

Retgersit z ložiska Rudňany (Slovenská republika)

Retgersite from the Rudňany deposit (Slovak Republic)

MARTIN ŠTEVKO^{1,2)*}, JIŘÍ SEJKORA¹⁾ A PAVEL ŠKÁCHA¹⁾

¹⁾Mineralogicko-petrologické oddělení, Národní muzeum, Cirkusová 1740, 193 00 Praha 9 - Horní Počernice, Česká republika; *e-mail: msminerals@gmail.com

²⁾UK Mining Ventures Ltd., No. 1, The Old Coach Yard, East Coker, Somerset, BA22 9HY, Great Britain

ŠTEVKO M, SEJKORA J, ŠKÁCHA P (2019) Retgersit z ložiska Rudňany (Slovenská republika). Bull Mineral Petrolog 27(1): 167-171 ISSN 2570-7337

Abstract

A relatively rare hydrated sulphate of Ni, retgersite, was identified on the ore samples originating from the crosscut P-3, located on the 16th level of the Zlatník vein, Rudňany deposit, Slovak Republic. Retgersite is rare and occurs on the surface of fragments of siderite gangue with abundant aggregates of coarse-grained gersdorffite. It forms light blue to blue-green, often curved fibrous to crystalline aggregates up to 3 mm in size with vitreous lustre, which are grouped to rich crust and efflorescences growing directly on surface of gersdorffite. Retgersite was identified by PXRD and its refined unit-cell parameters (for the tetragonal space group $P4_12_1$) are: a 6.7820(5) Å, c 18.281(2) Å and V 840.8(1) Å³. Results of semiquantitative chemical analysis (EDS) as well as vibrational spectra (Raman, infrared) including their tentative assignments are also given. Retgersite from the Rudňany deposit was formed as a product of post-mining decomposition of gersdorffite.

Key words: supergene minerals, sulphates, retgersite, X-ray powder data, Raman spectrum, infrared spectrum, Rudňany, Slovak Republic

Obdrženo 17. 4. 2019; přijato 14. 6. 2019

Úvod

Retgersit, $\text{NiSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, je relatívne zriedkavý supergénny minerál, ktorý je tetragonálnym dimorfom nikelhexahydrítu. Jeho typovou lokalitou je Ragra mine (Minasragra) pri Cerro de Pasco v Peru (Frondele, Palache 1949). V Českej republike je známy zo Smrkovca (Sejkora 1992), Jáchymova (Sejkora, Řídkošil 1993) a uránového ložiska Horní Slavkov (Sejkora, Plášil 2009). Na území Slovenskej republiky bol doteraz zistený na výskyte Ni-Bi-As mineralizácie pri Čiernej Lehote v Strážovských vrchoch (Mikuš, Chovan 2007) a spolu s nikelhexahydrítom, annabergitom a arzenolitom na Ni-Co ložisku Dobšiná v Spišsko-gemerskom rudohorí (Fehér et al. 2016).

Tento krátky príspevok prináša informácie o novom výskyte a bližšiu mineralogickú charakteristiku retgersitu z ložiska Rudňany v Spišsko-gemerskom rudohorí.

Geologicko-ložisková charakteristika ložiska

Ložisko Rudňany (známe tiež pod názvom rudňanské rudné pole) sa nachádza približne 11 km na juhovýchod od mesta Spišská Nová Ves, medzi obcami Rudňany a Poráč. V minulosti patrilo k najvýznamnejším centrárom ťažby rúd a je najvýznamnejším žilným (Fe-Ba-Cu-Hg) ložiskom sideritového typu na území Slovenskej republiky, ktoré bolo intenzívne ťažené až do roku 1993. V súčasnosti tu v oblasti jamy Poráč prebieha už len limitovaná ťažba zostatkových zásob baritu, ktorú vykonáva spoločnosť SABAR, s.r.o.

Hydrotermálne siderit-kremeňové žily s baritom a sulfidickou mineralizáciou majú na ložisku Rudňany generálny smer V - Z. V strednej časti sú žily vyvinuté v karbónskych horninách Dobšinskej skupiny (zlepence,

pieskovce a čierne bridlice) a v hlbších častiach v mladopaleozoických horninách rakoveckej skupiny gemerika (fylity, metabazalty, amfibolity). Len najvrchnejšie časti žíl vystupujú v permských zlepenoch a pieskovcoch krompašskej skupiny (Cambel et al. 1985; Vozárová, Vozár 1988; Grecula et al. 1995). Od juhu smerom na sever boli na ložisku Rudňany ťažené alebo preskúmané žily Droždiak, Hrubá, Štefan, Zlatník, Severná, Matej, Jakub, Ján, Miloš a Lendava. Najvýznamnejšou je žila Droždiak, ktorá je s dĺžkou 7 km, vertikálnym rozsahom viac ako 900 m a hrúbkou do 40 m najväčšou rudnou žilou sideritového typu na území Karpát (Cambel et al. 1985; Grecula et al. 1995). Sideritové žily na ložisku Rudňany sa vyznačujú vertikálnou zonálnosťou, vo vrchnej časti žíl dominuje barit, siderit prevažuje v strednej časti a kremeňovo-sulfidická mineralizácia v hlbších partiách žíl (Bernard 1961; Rojkovič 1977; Cambel et al. 1985). Rojkovič (1977) a Cambel et al. (1985) uvádzajú, že výplň rudných žíl vznikala generálne v dvoch mineralizačných štádiách: v sideritovom štádiu s fuchsitovým a siderit-baritovým substádiom a kremeňovo-sulfidické štádium s kremeňovo-turmalínovým, sulfidickým a cinabaritovým substádiom. Hlavnými žilnými minerálmi sú siderit, ankerit až dolomit, barit a kremeň. Rudné minerály sú nepravidelne distribuované a sú reprezentované najmä chalkopyritom, pyritom, tetraedritom, cinabaritom, arzenopyritom, arzenidmi a sulfoarzenidmi Ni-Co a hematitom (Bernard 1955, 1961; Hurný, Krištín 1978; Cambel et al. 1985; Števkó et al. 2017a). V supergénej zóne žíl je častý goethit, Mn oxidy, barit, práškovitý cinabarit a lokálne aj azurit a malachit (Bernard 1961; Cambel et al. 1985; Števkó et al. 2017a). Novšie bol na Hrubej žile zistený aj cornwallit, klinoklas, kuprit a delafossit (Števkó et al. 2017b).



Obr. 1 Svetlomodré vláknité agregáty retgersitu z Rudňan. Foto P. Škácha, šírka záberu je 17 mm.



Obr. 2 Detail agregátov retgersitu z Rudňan. Foto P. Škácha, šírka záberu je 6.2 mm.

Charakteristika nálezu

Študovaná vzorka s retgersitom pochádza zo zberov Jiřího Šourka z prekopu P-3 na 16. horizonte žily Zlatník z roku 1982. Ide o hrubozrnnú sideritovú žilovinu s bohatými zrnitými a kryštalickými agregátmi gersdorffitu, ktoré v asociácii spolu s kremeno- zarastajú do sideritu a dolomitu.

Retgersit bol vzácné zistený na povrchu úlomkov sideritovo-kremeno-vej žiloviny s hojným zastúpením gersdorffitu. Vytvára svetlomodré až zelenomodré, vláknité až kryštalické agregáty so skleným leskom do 3 mm (obr. 1, 2), ktoré sú často skrútené. Jednotlivé agregáty retgersitu sú zoskupené do bohatých kôr a výkvetov na povrchu agregátov gersdorffitu. Kôry a výkvetvy agregátov retgersitu pokrývajú plochy do 5 × 4 cm.

Röntgenové práškové údaje

Röntgenové práškové difrakčné údaje retgersitu boli získané pomocou práškového difraktometra Bruker D8 Advance (Mineralogicko-petrologické oddelení, Národní muzeum, Praha, ČR) 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 8 s/krok detektoru, celkový čas experimentu cca 15 hodín. Pripravený práškový preparát bol pre zníženie pozadia záznamu nanosený bez média na nosič zhotovený z monokryštálu Si. Pozície jednotlivých difrakčných maxim boli vyhodnotené pomocou programu ZDS pre DOS (Ondrouš 1993) za použitia profilovej funkcie Pearson VI. Experimentálne získané údaje retgersitu z Rudňan (tab. 1) dobre zodpovedajú publikovaným

Tabuľka 1 Röntgenové práškové údaje retgersitu z Rudňan

<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	6.358	3.1	6.359	2	1	4	2.526	7.4	2.527	2	1	8	1.8250	2.1	1.8251
1	1	1	4.635	8.0	4.639	2	1	5	2.3341	19.2	2.3344	3	1	6	1.7540	3.9	1.7538
0	0	4	4.569	40.5	4.570	1	1	7	2.2924	1.1	2.2935	1	1	10	1.7085	3.1	1.7082
1	1	2	4.244	100.0	4.247	3	0	1	2.2433	0.8	2.2436	4	0	1	1.6885	1.6	1.6883
1	1	3	3.767	5.9	3.769	3	1	1	2.1301	4.6	2.1301	3	1	7	1.6576	0.6	1.6574
2	0	0	3.389	7.4	3.391	2	2	4	2.1226	2.7	2.1233	2	2	8	1.6545	3.6	1.6542
2	0	1	3.331	4.7	3.334	3	0	3	2.1191	3.0	2.1195	4	1	1	1.6384	0.4	1.6383
2	0	2	3.178	1.3	3.179	3	1	2	2.0864	3.3	2.0880	4	0	3	1.6337	1.4	1.6335
2	1	0	3.031	2.1	3.033	3	0	4	2.0266	0.9	2.0263	4	0	5	1.5383	1.6	1.5382
2	0	3	2.962	13.3	2.963	3	1	3	2.0230	1.9	2.0230	0	0	12	1.5235	0.4	1.5234
1	1	5	2.907	4.0	2.908	2	1	7	1.9792	3.1	1.9790	4	2	1	1.5118	1.6	1.5113
2	1	2	2.877	3.3	2.879	3	1	4	1.9414	1.0	1.9415	3	1	9	1.4749	0.8	1.4748
1	0	6	2.779	1.4	2.779	2	0	8	1.8954	4.1	1.8950	4	0	7	1.4225	0.4	1.4221
2	0	4	2.723	12.0	2.723	3	2	0	1.8817	2.4	1.8810	4	2	5	1.4013	0.7	1.4008
1	1	6	2.574	7.7	2.572	3	1	5	1.8499	5.9	1.8499	3	1	10	1.3905	1.0	1.3913

Tabuľka 2 Mriežkové parametre retgersitu z Rudňan (indexované v tetragonálnej priestorovej grupe $P4_12_12$) a ich porovnanie s publikovanými údajmi

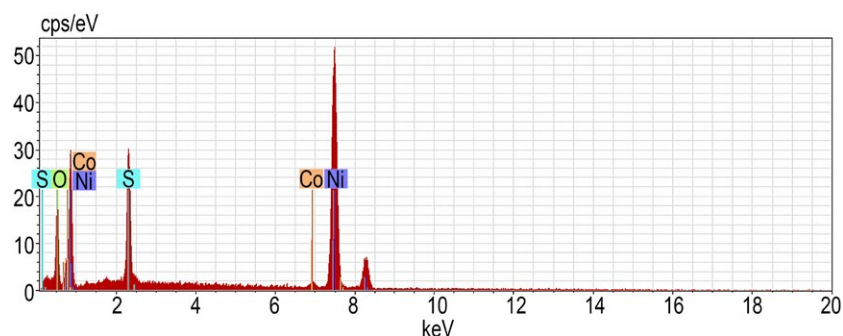
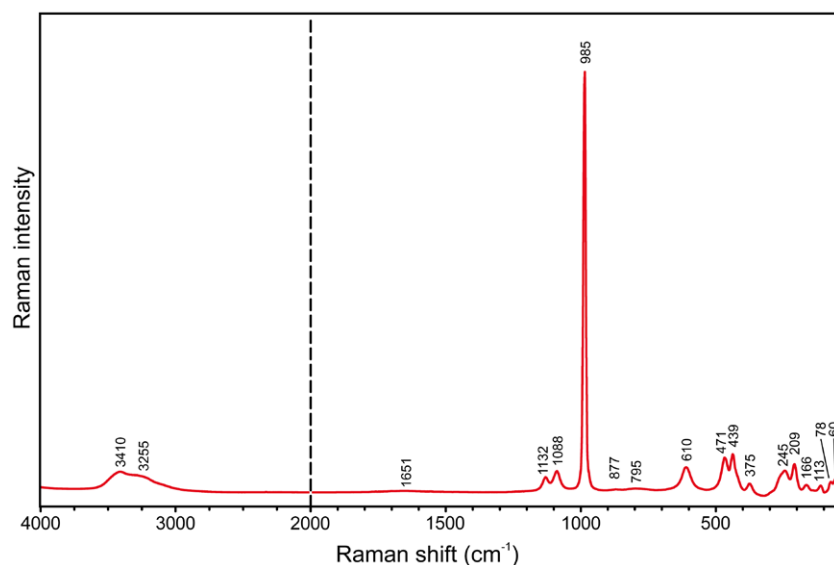
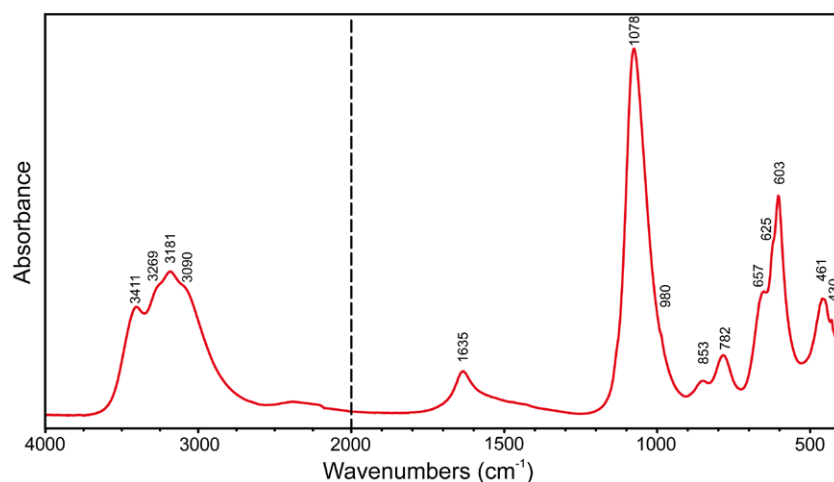
		a [Å]	c [Å]	V [Å ³]
Rudňany	táto práca	6.7820(5)	18.281(2)	840.8(1)
synt.	Rousseau et al. (2000)	6.782(1)	18.274(3)	840.5
Jáchymov	Sejkora, Řídkošil (1993)	6.772(1)	18.249(5)	836.9
synt.	Angel, Finger (1988)	6.780(1)	18.285(2)	840.5(3)
synt.	Stadnicka et al. (1987)	6.783(1)	18.288(2)	841.4(3)

údajom pre túto minerálnu fázu ako aj teoretickému práškovému záznamu, ktorý bol vypočítaný programom Lazy Pulverix (Yvon et al. 1977) z údajov o kryštálovej štruktúre retgersitu (Rousseau et al. 2000). Mriežkové parametre retgersitu z Rudňan spresnené pomocou programu Burnhama (1962) sú v tabuľke 2 porovnané s publikovanými údajmi retgersitu.

Chemické zloženie a vibračná spektroskopia

Vzhľadom k veľmi dobrej rozpustnosti retgersitu vo vode bolo jeho chemické zloženie overené len semikvantitatívne, pomocou energio-disperzného analyzátora Bruker integrovaného v elektrónovom mikroanalyzátore Cameca SX100 (Národní muzeum, Praha, ČR). Okrem dominantných obsahov Ni, S a O (obr. 3) bolo v študovanej vzorke zistené aj minoritné zastúpenie Co, ktorý veľmi pravdepodobne izomorfnie substituuje Ni.

Ramanove spektrum retgersitu bolo získané za pomoci disperzného spektrometra DXR (Thermo Scientific) spojeného s konfokálnym mikroskopom Olympus (Národní muzeum, Praha, ČR) za nasledovných podmienok: zväčšenie objektívu 100×, použitý laser 633 nm, rozsah merania 40 - 4000 cm^{-1} , doba expozície 10 s, celkový počet expozícií 100, nastavený výkon lasera 8 mW a použitá apertúra 50 μm slit (štrbinová). Spektrometer bol kalibrovaný pomocou softvérového riadeného procedúry s využitím emisných línií neónu (kalibrácia vlnočtu), Ramanových pásov polystyrénu (kalibrácia frekvencie lasera) a standardizovaného zdroja bieleho svetla (kalibrácia intenzity). Experimentálne spektrum retgersitu z Rudňan (obr. 4) v základných rysoch zodpovedá spektrám retgersitu uvedeným v databáze RRUFF (www.ruff.info), dosiahnuté ale bolo výrazne lepšie rozlíšenie jednotlivých pásov (tab. 3). Infračervené vibračné spektrum retgersitu bolo získané metódou attenuated total reflection (ATR) na spektrometri Nicolet iS5 za podmie-

**Obr. 3** Energiovo-disperzné spektrum retgersitu z Rudňan.**Obr. 4** Ramanove spektrum retgersitu z Rudňan (split pri 2000 cm^{-1}).**Obr. 5** Infačervené spektrum retgersitu z Rudňan (split pri 2000 cm^{-1}).

nok: rozsah 4000 - 400 cm^{-1} , počet skenov 64, rozlíšenie 4 cm^{-1} , rýchlosť zrkadla 0.4747 cm/s . Získané infračervené spektrum retgersitu z Rudňan (obr. 5) veľmi dobre zodpovedá publikovaným údajom (Chukanov 2014) pre retgersit z Jáchymova a rudného poľa Pečenga (tab. 4).

Retgersit s ideálnym vzorcom $\text{NiSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ obsahuje vo svojej kryštálovej štruktúre okrem katiónu Ni^{2+} jeden sulfátový anión a tri neekvivalentné molekuly vody (Stadnicka et al. 1987). Volným tetraédrom $(\text{SO}_4)^{2-}$ (symetria T_d) prislúchajú fundamentálne vibrácie: ν_1 symetrická valenčná vibrácie, ν_2 (δ) dvojnásobne degenerovaná de-

formačná vibrácia, ν_3 trojnásobne degenerovaná antisymetrická valenčná vibrácia, a ν_4 (δ) trojnásobne degenerovaná deformačná vibrácia. Všetky uvedené vibrácie sú aktívne v Ramanovom spektre, v infračervenom spektre sú aktívne len vibrácie ν_3 a ν_4 . Zníženie symetrie T_d spôsobuje rozštiepenie degenerovaných vibrácií a aktiváciu vibrácií v infračervenom aj Ramanovom spektre (Ross 1974; Nakamoto 2009).

Pás pri 3410 cm^{-1} s ramienkom pri 3255 cm^{-1} (R) a pásy s ramienkami pri 3411, 3269, 3181 a 3090 cm^{-1} (IR) prislúchajú v OH valenčným vibráciám molekúl vody; cha-

Tabuľka 3 Vlnočty v Ramanovom spektre retgersitu z Rudňan a ich porovnanie s údajmi z databázy RRUFF (www.ruff.info)

Rudňany	R100086	R130366	R130119	R70655	
3410					v OH valenčné vibrácie molekúl vody
3255					
1651					$\nu_2(\delta)$ deformačná vibrácia molekúl vody
1132	1125				ν_3 antisymetrické valenčné vibrácie $(\text{SO}_4)^{2-}$
1088	1088	1087		1091	
985	987	986	983	987	ν_1 symetrická valenčná vibrácia $(\text{SO}_4)^{2-}$
877					libračné módy vody
795					
610	603	602	607	618	ν_4 deformačná vibrácia $(\text{SO}_4)^{2-}$
471	459	458	469	467	ν_2 deformačná vibrácia $(\text{SO}_4)^{2-}$
439	427	425		438	
375	373	374	388	370	vibrácie molekúl vody viazaných vodíkovými väzbami, vibrácie Ni-O väzieb a mriežkové módy
	293	347			
245	267	273	243	246	
209	212	208		208	
		193			
166	161	158			
113					
78					
60					

R100086 - syntetický retgersit, Fluka Chemie 72280

R130366 - Minas Ragra mine, Pasco, Peru

R130119 - Cerro de Pasco, Alcides Carrión Province, Pasco department, Peru

R70655 - Lovelock mine, Bolivia, Cottonwood Canyon, Table Mountain District, Churchill County, Nevada, USA

Tabuľka 4 Vlnočty v infračervenom spektre retgersitu z Rudňan a ich porovnanie s údajmi z publikácie Chukanova (2014)

Rudňany	S112	S238	
3411	3470	3440	v OH valenčné vibrácie molekúl vody
3269	3250	3248	
3181			
3090			
	2280	2250	$\nu_2(\delta)$ deformačná vibrácia molekúl vody
		2070	
1635	1645	1645	$\nu_2(\delta)$ deformačná vibrácia molekúl vody
1078	1094	1096	ν_3 antisymetrická valenčná vibrácia $(\text{SO}_4)^{2-}$
980		986	ν_1 symetrická valenčná vibrácia $(\text{SO}_4)^{2-}$
853	840	845	libračné módy vody
782	784	785	
657	663	665	ν_4 deformačná vibrácia $(\text{SO}_4)^{2-}$
625	623	617	
603			
	505		
461	470	470	ν_2 deformačná vibrácia $(\text{SO}_4)^{2-}$
430			

S112 - Jáchymov, Česká republika

S238 - Ni-Cu rudní pole Pečenga, Kolský poloostrov, Rusko

rakter zistených pásov potvrdzuje prítomnosť niekoľkých neekvivalentných molekúl vody v retgersite. Podľa práce Libowitzkého (1999) je možné odvodiť približné dĺžky vodíkových väzieb O-H $\times\times\times$ O v štruktúre retgersitu v rozmedzí 2.83 - 2.73 Å (R) a 2.83 - 2.68 Å (IR), čo je v súlade s hodnotami, ktoré boli zistené pri štúdiu kryštálovej štruktúry (Stadnicka et al. 1987). Deformačnej vibrácii molekúl vody $\nu_2(\delta)$ H₂O prislúcha nevýrazný pás pri 1651 cm⁻¹ (R) a zreteľný pás s maximom pri 1635 cm⁻¹ (IR).

Dva pásy pri 1132 a 1088 cm⁻¹ (R) a veľmi intenzívny pás pri 1078 cm⁻¹ (IR) je možné priradiť antisymetrickej valenčnej vibrácii ν_3 (SO₄)²⁻ skupiny. Najintenzívnejší pás v Ramanovom spektre s maximom pri 985 cm⁻¹ a len nevýrazné ramienko pri 980 cm⁻¹ v IR spektre prislúcha ν_1 symetrickej valenčnej vibrácii (SO₄)²⁻. Pásy s nízkou intenzitou pri 877, 795 (R) a 853, 782 (IR) cm⁻¹ pravdepodobne súvisia s libračnými módmami vody. Trojnásobne degenerovaná deformačná vibrácia ν_4 (SO₄)²⁻ sa v Ramanovom spektre prejavuje pásmom pri 610 cm⁻¹ a v IR spektre pásmi a ramienkami pri 657, 625 a 603 cm⁻¹. Pásy pri hodnotách 471, 439 cm⁻¹ (R) a 461, 430 cm⁻¹ (IR) je možné priradiť dvojnásobne degenerovanej deformačnej vibrácii ν_2 (SO₄)²⁻. Ostatné pásy pri hodnotách 375, 245, 209, 166, 113, 78 a 60 cm⁻¹ sú pravdepodobne spojené s vibráciami molekúl vody viazanými vodíkovými väzbami, Ni-O väzieb a mriežkovými módmami.

Záver

Na ložisku Rudňany bol zistený výskyt relatívne zriedkavého sulfátu Ni, retgersitu, ktorý na tejto lokalite nebol doteraz známy. Vznik retgersitu súvisí s recentným zvetrávaním primárneho gersdorffitu v suchom prostredí v podmienkach opusteného banského diela. Podľa práce Petrovej et al. (2012) retgersit z vodného roztoku priamo kryštalizuje iba pri teplotách nad 31.5 °C a pri nižších teplotách vzniká heptahydrát morenositu. Retgersit môže predstavovať dehydratačný produkt morenositu. Výnimku pri priamom vzniku retgersitu pri teplotách nižších ako 31.5 °C predstavuje kryštalizácia retgersitu z kyslých roztokov s obsahom voľnej kyseliny sírovej. Morfológický charakter agregátov morenositu a jej zreteľné nenarušenie dehydratačnými procesmi naznačuje, že retgersit v Rudňanoch kryštalizoval priamo z kyslých roztokov a nejde o produkt dehydratácie preexistujúceho morenositu.

PodĎakovanie

Táto práca vznikla vďaka finančnej podpore Grantové agentury ČR v rámci projektu 17-09161S.

Literatúra

- ANGEL RJ, FINGER LW (1988) Polymorphism of nickel sulfate hexahydrate. *Acta Cryst C* 44(11): 1869-1873
- BERNARD JH (1955) K sukcesi minerálů rudní žíly Drožďiak v Rudňanech. *Věst Ústř Úst geol (Praha)* 30: 237-239
- BERNARD JH (1961) Mineralogie und Geochemie der Siderit-Schwespatgänge mit Sulfiden im Gebiet von Rudňany (Tschechoslowakei). *Geol Práce* 58: 1-222
- BURNHAM CH W (1962) Lattice constant refinement. *Carnege Inst Washington Year Book* 61: 132-135
- CAMBEL B, JARKOVSKÝ J, FAITH L, FORGÁČ J, HOVORKA D, HRNČÁROVÁ M, HURNÝ J, IVAN P, KAROLI A, KRÁL J, LITAVEC J, MATULA I, MIHALOV J, POPREŇÁK J, RÉNYI K, ROJKOVIČ I, ROZLOŽNÍK L, SASVÁRI T, SAVČENKOVÁ L, SPIŠIAK J, ŠMEJKAL V, TURAN J, TURANOVÁ L, VARČEK C, ŽABKA M, ŽUKOV F (1985) Rudnianské rudné pole. *Veda, Bratislava*, 1-363
- FEHÉR B, SZAKÁLL S, KRISTÁLLY F, ZAJZON N (2016) Mineralogical mosaics from the Carpathian-Pannonian region 3. *Föld Közl* 146(1): 47-60
- FRONDEL C, PALACHE C (1949) Retgersite, NiSO₄·6H₂O, a new mineral. *Am Mineral* 34(3-4): 188-194
- GRECULA P, ABONYI A, ABONYIOVÁ M, ANTAŠ J, BARTALSKÝ B, BARTALSKÝ J, DIANIŠKA I, ĎUĐA R, GARGULÁK M, GAZDAČKO Ľ, HUDÁČEK J, KOBULSKÝ J, LŐRINCZ L, MACKO J, NÁVESŇÁK D, NÉMETH Z, NOVOTNÝ L, RADVANEC M, ROJKOVIČ I, ROZLOŽNÍK L, VARČEK C, ZLOCHA Z (1995) Ložiská nerastných surovín Slovenského rudohoria. Zväzok 1. *Geocomplex, Bratislava*, 1-834
- HURNÝ J, KRISTÍN J (1978) Niektoré Ni-Co-minerály z ložiska Rudňany (žila Zlatník). *Miner Slov* 10(3): 221-238
- CHUKANOV NV (2014) Infrared spectra of mineral species: extended library. Vol. 2. Springer Dordrecht
- LIBOWITZKY E (1999) Correlation of O-H stretching frequencies and O-H $\times\times\times$ O hydrogen bond lengths in minerals. *Monat Chem* 130: 1047-1059
- MIKUŠ T, CHOVAN M (2007) Retgersit z Čiernej Lehoty (Strážovské vrchy). *Miner Slov* 39(3): 197-203
- NAKAMOTO K (2009) Infrared and Raman spectra of inorganic and coordination compounds Part A: Theory and application in inorganic chemistry. John Wiley and Sons, Hoboken New Jersey
- ONDRUŠ P (1993) ZDS - A computer program for analysis of X-ray powder diffraction patterns. *Materials Science Forum*, 133-136, 297-300, EPDIC-2. Enchede
- PETROVA EV, VORONTOVA MA, MANOMENOVA VL, RASHKOVICH LN (2012) Some properties of aqueous solutions of α -NiSO₄·6H₂O. *Crystallogr Rep* 57(4): 579-584
- ROJKOVIČ I (1977) Mineralogicko-geochemické štúdium opaktných minerálov na ložisku Rudňany. Manuscript, archív ŠGÚDŠ, Bratislava, 1-224
- ROSS SD (1974) Chapter 18. Sulphates and other oxy-anions of Group VI. *In: The Infrared Spectra of Minerals* (Ed.: V. C. Farmer), 423-444. The Mineralogical Society, London
- ROUSSEAU B, MAES ST, LENSTRA AT (2000) Systematic intensity errors and model imperfection as the consequence of spectral truncation. *Acta Cryst A* 56(3): 300-307
- SEJKORA J (1992) Retgersit ze Smrkovce u Mariánských Lázní. *Čas Mineral Geol* 37(4): 79
- SEJKORA J, PLAŠIL J (2009) Mineralien aus dem Uranrevier Horní Slavkov. *Lapis* 34 (7-8): 63-67; 70
- SEJKORA J, ŘÍDKOŠIL T (1993) Retgersite from Jáchymov, Krušné hory Mountains, Czech Republic. *N Jb Mineral, Mh* (9): 393-400
- STADNICKA K, GLAZER AM, KORALEWSKI M (1987) Structure, absolute configuration and optical activity of α -nickel sulfate hexahydrate. *Acta Cryst B* 43(4): 319-325
- ŠTEVKO M, PETEREC D, TURECKÝ L, KRÁČMAR L (2017a) Prehľad zberateľsky atraktívnych minerálov z ložiska Rudňany. *Minerál* 25(1): 28-48
- ŠTEVKO M, DOJČANSKÝ Ľ, VOLEJNÍK M, SEJKORA J (2017b) Nový nález sekundárnych minerálov na Hrubej žile v Rudňanoch. *Minerál* 25(1): 87-93
- VOZÁROVÁ A, VOZÁR J (1988) Late Paleozoic in West Carpathians. *GÚDŠ, Bratislava*, 1-314
- YVON K, JEITSCHKO W, PARTHÉ E (1977) Lazy Pulverix, a computer program for calculation X-ray and neutron diffraction powder patterns. *J Appl Cryst* 10: 73-74