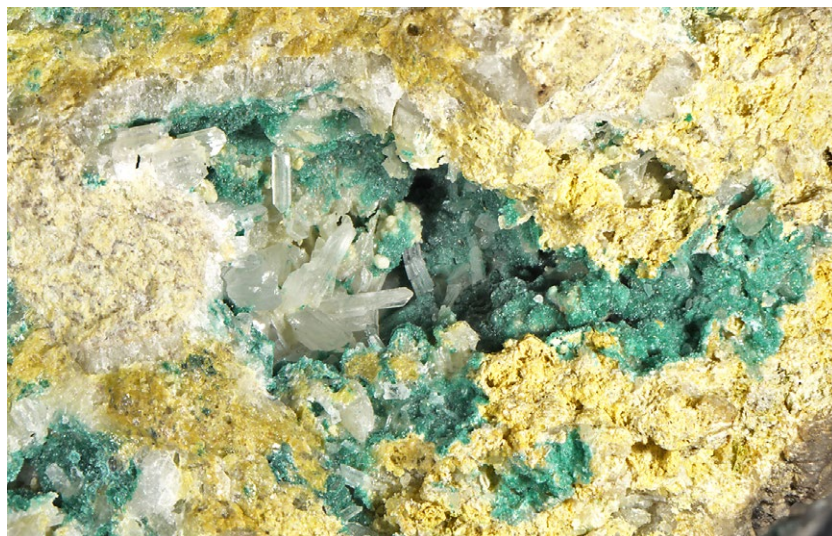
Obr. 10 Smaragdově zelená krystalická kůra brochantitu spolu s vláknitými až jemně krystalickými světle modrými agregáty wroewolfeitu z odvalu Grubenwall 42 u Dolního Kramolína, šířka záběru 1.3 mm; foto L. Vrtiška.

Chemické složení studovaných fází bylo kvantitativně studováno pomocí elektronového mikroanalýzátoru Cameca SX100 (Přírodovědecká fakulta, MU Brno, analytik J. Sejkora, R. Škoda) za podmínek pro *pyromorfit*, *mimetit* a *schultenit*: WD analýza, 15 kV, 10 nA, průměr svazku elektronů 2 μm , použité standardy: lammerit ($\text{AsL}\alpha$, $\text{CuK}\alpha$), albit ($\text{NaK}\alpha$), sanidin ($\text{SiK}\alpha$, $\text{KK}\alpha$, $\text{AlK}\alpha$), fluorapatit ($\text{PK}\alpha$, $\text{CaK}\alpha$), vanadinit ($\text{ClK}\alpha$, $\text{PbM}\alpha$, $\text{VK}\alpha$), gahnite ($\text{ZnK}\alpha$), almandin ($\text{FeK}\alpha$), spessartin ($\text{MnK}\alpha$), topaz ($\text{FK}\alpha$), SrSO_4 ($\text{SrL}\alpha$), Ni_2SiO_4 ($\text{NiK}\alpha$), chromit ($\text{CrK}\alpha$). Podmínky měření pro *köttigit*, *annabergit* a *hornesit*: WD analýza, 15 kV, 5 nA, průměr svazku elektronů 10 μm a pikrofarmakolit: WD analýza 15 kV, 5 nA, průměr svazku elektronů 5 μm . Použité standardy: lammerit ($\text{AsL}\alpha$, $\text{CuK}\alpha$), sanidin ($\text{SiK}\alpha$, $\text{KK}\alpha$, $\text{AlK}\alpha$), albit ($\text{NaK}\alpha$), Mg_2SiO_4 ($\text{MgK}\alpha$), fluorapatit ($\text{PK}\alpha$, $\text{CaK}\alpha$), vanadinit ($\text{ClK}\alpha$, $\text{PbM}\alpha$), almandin ($\text{FeK}\alpha$), Ni_2SiO_4 ($\text{NiK}\alpha$), gahnite ($\text{ZnK}\alpha$), spessartin ($\text{MnK}\alpha$), Co ($\text{CoK}\alpha$), ScVO_4 ($\text{VK}\alpha$), topaz ($\text{FK}\alpha$), SrSO_4 ($\text{SK}\alpha$), Bi ($\text{BiM}\beta$), Sb ($\text{SbL}\beta$).

Chemické složení devillinu a wroewolfeitu bylo kvalitativně i kvantitativně studováno pomocí elektronového mikroanalýzátoru Cameca SX100 (Národní muzeum Praha, analytik Zdeněk Dolníček) za podmínek: WD analýza 15 kV, 10 nA, průměr svazku elektronů 5 μm . Použité standardy: sanidin ($\text{SiK}\alpha$, $\text{AlK}\alpha$), albit ($\text{NaK}\alpha$), diopsid ($\text{MgK}\alpha$), fluorapatit ($\text{PK}\alpha$, $\text{CaK}\alpha$), hematit ($\text{FeK}\alpha$), ZnO ($\text{ZnK}\alpha$), celestín ($\text{SrL}\beta$), halit ($\text{ClK}\alpha$), dioplas ($\text{CuK}\alpha$), TiO_2 ($\text{TiK}\alpha$), V ($\text{VK}\alpha$), LiF ($\text{FK}\alpha$), rodonit ($\text{MnK}\alpha$), Cr_2O_3 ($\text{CrK}\alpha$).

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).

Obr. 13 Světle modré perleťově lesklé lupenité a vláknité krystaly devillinu z odvalu Grubenwall 42 u Dolního Kramolína, šířka záběru 3 mm; foto L. Vrtiška.



Obr. 11 Sloupcovité krystaly cerusitu spolu s malachitem v dutině křemene a žlutého celistvého mimetititu z odvalu Grubenwall 42 u Dolního Kramolína, šířka záběru 22 mm; foto L. Vrtiška.



Obr. 12 Sloupcovité krystaly cerusitu spolu s malachitem a žlutým celistvým mimetititem z odvalu Grubenwall 42 u Dolního Kramolína, šířka záběru 5 mm; foto L. Vrtiška.



Charakteristika supergenní mineralizace

Dosud známá supergenní mineralizace rudního revíru Michalovy Hory je poměrně chudá a nebyla moderně komplexně zpracována. Zvětráváním primárních rud vznikají na haldách práškovité agregáty a povlaky růžového erytrinu a světle zeleného annabergitu či jejich směsné agregáty, obsahující vedle Co a Ni také Zn. Na haldě štol

Sv. Michal byly zjištěny světle růžové jehličkovité krystaly a povlaky köttigitu (Pauliš 1993). Spolu s navětralými ledvinitými agregáty tmavohnědého sfaleritu se hojně objevují křídově bílé povlaky a kůry hydrozinkitu a v dutinách navětralého galenitu šedobílé povlaky a drobné krystaly cerusitu. Větráním chalkopyritu vzniká nejčastěji zelený malachit, vzácnější je modrý azurit (Fiala, Mrázek 1977). Tmavohnědé a černé povlaky a slabé kůry jsou pravdě-

Tabulka 4 Rentgenová prášková data brochantitu z odvalu Grubenwall 42 u Dolního Kramolína

<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	7.810	<1	7.788	0	4	0	2.4601	4	2.4610	1	4	2	1.8233	1	1.8246
2	0	0	6.401	100	6.365	-4	1	2	2.3843	2	2.3819	6	2	1	1.7406	2	1.7416
2	1	0	5.370	24	5.345	2	4	0	2.3009	1	2.2954	0	3	3	1.6758	<1	1.6772
-1	1	1	5.028	1	5.033	-5	2	1	2.2719	2	2.2717	4	5	0	1.6740	<1	1.6744
0	2	0	4.931	1	4.922	4	2	1	2.2696	2	2.2708	-7	2	2	1.6361	<1	1.6358
3	1	0	3.904	23	3.897	-1	4	1	2.2657	1	2.2688	8	1	0	1.5688	1	1.5710
-2	2	1	3.483	<1	3.476	-2	3	2	2.1871	2	2.1846	-8	1	2	1.5386	1	1.5377
0	0	2	2.924	4	2.927	3	1	2	2.1330	1	2.1335	-2	0	4	1.5049	12	1.5040
-2	1	2	2.808	1	2.806	-3	4	1	2.0796	3	2.0795	-6	3	3	1.4643	<1	1.4645
4	2	0	2.684	13	2.673	-5	3	1	2.0180	1	2.0188	-7	2	3	1.4484	2	1.4490
-4	2	1	2.626	1	2.631	6	2	0	1.9493	1	1.9485	-3	6	2	1.4043	1	1.4049
-2	2	2	2.519	16	2.516	-6	1	2	1.9079	<1	1.9072	7	1	2	1.3920	<1	1.3921
-5	1	1	2.4771	4	2.4783	-2	4	2	1.8839	<1	1.8839						

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

	tato práce	Helliwell, Smith (1997)	Sejkora, Šrein (2012)	Pauliš et al. (2015)
<i>a</i> [Å]	13.083(4)	13.087(1)	13.128(1)	13.089(4)
<i>b</i> [Å]	9.844(4)	9.835(1)	9.8627(8)	9.837(4)
<i>c</i> [Å]	6.0161(3)	6.015(2)	6.0345(7)	6.019(3)
β [°]	103.32(2)	103.33(1)	103.306(8)	103.33
<i>V</i> [Å ³]	754.0(6)	753.34	760.3(1)	754(4)

Tabulka 6 Rentgenová prášková data cerusitu z odvalu Grubenwall 42 u Dolního Kramolína

<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	4.425	18	4.426	0	4	0	2.1254	2	2.1253	1	5	0	1.6157	2	1.6156
0	2	0	4.250	6	4.251	0	3	2	2.0826	35	2.0835	2	4	1	1.5877	11	1.5878
1	1	1	3.591	100	3.592	0	4	1	2.0081	19	2.0086	1	5	1	1.5626	8	1.5625
0	2	1	3.494	48	3.496	1	3	2	1.9328	34	1.9332	0	0	4	1.5371	3	1.5370
0	0	2	3.073	23	3.074	2	1	2	1.9282	6	1.9300	0	1	4	1.5129	<1	1.5125
0	1	2	2.890	3	2.891	1	4	1	1.8736	1	1.8730	2	2	3	1.5039	8	1.5037
1	0	2	2.643	2	2.644	1	1	3	1.8598	25	1.8597	3	1	2	1.4836	2	1.4833
2	0	0	2.592	13	2.592	0	2	3	1.8460	11	1.8460	3	3	0	1.4757	12	1.4755
0	3	1	2.573	5	2.573	2	2	2	1.7958	6	1.7961	1	1	4	1.4522	4	1.4520
1	1	2	2.524	21	2.525	0	4	2	1.7477	3	1.7481	2	4	2	1.4493	3	1.4494
0	2	2	2.4900	21	2.4909	3	1	0	1.6939	3	1.6936	1	5	2	1.4301	3	1.4301
1	3	0	2.4857	37	2.4865	2	4	0	1.6436	2	1.6435	0	6	0	1.4168	1	1.4168
1	3	1	2.3040	1	2.3051	0	5	1	1.6395	2	1.6387	2	5	1	1.3854	<1	1.3852
2	2	0	2.2124	9	2.2132	3	1	1	1.6330	9	1.6328						

Tabulka 7 Parametry základní cely cerusitu pro ortorombickou prostorovou grupu *Pmcn*

	tato práce	Antao, Hassan (2009)
<i>a</i> [Å]	5.1846(6)	5.18324(2)
<i>b</i> [Å]	8.5010(7)	8.49920(3)
<i>c</i> [Å]	6.1480(6)	6.14746(3)
<i>V</i> [Å ³]	270.97(4)	270.82

podobně tvořené todorokitem. Nověji byla na nevelkém odvalu Grubenwall 42 u Dolního Kramolína zjištěna supergenní mineralizace s linaritem, malachitem a azuritem (Pauliš et al. 2012). Z Chodové Plané uvádí Gramblička (2015) jako pravděpodobné jarosit, Co-köttigit, aragonit a minium.

Nově zjištěné supergenní minerály pocházejí ze tří lokalit revíru Michalovy Hory (obr. 1). Jedná se o haldu u propadlého ústí jámy na štole Jan Křitel (obr. 2), cca 500 sz. od centra Michalových Hor (souřadnice: 49°54'15.130"N, 12°46'42.795"E), která je na mapě ČGS „Vlivy důlní činnosti“ označena č. 29030. Z těchto míst

Tabulka 8 Rentgenová prášková data devillínu z odvalu Grubenwall 42 u Dolního Kramolína

<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>
2	0	0	10.192	100	10.180	-2	0	8	2.774	<1	2.772	-6	1	12	1.6937	<1	1.6939
2	0	2	6.678	1	6.715	-3	2	3	2.695	<1	2.690	-4	3	7	1.6794	<1	1.6804
1	1	1	5.639	1	5.581	-7	1	3	2.644	<1	2.645	-8	2	9	1.6641	<1	1.6634
-2	1	1	5.231	<1	5.246	-6	1	6	2.546	2	2.547	-7	3	4	1.6579	<1	1.6589
4	0	0	5.091	36	5.090	2	1	7	2.540	<1	2.542	7	3	2	1.6227	<1	1.6227
4	0	2	4.263	<1	4.259	2	0	8	2.4861	<1	2.4835	8	1	8	1.6188	<1	1.6192
4	1	1	3.756	<1	3.745	9	0	0	2.2612	<1	2.2621	-9	3	6	1.4788	<1	1.4789
-6	0	0	3.394	33	3.393	-6	2	6	2.0677	<1	2.0678	0	4	4	1.4755	<1	1.4759
1	1	5	3.387	1	3.385	0	3	1	2.0365	<1	2.0363	-10	3	1	1.4549	<1	1.4549
6	0	2	3.052	<1	3.052	-5	3	1	1.8359	<1	1.8365	-10	3	4	1.4516	<1	1.4518
6	1	0	2.974	<1	2.969	3	3	5	1.7440	<1	1.7433	-14	1	4	1.4471	<1	1.4471
6	1	1	2.863	<1	2.868	12	0	0	1.6976	2	1.6966	10	3	0	1.4428	<1	1.4429

Tabulka 9 Parametry základní cely devillínu pro monoklinickou prostorovou grupu P2₁/c

	tato práce	Sabelli, Zanazzi (1972)	Pauliš et al. (2015)
<i>a</i> [Å]	20.872(6)	20.870(2)	20.866(9)
<i>b</i> [Å]	6.136(17)	6.135(3)	6.136(2)
<i>c</i> [Å]	22.196(9)	22.1910(30)	22.192(11)
β [°]	102.7(4)	102.73(2)	102.73(5)
<i>V</i> [Å ³]	2772.4(5)	2771.44	2771(2)

Tabulka 10 Rentgenová prášková data hörnesitu z haldy u štoly Jan Křitel u Michalových Hor

<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	7.964	14	7.964	0	4	1	2.706	5	2.707	3	5	1	1.7902	<1	1.7879
0	2	0	6.712	100	6.708	3	3	0	2.652	4	2.655	-1	7	1	1.7702	<1	1.7716
2	0	0	4.942	1	4.948	-2	4	1	2.543	3	2.545	0	8	0	1.6768	2	1.6769
-1	1	1	4.389	10	4.389	-4	0	1	2.4590	3	2.4611	3	7	0	1.6589	1	1.6571
1	3	0	4.073	1	4.075	-1	1	2	2.3350	1	2.3360	-6	0	0	1.6515	1	1.6493
2	2	0	3.980	4	3.982	4	2	0	2.3215	2	2.3211	-2	6	2	1.6109	<1	1.6108
-2	0	1	3.904	2	3.907	-4	2	1	2.3090	2	2.3105	0	6	2	1.5987	1	1.6003
0	2	1	3.785	1	3.784	2	4	1	2.2344	1	2.2344	5	3	1	1.5593	1	1.5612
1	1	1	3.654	1	3.655	1	5	1	2.1932	2	2.1916	-2	8	1	1.5410	<1	1.5410
0	4	0	3.349	11	3.354	1	1	2	2.0874	2	2.0891	-6	4	1	1.5142	<1	1.5157
-1	3	1	3.220	9	3.222	3	5	0	2.0781	2	2.0815	3	7	1	1.4964	1	1.4971
3	1	0	3.199	8	3.203	2	6	0	2.0377	<1	2.0375	-5	5	2	1.4617	1	1.4588
-3	1	1	3.003	9	3.006	0	6	1	2.0094	1	2.0095	1	1	3	1.4466	<1	1.4454
2	0	1	2.993	11	2.996	-4	4	1	1.9830	1	1.9842	3	5	2	1.4293	<1	1.4285
1	3	1	2.898	<1	2.895	-3	3	2	1.9478	1	1.9481	5	5	1	1.4172	<1	1.4154
2	4	0	2.775	2	2.776	-2	4	2	1.9096	2	1.9094	-4	8	1	1.3863	<1	1.3858
2	2	1	2.734	8	2.736	-4	2	2	1.8726	<1	1.8756	-4	4	3	1.3568	<1	1.3570

Tabulka 11 Parametry základní cely hörnesitu pro monoklinickou prostorovou grupu C2/m

	tato práce	Rojo et al. (1996)
<i>a</i> [Å]	10.248(4)	10.2573(3)
<i>b</i> [Å]	13.415(3)	13.4211(4)
<i>c</i> [Å]	4.7467(17)	4.7526(2)
β [°]	105.09(2)	105.076(2)
<i>V</i> [Å ³]	630.1(4)	631.74

Tabulka 12 Chemické složení hörnesitu z haldy u štoly Jan Křitel u Michalových Hor (hm. %)

	mean	1	2	3
K ₂ O	0.09	0.125	0.156	0
MgO	14.18	13.606	13.815	15.124
NiO	12.94	12.13	13.15	13.54
CoO	0.74	0.48	0.85	0.91
FeO	0.35	0.59	0.27	0.17
CaO	0.30	0.35	0.28	0.28
MnO	0.12	0.22	0.00	0.14
Al ₂ O ₃	0.79	1.52	0.78	0.08
SiO ₂	1.91	2.08	3.54	0.11
As ₂ O ₅	38.87	36.52	38.44	41.65
SO ₃	0.05	0.05	0.06	0.04
H ₂ O*	26.71	25.44	28.40	26.28
total	97.05	93.11	99.73	98.30
K	0.011	0.015	0.017	0.000
Mg	1.903	1.912	1.739	2.058
Ni	0.936	0.919	0.893	0.994
Co	0.053	0.036	0.058	0.066
Fe	0.026	0.047	0.019	0.013
Ca	0.029	0.035	0.025	0.027
Mn	0.010	0.018	0.000	0.011
Al	0.085	0.168	0.077	0.008
Σ	3.052	3.151	2.829	3.178
Si	0.168	0.196	0.299	0.010
As	1.828	1.800	1.697	1.988
S	0.003	0.004	0.004	0.002
Σ	2.000	2.000	2.000	2.000
H ₂ O	8.000	8.000	8.000	8.000

Mean - průměr tří bodových analýz; koeficienty empirického vzorce počítány na bázi Si+As+S = 2 *apfu*; *H₂O počítáno na bázi teoretického obsahu osmi molekul v hörnesitu.

pocházejí vzorky s Ni-Sb mineralizací, která bylo nově studována Sejkorou et al. (2015).

Druhým místem je nevelký zašlý odval Grubenwall 42 (důl Gang 42; obr. 3 a 4; souřadnice: 49°54'31,365"N, 12°45'8.927"E), nacházející se cca 150 m jv. od Dolního Kramolína, kde byla zjištěna supergenní mineralizace s linaritem (Pauliš et al. 2012). Na mapě ČGS „Vlivy důlní činnosti“ je označena č. 29004.

Třetí lokalitou je oblast starých důlních děl v okolí dolu Austria (souřadnice: 49°53'51,6874"N, 12°45'16.756"E; obr. 5, 6), cca 1.5 km východně od Chodové Plané, kde byla nově zjištěna křemenná žilovina s polymetalickým zrudněním (Gramblička 2015). Zjištěný schultenit s köttigitem pochází z materiálu z dolu Antonín, který je na mapě ČGS „Vlivy důlní činnosti“ označen č. 29017.

Zjištěné supergenní minerály

Annabergit

Annabergit byl zjištěn na haldě u štoly Jan Křitel u Michalových Hor na masivní ukázce arsenidů niklu (převážně nikelfinu) a dolomitu v asociaci s dalšími supergenními minerály - hörnesitem, pikrofarmakolitem a sádrovcem. Annabergit tvoří na vzorku zemité práškovité povlaky a polokulovitě a hroznovitě agregáty světle zelené barvy o velikosti do 0.2 mm (obr. 7). Rentgenová prášková data annabergitu z Michalových Hor (tab. 1) odpovídají publikovaným údajům. Zpřesněné parametry základní cely studovaného annabergitu jsou v tabulce 2 porovnaný s daty uváděnými pro tuto minerální fázi. Chemické složení annabergitu (tab. 3) ukazuje na výhradní zastoupení As v aniontové pozici. V kationtové pozici byla zjištěna vedle dominantního zastoupení Ni, v rozmezí 2.28 - 2.48 *apfu*, také přítomnost Mg (hörnesitové komponenty; 0.30

Tabulka 13 Rentgenová prášková data köttigitu z haldy u štoly Jan Křitel u Michalových Hor

<i>h</i>	<i>k</i>	<i>l</i>	<i>d_{obs}</i>	<i>l_{obs}</i>	<i>d_{calc}</i>	<i>h</i>	<i>k</i>	<i>l</i>	<i>d_{obs}</i>	<i>l_{obs}</i>	<i>d_{calc}</i>	<i>h</i>	<i>k</i>	<i>l</i>	<i>d_{obs}</i>	<i>l_{obs}</i>	<i>d_{calc}</i>
1	1	0	7.973	10	7.955	2	4	0	2.772	2	2.774	-5	3	1	1.8408	<1	1.8389
0	2	0	6.720	100	6.706	2	2	1	2.739	3	2.734	2	6	1	1.7893	<1	1.7912
2	0	0	4.950	2	4.940	0	4	1	2.712	4	2.708	-3	5	2	1.6878	1	1.6868
0	0	1	4.595	2	4.592	3	3	0	2.657	3	2.652	0	8	0	1.6757	3	1.6764
-1	1	1	4.401	3	4.400	1	5	0	2.594	<1	2.589	-4	6	1	1.6548	1	1.6547
1	3	0	4.081	3	4.073	-2	4	1	2.550	1	2.546	5	5	0	1.5899	<1	1.5909
2	2	0	3.985	1	3.977	4	0	0	2.4645	2	2.4701	-6	0	2	1.5444	<1	1.5436
-2	0	1	3.916	1	3.914	-1	1	2	2.3441	<1	2.3418	4	6	1	1.4760	<1	1.4781
0	2	1	3.792	<1	3.789	-2	0	2	2.3276	3	2.3288	-3	3	3	1.4650	1	1.4666
1	1	1	3.662	1	3.657	-2	2	2	2.1958	1	2.1999	2	8	1	1.4619	<1	1.4628
0	4	0	3.359	2	3.353	3	5	0	2.0785	3	2.0798	2	6	2	1.4477	<1	1.4478
-1	3	1	3.228	6	3.225	0	6	1	2.0118	<1	2.0098	-2	4	3	1.4319	<1	1.4325
3	1	0	3.204	2	3.198	-4	4	1	1.9851	<1	1.9841	1	7	2	1.4217	<1	1.4207
-3	1	1	3.010	2	3.009	-4	0	2	1.9574	1	1.9572	-5	7	1	1.3879	<1	1.3893
2	0	1	3.000	4	2.994	1	3	2	1.9153	4	1.9136	-2	8	2	1.3603	<1	1.3606
1	3	1	2.899	<1	2.896												

Tabulka 14 Parametry základní cely köttigitu pro monoklinickou prostorovou grupu C2/m

	tato práce	Hill (1979)
<i>a</i> [Å]	10.239(4)	10.241(3)
<i>b</i> [Å]	13.411(4)	13.405(3)
<i>c</i> [Å]	4.7589(18)	4.757(2)
β [°]	105.2(3)	105.21(2)
<i>V</i> [Å ³]	630.6(4)	630.17

- 0.35 *apfu*), Ca (0.10 - 0.13 *apfu*) a minoritní příměs Co (erytrínové komponenty; do 0.04 *apfu*) a Mn (do 0.01 *apfu*). Empirický vzorec annabergitu z Michalových Hor (průměr tří bodových analýz) lze na bázi As = 2 *apfu* vyjádřit jako $(\text{Ni}_{2.38}\text{Mg}_{0.32}\text{Ca}_{0.11}\text{Co}_{0.03}\text{Mn}_{0.01})_{\Sigma 2.85}(\text{AsO}_4)_{2.00} \cdot 8\text{H}_2\text{O}$.

Brochantit

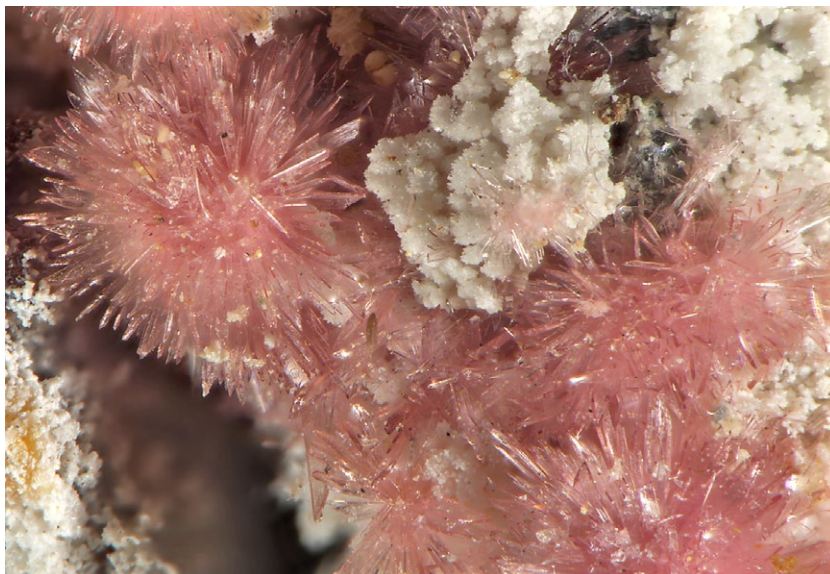
Brochantit tvoří hojné, smaragdově zelené, skelně lesklé sloupečkovité a kopinaté krystaly do velikosti 0.5 mm a jejich vějířovité až radiální srostlice (obr. 8) a skelně lesklé kůry na puklinách a v dutinách drobně krystalického křemene. Byl zjištěn na odvalu Grubenwall 42 u Dolního Kramolína, v asociaci se světle zelenými polokulovitými agregáty malachitu o velikosti do 0.2 mm, a na dvou vzorcích spolu s vzácným wroewolfeitem (obr. 9 a 10). Rentgenová prášková data brochantitu z Dolního Kramolína (tab. 4) odpovídají publikovaným údajům pro tento minerální druh (Helliwell, Smith 1997). Jeho zpřesněné parametry se dobře shodují s publikovanými údaji pro tuto minerální fázi (tab. 5).

Cerusit

Cerusit tvoří srostlice bílých, světle šedých až světle hnědých, skelně lesklých, rýhovaných sloupcovitých krystalů o velikosti do 5 mm (obr. 11 a 12). Byl zjištěn spolu s malachitem v dutinách porézních masivních ukázek žlutého mimetitů a křemene na odvalu Grubenwall 42 u Dolního Kramolína. Rentgenová prášková data cerusitu z Dolního Kramolína (tab. 6) odpovídají publikovaným údajům. Jeho zpřesněné parametry se dobře shodují s publikovanými údaji pro tuto minerální fázi (tab. 7).



Obr. 14 Bílé perleťově lesklé jehličkovité krystaly pikrofarmakolitu spolu s okrovými práškovitými povlaky hörnesitu z haldy u štoly Jan Křitel u Michalových Hor, šířka záběru 4.5 mm; foto L. Vrtiška.



Obr. 15 Radiálně paprscité agregáty krystalů růžového köttigitu spolu s agregáty bílého až světle okrového schultenitu z haldy dolu Antonín u Chodové Plané, šířka záběru 1.6 mm; foto L. Vrtiška.



Obr. 16 Kopinaté krystaly růžového köttigitu z haldy dolu Antonín u Chodové Plané, šířka záběru 2.3 mm; foto L. Vrtiška.

Tabulka 15 Chemické složení köttigitu z haldy u štoly Jan Křtitel u Michalových Hor (hm. %)

	mean	1	2	3
ZnO	20.78	21.27	20.57	20.50
CoO	13.71	12.72	13.87	14.54
NiO	4.32	3.93	4.40	4.65
MnO	0.31	0.29	0.31	0.32
Na ₂ O	0.59	0.62	0.54	0.62
Al ₂ O ₃	0.11	0.11	0.11	0.11
As ₂ O ₅	40.09	40.63	39.65	40.00
H ₂ O*	25.14	25.48	24.86	25.08
total	105.06	105.05	104.31	105.81
Zn	1.464	1.479	1.465	1.447
Co	1.049	0.960	1.073	1.115
Ni	0.332	0.298	0.341	0.357
Mn	0.025	0.023	0.025	0.026
Na	0.110	0.114	0.101	0.115
Al	0.012	0.012	0.012	0.013
Σ	2.992	2.885	3.019	3.073
As	2.000	2.000	2.000	2.000
H ₂ O	8.000	8.000	8.000	8.000

Mean - průměr tří bodových analýz; koeficienty empirického vzorce počítány na bázi As = 2 apfu; *H₂O počítáno na bázi teoretického obsahu osmi molekul v köttigitu.

Devillin

Devillin tvoří blankytně modré, perleťově lesklé, lupeňité až vláknité krystaly o velikosti do 0.8 mm v dutinách křemene (obr. 13). Byl zjištěn spolu s dalšími supergenními minerály Cu a Zn na odvalu Grubenwall 42 u Dolního Kramolína. Rentgenová prášková data devillinu z Dolního Kramolína (tab. 8) odpovídají publikovaným údajům. Jeho zpřesněné parametry se dobře shodují s publikovanými údaji pro tuto minerální fázi (tab. 9). Chemické složení devillinu bylo studováno kvalitativně za pomoci WDS analýzy, při které byly vedle dominantních obsahů CuO a CaO v kationtové pozici zjištěny obsahy ZnO pouze do 0.77 hm. %, z čehož je patrné, že se jedná o devillin, jen se zcela minimálním podílem serpieritové složky.

Hörnesit

Hörnesit, monoklinický Mg₃(AsO₄)₂·8H₂O, je poměrně vzácný minerál, který byl v ČR zjištěn v Jáchymově (Larsen 1921; Ondruš et al. 1997); v podobě bílých, narůžovělých, perleťově lesklých zrnitých či paprscitých agregátů v TřebSKU u Příbrami (Kašpar et al. 1983; Ondruš, Hyršl 1989), na haldách dolu Lill v Příbrami (Hyřl 1992), v Plané u Mariánských Lázní (Tvrdý, Řídkošil 1983), na Měděnci (Pauliš, Haake 1991) a v Mikulově v Krušných horách (Dvořák et al. 2011). Bez bližších analytických dat ho uvádí také Gramblička (2014) z Božího Daru.

Hörnesit byl nově zjištěn na haldě u štoly Jan Křtitel u Michalových Hor na masivní ukázce arsenidů niklu (převážně nikelinu) a dolomitu, v asociaci s dalšími supergenními minerály annabergitem, pikrofarmakolitem a sádrov-

Tabulka 16 Rentgenová prášková data mimetitu z odvalu Grubenwall 42 u Dolního Kramolína

<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	8.864	2	8.874	1	3	0	2.4589	1	2.4612	0	5	0	1.7735	1	1.7748
0	1	1	5.709	1	5.706	2	2	1	2.4223	1	2.4225	1	3	3	1.7485	2	1.7482
1	1	0	5.126	6	5.123	1	3	1	2.3379	3	2.3370	0	2	4	1.7185	3	1.7174
0	2	0	4.436	26	4.437	0	3	2	2.3168	2	2.3165	3	3	1	1.6654	4	1.6646
1	1	1	4.220	15	4.222	1	1	3	2.2354	4	2.2348	2	4	1	1.6331	5	1.6361
0	2	1	3.811	2	3.812	0	4	0	2.2190	7	2.2185	1	2	4	1.6290	5	1.6284
0	0	2	3.725	6	3.725	0	4	1	2.1264	1	2.1262	0	5	2	1.6027	5	1.6022
0	1	2	3.435	13	3.435	2	2	2	2.1112	24	2.1108	0	3	4	1.5762	7	1.5762
1	2	0	3.352	50	3.354	1	3	2	2.0538	8	2.0535	1	5	1	1.5590	7	1.5585
1	2	1	3.058	100	3.058	2	3	0	2.0346	6	2.0358	1	3	4	1.4839	1	1.4852
1	1	2	3.012	72	3.013	1	2	3	1.9964	16	1.9959	0	6	1	1.4489	1	1.4507
0	3	0	2.958	82	2.958	2	3	1	1.9646	1	1.9638	0	4	4	1.4269	1	1.4265
0	2	2	2.853	2	2.853	1	4	0	1.9368	24	1.9364	2	5	1	1.3962	3	1.3958
0	3	1	2.749	1	2.749	0	4	2	1.9069	18	1.9061	1	2	5	1.3626	2	1.3618
2	2	0	2.563	2	2.562	0	0	4	1.8599	20	1.8626	3	4	2	1.3592	3	1.3584
1	2	2	2.4912	5	2.4926	2	3	2	1.7858	1	1.7864	1	6	0	1.3540	2	1.3532

Tabulka 17 Parametry základní cely mimetitu pro hexagonální prostorovou grupu P6₃/m

	tato práce	Okudera (2013)	Števkó et al. (2015)
<i>a</i> [Å]	10.247(5)	10.2382(14)	10.236(10)
<i>c</i> [Å]	7.4506(2)	7.4502(12)	7.4126(9)
<i>V</i> [Å ³]	677.5(3)	676.31	673(1)

cem. Hörnesit tvoří na vzorku zemité práškovité povlaky a nepravidelné polokulovité a hroznovité agregáty bílé, světle okrové až narůžovělé barvy o velikosti do 0.5 mm (obr. 7 a 14). Rentgenová prášková data hörnesitu z Michalových Hor (tab. 10) odpovídají publikovaným údajům. Zpřesněné parametry základní cely se dobře shodují s publikovanými údaji pro tuto minerální fázi (tab. 11).

Minerál hörnesit může v přírodě vytvářet pevné roztoky spolu s annabergitem a erytrínem (Jambor, Dutrizac 1995). Studium chemického složení hörnesitu z Michalových Hor (tab. 12) bylo v kationtové pozici zjištěno dominantní zastoupení Mg v rozsahu 1.74 - 2.06 *apfu* a Ni (annabergitové komponenty) v rozsahu 0.89 - 0.99 *apfu*. Obsahy Ni odpovídají rozsahu 12.13 - 13.54 hm. % NiO, podobně zvýšené obsahy Ni (11.07 % Ni) byly zjištěny také v hörnesitu z Třebeska (Ondruš, Hyršl 1989). Minoritně je v kationtové pozici zastoupen Al (0.01 - 0.17 *apfu*), Co (erytrínová komponenta; 0.04 - 0.07 *apfu*), Fe (do 0.05 *apfu*), Ca (do 0.03 *apfu*), Mn (do 0.02 *apfu*) a K (do 0.02 *apfu*). V aniontové pozici dominuje As (1.70 - 1.99 *apfu*) a byla zjištěna minoritní příměs Si (0.01 - 0.20 *apfu*) a S (do 0.01 *apfu*). Empirický vzorec hörnesitu z Michalových Hor (průměr tří bodových analýz) lze na bázi As + Si + S = 2 *apfu* vyjádřit jako $(\text{Mg}_{1.90}\text{Ni}_{0.94}\text{Al}_{0.08}\text{Co}_{0.05}\text{Ca}_{0.03}\text{Fe}_{0.03}\text{K}_{0.01}\text{Mn}_{0.01})_{\Sigma 3.05}[(\text{AsO}_4)_{1.83}(\text{SiO}_4)_{0.17}\Sigma 2.00] \cdot 8\text{H}_2\text{O}$.

Köttigit

Köttigit byl nalezen na vzorcích z haldy dolu Antonín z Chodové Plané, kde se vyskytuje v podobě syté růžových polokulovitých agregátů o poloměru do 1 mm, tvořených jehlicovitými krystaly v asociaci se schultenitem (obr. 15). Zjištěn byl také jako světle růžová kůra,

Tabulka 18 Chemické složení mimititu z odvalu Gru-benwall 42 u Dolního Kramolína (hm. %)

	mean	1	2	3	4
PbO	73.58	72.84	74.29	73.81	73.38
CaO	0.07	0.04	0.11	0.08	0.04
SiO ₂	0.08	0.05	0.00	0.00	0.29
As ₂ O ₅	21.97	22.51	21.92	22.37	21.07
P ₂ O ₅	0.37	0.34	0.50	0.45	0.19
V ₂ O ₅	0.02	0.00	0.00	0.00	0.07
Cl	2.25	2.41	2.23	2.24	2.12
Cl=O	-0.51	-0.54	-0.50	-0.51	-0.48
total	97.82	97.65	98.54	98.43	96.68
Pb	4.999	4.861	5.051	4.938	5.148
Ca	0.018	0.011	0.029	0.021	0.010
Σ	5.017	4.871	5.080	4.958	5.158
Si	0.022	0.012	0.000	0.000	0.075
As	2.897	2.917	2.894	2.906	2.872
P	0.078	0.071	0.106	0.094	0.041
V	0.003	0.000	0.000	0.000	0.013
Σ	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000
Cl	0.962	1.014	0.955	0.943	0.938

Mean - průměr čtyř bodových analýz; koeficienty empirického vzorce počítány na bázi Si + As + P + V = 3 *apfu*.

z části tvořená práškovitými agregáty, a z části růžovými průhlednými kopinatými krystaly do velikosti 0.5 mm (obr. 16). Rentgenová prášková data köttigitu z Chodové Plané (tab. 13) odpovídají publikovaným údajům. Zpřesněné parametry základní cely studovaného köttigitu jsou v tabulce 14 porovnány s daty uváděnými pro tuto minerální fázi. Chemické složení köttigitu (tab. 15) ukazuje na výhradní zastoupení As v aniontové pozici. V kationtové pozici byla zjištěna vedle převažujícího zastoupení Zn, v rozmezí 1.45 - 1.48 *apfu*, také přítomnost Co (erytrínové komponenty; 0.96 - 1.12 *apfu*), Ni (annabergitové komponenty; 0.30 - 0.36 *apfu*) a minoritní příměsi Na (do 0.12 *apfu*), Mn (do 0.03 *apfu*) a Al (do 0.01 *apfu*). Empirický vzorec köttigitu z Chodové Plané (průměr tří bodových analýz) lze na bázi As = 2 *apfu* vyjádřit jako $(\text{Zn}_{1.46}\text{Co}_{1.05}\text{Ni}_{0.33}\text{Na}_{0.11}\text{Mn}_{0.03}\text{Al}_{0.01})_{\Sigma 2.99}(\text{AsO}_4)_{2.00} \cdot 8\text{H}_2\text{O}$.

Tabulka 19 Rentgenová prášková data pikrofarmakolitu z haldy u štoly Jan Křitel u Michalových Hor

<i>h</i>	<i>k</i>	<i>l</i>	<i>d</i> _{obs}	<i>I</i> _{obs}	<i>d</i> _{calc}
-1	0	0	13.4465	100	13.4358
1	-1	0	9.6964	7	9.6856
-1	-1	0	9.2321	15	9.2307
0	-1	1	6.3375	1	6.3422
2	-1	0	6.1129	3	6.1153
-2	-1	0	5.8787	1	5.8831
1	0	1	5.6437	1	5.6395
1	-1	1	5.5334	1	5.5421
0	-2	1	5.1454	1	5.1413
2	-2	0	4.8442	1	4.8428
1	-2	1	4.7182	1	4.7146
-3	0	0	4.4779	2	4.4786
-3	-1	0	4.1819	6	4.1838
-1	-3	0	4.1500	2	4.1494
2	3	0	3.6193	1	3.6199
3	-1	1	3.5067	1	3.5095
2	2	1	3.4594	2	3.4595
-3	2	1	3.2883	1	3.2899
-4	0	1	3.1461	4	3.1457
-1	1	2	3.0687	3	3.0699
-4	1	1	3.0356	2	3.0349
3	-3	1	2.9454	1	2.9461
-2	-4	0	2.9230	7	2.9235
2	-1	2	2.8603	2	2.8590
-4	2	1	2.8029	2	2.8017
-3	-4	0	2.6094	1	2.6095
4	2	1	2.5205	2	2.5192

Tabulka 20 Parametry základní cely pikrofarmakolitu pro triklinickou prostorovou grupu P1⁻

	tato práce	Catti et al. (1981)
<i>a</i> [Å]	13.537(5)	13.547
<i>b</i> [Å]	13.507(7)	13.5
<i>c</i> [Å]	6.709(4)	6.71
α [°]	99.81(5)	99.85
β [°]	96.45(4)	96.41
γ [°]	91.60(4)	91.6
<i>V</i> [Å ³]	1199.8	1200.1

Tabulka 21 Chemické složení pikrofarmakolitu z haldy u štoly Jan Křitel u Michalových Hor (hm. %)

	mean	1	2	3
CaO	26.52	26.75	25.73	27.07
MgO	4.66	4.72	4.74	4.53
MnO	0.08	0.16	0.00	0.09
ZnO	0.05	0.00	0.15	0.00
SO ₃	0.03	0.05	0.04	0.00
As ₂ O ₅	51.52	52.48	51.81	50.29
H ₂ O*	24.03	24.58	24.50	23.01
total	106.89	108.73	106.97	104.98
Ca	4.217	4.172	4.067	4.412
Mg	1.031	1.024	1.041	1.027
Mn	0.010	0.020	0.000	0.011
Zn	0.006	0.000	0.017	0.000
Σ	5.264	5.216	5.125	5.450
S	0.003	0.005	0.005	0.000
As	3.997	3.995	3.995	4.000
Σ	4.000	4.000	4.000	4.000
H ₂ O	11.000	11.000	11.000	11.000
OH	1.777	1.871	2.105	1.355

Mean - průměr tří bodových analýz; koeficienty empirického vzorce počítány na bázi S + As = 4 *apfu*; *H₂O počítáno na základě teoretického obsahu 11 molekul v pikrofarmakolitu a vyrovnání nábojů.



Mimetit

Mimetit byl zjištěn z odvalu Grubenwall 42 u Dolního Kramolína, kde se vyskytuje v podobě celistvých, žlutých voskově lesklých či zemitých agregátů, často ve směsi s cerusitem, který místy v dutinách tvoří sloupcovité krystaly (obr. 11 a 12). Největší zjištěná ukázka tvořená z velké části směsí mimetitů s cerusitem dosahuje velikosti 8 × 5 cm. Mimetit se na lokalitě nejčastěji vyskytuje v asociaci s malachitem a azuritem.

Rentgenová prášková data mimetitů z Dolního Kramolína (tab. 16) odpovídají publikovaným údajům pro tuto minerální fázi i teoretickému záznamu vypočtenému ze strukturálních dat (Okudera 2013). Zpřesněné parametry základní cely studovaného mimetitů jsou v tabulce 17 porovnány s publikovanými údaji. Při studiu chemického složení mimetitů byl kromě dominantního zastoupení Pb (4.86 - 5.15 *apfu*) v kationtové pozici zjištěn jen minimální podíl (do 0.03 *apfu*) Ca (hedyfánové složky). V aniontové pozici byly vedle zcela převládajícího As (2.87 - 2.92 *apfu*) zjištěny malé obsahy (do 0.11 *apfu*) P (pyromorfitové komponenty), Si (do 0.08 *apfu*) a V (do 0.01 *apfu*). Empirický vzorec studovaného mimetitů (průměr čtyř bodových analýz) lze na bázi Si + As + P + V = 3 *apfu* (tab. 18) vyjádřit jako $\text{Pb}_{5.00}\text{Ca}_{0.02}[(\text{AsO}_4)_{2.90}(\text{PO}_4)_{0.08}(\text{SiO}_4)_{0.02}]_{\Sigma 3.00}\text{Cl}_{0.96}$.

Pikrofarmakolit

Pikrofarmakolit byl nalezen na haldě u propadlého ústí jámy na štoly Jan Křitel u Michalových Hor. Tvoří zde bohaté kúry složené z polokulovitých, sněhově bílých agregátů, tvořených vláknitými krystaly (obr. 7, 14 a 17). Poloměr těchto agregátů dosahuje velikosti do 2 mm. Pikrofarmako-

Obr. 17 Agregáty jehličkovitých krystalů pikrofarmakolitu z haldy u štoly Jan Křitel u Michalových Hor, šířka záběru 20 mm, foto S. Kopecký.

Obr. 18 Radiálně paprscité agregáty krystalů zelenožlutého pyromorfitu z odvalu Grubenwall 42 u Dolního Kramolína, šířka záběru 3.1 mm; foto L. Vrtiška.

lit byl zjištěn na masivním vzorku Ni arsenidů v asociaci s hōrnesitem, annabergitem a sádrovcem. Rentgenová prášková data pikrofarmakolitu z Michalových Hor (tab. 19) odpovídají údajům pro tuto minerální fázi publikovaným v práci Cattiho et al. (1981). Zpřesněné parametry základní cely studovaného pikrofarmakolitu (tab. 20) jsou ve velmi dobré shodě s publikovanými údaji. Při studiu chemického složení pikrofarmakolitu (tab. 21) byl kromě dominantního zastoupení Ca (4.75 - 4.92 *apfu*) a Mg (1.02 - 1.04 *apfu*) v kationtové pozici zjištěn minoritní podíl Mn a Zn (do 0.02 *apfu*). V aniontové pozici byly vedle zcela převládajícího As zjištěny jen nepatrné obsahy S (do 0.01 *apfu*). Empirický vzorec studovaného pikrofarmakolitu (průměr tří bodových analýz) lze na bázi As+S = 4 *apfu* (tab. 21) vyjádřit jako $\text{Ca}_{4.22}\text{Mg}_{1.03}\text{Mn}_{0.01}\text{Zn}_{0.01}[(\text{AsO}_3\text{OH})_{1.46}(\text{AsO}_4)_{2.54}]\cdot 11\text{H}_2\text{O}$.

Pyromorfit

Pyromorfit tvoří v dutinách křemene kůry světle žlutozelených, sloupcovitých a soudečkovitých krystalů o velikosti do 0.8 mm (obr. 18). Byl zjištěn spolu s dalšími supergenními minerály Cu a Zn na odvalu Grubenwall 42 u Dolního Kramolína. Rentgenová prášková data pyromorfitu z Dolního Kramolína (tab. 22) odpovídají publikovaným údajům pro tuto minerální fázi i teoretickému záznamu vypočtenému ze strukturních dat (Okudera 2013). Zpřesněné parametry základní cely studovaného pyromorfitu (tab. 23) jsou ve velmi dobré shodě s publikovanými údaji. Při studiu chemického složení pyromorfitu (tab. 24) byl kromě dominantního zastoupení Pb (4.75 - 4.92 *apfu*) v kationtové pozici zjištěn jen minimální podíl (do 0.07 *apfu*) Ca (fosfohedyfánové) složky. V aniontové pozici byly vedle převládajícího P (1.88 - 2.26 *apfu*) zjiš-

Tabulka 22 Rentgenová prášková data pyromorfitu z odvalu Grubenwall 42 u Dolního Kramolína

<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	8.740	1	8.648	1	3	0	2.4173	<1	2.3986	0	2	4	1.6880	2	1.6911
0	1	1	5.644	<1	5.600	1	3	1	2.2861	5	2.2802	2	4	0	1.6325	5	1.6344
1	1	0	5.029	6	4.993	0	2	3	2.1386	10	2.1316	0	5	2	1.5684	8	1.5650
0	2	0	4.363	31	4.324	0	4	1	2.0764	26	2.0742	1	5	0	1.5548	10	1.5533
1	1	1	4.161	32	4.130	1	3	2	2.0032	7	2.0086	0	3	4	1.5498	8	1.5495
0	0	2	3.689	9	3.675	2	3	1	1.9202	4	1.9155	2	4	2	1.4888	<1	1.4933
0	1	2	3.400	30	3.382	1	4	0	1.8794	24	1.8872	1	1	5	1.4094	1	1.4101
1	2	0	3.278	2	3.269	0	3	3	1.8681	10	1.8668	0	4	4	1.3982	1	1.4001
1	2	1	3.012	100	2.987	0	1	4	1.7900	<1	1.7973	3	3	3	1.3732	3	1.3767
1	1	2	2.978	96	2.960	0	5	0	1.7339	1	1.7296	2	4	3	1.3576	1	1.3596
0	2	2	2.818	1	2.800	1	1	4	1.7260	1	1.7244	2	3	4	1.3492	5	1.3481
1	2	2	2.4596	1	2.4424												

Tabulka 23 Parametry základní cely pyromorfitu pro hexagonální prostorovou grupu P6₃/m

	tato práce	Okudera (2013)	Vrtiška et al. (2016)
<i>a</i> [Å]	9.986(8)	9.979(1)	9.985(3)
<i>c</i> [Å]	7.3498(8)	7.344(1)	7.3365(1)
<i>V</i> [Å ³]	634.7(6)	633.3(3)	633.5(2)

Tabulka 24 Chemické složení pyromorfitu z odvalu Grubenwall 42 u Dolního Kramolína (hm. %)

	mean	1	2	3	4	5
PbO	76.05	76.48	75.64	76.64	75.41	76.08
CaO	0.16	0.13	0.27	0.16	0.13	0.11
SiO ₂	0.05	0.00	0.00	0.11	0.13	0.00
P ₂ O ₅	10.17	11.58	9.46	10.61	9.63	9.56
As ₂ O ₅	7.86	6.12	9.12	7.17	8.47	8.41
Cl	2.33	2.42	2.36	2.31	2.30	2.25
Cl=O	-0.52	-0.55	-0.53	-0.52	-0.52	-0.51
total	96.08	96.18	96.32	96.47	95.55	95.91
Pb	4.813	4.751	4.780	4.822	4.792	4.920
Ca	0.040	0.031	0.068	0.040	0.033	0.029
Σ	4.853	4.782	4.848	4.862	4.825	4.949
Si	0.011	0.000	0.000	0.025	0.030	0.000
P	2.022	2.261	1.880	2.100	1.925	1.944
As	0.967	0.739	1.120	0.876	1.046	1.056
Σ	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000
Cl	0.927	0.947	0.938	0.914	0.919	0.916

Mean - průměr pěti bodových analýz; koeficienty empirického vzorce počítány na bázi Si + P + As = 3 *apfu*.

Tabulka 25 Rentgenová prášková data schultenitu z odvalu dolu Antonín u Chodové Plané

<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	6.800	24	6.771	2	0	0	2.4497	3	2.4475	0	2	3	1.6828	3	1.6829
1	0	0	4.832	12	4.895	1	1	2	2.2591	3	2.2556	-2	3	1	1.6297	1	1.6266
0	1	1	4.413	12	4.413	0	2	2	2.2053	11	2.2065	2	3	1	1.5700	2	1.5663
1	1	0	3.938	3	3.967	0	3	1	2.1063	2	2.1042	1	2	3	1.5466	7	1.5484
0	2	0	3.390	83	3.386	1	3	0	2.0452	1	2.0496	1	4	1	1.5278	2	1.5291
1	1	1	3.140	100	3.154	-1	3	1	1.9653	6	1.9606	-2	2	3	1.4516	1	1.4502
0	2	1	2.927	3	2.926	1	2	2	1.9536	8	1.9537	-1	0	4	1.4373	1	1.4365
0	0	2	2.904	19	2.909	1	3	1	1.9052	4	1.9069	-1	1	4	1.4049	1	1.4052
1	2	0	2.775	3	2.784	2	0	2	1.7829	5	1.7823	3	2	1	1.3941	1	1.3939
0	1	2	2.669	2	2.673	-1	3	2	1.7140	1	1.7116	0	5	0	1.3538	1	1.3542
-1	2	1	2.561	8	2.573	0	4	0	1.6925	2	1.6928						

Tabulka 26 Parametry základní cely schultenitu pro monoklinickou prostorovou grupu P2/c

	tato práce	Wilson et al. (1991)	Sejkora, Gabašová (1995)
<i>a</i> [Å]	4.923(5)	4.93(1)	4.856(1)
<i>b</i> [Å]	6.771(4)	6.772(16)	6.756(1)
<i>c</i> [Å]	5.852(4)	5.859(17)	5.845(1)
β [°]	96.0(2)	96.07(19)	95.43(1)
<i>V</i> [Å ³]	193.9(2)	194.51	190.90(4)

Tabulka 27 Chemické složení schultenitu z odvalu dolu Antonín u Chodové Plané (hm. %)

	mean	1	2	3
PbO	50.69	50.73	52.22	49.13
FeO	0.50	0.75	0.74	0.00
CaO	0.06	0.05	0.07	0.05
MgO	0.03	0.00	0.00	0.09
CuO	0.09	0.00	0.27	0.00
CoO	0.13	0.19	0.20	0.00
ZnO	0.87	0.90	0.90	0.82
Al ₂ O ₃	1.07	1.15	0.98	1.08
SiO ₂	0.28	0.32	0.17	0.34
As ₂ O ₅	29.20	29.97	29.70	27.95
P ₂ O ₅	0.00	0.00	0.00	0.00
SO ₃	0.10	0.16	0.13	0.00
H ₂ O*	2.12	2.30	2.10	1.97
total	85.14	86.51	87.48	81.43
Pb	0.871	0.845	0.887	0.880
Fe	0.007	0.010	0.010	0.000
Ca	0.004	0.003	0.004	0.004
Mg	0.003	0.000	0.000	0.009
Cu	0.004	0.000	0.013	0.000
Co	0.007	0.009	0.010	0.000
Zn	0.041	0.041	0.042	0.040
Al	0.081	0.084	0.073	0.085
Σ	1.017	0.993	1.040	1.018
Si	0.018	0.020	0.011	0.023
As	0.974	0.969	0.980	0.972
P	0.004	0.003	0.003	0.005
S	0.004	0.007	0.006	0.000
Σ	1.000	1.000	1.000	1.000
OH	0.901	0.947	0.883	0.873

Mean - průměr tří bodových analýz; koeficienty empirického vzorce počítány na bázi Si + As + P + S = 1 *apfu*; *H₂O počítáno na základě vyrovnání nábojů.

těny zvýšené obsahy (0.74 - 1.12 *apfu*) As (mimetitové) komponenty a minoritní obsahy Si (do 0.03 *apfu*). Empirický vzorec studovaného pyromorfitu (průměr pěti bodových analýz) lze na bázi P + As + Si = 3 *apfu* vyjádřit jako Pb_{4.81}Ca_{0.04}[(PO₄)_{2.02}(AsO₄)_{4/0.97}(SiO₄)_{0.01}] _{Σ 3.00}Cl_{0.93}.

Schultenit

Jedná se o poměrně vzácný minerál, který byl v ČR dosud zjištěn na haldě dolu Jeroným v Abertamech (Sejkora, Gabašová 1995), na dole Eliáš v Jáchymově (Ondruš et al. 1997) a nověji na bývalém uranovém dole č. 8 v Horním Slavkově (Plášil et al. 2006).

Schultenit tvoří bílé až světle okrové práškovité kůry a agregáty drobných krystalů o velikosti do 1 mm (obr. 15). Byl zjištěn spolu s drobně krystalovaným köttigitem na odvalech dolu Antonín u Chodové Plané. Rentgenová prášková data schultenitu z Chodové Plané (tab. 25) odpovídají publikovaným údajům. Zpřesněné parametry základní cely studovaného schultenitu jsou v tabulce 26 porovnány s daty uváděnými pro tuto minerální fázi. Při studiu chemického složení schultenitu (tab. 27) byl kromě dominantního zastoupení Pb (0.85 - 0.89 *apfu*) v kationtové pozici zjištěny minimální obsahy Al (do 0.09 *apfu*), Zn (do 0.04 *apfu*), Fe, Ca, Mg, Cu a Co (do 0.01 *apfu*). Empirický vzorec studovaného schultenitu (průměr tří bodových analýz) lze na bázi Si + As + P + S = 1 *apfu* vyjádřit jako (Pb_{0.87}Al_{0.08}Zn_{0.04}Fe_{0.01}Co_{0.01}) _{Σ 1.01}[(AsO₃OH)_{0.97}(SiO₄)_{0.02}]

Wroewolfeit

Wroewolfeit je vzácný a v ČR dosud nezjištěný monoklinický minerál s ideálním vzorcem Cu₄(SO₄)(OH)₆·2H₂O, trimorfní s langitem a posnjakitem. Tento minerál byl poprvé popsán Dunnem et al. (1975) z haldového materiálu historického dolu na olovo v Loudville v Massachusetts, USA. Pojmenován byl po americkém krystalografovi Cableu Wroe Wolfovi (1908 - 1980). Wroewolfeit byl zjištěn spolu s brochantitem a azuritem z odvalu Grubenwall

Tabulka 28 Rentgenová prášková data wroewolfeitu z odvalu Grubenwall 42 u Dolního Kramolína

<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>
0	0	2	7.168	100	7.158	0	2	2	2.630	3	2.628	1	3	2	1.7346	<1	1.7365
1	0	0	6.048	1	6.033	2	1	1	2.599	1	2.592	0	2	7	1.6571	1	1.6567
0	1	0	5.653	7	5.650	0	1	5	2.555	<1	2.554	-3	2	2	1.6122	1	1.6141
-1	0	2	4.754	<1	4.754	-2	1	2	2.537	1	2.538	-3	0	6	1.5846	<1	1.5846
0	1	2	4.436	1	4.435	0	2	3	2.4324	8	2.4311	-2	3	2	1.5699	<1	1.5697
1	1	0	4.128	1	4.124	1	2	2	2.3879	1	2.3904	2	3	2	1.5504	<1	1.5490
1	1	1	3.905	1	3.921	-1	2	3	2.2774	1	2.2788	-2	1	8	1.5221	<1	1.5222
0	1	3	3.643	1	3.646	0	2	4	2.2184	2	2.2176	0	2	8	1.5105	<1	1.5118
0	0	4	3.581	40	3.579	2	1	4	2.0832	<1	2.0841	-2	3	4	1.4765	<1	1.4762
-1	1	3	3.191	2	3.185	3	0	0	2.0118	3	2.0111	-4	1	2	1.4433	<1	1.4442
0	1	4	3.026	1	3.024	2	1	5	1.9032	1	1.9004	0	0	10	1.4320	<1	1.4316
1	0	4	3.007	<1	3.001	-2	1	6	1.8238	1	1.8244	0	4	1	1.4061	2	1.4058
0	2	0	2.825	1	2.825	2	0	6	1.8193	1	1.8198	0	1	10	1.3867	1	1.3878
0	2	1	2.772	15	2.772	0	0	8	1.7903	2	1.7895	0	4	3	1.3549	1	1.3545
-2	1	1	2.645	1	2.641	-1	3	1	1.7863	1	1.7878						

42 u Dolního Kramolína. Wroewolfeit zde tvoří blankytně modré vláknité a lupenité, hedvábně lesklé agregáty o velikosti do 2 mm, nasedající na tenkou kůru tvořenou zeleným brochantitem (obr. 9 a 10).

Rentgenová prášková data wroewolfeitu z Dolního Kramolína (tab. 28) odpovídají údajům pro tuto minerální fázi publikovaným v práci Hawthorneho a Groata (1985). Zpřesněné parametry základní cely studovaného wroewolfeitu (tab. 29) jsou ve velmi dobré shodě s publikovanými údaji. Při studiu chemického složení wroewolfeitu (tab. 30) byl kromě dominantního zastoupení Cu v kationtové pozici zjištěn jen minimální obsah Zn (do 0.01 *apfu*). Empirický vzorec studovaného wroewolfeitu (průměr čtyř bodových analýz) lze na bázi Si + S = 1 *apfu* vyjádřit jako $(\text{Cu}_{4.16}\text{Zn}_{0.01})_{\Sigma 4.17}[(\text{SO}_4)_{0.99}(\text{SiO}_4)_{0.01}]_{\Sigma 2.00}$.

Závěr

Z haldy u propadlého ústí jámy na štole Jan Křtitel u Michalových Hor byly na masivních vzorcích Ni arsenidů nově studovaných supergenní minerály annabergit, horesit a pikrofarmakolit. Jejich vznik lze přisuzovat (sub)recentnímu zvětrávání v haldovém materiálu. Na zašlém odvalu Grubenwall 42 (důl Gang 42) u Dolního Kramolína byly zjištěny minerály brochantit, cerusit, devillin, mimetit, pyromorfit a vzácný wroewolfeit. Charakter ukázek mimetitu a cerusitu naznačuje jejich vznik v supergenní zóně *in-situ*; ostatní fáze jsou pravděpodobně produktem procesů zvětrávání probíhajících v haldovém materiálu. V případě wroewolfeitu se jedná o první zdokumentovaný výskyt tohoto minerálu v rámci České republiky. V materiálu pocházejícím z dolu Antonín u Chodové byl studován köttigit v asociaci s vzácným schultenitem, které vznikají během zvětrávacích procesů v haldovém materiálu.

Poděkování

Milou povinností autorů je poděkovat Mgr. Radku Škodovi, PhD. z Přírodovědecké fakulty Masarykovy univerzity (Brno) a RNDr. Zdeňku Dolníčkovi, PhD. z Národního muzea (Praha) za spolupráci při laboratorním výzkumu. Dále pak Pavlu Černému, Stanislavu Kopeckému a Viktoru Venclíkovi za poskytnutí některých vzorků ke studiu. Předložená práce vznikla za finanční podpory Grantové agentury ČR v rámci projektu 17-09161S.

Tabulka 29 Parametry základní cely wroewolfeitu pro monoklinickou prostorovou grupu *Pc*

	tato práce	Hawthorne, Groat (1985)
<i>a</i> [Å]	6.044(2)	6.045(1)
<i>b</i> [Å]	5.6504(14)	5.646(1)
<i>c</i> [Å]	14.341(3)	14.337(2)
β [°]	93.38(4)	93.39(1)
<i>V</i> [Å ³]	488.9(2)	488.47

Tabulka 30 Chemické složení wroewolfeitu z odvalu Grubenwall 42 u Dolního Kramolína (hm. %)

	mean	1	2	3	4
CuO	75.28	75.50	76.99	73.94	74.68
ZnO	0.11	0.06	0.07	0.13	0.18
SiO ₂	0.21	0.44	0.06	0.12	0.20
SO ₃	17.94	17.46	18.49	17.97	17.83
F	0.23	0.27	0.22	0.25	0.18
H ₂ O*	21.06	21.05	21.53	20.74	20.94
F=O	-0.10	-0.11	-0.09	-0.11	-0.08
total	114.72	114.66	117.26	113.04	113.93
Cu	4.161	4.211	4.173	4.105	4.154
Zn	0.006	0.003	0.004	0.007	0.010
Σ	4.167	4.214	4.177	4.112	4.163
Si	0.015	0.032	0.004	0.009	0.015
S	0.985	0.968	0.996	0.991	0.985
Σ	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
F	0.053	0.063	0.050	0.058	0.042
OH	6.280	6.365	6.303	6.166	6.285
F+OH	6.333	6.428	6.353	6.224	6.327
H ₂ O	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000

Mean - průměr čtyř bodových analýz; koeficienty empirického vzorce počítány na bázi Si + S = 1 *apfu*; *H₂O počítáno na základě teoretického obsahu dvou molekul ve wroewolfeitu a vyrovnání nábojů.

Literatura

- ANDRLE A (1997) Michalovy Hory. *Speleo* 24: 57-58
- ANTAO SM, HASSAN I (2009) The orthorhombic structure of CaCO_3 , SrCO_3 , PbCO_3 and BaCO_3 : linear structural trends. *Can Mineral* 47: 1245-155
- CATTI M, FERRARIS G, IVALDI G (1981) The crystal structure of picroparmacolite, $\text{Ca}_4\text{Mg}(\text{HAsO}_4)_2(\text{AsO}_4)_2(\text{H}_2\text{O})_{11}$. *Am Mineral* 66: 385-391
- DUNN PJ, ROUSE RC, NELEN JA (1975) Wroewolfeite, a new copper sulphate hydroxide hydrate. *Mineral Mag* 40: 1-5
- DVOŘÁK Z, PAULIŠ P, ŘEHOŘ M, RADOŇ M (2011) Hörnesit z Mikulova v Krušných horách (Česká republika). *Bull mineral-petrolog Odd Nár Muz (Praha)* 19(2): 145-147
- FIALA V, MRÁZEK P (1977) Das Mineralvorkommen von Michalové Hory bei Mariánské Lázně. *Folia Mus Natur Bohem occident, Geol* 10: 3-17
- GRAMBLIČKA R. (2014) Minerály rudních žil s fluoritem z Božího Daru a možnosti jejich sběru. *Minerál* 22(5): 448-451
- GRAMBLIČKA R (2015) Objev bohatého Pb-Zn-Cu zrudnění v Chodové Plané. *Minerál* 23(1): 60-64
- HAWTHORNE FC, GROAT LA (1985) The crystal structure of wroewolfeite, a mineral with $(\text{Cu}_4(\text{OH})_6(\text{SO}_4)(\text{H}_2\text{O}))$ sheets. *Am Mineral* 70: 1050-1055
- HELLIWELL M, SMITH JV (1997) Brochantite. *Acta Crystallogr, Sect C* 53: 1369-1371
- HILL RJ (1979) The crystal structure of koettigite. *Am Mineral* 64: 376-382
- HYRŠL J (1992) Příbram. *Emser Hefte* 13(1): 1-59
- JAMBOR JL, DUTRIZAC JE (1995) Solid solution in the annabergite-erythrite-hörnesite synthetic system. *Can Mineral* 33: 1063-1071
- KAŠPAR P, ŘÍDKOŠIL T, ŠREIN V (1983) Minerogeneze žily T1 z Třebeska u Příbrami. *Acta Univ Carol, Geol* 1-2: 61-96
- LARSEN ES (1921) The microscopic determination of the nonopaque minerals. *US geol Surv Bull* 679: 86
- LAUGIER J, BOCHU B (2004) LMGP-Suite of Programs for the interpretation of X-ray experiments. ENSP/Laboratoire des Matériaux et du Génie Physique, Grenoble, France
- OKUDERA H (2013) Relationships among channel topology and atomic displacements in the structures of $\text{Pb}_5(\text{BO}_4)_3$ Cl with B = P (pyromorphite), V (vanadinite), and As (mimetite). *Am Mineral* 98: 1573-1579
- ONDRUŠ P, HYRŠL J (1989) New finds and revision of secondary minerals from Příbram district. *Acta Univ Carol, Geol* 4: 521-533
- ONDRUŠ P, VESELOVSKÝ F, HLOUŠEK J, SKÁLA R, VAVŘÍN I, FRÝDA J, ČEJKA J, GABAŠOVÁ A (1997) Secondary minerals of the Jáchymov (Joachimsthal) ore district. *J Czech Geol Soc* 42(4): 3-76
- PAULIŠ P (1990) Tennantit z Měděnce a Michalových Hor. *Věst Ústř Úst geol* 65(5): 353-357
- PAULIŠ P (1993) Köttigite z Michalových Hor (v. od Chodové Plané). *J Czech Geol Soc* 38(3-4): 218
- PAULIŠ P, HAAKE R (1991) Die Mineralien der Skarnlagerstätte Měděnec (Kupferberg) im Erzgebirge (ČSFR). *Mineralien Welt* 5: 19-29
- 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, 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
- PLÁŠIL J, SEJKORA J, ONDRUŠ P, VESELOVSKÝ F, BERAN P, GO-LIÁŠ V (2006) Supergene minerals in the Horní Slavkov uranium ore district, Czech Republic. *J Czech Geol Soc* 51(1-2): 149-158
- POUCHOU JL, PICOIR F (1985) "PAP" (φpZ) procedure for improved quantitative microanalysis. In: *Microbeam Analysis* (J. T. Armstrong, ed.). San Francisco Press, San Francisco, 104-106.
- ROJO JM, MESA JL, PIZARRO JL, LEZAMA L, ARRIORTUA MI, ROJO T (1996) Spectroscopic and magnetic study of the $(\text{Mg,M})_3(\text{AsO}_4)_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ (M = Ni^{2+} , Co^{2+}) arsenates. *Mater Res Bull* 31(8): 925-934
- SABELLI C, ZANAZZI PF (1972) The crystal structure of devilline. *Acta Cryst B* 28: 1182-1189
- SEJKORA J, GABAŠOVÁ A (1995) Schultenit (PbHAsO_4) z Abertam u Jáchymova. *Bull mineral-petrolog Odd Nár Muz (Praha)* 3: 245-246
- SEJKORA J, KOPECKÝ S, PAULIŠ P, KOPECKÝ S JUN (2015) Ni-Sb mineralizace z rudního revíru Michalovy Hory (Česká republika). *Bull mineral-petrolog Odd Nár Muz (Praha)* 23(2): 129-146
- 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
- ŠTEVKO M, GRAMBLIČKA R, MALÍKOVÁ R (2015) Nové údaje o supergenných minerálech z polymetalického ložiska Čavojské vrchy (Slovenská republika). *Bull mineral-petrolog Odd Nár Muz (Praha)* 23(1): 63-74
- TVRDÝ J, ŘÍDKOŠIL T (1983) Sekundární minerály z lokality Svátá Anna v Plané u Mariánských Lázní. *Čas Mineral Geol* 28(3): 316
- VRTIŠKA L, MALÍKOVÁ R, SEJKORA J (2016) Zajímavý výskyt fosfátů v okolí Líštěnce u Votic (Česká republika). *Bull mineral-petrolog Odd Nár Muz (Praha)* 23(1): 114-131
- WILDNER M, GIESTER G, LENGAUER CL, MCCAMMON CA (1996) Structure and crystal chemistry of vivianite-type compounds: crystal structures of erythrite and annabergite with a Mössbauer study of erythrite. *Eur J Mineral* 8: 187-192.
- WILSON CC, COX PJ, STEWART NS (1991) Structure and disorder in schultenite, lead hydrogen arsenate. *J Crystallogr Spectrosc Res* 21(5): 589-593