

Supergénne minerály zo štôlne Juraj, Hodruša-Hámre (Slovenská republika)

Supergene minerals from the Juraj adit, Hodruša-Hámre (Slovak Republic)

MARTIN ŠTEVKO^{1)*} A RADANA MALÍKOVÁ²⁾

¹⁾Katedra mineralógie a petrológie, Prírodovedecká fakulta, Univerzita Komenského, Mlynská dolina G, 842 15 Bratislava, Slovensko; *e-mail: stevko@fns.uniba.sk

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

ŠTEVKO M., MALÍKOVÁ R. (2014) Supergénne minerály zo štôlne Juraj, Hodruša-Hámre (Slovenská republika). *Bull. mineral.-petrol. Odd. Nár. Muz. (Praha) 22, 2, 261-268. ISSN 1211-0329.*

Abstract

An interesting supergene mineral association was identified at the abandoned Juraj adit near Hodruša-Hámre village, Štiavnické vrchy Mts., Slovak Republic. It is represented by allophane, anglesite, brochantite, calcite, cerussite, dundasite, gypsum, hydrozincite, linarite, malachite, posnjakite and zincowoodwardite. Anglesite occurs as well developed, colourless, tabular to prismatic crystals up to 3 mm in vugs of weathered galena-rich gangue. It is orthorhombic, space group *Pnma*, the unit-cell parameters refined from X-ray powder diffraction data are: $a = 8.447(1)$, $b = 5.3863(10)$, $c = 6.9563(9)$ Å and $V = 317.63(9)$ Å³. Cerussite is the most common supergene mineral and it forms colourless to white tabular, prismatic or acicular crystals up to 9 mm in size, which are often twinned and are associated together with dundasite, malachite and linarite in the cavities of gangue or mineralized rocks. The refined unit-cell parameters of cerussite from the powder X-ray diffraction data (for the orthorhombic space group *Pmcn*) are $a = 5.174(1)$, $b = 8.478(2)$, $c = 6.135(1)$ Å with $V = 269.1(1)$ Å³. Dundasite forms white or pale-blue, radial to spherical aggregates up to 1 mm, which are composed of well formed acicular crystals and cover areas up to 4 × 1.5 cm in cavities of ore gangue. Its refined unit-cell parameters from the powder X-ray diffraction data (for the orthorhombic space group *Pbnm*) are $a = 9.071(2)$, $b = 16.394(5)$, $c = 5.618(2)$ Å and $V = 835.4(5)$ Å³. Hydrozincite occurs as compact, white, up to 1 cm thick crusts or botryoidal aggregates on the adit walls together with calcite and zincowoodwardite. It is monoclinic, space group *C2/m*, the unit-cell parameters refined from X-ray powder diffraction data are: $a = 13.63(2)$, $b = 6.319(8)$, $c = 5.397(9)$ Å, $\beta = 95.9(3)^\circ$ and $V = 462(1)$ Å³. Linarite often forms well developed, bright blue, tabular to prismatic crystals up to 4 mm in size, which are often grouped to the radial aggregates and crystalline crusts in cavities and fractures of ore gangue (together with cerussite, dundasite and malachite) or on the walls of adit (associated with brochantite, gypsum, posnjakite and zincowoodwardite). Its refined unit-cell parameters from the powder X-ray diffraction data (for the monoclinic space group *P2₁/m*) are $a = 9.691(3)$, $b = 5.650(2)$, $c = 4.686(2)$ Å, $\beta = 102.68(2)^\circ$ and $V = 250.3(1)$ Å³. Rare posnjakite occurs as pale blue, acicular crystals up to 1 mm, which were observed on the adit walls associated together with brochantite, linarite and zincowoodwardite. The refined unit-cell parameters of posnjakite from the powder X-ray diffraction data (for the monoclinic space group *Pm*) are $a = 10.569(14)$, $b = 6.349(4)$, $c = 7.857(9)$ Å, $\beta = 117.94(7)^\circ$ and $V = 465.7(9)$ Å³. Zincowoodwardite was observed exclusively on the walls of adit as a white-blue to pale-blue crusts with botryoidal surface, which covers areas up to 5 × 4 cm. Associated minerals include brochantite, calcite, gypsum, hydrozincite, linarite and posnjakite. It is trigonal, space group *P-3*, the unit-cell parameters refined from X-ray powder diffraction data are: $a = 3.057(9)$, $c = 8.865(8)$ Å with $V = 71.8(2)$ Å³. A newly described association of supergene minerals from the Juraj adit was formed as a sub-recent product of decomposition of primary sulfidic mineralization (mostly galena, sphalerite, chalcopyrite and pyrite) in the conditions of abandoned mine.

Key words: dundasite, linarite, posnjakite, zincowoodwardite, supergene mineralization, X-ray powder data, unit-cell parameters, Juraj adit, Hodruša-Hámre, Slovak Republic

Obdrženo: 17. 10. 2014; prijato: 18. 11. 2014

Úvod

Vývoju supergenných zón a hlavne štúdiu supergenných minerálov bola doteraz na epitemálnych rudných žilách v oblasti Hodruše-Hámrov (ako aj v oblasti Banskej Štiavnice) venovaná len malá pozornosť. Prevažná väčšina informácií o supergenných mineráloch v tejto oblasti pochádza hlavne z 19. storočia (napr. Zipser 1817; Zepharovich 1859; Tóth 1882). V rámci systematického

mineralogického výskumu supergenných minerálov, ktorý autor (M. Š.) realizuje, boli na viacerých epitemálnych žilách v okolí Hodruše-Hámrov a Banskej Štiavnice zistené pestré asociácie supergenných minerálov, ktoré doteraz neboli v tejto oblasti známe. Tento príspevok je venovaný mineralogickej charakteristike supergenných minerálnych fáz na jednom z týchto výskytov: v štôlni Juraj pri Hodruši-Hámroch.

Lokalizácia a geologicko-ložisková situácia výskytu

Štôlna Juraj (obr. 1) a menšie banské práce v jej okolí sa nachádzajú v doline na južnom svahu kóty Hadová priamo nad ostrou zákrutou asfaltovej cesty z Hodruše-Hámrov do Banskej Štiavnice, približne 2.3 km na V od historického centra Hodruše-Hámrov. GPS súradnice haldy štôlny Juraj sú: 48° 28' 02.33" severnej šírky, 18° 50' 57.44" východnej dĺžky, nadmorská výška 585 m. n. m. Vzorky so supergennou mineralizáciou boli odobraté priamo zo štôlny Juraj, ktorá je aj v súčasnosti prístupná.

O banských prácach a charaktere zrudnenia na tejto lokalite existuje len malé množstvo údajov. Štôlna Juraj

(Georg) a krátka prieskumná štôlna v jej blízkosti sú vyobrazené už na mape banského poľa Rabenstein od Veroniho z roku 1786 (viz Kaňa 2013). Banské pole Juraj (Georg) so štôlnou Juraj je neskôr zobrazené aj na mapách banských polí hornohodrušského banského závodu od Antona Wetzsteina a Hermana Buhla z roku 1843 (viz Kaňa et al. 2011). Konkrétne údaje o ťažbe v tomto banskom poli sa nezachovali a prístupné banské diela majú malý rozsah a skôr prieskumný charakter. Epitermálna polymetalická mineralizácia v štôlni Juraj nie je reprezentovaná jednou žilnou štruktúrou ale má skôr impregnačný až žilnikový charakter a je vyvinutá v prostredí andezitových porfýrov resp. kremito-dioritových porfýrov intruzívneho komplexu Banisko, ktoré sú lokálne intenzívne argilitizované (Onačila et al. 1993; Konečný et al. 1998). Medzi hlavné rudné minerály v žilnej výplni patrí galenit, sfalerit, pyrit a chalkopyrit. Zriedkavejší je *spekularit* (varieta hematitu) a polybazit, ktorý tvorí mikroskopické inklúzie v galenite (Onačila et al. 1993).

Metodika

Štúdium povrchovej morfológie vzoriek a fotodokumentácia supergenných minerálov boli realizované v dopadajúcom svetle na optickom stereomikroskope Zeiss Stemi 2000-C (P. Škácha, Hornické muzeum Příbram, ČR).

Röntgenové práškové difrakčné údaje supergenných minerálov boli získané pomocou práškového difraktometra Bruker D8 Advance (Katedra mineralógie a petrológie, PriF UK, Bratislava, SR) s polovodičovým pozíčne citlivým detektorom LynxEye s využitím CuK α žiarenia za nasledovných podmienok: napätie 40 kV, prúd 40 mA, krok 0.01° 2 θ , čas 3 s/krok. Pripravené práškové preparáty boli pre zníženie pozadia záznamov nanosené v acetónovej suspenzii na nosiče zhotovené z monokryštálu Si. Získané difrakčné údaje boli vyhodnotené pomocou softvéru Bruker DIFFRAC^{plus} EVA a pozície jednotlivých difrakčných maxim boli spracované profilovou funkciou Pseudo-Voigt a spresnené pomocou profilového fitovania v programe HighScore Plus. Mriežkové parametre jednotlivých študovaných fáz boli spresnené metódou najmenších štvorcov pomocou programu Celref (Laugier, Bochu 2011).



Obr. 1 Ústie štôlny Juraj. Foto M. Števko, jún 2014.



Obr. 2 Hrubotabulkovitý kryštál anglesitu. Šírka záberu je 4 mm, foto P. Škácha.

Tabuľka 1 Röntgenové práškové údaje anglesitu z Hodruše-Hámrov

<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	0	1	5.374	2	5.377	2	2	0	2.2721	10	2.2731	3	1	3	1.7017	4	1.7008
0	1	1	4.256	34	4.259	1	0	3	2.2361	5	2.2365	2	3	0	1.6530	1	1.6532
2	0	0	4.236	22	4.238	3	0	2	2.1930	2	2.1931	2	2	3	1.6244	3	1.6232
1	1	1	3.804	22	3.805	2	2	1	2.1595	16	2.1606	4	2	1	1.6196	10	1.6197
2	0	1	3.617	13	3.620	0	2	2	2.1294	3	2.1294	2	0	4	1.6080	3	1.6089
0	0	2	3.477	29	3.478	1	1	3	2.0647	24	2.0655	5	1	1	1.5755	1	1.5752
2	1	0	3.330	64	3.331	3	1	2	2.0316	22	2.0312	1	3	2	1.5683	1	1.5678
1	0	2	3.217	55	3.218	4	0	1	2.0259	16	2.0273	2	1	4	1.5417	1	1.5416
2	1	1	3.003	74	3.004	4	1	0	1.9723	8	1.9721	4	1	3	1.5017	90	1.5022
1	1	2	2.762	18	2.762	2	1	3	1.9025	2	1.9030	3	2	3	1.4920	8	1.4922
0	2	0	2.713	100	2.703	3	2	1	1.8772	2	1.8772	5	1	2	1.4667	1	1.4664
2	0	2	2.692	17	2.689	3	0	3	1.7931	6	1.7925	1	2	4	1.4399	2	1.4397
3	0	1	2.619	4	2.618	4	1	2	1.7156	1	1.7155						
2	1	2	2.4051	8	2.4056	1	0	4	1.7037	4	1.7035						

Charakteristika vybraných supergénnych fáz

Anglesit sa na študovanej lokalite vyskytuje zriedkavo. Vytvára idiomorfne vyvinuté číre hrubotabuľkovité až prizmatické kryštály do 3 mm (obr. 2) s výrazným diamantovým leskom, ktoré sa vyskytujú samostatne v drúzových dutinách zvetranej žiloviny bohatej na galenit.

Anglesit bol identifikovaný pomocou práškovej rtg. difrakcie (tab. 1). Jeho spresnené mriežkové parametre sú v tabuľke 2 porovnané s publikovanými údajmi.

Ceruzit patrí k najhojnejším supergénym fázam na lokalite. V puklinách a drúzových dutinách zvetranej žilo-

Tabuľka 2 Mriežkové parametre anglesitu z Hodruše-Hámrov (indexované v rombickej priestorovej grupe *Pnma*) a ich porovnanie s publikovanými údajmi

	táto práca	Downs (2006)
<i>a</i> [Å]	8.477(1)	8.4739(4)
<i>b</i> [Å]	5.3863(10)	5.3958(2)
<i>c</i> [Å]	6.9563(9)	6.9543(4)
<i>V</i> [Å ³]	317.63(9)	317.98(2)

Tabuľka 3 Röntgenové práškové údaje ceruzitu z Hodruše-Hámrov

<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	1	1	4.955	<1	4.970	2	2	0	2.2066	8	2.2082	1	5	0	1.6120	2	1.6112
1	1	0	4.403	16	4.416	0	4	0	2.1188	4	2.1194	2	4	1	1.5850	11	1.5839
0	2	0	4.226	9	4.239	2	2	1	2.0766	30	2.0777	1	5	1	1.5589	6	1.5584
1	1	1	3.576	100	3.584	0	4	1	2.0030	9	2.0032	0	0	4	1.5337	3	1.5336
0	2	1	3.481	48	3.487	2	0	2	1.9768	10	1.9775	0	1	4	1.5088	<1	1.5091
0	0	2	3.062	32	3.067	2	1	2	1.9277	26	1.9258	2	2	3	1.5009	5	1.5004
0	1	2	2.880	4	2.884	1	1	3	1.8548	19	1.8556	3	1	2	1.4809	2	1.4802
1	0	2	2.635	2	2.638	0	2	3	1.8418	9	1.8418	0	4	3	1.4725	12	1.4716
2	0	0	2.584	25	2.587	2	3	1	1.8222	<1	1.8220	1	0	4	1.4715	2	1.4704
0	3	1	2.565	1	2.567	2	2	2	1.7921	5	1.7921	1	1	4	1.4488	5	1.4488
1	1	2	2.517	24	2.519	0	4	2	1.7440	2	1.7437	2	4	2	1.4456	3	1.4459
0	2	2	2.4829	16	2.4849	3	1	0	1.6904	2	1.6900	0	2	4	1.4422	3	1.4422
1	3	0	2.4778	32	2.4801	2	4	0	1.6399	2	1.6395						
2	1	1	2.2932	<1	2.2947	3	1	1	1.6297	8	1.6293						

viny a zrudnených hornín tvorí idiomorfne vyvinuté číre až biele ihlicovité, tabuľkovité a prizmatické kryštály (obr. 3), ktorých veľkosť je bežne 2 - 5 mm a maximálne až 9 mm. Jednotlivé kryštály ceruzitu sú často zrastené. V asociácii spolu s ceruzitom sa vyskytuje linarit, malachit a dundasit.

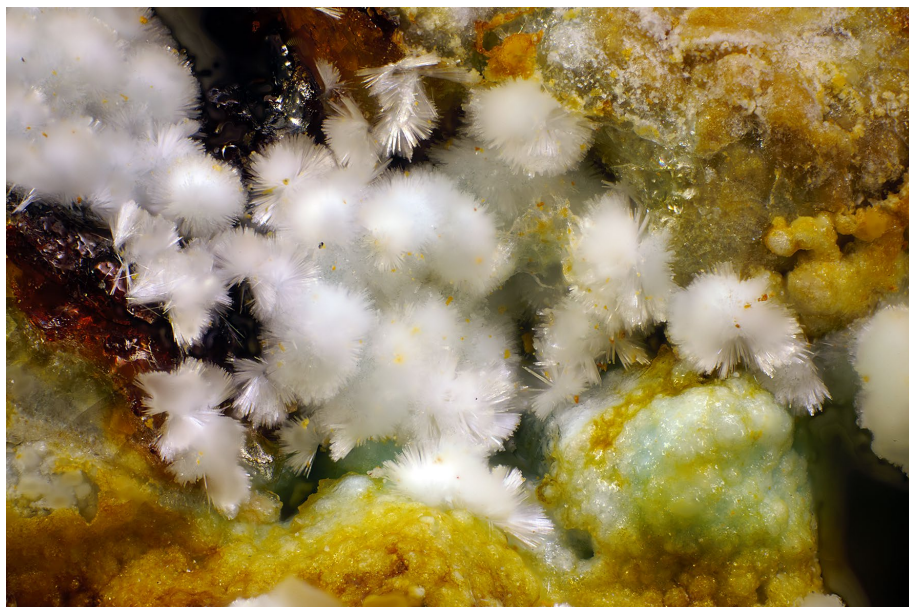
Röntgenové práškové údaje ceruzitu zo štólne Juraj (tab. 3) sú v dobrej zhode s údajmi publikovanými pre túto minerálnu fázu ako aj s teoretickým záznamom, ktorý bol vypočítaný zo štruktúrnych dát, ktoré publikovali Chevrier et al. (1992). Spresnené mriežkové parametre študovaného ceruzitu sú v tabuľke 4 porovnané s publikovanými údajmi.

Tabuľka 4 Mriežkové parametre ceruzitu z Hodruše-Hámrov (indexované v rombickej priestorovej grupe *Pmnc*) a ich porovnanie s publikovanými údajmi

	táto práca	Chevrier et al. (1992)
<i>a</i> [Å]	5.174(1)	5.179(1)
<i>b</i> [Å]	8.478(2)	8.492(3)
<i>c</i> [Å]	6.135(1)	6.141(2)
<i>V</i> [Å ³]	269.1(1)	270.08



Obr. 3 Zrast kryštálov ceruzitu. Šírka záberu je 2.5 mm, foto P. Škácha.



Obr. 4 Biele radiálne až polgulovité agregáty dundasitu. Šírka záberu je 4 mm, foto P. Škácha.

Tabuľka 5 Röntgenové práškové údaje dundasitu z Hodruše-Hámrov

<i>h</i>	<i>k</i>	<i>l</i>	d_{obs}	I_{obs}	d_{calc}	<i>h</i>	<i>k</i>	<i>l</i>	d_{obs}	I_{obs}	d_{calc}	<i>h</i>	<i>k</i>	<i>l</i>	d_{obs}	I_{obs}	d_{calc}
0	2	0	8.227	1	8.197	0	0	2	2.812	1	2.809	0	6	2	1.9565	<1	1.9585
1	1	0	7.975	100	7.937	0	6	0	2.735	5	2.732	3	3	2	1.9262	1	1.9258
1	2	0	6.096	13	6.081	2	4	1	2.672	2	2.674	4	4	1	1.8712	<1	1.8709
2	0	0	4.546	8	4.535	1	1	2	2.653	2	2.648	3	7	0	1.8516	1	1.8515
2	1	0	4.381	4	4.371	3	3	1	2.3935	2	2.3934	5	1	0	1.8013	<1	1.8031
0	4	0	4.105	9	4.098	2	6	0	2.3407	2	2.3403	5	2	0	1.7712	2	1.7712
2	2	0	3.975	3	3.968	4	0	0	2.2687	3	2.2676	4	6	0	1.7443	2	1.7449
1	4	0	3.743	1	3.735	3	5	0	2.2225	2	2.2227	0	4	3	1.7028	1	1.7032
1	3	1	3.602	9	3.596	4	2	0	2.1852	1	2.1855	4	4	2	1.6215	<1	1.6206
2	3	0	3.490	2	3.490	1	5	2	2.0732	1	2.0764	5	5	0	1.5869	<1	1.5873
2	2	1	3.244	6	3.241	0	8	0	2.0491	1	2.0492	0	6	3	1.5434	<1	1.5446
1	5	0	3.087	20	3.083	4	2	1	2.0349	1	2.0368	3	9	1	1.5029	14	1.5033
2	4	0	3.044	8	3.041	3	2	2	1.9987	<1	1.9959	4	8	1	1.4667	<1	1.4676
3	1	0	2.977	5	2.973	4	4	0	1.9827	<1	1.9842						

Dundasit bol identifikovaný len na niekoľkých vzorkách. V dutinách zvetranej žiloviny vytvára do 1 mm veľké radiálne až polguľovité agregáty zložené z jednotlivých ihlicovitých kryštálov (obr. 4), ktoré zriedkavo pokrývajú plochy až 4×1.5 cm. Farba dundasitu je biela až svetlomodrá a má charakteristický hodvábný až perleťový lesk. Dundasit sa vyskytuje v asociácii spolu s ceruzitom a linaritom, lokálne narastá na amorfné svetlomodré sklovité agregáty, ktoré na základe EDS analýzy zodpovedajú alofánu.

Tabuľka 6 Mriežkové parametre dundasitu z Hodruše-Hámrov (indexované v rombickej priestorovej grupe $Pbnm$) a ich porovnanie s publikovanými údajmi

	táto práca	Cocco et al. (1972)
a [Å]	9.071(2)	9.08(1)
b [Å]	16.394(5)	16.37(2)
c [Å]	5.618(2)	5.62(1)
V [Å ³]	835.4(5)	835.35

Tabuľka 7 Röntgenové práškové údaje hydrozinkitu z Hodruše-Hámrov

<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	6.755	100	6.777	0	0	2	2.673	39	2.684	-6	2	1	1.7830	3	1.7852
0	0	1	5.313	5	5.368	-2	2	1	2.568	3	2.574	7	1	1	1.7025	5	1.6993
-1	1	1	4.004	3	4.005	5	1	0	2.4848	33	2.4914	-4	0	3	1.6581	1	1.6543
3	1	0	3.665	11	3.675	4	2	0	2.3172	9	2.3109	-6	2	2	1.5806	12	1.5794
-3	1	1	3.153	35	3.159	3	1	2	2.0904	7	2.0857	-2	2	3	1.5497	24	1.5480
2	2	0	2.866	28	2.864	0	2	2	2.0413	5	2.0455	2	4	0	1.5405	17	1.5386
0	2	1	2.716	81	2.723	2	2	2	1.9139	3	1.9170	-8	2	1	1.4722	2	1.4736

Röntgenové práškové údaje dundasitu zo štólne Juraj (tab. 5) sú v dobrej zhode s teoretickým záznamom, ktorý bol vypočítaný zo štruktúrnych dát, ktoré publikovali Cocco et al. (1972). Spresnené mriežkové parametre študovaného dundasitu sú v tabuľke 6 porovnané s publikovanými údajmi.

Hydrozinkit vytvára kriedovo biele maximálne až 1 cm hrubé povlaky, kôry a nátekovité agregáty na stenách štólne spolu s kalcitom a zinkowoodwarditom. Kôry a agregáty hydrozinkitu majú kryptokryštalickú vnútornú stavbu a lastúrovitý lom.

Hydrozinkit bol identifikovaný pomocou rtg. práškovej difrakcie (tab. 7) a jeho spresnené mriežkové parametre sú v tabuľke 8 porovnané s publikovanými údajmi.

Tabuľka 8 Mriežkové parametre hydrozinkitu z Hodruše-Hámrov (indexované v monoklinickej priestorovej grupe $C2/m$) a ich porovnanie s publikovanými údajmi

	táto práca	Ghose (1964)
a [Å]	13.63(2)	13.62
b [Å]	6.319(8)	6.3
c [Å]	5.397(9)	5.42
β [°]	95.9(3)	95.83
V [Å ³]	462(1)	462.66

Linarit sa v rámci študovanej lokality vyskytuje v dvoch asociáciách. Prvý typ reprezentujú pukliny a drúzové dutiny v zvetranej žilovine, kde sa linarit hojne vyskytuje v podobe dokonale vyvinutých sýtomodrých maximálne 4 mm veľkých tabuľkovitých až prizmatických kryštálov so skleným leskom (obr. 5). Jednotlivé kryštály linaritu sú často zoskupené do radiálnych agregátov a kryštalických kôr v asociácii spolu s ceruzitom a dundasitom. Druhý typ výskytu linaritu predstavujú do 1 mm veľké kryštály a kryštalické kôry, ktoré sa vyskytujú spolu s brochantitom, malachitom, sadrovcem, posnjakitom a zinkowoodwarditom priamo na stenách štólne.



Obr. 5 Skupina prizmatických kryštálov linaritu. Šírka záberu je 3.2 mm, foto P. Škácha.

Tabuľka 9 Röntgenové práškové údaje linaritu z Hodruše-Hámrov

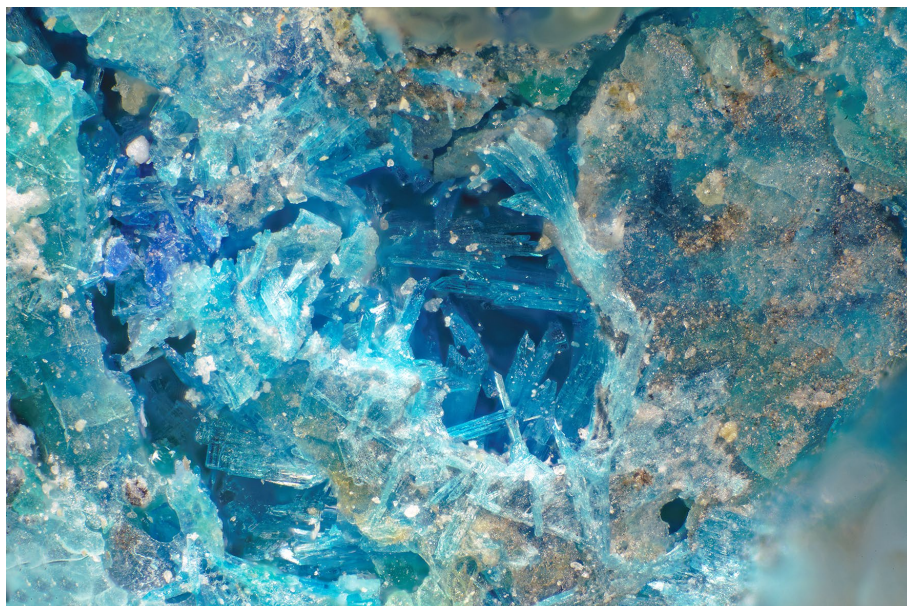
<i>h</i>	<i>k</i>	<i>l</i>	<i>d_{obs}</i>	<i>I_{obs}</i>	<i>d_{calc}</i>	<i>h</i>	<i>k</i>	<i>l</i>	<i>d_{obs}</i>	<i>I_{obs}</i>	<i>d_{calc}</i>	<i>h</i>	<i>k</i>	<i>l</i>	<i>d_{obs}</i>	<i>I_{obs}</i>	<i>d_{calc}</i>
1	0	0	9.429	34	9.454	-4	0	1	2.3155	14	2.3172	0	2	2	1.7759	1	1.7768
1	1	0	4.843	9	4.850	1	2	1	2.2654	2	2.2673	-2	2	2	1.7656	2	1.7653
2	0	0	4.721	4	4.727	-2	0	2	2.2598	13	2.2613	2	3	0	1.7482	<1	1.7495
0	0	1	4.558	2	4.571	4	1	0	2.1795	6	2.1804	-1	3	1	1.7397	<1	1.7385
-1	0	1	4.517	77	4.523	-1	1	2	2.1631	4	2.1635	-2	3	1	1.6789	<1	1.6801
1	0	1	3.799	1	3.801	-4	1	1	2.1425	1	2.1438	-5	0	2	1.6447	2	1.6449
-2	0	1	3.715	1	3.719	1	0	2	2.1164	9	2.1179	5	0	1	1.6255	2	1.6257
2	1	0	3.622	8	3.625	-2	1	2	2.1018	2	2.0994	3	1	2	1.6130	<1	1.6129
0	1	1	3.550	14	3.554	-3	0	2	2.0794	<1	2.0798	4	2	1	1.5951	<1	1.5955
3	0	0	3.149	100	3.151	2	2	1	2.0482	1	2.0487	-5	1	2	1.5798	<1	1.5794
-2	1	1	3.104	9	3.106	-3	2	1	2.0258	<1	2.0269	5	2	0	1.5749	8	1.5713
2	0	1	2.974	11	2.976	1	1	2	1.9803	<1	1.9832	-1	0	3	1.5590	<1	1.5590
-3	0	1	2.908	1	2.910	-3	1	2	1.9505	1	1.9517	-4	2	2	1.5532	<1	1.5532
0	2	0	2.823	2	2.825	4	0	1	1.9324	<1	1.9335	-6	1	1	1.5412	<1	1.5411
3	1	0	2.750	1	2.752	-5	0	1	1.8999	<1	1.9008	0	0	3	1.5235	3	1.5237
1	2	0	2.712	80	2.707	-4	0	2	1.8579	<1	1.8595	6	1	0	1.5199	<1	1.5177
-3	1	1	2.586	7	2.587	1	3	0	1.8456	<1	1.8469	-2	1	3	1.5015	15	1.4976
2	2	0	2.4229	1	2.4248	4	1	1	1.8289	3	1.8293	4	0	2	1.4882	2	1.4879
0	2	1	2.4015	2	2.4030	4	2	0	1.8120	3	1.8127	3	3	1	1.4738	<1	1.4728
-1	2	1	2.3951	1	2.3959	-5	1	1	1.8009	4	1.8015	-1	3	2	1.4676	<1	1.4676
4	0	0	2.3626	3	2.3635	-4	2	1	1.7927	3	1.7915	0	3	2	1.4546	<1	1.4534
-1	0	2	2.3405	4	2.3421												

Tabuľka 10 Mriežkové parametre linaritu z Hodruše-Hámrov (indexované v monoklinickej priestorovej grupe $P2_1/m$) a ich porovnanie s publikovanými údajmi

	táto práca	Effenberger (1987)
<i>a</i> [Å]	9.691(3)	9.701(2)
<i>b</i> [Å]	5.650(2)	5.650(2)
<i>c</i> [Å]	4.686(2)	4.690(2)
β [°]	102.68(2)	102.65(2)
<i>V</i> [Å ³]	250.3(1)	250.82

Röntgenové práškové údaje linaritu zo študovanej lokality (tab. 9) sú v dobrej zhode s údajmi publikovanými pre túto minerálnu fázu ako aj s teoretickým záznamom, ktorý bol vypočítaný zo štruktúrnych dát, ktoré publikovala Effenberger (1987). Spresnené mriežkové parametre linaritu zo štôlne Juraj sú v tabuľke 10 porovnané s publikovanými údajmi.

Posnjakit bol identifikovaný len v jednom prípade na stene Juraj štôlne. Vytvára svetlomodré až 1 mm veľké ihlicovité kryštály (obr. 6), ktoré sú zoskupené do kryštalického agregátu v asociácii spolu s brochantitom, linaritom a zinkowoodwarditom.



Obr. 6 Agregáty svetlomodrých kryštálov posnjakitu. Šírka záberu je 2.5 mm, foto P. Škácha.

Tabuľka 11 Röntgenové práškové údaje posnjakitu z Hodruše-Hámrov

<i>h</i>	<i>k</i>	<i>l</i>	d_{obs}	I_{obs}	d_{calc}	<i>h</i>	<i>k</i>	<i>l</i>	d_{obs}	I_{obs}	d_{calc}	<i>h</i>	<i>k</i>	<i>l</i>	d_{obs}	I_{obs}	d_{calc}
0	0	1	6.909	100	6.925	1	1	2	2.603	<1	2.597	-5	2	1	1.7323	<1	1.7290
0	1	0	6.346	2	6.349	-4	1	1	2.4170	<1	2.4136	1	2	3	1.7105	<1	1.7126
1	1	0	5.238	<1	5.250	4	0	0	2.3338	<1	2.3341	-6	1	3	1.6600	<1	1.6568
-1	1	1	4.828	<1	4.846	0	0	3	2.3089	1	2.3136	-4	2	4	1.6140	<1	1.6147
1	1	1	3.733	<1	3.740	3	1	1	2.2816	<1	2.2809	-6	0	4	1.5835	<1	1.5851
0	0	2	3.461	22	3.470	-3	2	2	2.2422	<1	2.2431	-4	0	5	1.5592	<1	1.5556
-1	1	2	3.316	1	3.326	-4	1	3	2.1262	<1	2.1241	-2	0	5	1.5443	<1	1.5426
-2	1	2	3.227	<1	3.229	-4	2	1	2.0164	<1	2.0174	-6	1	4	1.5378	<1	1.5379
0	2	0	3.179	1	3.174	-2	0	4	1.9485	<1	1.9525	-2	4	1	1.5182	<1	1.5167
-1	2	1	2.916	1	2.923	-4	0	4	1.8727	<1	1.8755	-6	2	3	1.5080	<1	1.5097
2	1	1	2.875	<1	2.872	-2	1	4	1.8655	<1	1.8662	2	4	0	1.5040	<1	1.5027
3	1	0	2.790	<1	2.794	5	1	0	1.7933	<1	1.7914	-6	2	1	1.4954	<1	1.4970
-2	2	1	2.695	1	2.702	0	0	4	1.7388	<1	1.7352						

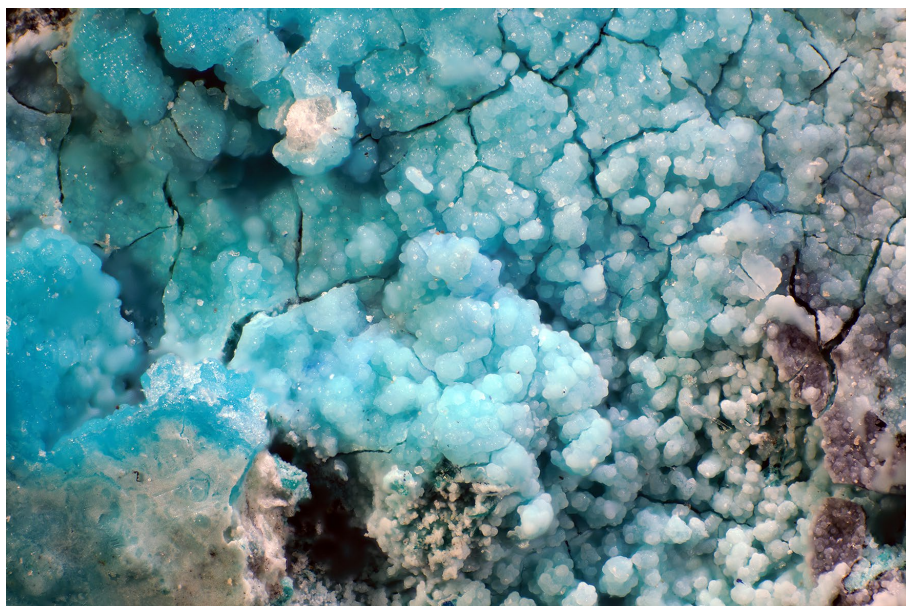
Posnjakit bol potvrdený pomocou rtg. práškovej difrakcie (tab. 11), pričom získané údaje sú v dobrej zhode s teoretickým práškovým záznamom, ktorý bol vypočítaný zo štruktúrnych dát, ktoré publikovali Mellini a Merlino (1979). Jeho spresnené mriežkové parametre sú v tabuľke 12 porovnané s publikovanými údajmi.

Zinkowoodwardit sa vyskytuje vzácné. Vytvára svetlomodré až bielomodré do 4 mm hrubé povlaky a kôry s nepravidelným až hroznovitým povrchom (obr. 7), ktoré pokrývajú plochy do 5 × 4 cm na stenách štôlne. V asociácii spolu so zinkowoodwarditom bol pozorovaný brochantit, hydrozinkit, kalcit, linarit, posnjakit a sadrovec.

Tabuľka 12 Mriežkové parametre posnjakitu z Hodruše-Hámrov (indexované v monoklinickej priestorovej grupe *Pm*) a ich porovnanie s publikovanými údajmi

	táto práca	Mellini, Merlino (1979)
<i>a</i> [Å]	10.569(14)	10.578 (5)
<i>b</i> [Å]	6.349(4)	6.345(3)
<i>c</i> [Å]	7.857(9)	7.863(3)
β [°]	117.94(7)	117.98(5)
V [Å ³]	465.7(9)	466.06

Obr. 7 Svetlomodrá hroznovitá kôra zinkowoodwarditu. Šírka záberu je 4 mm, foto P. Škacha.

**Tabuľka 13** Röntgenové práškové údaje zinkowoodwarditu z Hodruše-Hámrov

<i>h</i>	<i>k</i>	<i>l</i>	d_{obs}	I_{obs}	d_{calc}	<i>h</i>	<i>k</i>	<i>l</i>	d_{obs}	I_{obs}	d_{calc}	<i>h</i>	<i>k</i>	<i>l</i>	d_{obs}	I_{obs}	d_{calc}
0	0	1	8.727	100	8.806	0	1	0	2.638	9	2.648	0	1	3	1.9721	2	1.9719
0	0	2	4.406	31	4.432	0	1	1	2.5306	7	2.5370	1	1	0	1.5276	1	1.5287
0	0	3	2.974	<1	2.955	0	1	2	2.2701	4	2.2730	1	1	1	1.5098	3	1.5064

Tabuľka 14 Mriežkové parametre zinkowoodwarditu z Hodruše-Hámrov (indexované v trigonálnej priestorovej grupe P-3) a ich porovnanie s publikovanými údajmi

	táto práca	Witzke, Raade (2000)
a [Å]	3.057(9)	3.063(2)
c [Å]	8.865(8)	8.91(1)
V [Å ³]	71.8(2)	72.39

Röntgenové práškové údaje zinkowoodwarditu zo štôlne Juraj (tab. 13) sú v dobrej zhode s teoretickým záznamom, ktorý bol vypočítaný zo štruktúrnych dát publikovaných Witzkem a Raadem (2000). Spresnené mriežkové parametre študovaného zinkowoodwarditu sú v tabuľke 14 porovnané s publikovanými údajmi.

Záver

Študovaná asociácia supergénnych minerálov zo štôlne Juraj v Hodruši-Hámroch reprezentovaná alofánom, anglesitom, brochantitom, ceruzitom, dundasitom, hydrozinkitom, kalcitom, linaritom, malachitom, posnjakitom, sadrovcem a zinkowoodwarditom predstavuje produkt sub-recentnej dekompozície primárnych sulfidických minerálov (galenit, sfalerit, chalkopyrit, pyrit) v podmienkach opusteného banského diela. Predpoklad sub-recentného vzniku tejto supergéennej asociácie podporuje najmä forma výskytu supergéennej fáz priamo na stenách štôlne (brochantit, hydrozinkit, kalcit, linarit, malachit, posnjakit, sadrovec, zinkowoodwardit) prípadne prítomnosť supergénnych minerálov v puklinách a dutinách zvetranej žiloviny (alofán, anglesit, ceruzit, dundasit, linarit, malachit), kde je ich výskyt limitovaný vždy na zónu maximálne 10 cm od povrchu steny chodby a vo väčšej hĺbke sa vyskytuje len primárna sulfidická mineralizácia bez prejavov supergéennej alterácie. Výskyt dundasitu a zinkowoodwarditu v štôlni Juraj predstavuje prvý nález týchto minerálnych fáz na území Slovenskej republiky.

PodĎakovanie

Autori ďakujú P. Škáchovi za vyhotovenie fotografií minerálov. Táto práca bola podporovaná Agentúrou na podporu výskumu a vývoja na základe zmluvy č. APVV-0375-12 a vznikla za finančnej podpory Ministerstva kultúry ČR v rámci inštitucionálneho financovania dlhodobého koncepčného rozvoja výskumnej organizácie Národné múzeum (DKRVO 2014/02, 00023272).

Literatúra

- Cocco G., Fanfani L., Nunzi A., Zanazzi P. F. (1972) The crystal structure of dundasite. *Mineral. Mag.* 38, 564-569.
- Downs R. T. (2006) The RRUFF Project: an integrated study of the chemistry, crystallography, Raman and infrared spectroscopy of minerals. *Program and Abstracts of the 19th General Meeting of the International Mineralogical Association in Kobe, Japan, 003-13.*
- Effenberger H. (1987) Crystal structure and chemical formula of schmiederite, $Pb_2Cu_2(OH)_4(SeO_4)$, with a comparison to linarite $PbCu(OH)_2(SO_4)$. *Miner. Petrol.* 36, 3-12.
- Ghose S. (1964) The crystal structure of hydrozincite, $Zn_5(OH)_6(CO_3)_2$. *Acta Crystallogr.* 17, 1051-1057.
- Chevrier G., Giester G., Heger G., Jarosch D., Wildner M., Zemann J. (1992) Neutron single-crystal refinement of cerussite, $PbCO_3$, and comparison with other aragonite-type carbonates. *Z. Kristallogr.* 199, 67-74.
- Kaňa R. (2013) Hodrušské hlbiny-Podzemný svet baníkov. 1-189, *Banskoštiavnicko-hodrušský banický spolok v Banskej Štiavnici, Banská Štiavnica.*
- Kaňa R., Čelko M., Mrákava F. (2011) Hodruša v zemi baníkov. 1-191, *Banskoštiavnicko-hodrušský banický spolok v Banskej Štiavnici, Banská Štiavnica.*
- Konečný V., Lexa J., Halouzka R., Dublan L., Šimon L., Stolár M., Nagy A., Polák M., Vozár J., Havrila M., Pritaš J. (1998) Geologická mapa Štiavnických vrchov a Pohronského Inovca. *GS SR, Bratislava.*
- Laugier J., Bochu B. (2011) LMGP-Suite of Programs for the Interpretation of X-ray Experiments. <http://www.ccp14.ac.uk/tutorial/lmgp>.
- Mellini M., Merlino S. (1979) Posnjakite: $[Cu_4(OH)_6(H_2O)O]$ octahedral sheets and its structure. *Z. Kristallogr.* 149, 249-257.
- Onáčila D., Rojkovičová L., Žáková E., Repčok I., Eliáš K., Kalinaj M. (1993) Epitermálna žilná mineralizácia hodrušského rudného poľa-čiastková záverečná správa. *MS, archív Geofond, Bratislava, sv. 78747.*
- Tóth M. (1882) Magyarország ásványai különös tekintettel termőhelyeik megállapítására. 1-509, *Hunyadi Mátyás, Budapest.*
- Witzke T., Raade G. (2000) Zincowoodwardite $[Zn_{1-x}Al_x(OH)_2]_2[(SO_4)_{x/2}(H_2O)_n]$, a new mineral of hydrotralcite group. *N. Jb. Mineral. Mh.* 455-465.
- Zepharovich V. (1859) Mineralogisches Lexicon für das Kaiserthum Österreich. Band I. 1-627, *Wilhelm Braumüller, Wien.*
- Zipser Ch. A. (1817) Versuch eines topographisch-mineralogischen Handbuches von Ungern. 1-440, *Carl Friedrich Wigand, Oedenburg.*