

Pozoruhodný výskyt metaťujamunitu a minerálů mixitové skupiny na Dušní žíle (Geister), Jáchymov (Česká republika)

An interesting occurrence of metatyuyamunite and a minerals of the mixite-group from the Dušní (Geister) vein, Jáchymov (Czech Republic)

JAKUB PLÁŠIL^{1)*}, JAN HLOUŠEK^{2)†} A ANATOLY V. KASATKIN³⁾

¹⁾Fyzikální ústav AV ČR v.v.i., Na Slovance 2, 182 21 Praha 8, Česká republika; *e-mail: plasil@fzu.cz

²⁾U Roháčových kasáren 24, 100 00 Praha 10, Česká republika; † 27. 4. 2014

³⁾V/O „Almazjuvelirexport“, Ostozhenka str., 22, block 1, 119034 Moskva, Rusko

PLÁŠIL J., HLOUŠEK J., KASATKIN A. V. (2014) Pozoruhodný výskyt metaťujamunitu a minerálů mixitové skupiny na Dušní žíle (Geister), Jáchymov (Česká republika). *Bull. mineral.-petrol. Odd. Nár. Muz. (Praha) 22, 2, 215-220. ISSN 1211-0329.*

Abstract

An interesting association of supergene U and Y/REE minerals was found in the dump material at the Dušní (Geister) vein in the Jáchymov ore district, Czech Republic. The mineral assemblage is represented by anomalously rich and well-crystalline metatyuyamunite associated with metazeunerite and minerals of the mixite group (agardite-(Y) and goudeyite), jarosite and probably chenevixite. Chemical composition of the metatyuyamunite studied was determined by electron microprobe analyses. Its empirical formula can be expressed as $(\text{Ca}_{0.81}\text{Pb}_{0.22})_{\Sigma 1.03}(\text{U}_{0.98}\text{O}_2)_2\text{V}_{2.05}\text{O}_8 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ (mean of 5 point analyses; on the basis of 15 O and $3\text{H}_2\text{O}$ apfu). Microprobe data indicated that the studied metatyuyamunite represents a Pb-rich variety, which is the first report so far. The refined unit-cell parameters of metatyuyamunite from the powder X-ray diffraction data (for the orthorhombic space group *Pman*) are $a = 10.615(8)$, $b = 8.399(5)$, $c = 16.824(5)$ Å with $V = 1500(1)$ Å³. Minerals of the mixite group are represented by intermediate members of the agardite-(Y)-goudeyite solid solution series. Their empirical formula can be expressed as $[(\text{Y}_{0.47}\text{Nd}_{0.06})_{\Sigma \text{REE}0.53}\text{Al}_{0.42}\text{Pb}_{0.10}\text{Ca}_{0.04}]_{\Sigma 1.09}(\text{Cu}_{5.92}\text{Zn}_{0.06})_{\Sigma 5.98}\text{As}_{2.99}\text{O}_{12}(\text{OH})_6 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ (agardite-(Y)) and $[\text{Al}_{0.50}(\text{Y}_{0.40}\text{Nd}_{0.03})_{\Sigma \text{REE}0.43}\text{Pb}_{0.08}\text{Ca}_{0.04}]_{\Sigma 1.05}(\text{Cu}_{5.81}\text{Zn}_{0.21})_{\Sigma 6.02}\text{As}_{2.98}\text{O}_{12}(\text{OH})_6 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ (goudeyite). Minerals of the mixite group, metatyuyamunite and namely metazeunerite are partly overgrown by jarosite and probable chenevixite. Studied association represents a supergene alteration products of *in-situ* weathering of primary ore mineralization.

Key words: metatyuyamunite, agardite-(Y), goudeyite, oxide zone, uranium minerals, rare-earth elements, chemical composition, powder diffraction, Jáchymov

Obdrženo: 1. 9. 2014; přijato: 8. 10. 2014

Úvod

Dušní žíla, neboli žíla sv. Ducha (také Geister Gang) je velmi významnou hydrotermální žilnou strukturou západní části jáchymovského revíru v prostoru šachty Rovnost I (dříve Rudolf či Werner) a zároveň jednou z nejbohatších mineralogických lokalit celého jáchymovského rudního revíru (Plášil et al. 2013a). Podrobnější popis historické, topografické, geologické a ložiskové geologické situace Dušní žíly je recentně podán v pracích Plášila et al. (2013a) a Horáka et al. (2014). Moderním mineralogickým výzkumem materiálu pocházejícího z hald nebo přístupných podzemních prostor Dušní žíly byla určena celá řada velmi vzácných (Ondruš et al. 1997; Plášil et al. 2013a), či dokonce nových fází pro mineralogický systém (Vogl 1853; Sejkora et al. 2010; Plášil et al. 2012, 2013b).

Během mineralogického výzkumu vzorků nalezených v haldovém materiálu na výchozových partiích Dušní žíly v prostoru tzv. Bohaté nálezné jámy Hoffmannova léna jedním z autorů (JH), byl zjištěn výskyt neobvykle bohatých akumulací metaťujamunitu v asociaci s minerály mixitové skupiny, agarditem-(Y), který byl v rámci já-

chymovského revíru považován za extrémně vzácný, a goudeyitem, který je zde potvrzen vůbec poprvé v ČR. Podrobný mineralogický popis tohoto výskytu je náplní této práce.

Charakteristika nálezu

Lokalita, ze které byl odebrán materiál pro mineralogické studium, se nachází přímo na žilné struktuře představené Dušní žílou, zhruba 470 m jjv. od jámy Rovnost I a zhruba 190 m j. od staré nálezné jámy Geister (jáchymovský rudní revír, Krušné hory, Česká republika). Jedná se o komplex hald tzv. bohaté nálezné jámy Hoffmannova léna (Hoffmann lenschacht). Detailní popis ložiskově-geologické situace místa nálezu je uveden v publikaci Plášila et al. (2013a).

Metodika výzkumu

Povrchová morfologie vzorků byla sledována v dopadajícím světle pomocí optického mikroskopu Zeiss Stemi2000; její detaily pak pomocí elektronového mikroskopu Carl Zeiss ULTRaplus FEG-SEM (analytik A.



Obr. 1 Mikrokrystalické agregáty metaujamunitu (žlutý) srůstající místy s metazeuneritem (nazelenalé tabulkovité krystaly). Žíla Geister, Jáchymov. Velikost delší strany obrázku odpovídá 4 mm (foto P. Škácha).

Wieczorek).

Rentgenová prášková difrakční data studovaných fází byla získána pomocí práškového difraktometru PANalytical Empyrean s polovodičovým pozičně citlivým detektorem PIXcel^{3D} za užití $\text{CuK}\alpha_{1,2}$ záření (45 kV, 40 mA) v Bragg-Brentanově geometrii. Rozdrcené krystaly metaujamunitu byly v suspenzi acetonu (p.a.) naneseny na nízkopozadový nosič zhotovený z monokrystalu Si a následně snímkovány v rozmezí 3 - 50 °2 θ , s krokem 0.02° a načítacím časem 1 s/krok (akumulace 20 záznamů pro zlepšení statistiky intenzit difrakcí). Získaná data byla vyhodnocena pomocí softwaru High-Score Plus (PANalytical) s databází ICDD PDF-4 2013. Pozice jednotlivých difrakčních maxim byly zpřesněny pomocí softwaru High-Score Plus (PANalytical, Almelo, B.V.) za užití profilové funkce Pseudovoigt. Mřížkové parametry byly zpřesněny z práškových dat pomocí programu Celref (Laugier, Bouchu 2004).

Chemické složení studovaných minerálů bylo kvantitativně studováno pomocí elektronového mikroanalýzátoru JEOL Superprobe 733 vybaveného vlnově-disperzním analyzátozem INCA (Laboratoř Fersmanova mineralogického muzea, Moskva) za následujících experimentálních

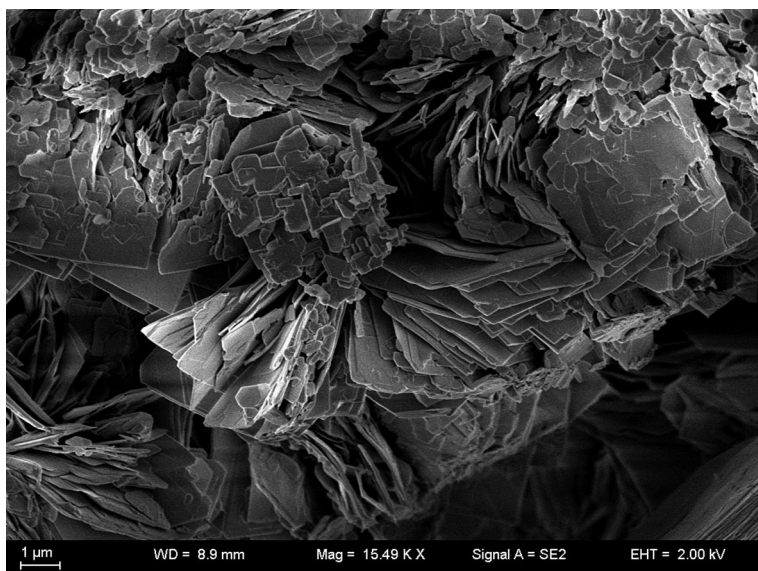
podmínek: urychlovací napětí 20 kV, proud 20 nA, šířka svazku 1 μm ; použité standardy: diopsid (Ca), Cu_3VS_4 (V), PbTiO_3 (Pb), UO_2 (U), Y_2O_3 (Y), NdPO_4 (Nd), mikrokolín (Al), CuS (Cu), ZnS (Zn), InAs (As), AlPO_4 (P).

Metaujamunit

Metaujamunit byl zjištěn ve formě masivních krystalických agregátů žluté až žlutooranžové barvy (obr. 1), pokrývajících na studovaném vzorku plochu několika cm^2 . Tyto agregáty jsou složeny ze srůstajících tabulkovitých krystalů (obr. 2) o velikosti do 10 μm . Součástí agregátů metaujamunitu jsou ojedinele krystaly světle zeleného metazeuneritu.

Studium chemického složení metaujamunitu (tab. 1) ukázalo, že se jedná o Pb-bohatou varietu tohoto minerálu. Podíl olova se uplatňuje až do výše 0.28 Pb^{2+} *apfu*. Empirický vzorec studovaného metaujamunitu (průměr 5 bodových analýz) lze na bázi 15 O a 3 H_2O *apfu* vyjádřit jako $(\text{Ca}_{0.81}\text{Pb}_{0.22})_{\Sigma 1.03}(\text{U}_{0.98}\text{O}_2)_2\text{V}_{2.05}\text{O}_8 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$. Obsahy Pb v ůjamunitu či metaujamunitu nejsou v literárních pramelech zmiňovány.

Práškový difrakční experiment metaujamunitu z Jáchymova poskytl překvapivě kvalitní práškový záznam,



Obr. 2 Mikrokrystalické agregáty metaujamunitu na snímku v sekundárních elektronech (SE). Carl Zeiss ULTRaplus FE-G-SEM mikroskop (foto A. Wieczorek).

na rozdíl například od špatně difraktujících fází blízkých metaťujamunitu z haldy šachty č. 16 (Háje) (Plášil et al. 2008) či tujamunitu/metaťujamunitu již dříve popsaného z Jáchymova Ondrušem et al. (1997). Špatná kvalita difrakčního záznamu (nízké intenzity, vysoké *FWHM* difrakčních profilů) tkví v nízké míře uspořádání minerálu, který vznikl pravděpodobně často rychlou krystalizací z roztoků v podmínkách haldy, či opuštěného důlního díla. Na základě práškových difrakčních dat (tab. 2) byly zpřesněny mřížkové parametry ortorombického metaťujamunitu z Jáchymova (tab. 3). V práškovém záznamu se výrazně projevila přednostní orientace krystalitů typu (00 l) daná výtečnou bazální štěpností minerálu.

Minerály skupiny mixitu

Minerály skupiny mixitu tvoří ve studované asociaci velmi drobné, světle zelené až zelenošedé, jehlicovité krystaly (obr. 3), narůstající na metazeunerit, které dosahují velikosti do 100 μm . V rámci těchto agregátů byla zjištěna pomocí studia na elektronovém mikroanalýzátoru přítomnost dvou minerálů této skupiny: agarditu-(Y) a goudeyitu.

Agardit-(Y)

Část analyzovaných agregátů minerálů skupiny mixitu ze zkoumané asociace náleží prokazatelně agarditu-(Y). Tento minerál byl z Jáchymova popsán Ondrušem et al. (1997), z jediného vzorku pocházejícího právě ze žíly Geister. Jak vyplývá z původního popisu, na rozdíl od námi zkoumaného vzorku, tvořil agardit-(Y) celistvé, skelné, pseudomalachit připomínající agregáty jablečně zelené barvy.

Při studiu chemického složení (tab. 4) pomocí elektronové mikroanalýzy náležely dva z pěti analyzovaných bodů do pole minerálu agarditu-(Y). Empirický vzorec (průměr dvou bodových analýz) lze na bázi 18 O a 3H₂O *apfu* vyjádřit jako $[(Y_{0.47}Nd_{0.06})_{\Sigma REE 0.53}Al_{0.42}Pb_{0.10}Ca_{0.04}]_{\Sigma 1.09}(Cu_{5.92}Zn_{0.06})_{\Sigma 5.98}As_{2.99}O_{12}(OH)_6 \cdot 3H_2O$. Nejvýrazněji se na kationtové pozici uplatňuje v případě analyzovaného materiálu heterovalentní substituce $Y^{3+} \leftrightarrow Al^{3+}$ odpovídající sérii agardit-(Y) - goudeyit na rozdíl od jen nízkého zastoupení plumboagarditové a zálesitové komponenty.

Goudeyit

Podle výsledků mikrochemického studia náleží většina analyzovaných jehlicovitých krystalů minerálu goudeyitu, který nebyl dosud v Jáchymově zjištěn. Empirický vzorec goudeyitu z Jáchymova (průměr tří bodových analýz), lze na bázi 18 O a 3H₂O *apfu* vyjádřit jako $[Al_{0.50}(Y_{0.40}Nd_{0.03})_{\Sigma REE 0.43}Pb_{0.08}Ca_{0.04}]_{\Sigma 1.05}(Cu_{5.81}Zn_{0.21})_{\Sigma 6.02}As_{2.98}O_{12}(OH)_6 \cdot 3H_2O$. Na rozdíl od koexistujícího agarditu-(Y) v *A*-pozici obecného vzorce Al převládá nad sumou Y+REE; v *B*-pozici jsou pak zajímavě zvýšené obsahy Zn (do 0.31 *apfu*).

Agardit-(Y) a zejména goudeyit patří obecně ke vzácnějším až vzácným supergenním minerálům Y a Cu. Agardit-(Y) je znám z České republiky kromě Jáchymova také z uranového ložiska Medvědí v Krkonoších (Plášil et al. 2009), goudeyit byl zmiňován dříve například z uranového ložiska Zálesí, nicméně nově nebyl analytickými pracemi potvrzen a nález v Jáchymově je tak prvním potvrzeným výskytem v ČR.

Tabulka 1 Chemické složení studovaných metaťujamunitu z Jáchymova (hm. %)

	průměr	1	2	3	4	5
CaO	5.13	5.51	5.51	5.00	4.74	4.91
PbO	5.55	4.42	4.83	5.44	7.06	6.01
V ₂ O ₅	20.92	20.92	20.73	20.77	20.67	21.49
UO ₃	62.67	62.38	62.51	62.86	62.59	62.99
H ₂ O*	6.08	6.07	6.06	6.06	6.04	6.15
Total	100.02	99.30	99.64	100.13	101.10	101.55
Ca ²⁺	0.81	0.88	0.88	0.80	0.76	0.77
Pb ²⁺	0.22	0.18	0.19	0.22	0.28	0.24
Σ kationtů	1.03	1.06	1.07	1.02	1.04	1.01
V ⁵⁺	2.05	2.05	2.03	2.04	2.03	2.05
U ⁶⁺	1.95	1.94	1.95	1.96	1.96	1.95
H ₂ O	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00

H₂O* - obsah vypočtený na bázi teoretického obsahu 3H₂O; koeficienty empirických vzorců počítány na bázi 15 O *apfu*.

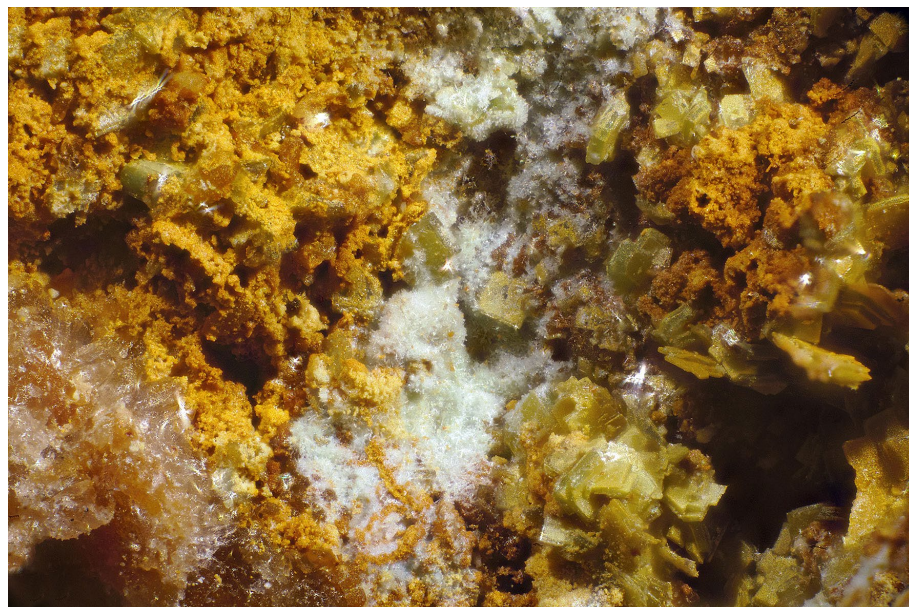
Tabulka 2 Rentgenová prášková data metaťujamunitu z Jáchymova

$l_{rel.}$	$d_{obs.}$	$d_{calc.}$	h	k	l
100	8.44	8.41	0	0	2
4	6.58	6.59	1	1	0
1	5.30	5.31	2	0	0
2	5.19	5.19	1	1	2
1	4.67	4.66	0	1	3
3	4.49	4.49	2	0	2
1	4.35	4.34	2	1	1
2	4.28	4.27	1	1	3
20	4.22	{ 4.21 4.20	0	0	4
1	3.962	3.959	2	1	2
4	3.758	3.757	0	2	2
2	3.550	3.545	1	1	4
6	3.296	{ 3.296 3.296	2	0	4
7	3.257	{ 3.261 3.261	3	1	0
4	3.071	3.069	2	1	4
6	3.039	3.040	3	1	2
3	2.804	2.804	0	0	6
2	2.705	2.706	3	2	0
3	2.578	{ 2.580 2.580	1	1	6
1	2.4763	2.4763	2	3	0
1	2.4253	2.4232	4	1	2
1	2.1939	2.1955	3	3	0
3	2.1257	{ 2.1260 2.1260	3	1	6
2	2.1034	{ 2.1030 2.1030	0	0	8
1	2.0582	2.0582	5	1	0
2	2.0004	{ 2.0034 2.0034	4	1	5
1	1.8800	{ 1.8804 1.8804	0	2	8
		1.8804	4	1	6

Podmínky: 3 - 50 °2 θ (CuK $\alpha_{1,2}$), krok 0.02°, načítací čas 1 s/krok; akumulace 20krát

Tabulka 3 Mřížkové parametry metaťujamunitu z Jáchymova ve srovnání s publikovanými údaji (pro ortorombickou prostorovou grupu *Pman*)

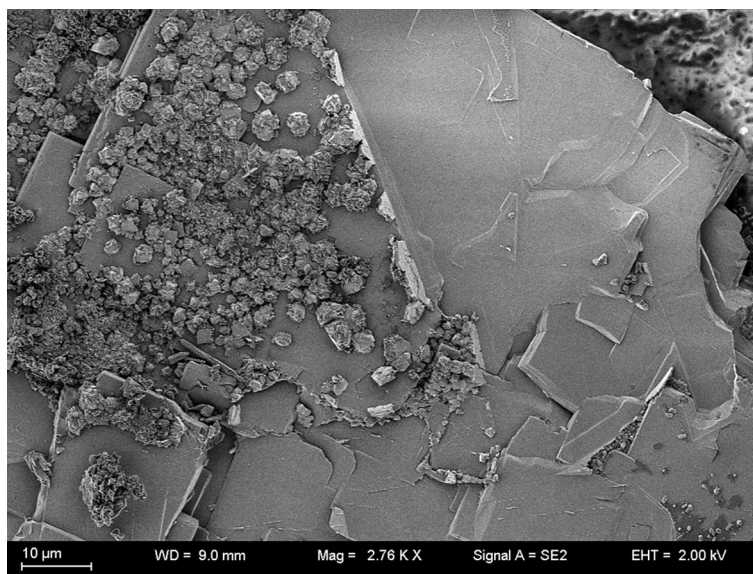
		<i>a</i> [Å]	<i>b</i> [Å]	<i>c</i> [Å]	<i>V</i> [Å ³]
Jáchymov	tato práce	10.615(5)	8.399(5)	16.824(5)	1500(1)
Prachovice	Sejkora et al. (2013)	10.600(2)	8.411(2)	16.865(2)	1503.6(1)
jeskyně Valea Rea, Rumunsko	Onac et al. (2001a)	10.77	8.53	17.62	1619
Sonora, Mexiko	Onac et al. (2001b)	10.418(6)	8.508(3)	17.173(9)	1522
McKinley Co., USA	ICDD 00-043-1457	10.612	8.375	16.811	1494
Spider Cave, New Mexico	Polyak, Mosh (1995)	10.397(4)	8.403(2)	16.692(12)	1458

**Obr. 3** Světle zelené krystalické agregáty minerálů skupiny mixitu porůstající tabulkovité krystaly metazeuneritu spolu s jarositem (okrový). Žíla Geister, Jáchymov. Velikost delší strany obrázku odpovídá 2.5 mm (foto P. Škacha).**Tabulka 4** Chemické složení minerálů skupiny mixitu (v hm. % oxidů)

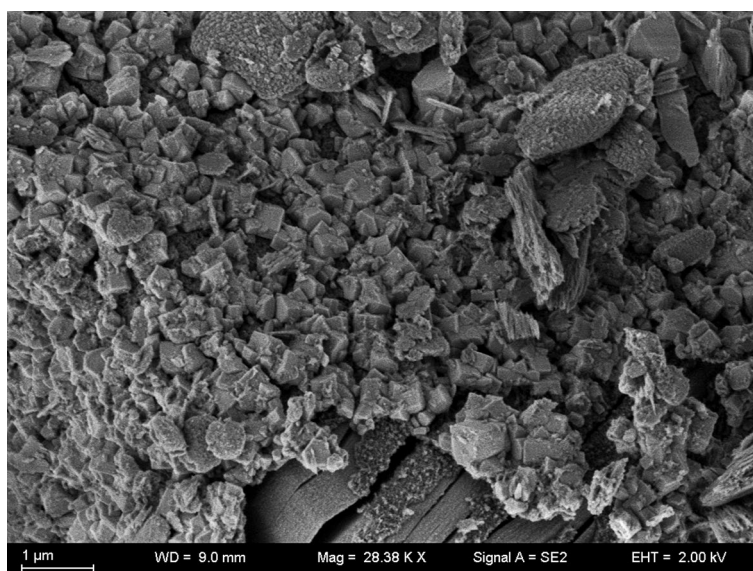
	agardit-(Y)			goudeyit			
	mean 1-2	1	2	mean 3-5	3	4	5
CaO	0.21	0.34	0.07	0.20	0.25	0.19	0.15
CuO	45.45	45.88	45.01	44.61	44.84	44.87	44.13
ZnO	0.46	0.25	0.67	1.68	1.26	1.36	2.43
PbO	2.17	2.02	2.32	1.69	1.94	1.61	1.52
Al ₂ O ₃	2.04	1.91	2.17	2.45	2.31	2.51	2.54
Y ₂ O ₃	5.10	5.18	5.02	4.41	4.48	4.72	4.03
Nd ₂ O ₃	1.01	0.97	1.04	0.57	0.62	0.24	0.84
As ₂ O ₅	33.16	33.50	32.81	33.07	32.94	33.00	33.26
H ₂ O	10.44	10.50	10.37	10.43	10.39	10.43	10.48
Total	100.04	100.55	99.48	99.11	99.03	99.84	99.38
Ca ²⁺	0.04	0.06	0.01	0.04	0.05	0.04	0.03
Al ³⁺	0.42	0.39	0.44	0.50	0.47	0.51	0.52
Y ³⁺	0.47	0.47	0.46	0.40	0.41	0.43	0.37
Nd ³⁺	0.06	0.06	0.06	0.03	0.04	0.01	0.05
Pb ²⁺	0.10	0.09	0.11	0.08	0.09	0.07	0.07
Σ A	1.09	1.07	1.08	1.05	1.06	1.06	1.04
Cu ²⁺	5.92	5.94	5.90	5.81	5.87	5.84	5.72
Zn ²⁺	0.06	0.03	0.09	0.21	0.16	0.17	0.31
Σ B	5.98	5.97	5.99	6.05	6.03	6.01	6.03
As ⁵⁺	2.99	3.00	2.98	2.97	2.98	2.98	2.99
H ₂ O+OH	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00

H₂O* - obsah vypočtený na bázi teoretického obsahu 3H₂O + 6OH; koeficienty empirických vzorců počítány na bázi 21 O *apfu*.

Obr. 4 Krystalické agregáty jarositu narůstající na tabulkovité krystaly metazeuneritu. Žíla Geister, Jáchymov. Snímek v SE, mikroskop Carl Zeiss ULTRAplus FEG-SEM (foto A. Wiczorek).



Obr. 5 Detail mikrokrytalických agregátů jarositu (trigonální habitus srůstajících krystalů) narůstajících na krystaly metazeuneritu (patrné ve spodní části obrázku uprostřed). Žíla Geister, Jáchymov. Snímek v SE, mikroskop Carl Zeiss ULTRAplus FEG-SEM (foto A. Wiczorek).



Metazeunerit

Metazeunerit tvoří v rámci studované asociace typické tabulkovité, dobře vyvinuté krystaly světle trávově zelené barvy, dosahující většinou velikosti okolo 1 mm (obr. 3 a 4). Krystaly někdy mívají nahnědlý odstín, což je způsobeno narůstajícími mikrokrytalickými agregáty, tvořenými minerálem alunitové superskupiny (viz níže).

Chemického složení studovaného metazeuneritu lze vyjádřit pomocí empirického vzorce $\text{Cu}_{0.96}(\text{U}_{0.99}\text{O}_2)_2[(\text{As}_{0.92}\text{P}_{0.11})_{\Sigma 1.03}\text{O}_4]_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ (průměr pěti bodových analýz, báze 12 O a 8 H_2O apfu). V kationtové pozici nebyl zjištěn, kromě Cu^{2+} , žádný další kationt. Substituce P^{5+} za As^{5+} je v metazeuneritu velmi běžná a odpovídá metatorbernitové komponentě.

Další doprovodné minerály

Studiem v dopadajícím světle pod optickým mikroskopem bylo zjištěno, že část krystalů metazeuneritu vykazuje výrazně odlišnou, světle až intezívně hnědou barvu. Ta je způsobena narůstajícími drobnými mikrokrytalickými agregáty jiného minerálu, který byl identifikován v průběhu studia na elektronovém scanovacím mikroskopu jako jarosit, tvořící typické krystalové agregáty složené z trigonálních krystalů (obr. 5) a pravděpodobný *chenevixit*.

Stanoveno bylo pouze kvalitativní chemické složení, kdy ED spektrum v případě jarositu ukázalo dominantní Fe, S, K a O, odpovídající chemickému složení jarositu $\text{KFe}_3(\text{SO}_4)_2(\text{OH})_6$ (Bayliss et al. 2010). Dále byly ve spektru přítomny Al, As, Cu, Si a V. Je však dosti pravděpodobné, že mohlo jít také o příměs z podloží analyzovaných bodů na povrchu vzorku. V ED spektru chenevixitu byly zjištěny dominantní Cu, As, Fe a O, přítomny jsou také S (může však jít o koincidence s Pb), Al, Si, P, U a Ca. Ideální chemický vzorec chenevixitu odpovídá $\text{Cu}(\text{Fe}^{3+}, \text{Al})(\text{AsO}_4)(\text{OH})_2$ (Burns et al. 2000).

Závěr

Studovaná minerální asociace s nebývale bohatě krystalickým metařamunitem nebyla dosud v jáchymovském revíru zjištěna. Dosavadní nálezy většinou špatně krystalických $\text{Ca-UO}_2\text{-VO}_4\text{-H}_2\text{O}$ fází byly vázány na vzorky masivních tennantitů a chalkopyritů, případně s vtroušeným chalkozínem a bornitem, jejichž součástí je jemně zrnitý uraninit. Tyto vzorky pocházely z podzemních dobovek na žíle Geister (Ondruš et al. 1997), kde vznikly sub/recentním zvětráváním těchto minerálů. Studiem velmi podobných vzorků ze žíly Červená (Plášil et al. 2014) bylo zjištěno, že primární fází, která poskytla do zvětráva-

cího systému vanad je minerál ze skupiny slíd - roscoelit. Nyní studovaný metatujamunit se od dosud nalezených liší svojí genezí. Jeho vznik je nutno klást do supergen- ní zóny *in-situ*, kde vznikl zvětráním primárních fází, nejpravděpodobněji za působení descendentních, chlad- ných roztoků. Nicméně např. Onac et al. (2001a, b) uvá- dějí hydrotermální vznik tujamunitu/metatujamunitu z ru- menské jeskyně Valea Rea.

Poděkování

Milou povinností autorů je poděkovat P. Škáchovi (Hornické muzeum, Příbram) za poskytnutí mikrofotogra- fií studovaných minerálů a A Wieczorkovi a J. Majzlanovi (Friedrich-Schiller Universität, Jena) za poskytnutí mikro- fotografií z rastrovacího elektronového mikroskopu. Tato práce vznikla za finanční podpory Grantové agentury ČR v rámci postdoktorálního grantu 13-31276P.

Literatura

- Bayliss P., Kolitsch U., Nickel E. H., Pring A. (2010) Aluni- te supergroup: recommended nomenclature. *Mineral. Mag.* 74, 919-927.
- Burns P. C., Smith J. V., Steele I. M. (2000) Arizona por- phyry copper/hydrothermal deposits I. The structure of chenevixite and luetheite. *Mineral. Mag.* 64, 25-30.
- Horák V., Škácha P., Plášil J. (2014) Historie dolování na žíle Geister v západní části jáchymovského rudního revíru. *Bull. mineral.-petrolog. Odd. Nár. Muz. (Praha)* 22, 2, 192-201.
- Laugier J., Bochu B. (2004) LMPG Suite of Programs for the interpretation of X-ray Experiments. ENSP/Labo- ratoire des Matériaux et du Génie Physique, BP 46. 38042 Saint Martin d'Hères, France. URL: <http://www.ccp14.ac.uk/tutorial/lmpg/> (Přístup: 2014-01-16).
- Onac B. P., Kearns J., Damm P., White W. B., Matyasi S. (2001a) Hydrothermal Genesis of Metatyuyamunite, $\text{Ca}(\text{UO}_2)_2(\text{VO}_4)_2 \cdot 3-5\text{H}_2\text{O}$ in the Valea Rea Cave, Ro- mania. *Proceedings of 13th International Congress of Speleology, 4th Speleological Congress of Latin América and Caribbean 26th Brazilian Congress of Speleo- logy, Brasilia DF, 15-22 de julio de 2001*, 25-30.
- Onac B. P., Veni G., White W. B. (2001b) Depositional en- vironment for metatyuyamunite and related minerals from Caverns of Sonora, TX (USA). *Eur. J. Mineral.* 13, 135-143.
- 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, 3-76.
- Plášil J., Fejfarová K., Škoda R., Škácha P., Sejkora J., Veselovský F., Hloušek J., Novák M. (2012) Babáneki- te, IMA 2012-007. *CNMNC Newsletter No. 13, June 2012, page 814. Mineral. Mag.* 76, 807-817.
- Plášil J., Hloušek J., Škoda R. (2013a) Chalkonatronit, $\text{Na}_2\text{Cu}(\text{CO}_3)_2(\text{H}_2\text{O})_3$, ze žíly sv. Duchy, Jáchymov (Česká republika). *Bull. mineral.-petrolog. Odd. Nár. Muz. (Praha)* 21, 2, 228-233.
- Plášil J., Sejkora J., Čejka J., Škoda R., Goliáš V. (2009) Supergene minerals of the Medvědí uranium depo- sit, Krkonoše Mountains, Czech Republic. *J. Geosci.* 54, 15-56.
- Plášil J., Sejkora J., Čejka J., Škácha P., Goliáš V., Pavlí- ček R., Hofman P. (2008) Supergenní mineralizace z haldy šachty č. 16 Příbram - Háje. *Bull. mineral.-pet- rolog. Odd. Nár. Muz. (Praha)* 16, 1, 43-55.
- Plášil J., Sejkora J., Škoda R., Škácha P. (2014) The re- cent weathering of uraninite from the Červená vein, Jáchymov (Czech Republic): a fingerprint of the pri- mary mineralization geochemistry onto the alteration association. *J. Geosci.* 59, 223-253.
- Plášil J., Škácha P., Sejkora J., Novák M., Veselovský F., Škoda R., Čejka J., Ondruš P., Kasatkin A. (2013b) Hloušekite, IMA 2013-048. *CNMNC Newsletter No. 17, October 2013, page 3001. Mineral. Mag.* 77, 2997-3005.
- Polyak V. J., Mosch C. J. (1995) Metatyuyamunite from Spider Cave, Carlsbad Caverns National Park, New Mexico. *Natl. Speleol. Soc. Bull.* 57, 85-90.
- Sejkora J., Ondruš P., Novák M. (2010) Veselovskýite, triclinic $(\text{Zn,Cu,Co})\text{Cu}_4(\text{AsO}_4)_2(\text{AsO}_3\text{OH})_2 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$, a Zn- dominant analogue of lindackerite. *N. Jahrb. Mineral. Abh.* 187, 83-90.
- Sejkora J., Škácha P., Venclík V., Plášil J. (2013) Vanad -uranová mineralizace v lomu Prachovice (Česká re- publika). *Bull. mineral.-petrolog. Odd. Nár. Muz. (Pra- ha)* 21, 2, 113-130.
- Vogl J. F. (1853) Lindackerit, eine neue Mineralspecies, und Lavendulan von Joachimsthal, nebst Bemerkun- gen über die Erzführung der Gänge. *J. K.-k. Geol. Re- ichanst.*, 4, 552-557.