

Metarauchit z uranového ložiska Smrkovec u Lázní Kynžvart (Česká republika)

Metarauchite from the uranium deposit Smrkovec near Lázně Kynžvart (Czech Republic)

PETR PAULIŠ^{1,2)*}, LUBOŠ VRTIŠKA²⁾, VLASTIMIL TOEGEL³⁾, JIŘÍ ČEJKA²⁾, RADANA MALÍKOVÁ²⁾, ZDENĚK DOLNÍČEK²⁾ A ONDŘEJ POUR⁴⁾

¹⁾Smíškova 564, 284 01 Kutná Hora; e-mail: petr.paulis@post.cz

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

³⁾Medlov 251, 783 91 Uničov

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

PAULIŠ P, VRTIŠKA L, TOEGEL V, ČEJKA J, MALÍKOVÁ R, DOLNÍČEK Z, POUR O (2018) Metarauchit z uranového ložiska Smrkovec u Lázní Kynžvart (Česká republika). Bull Mineral Petrolog 26(2): 259-263. ISSN: 2570-7337

Abstract

A rare nickel uranyl arsenate hydrate, metarauchite, was found at the mine dump in the abandoned uranium deposit Smrkovec near Lázně Kynžvart (Czech Republic). It forms light green elongated tabular crystals 0.5 - 1.5 mm in size in cavities of quartz gangue. Metarauchite is triclinic, space group *P*-1, with unit-cell parameters (refined from powder X-ray data): *a* 7.196(3) Å, *b* 9.714(6) Å, *c* 13.212(9) Å, α 75.75(4)°, β 83.92(5)°, γ 81.56(4)° and *V* 883.1(8) Å³. Its chemical analyses correspond to the empirical formula $(\text{Ni}_{0.69}\text{Na}_{0.07}\text{K}_{0.04}\text{Ca}_{0.03}\text{Mg}_{0.02}\text{Co}_{0.03}\text{Al}_{0.01})_{\Sigma 0.89}(\text{UO}_2)_{1.94}[(\text{AsO}_4)_{1.95}(\text{PO}_4)_{0.05}]_{\Sigma 2.00} \cdot 8\text{H}_2\text{O}$. The origin of metarauchite is connected with supergene alteration of primary uraninite and Ni arsenides.

Key words: metarauchite, X-ray powder data, chemical composition, Raman spectroscopy, uranium deposit, Smrkovec near Lázně Kynžvart, Czech Republic

Obdrženo 5. 10. 2018; přijato 14. 12. 2018

Úvod

Dnešní metarauchit $\text{Ni}(\text{UO}_2)_2(\text{AsO}_4)_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ uvádějí jako nepojmenovanou fázi z Jáchymova poprvé Ondruš et al. (1997), později byl jako nový minerální druh popsán Plášilem et al. (2010) a pojmenován na počest sběratele minerálů Ludka Raucha (1951 - 1983), který tragicky zahynul v Jáchymově. Rauchit - výše hydratovaný analog metarauchitu $\text{Ni}(\text{UO}_2)_2(\text{AsO}_4)_2 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ byl zjištěn v roce 2009 v materiálu z hald uranového revíru Horní Slavkov, před dokončením návrhu tohoto nového minerálního druhu byl však analogický minerál schválen na základě studia materiálu z typové lokality Bělorečenskoje, Adygea, Ruská republika (Pekov et al. 2012). Metarauchit byl popsán původně z materiálu pocházejícího ze žíly Schweizer na patře 90 m mezi doly Jiřina a Eduard v severní části jáchymovského rudního revíru, kde vystupuje v asociaci s metazeuneritem, erytrinem a sádrovcem na povrchu supergenně silně alterované žiloviny s uraninitem, arsenopyritem, niklskutteruditem a ojedinělým bismutem. Vytváří zde světle zelenavě žluté, tenké tabulkovité, průhledné až průsvitné, obvykle zdvojitě krystaly o velikosti do 1 mm, které nevykazují fluorescenci v UV záření. Rauchit s metarauchitem byl též nalezen v haldovém materiálu dolu č. 11 uranového rudního revíru Horní Slavkov, kde vzácně vytvářel na plochách až několika cm² bohaté žlutozelené povlaky až krusty složené z drobných tabulkovitých krystalů (J. Sejkora, nepublikovaná data). Vedle toho byly zjištěny krystaly a krystalické povlaky rauchitu v materiálu z dolu Svornost v

Jáchymově (P. Škácha, nepublikovaná data). Kotypovou lokalitou metarauchitu je Schneeberg v Sasku (Německo) (Plášil et al. 2010). Vedle toho je z Německa uváděn ze Schenkzelle u Wittichenu (Markl, Slotta 2011). V tomto příspěvku je popsán nově zjištěný výskyt metarauchitu z lokality Smrkovec.

Charakteristika výskytu

Rudní revír Smrkovec se rozkládá v Podleském údolí, oblasti vzdálené cca 4 km v. od Milíkova a 2 km sz. od obce Lazy. Údolím protéká od severozápadu k jihu Podleský potok, na němž stával Grundův neboli Dolský mlýn (Grundmühle), jehož činnost byla snad částečně spojena i s úpravou zde vytěžené stříbrné rudy (Bouše 2016). Sídlním centrem revíru byla blízká, dnes zaniklá ves Smrkovec (něm. Schönficht). Nejstarší těžební aktivity v oblasti nelze již přesně datovat, patrně však šlo o první polovinu 16. století, kdy zde proběhly první průzkumné práce organizované tehdejší vrchností - kynšperskými Šliky (Beran 1996). K roku 1547 jsou uváděny doly Ross a Kunigsperek a jámy Deuschova a Klinderova. Po potlačení odboje českých stavů zabral horní revír ve Slavkovském lese panovník. Dne 3. 6. 1550 král Ferdinand I. udělil Smrkovci horní svobody, podmíněné těžbou stříbra. Dolování však pravděpodobně nenabývalo velkého rozsahu. Po bitvě na Bílé hoře (1620) a vyhnání protestantů, včetně zdejších protestantských horníků, dolování ve Smrkovci zaniklo. Víceméně neúspěšné pokusy o další těžbu jsou známé z 18. a 19. století, kdy byly využívá-

ny i rudy mědi, kobaltu a bismutu. Většina stříbrných rud byla zjištěna v pravém (východním) svahu Podleského údolí. V průběhu první poloviny 19. století byl z. až jz. od Dolského mlýna, v pravém svahu Podleského údolí, zjištěn výskyt hematitových železných rud (Frieser 1916). Tento objev vyvolal opětovnou těžební činnost, na které se účastnili podnikatelé z Dolního Žandova, Úbočí a Podlesí. Těžba však nenabyla většího rozsahu a nepřesáhla konec 19. století (Bouše 2016). V letech 1905 - 1907 byly na dole Jindřich Arnošt ověřovány ing. Göttlem z Karlových Varů výskyty uranové rudy (Beran 1996). Nově byla vyzmáhána stará stříbrná štola Lössheit a vyražena nová jáma Emilie. V letech 1917 - 1918 byly ve větší míře přebírány haldy a údajně bylo získáno kolem 200 kg bismutu. V letech 1911 - 1930 bylo ve Smrkovci vytěženo kolem 20 t uranu z hloubky do 60 m (Kolektiv 2003). Uranové rudy se vyskytovaly na řadě míst štoly Lössheit v hloubce 20 - 30 m. Z dalších důlních děl bývají zmiňovány Jindřich, Ernest Zeche, Annastollen a Psilomelanstollen (Gebouský et al. 2006). Pokus o obnovu dolů byl učiněn během 2. světové války v roce 1944. Poslední práce byly na Smrkovci (vlastní obec po odsunu německého obyvatel-

stva po roce 1946 zanikla) realizovány v poválečné době v letech 1946 - 1947 a 1950 - 1955, kdy byly ověřovány výskyty uranových rud; těžitelné akumulace však zjištěny nebyly. Drobné výskyty uranového zrudnění byly zjištěny v prostoru šachty Vizmut a staré štoly Lössheit se šachtou Emilie. Staré i novější důlní práce jsou situovány na pravém břehu Mlýnského potoka v údolí Dolského mlýna, směrem k Horním Lazům (Ivány 1996). Při terénním průzkumu v roce 2011 bylo identifikováno 16 jednotlivých štol, jejichž ústí jsou již zpravidla zavalena. Většina z nich patrně nepřesahovala 100 m délky; výjimku tvořily štoly Anna a horní Marie Pomocná (Bouše 2016).

Hydrotermální žíly s tzv. pětiprvkovou Ag-Bi-Ni-Co-As asociací jsou vázány na tektonicky porušený kontakt masivu krušnohorského granitu typu Ovčák s pláštěm tvořeným dvojslídnyými rulami a rohovci se sillimanitem, andalusitem a granátem. Předpokládá se, že zrudnění bylo vyvinuto v málo mocných, tektonicky postižených křemenných žilách. Uranové zrudnění bylo zjištěno na žilách směrů VJV - ZSZ a Z - V. Žilnou výplň tvořil křemen, jílové minerály a supergenní uranová mineralizace s převahou *uranových slíd a gummitu*.



Obr. 1 Protážené tabulkovité krystaly metarauchitu v dutině křemenné žiloviny ze Smrkovce; foto L. Vrtiška, šířka záběru 1.2 mm.



Obr. 2 Skupina tabulkovitých krystalů metarauchitu v dutině křemenné žiloviny; Smrkovec; foto L. Vrtiška, šířka záběru 1 mm.

Z mineralogického hlediska je lokalita známa především výskytem vzácných supergenních bismutových minerálů. V křemenných žilách se vyskytly větší agregáty ryzího bismutu a produktů jeho supergenní přeměny, které byly odborně zpracovány až v devadesátých letech 20. století (Sejkora 1993; Sejkora et al. 1993, 1998; Gebouský et al. 2006). K nejběžnějším bismutovým minerálům patří žlutozelené agregáty bismutoferitu. Spolu s ním se vyskytovaly atelestit, bismutit, eulytin, retgersit, pucherit, mixit a další. Řídkošil et al. (1996) popsali ze Smrkovce nový minerál, který nazvali podle naleziště smrkovecitem. K novějším nálezům patří nález neobvyklé asociace s ryzím zlatem a nepojmenovaným selenidem Bi_4Se_3 (Sejkora et al. 2016).

Z uranových minerálů byly na lokalitě vedle uraninitu zjištěny lupinkovité *uranové slídy* autunit a meta/torbernit, dále nedokonale určené žluté práškovité *okry* označované jako uranopilit či zippeit (Kratochvíl 1963). Autunit a torbernit uvádí již Cornu (1907). Zjištěn byl i walpurgin, tvořící žlutavé a šedožluté lupenité či tabulkovité krystaly mm rozměrů (Gebouský et al. 2006) a fosfuranilit (Pauliš et al. 2014). Z lokality byl popsán nový minerál fosfowalpurgin (fosfátový analog walpurginu), který tvoří hnědavě šedé hroznovité agregáty a nepravidelné tabulkovité krystaly (Sejkora et al. 2002, 2004).

Metodika výzkumu

Rentgenová difrakční data metarauchitu 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). Práškový preparát byl nanesen v acetonové suspenzi na nosič zhotovené z monokrystalu křemíku a následně pak byla pořízena difrakční data ve step-scanning režimu (krok 0.01°, načítací čas 10 s/krok detektoru, celkový čas experimentu cca 15 hodin). Pozice jednotlivých difrakčních maxim byly popsány profilovou funkcí Pseudo-Voigt a upřesněny profilovým fitováním v programu HighScore Plus. Mřížkové parametry byly vypřesněny metodou nejmenších čtverců pomocí programu Celref (Laugier, Bochu 2011).

Chemické složení metarauchitu bylo kvantitativně studováno pomocí elektronového mikroanalýzátoru Cameca SX 100 (Národní muzeum, Praha, analytik Zdeněk Dolníček) za podmínek: vlnově disperzní analýza, urychlovací napětí 15 kV, proud svazkem 5 nA, průměr svazku 10 μ m, standardy a použité analytické čáry: albit (NaK α), apatit (PK α), baryt (BaL β), Bi (BiM α), BN (NK α), celestin (SK α , SrL β), Co (CoK α), Cr₂O₃ (CrK α), diopsid (MgK α), halit (ClK α), hematit (FeK α), chalkopyrit (CuK α), klinoklas (As L α), LiF (FK α), Ni (NiK α), rodonit (MnK α), sanidin (AlK α , KK α , SiK α), Th (ThM α), uraninit (UM α), V (VK α), vanadinit (PbM α), wollastonit (CaK α), zinkit (ZnK α). V tabulce chemických analýz nejsou uvedeny prvky, které byly rovněž měřeny, ale jejich obsahy byly vždy pod detekčním limitem (cca 0.01 - 0.05 hm. %). Získaná data byla korigována za použití software PAP (Pouchou, Pichoir 1985).

Ramanovo spektrum metarauchitu bylo pořízeno za pomoci disperzního spektrometru DXR (Thermo Scientific) spojeného s konfokálním mikroskopem Olympus (Národní muzeum Praha). Podmínky měření: zvětšení objektivu 10 \times , použitý laser 633 nm, rozsah měření 100 - 3500 cm⁻¹, doba expozice 1 s, celkový počet expozic 1200, nastavený výkon laseru 4 mW, použitá apertura 50 μ m slit (štěrbínová), šířka paprsku 2.5 μ m.

Charakteristika metarauchitu

Metarauchit byl zjištěn na několika vzorcích křemenné žiloviny o velikosti do 10 \times 10 cm, které byly nalezeny třetím z autorů (VT) v roce 2017 ve výkopu na severním okraji velké pinky, která je v mapě ČGS - Geofondu uváděna pod č. 7142 Smrkovec - Dolský mlýn. V místě nálezů tvoří mineralogicky zajímavý materiál až 20 cm mocnou polohu přímo na původním terénu, či na vrstvě alterované hlušiny (granity). Zrudněný materiál je překryt 1.5 - 1.7 m mocnou vrstvou směsi zeminy, hlušiny a v malé míře i drobné (do 3 cm) zrudnělé drti, která patrně vznikla při přebírání halodoviny na počátku minulého století. V těsném okolí výskytu vzorků s metarauchitem byly nalezeny až 40 cm velké kusy křemenné žiloviny s až několika cm velkými zrny Co-Ni arsenidů s drobnými bílými až růžovými práškovitými agregáty erytrinu. Vedle toho tu byly nalezeny dva drobné úlomky křemenné žiloviny s dosud

nepojmenovaným selenidem Bi₄Se₃ a mikroskopickým zlatem (Sejkora et al. 2016). Supergenní minerály jsou zde reprezentovány hojnými nálezy až několik cm² velkých ledvinitých kůr, tvořených koncentrickými, černobílými polohami Bi minerálů (petitjeanit, eulytin a smrkovecit). Neobvykle časté byly nálezy až 6 mm velkých krystalů walpurginu. Nalezeno bylo i několik vzorků s šedohnědými lištovitými krystaly fosfowalpurginu. V novém, dosud analyticky detailně nezpracovaném materiálu z roku 2018 z navazujícího výkopu pokračujícího 1.5 m na sever, bylo potvrzeno až anomálně vysoké množství supergenních minerálů uranu (walpurgin, fosfowalpurgin, *uranové slidy*) a velmi nízké zastoupení minerálů Bi. Metarauchit byl zjištěn v křemenné žilovině v drobných, 1 - 3 mm velkých drúzových dutinách. Jeho světle zelené, protáhle tabulkovité krystaly o rozměrech 0.5 - 1.5 mm narůstají v dutinách na krystaly křemene o velikosti do 2 mm (obr. 1 a 2). Nalezené vzorky metarauchitu nevykazují fluorescenci v krátko- ani dlouhovlnném UV záření.

Prášková rentgenová difrakční data studované fáze (tab. 1) velmi dobře odpovídají hodnotám publikovaným pro metarauchit z typové lokality (Plášil et al. 2010); v experimentálním záznamu nebyla zjištěna ani minoritní příměs plně hydratovaného rauchitu (Pekov et al. 2012). Zpřesněné parametry základní cely jsou v tabulce 2 porovnány s údaji publikovanými pro tuto minerální fázi.

Chemické složení metarauchitu ze Smrkovce je uvedeno v tabulce 3. Proti ideálnímu složení i chemické analýze typového materiálu z Jáchymova byl u metarauchitu ze Smrkovce zjištěn nevelký deficit v kationtové pozici (0.69 *apfu* Ni), obdobně jako v případě metarauchitu ze

Tabulka 1 Rentgenová prášková data metarauchitu ze Smrkovce

<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	9.352	<1	9.341	0	-3	2	2.5719	<1	2.5713
0	1	1	8.558	100	8.556	2	-1	3	2.5337	<1	2.5341
1	1	1	5.985	<1	5.964	-1	3	3	2.5064	<1	2.5083
-1	1	1	5.068	<1	5.071	0	4	2	2.3800	<1	2.3806
0	2	0	4.685	<1	4.670	3	0	0	2.3684	<1	2.3665
0	2	2	4.279	12	4.278	2	-1	4	2.2383	<1	2.2396
1	2	2	3.965	<1	3.962	-1	-3	3	2.1964	<1	2.1978
0	-1	3	3.579	<1	3.571	1	-4	0	2.1395	5	2.1401
-2	0	0	3.556	<1	3.550	3	0	3	2.1349	<1	2.1354
-1	2	2	3.423	<1	3.425	-1	3	5	2.0562	<1	2.0556
1	-1	3	3.207	<1	3.207	3	3	1	2.0514	<1	2.0531
-2	1	0	3.185	<1	3.188	-3	1	3	1.9643	<1	1.9642
0	-3	0	3.116	<1	3.114	3	-2	2	1.8971	<1	1.8976
-1	2	3	3.017	<1	3.020	-3	-3	2	1.8090	<1	1.8094
2	2	2	2.982	<1	2.982	-3	3	2	1.7520	<1	1.7507
0	3	3	2.852	<1	2.852	-2	4	4	1.7121	1	1.7125
1	3	3	2.811	<1	2.810						

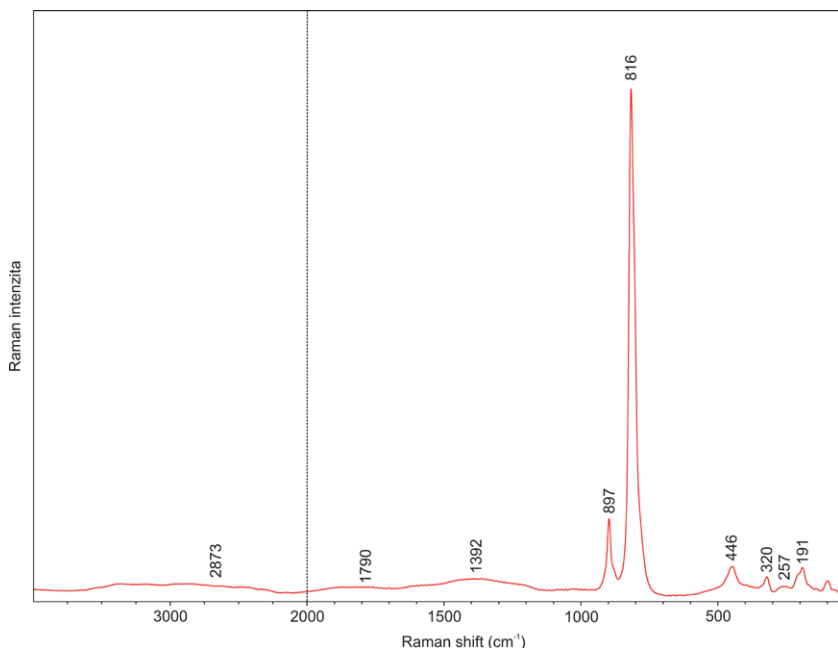
Tabulka 2 Parametry základní cely metarauchitu pro triklinickou prostorovou grupu P-1

	tato práce	Plášil et al. 2010 (Jáchymov)	Plášil et al. 2010 (Schneeberg)
<i>a</i> [Å]	7.196(3)	7.194(4)	7.197(3)
<i>b</i> [Å]	9.714(6)	9.713(5)	9.759(4)
<i>c</i> [Å]	13.212(9)	13.201(9)	13.255(5)
α [°]	75.75(4)	75.79(3)	75.59(1)
β [°]	83.92(5)	83.92(5)	83.88(1)
γ [°]	81.56(4)	81.59(4)	81.62(1)
<i>V</i> [Å ³]	883.1(8)	882.2(9)	889.7(6)

Tabulka 3 Chemické složení metarauchitu ze Smrkovce (hm. %)

	mean	1	2	3	4	5
Na ₂ O	0.22	0.00	0.00	0.80	0.29	0.00
K ₂ O	0.20	0.22	0.21	0.17	0.21	0.19
FeO	0.02	0.00	0.00	0.12	0.00	0.00
CaO	0.18	0.14	0.26	0.13	0.20	0.18
MgO	0.09	0.19	0.00	0.00	0.14	0.13
CoO	0.22	0.22	0.20	0.19	0.25	0.22
NiO	5.64	5.91	5.34	5.68	5.77	5.50
Al ₂ O ₃	0.05	0.10	0.14	0.00	0.00	0.00
UO ₃	60.94	61.15	59.83	60.12	61.18	62.42
As ₂ O ₅	23.10	24.20	25.48	26.47	19.03	20.31
P ₂ O ₅	0.42	0.23	0.93	0.62	0.00	0.33
SO ₃	0.02	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00
H ₂ O*	15.88	16.40	16.26	15.25	15.17	16.31
total	106.98	108.86	108.65	109.55	102.24	105.59
Na	0.067	0.000	0.000	0.244	0.089	0.000
K	0.039	0.041	0.040	0.034	0.042	0.036
Fe	0.003	0.000	0.000	0.016	0.000	0.000
Ca	0.029	0.022	0.041	0.022	0.034	0.028
Mg	0.021	0.041	0.000	0.000	0.033	0.028
Co	0.026	0.026	0.024	0.024	0.032	0.026
Ni	0.686	0.696	0.634	0.719	0.734	0.651
Al	0.008	0.017	0.024	0.000	0.000	0.000
Σ	0.879	0.843	0.762	1.059	0.963	0.769
As	1.944	1.961	1.884	1.917	2.000	1.959
P	0.054	0.028	0.116	0.083	0.000	0.041
S	0.002	0.011	0.000	0.000	0.000	0.000
Σ	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000
U	1.936	1.879	1.854	1.987	2.031	1.928
H ₂ O	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000

Koeficienty empirických vzorců jsou vypočítány na bázi As+P+S = 2 *apfu*.
H₂O* - dopočtený obsah na základě ideálního obsahu osmi molekul H₂O.



Obr. 3 Ramanovo spektrum metarauchitu ze Smrkovce

Schneebergu (0.74 *apfu* - Plášil et al. 2010). Vedle Ni obsahuje metarauchit ze Smrkovce v kationtové části také minoritní obsahy Co (0.03 *apfu*), Na (0.07 *apfu*), Mg (0.02 *apfu*), K (0.04 *apfu*), Ca (0.04 *apfu*) a Al (0.01 *apfu*). V aniotové části dominuje As (1.95 *apfu*), který je v malé míře zastupován P (0.05 *apfu*). Empirický vzorec studovaného metarauchitu (průměr pěti bodových analýz) lze na bázi (P+As+S) = 2 *apfu* vyjádřit jako (Ni_{0.69}Na_{0.07}K_{0.04}Ca_{0.03}Mg_{0.02}Co_{0.03}Al_{0.01})_{Σ0.89}(UO₂)_{1.94}(AsO₄)_{1.95}(PO₄)_{0.05}·Σ2.00·8H₂O.

Ramanovo spektrum metarauchitu ze Smrkovce (obr. 3) dobře odpovídá publikovaným údajům pro metarauchit z Jáchymova (Plášil et al. 2010) i spektru této minerální fáze v databázi RRUFF (www.rruff.info). Velmi široký a velmi slabý pás s vrcholem přibližně při 2873 cm⁻¹ byl přiřazen valenčním vibracím n OH vodíkovými vazbami vázaných molekul vody. Velmi slabé široké pásy s přibližnými vrcholy při 1790 a 1392 cm⁻¹ lze přiřadit k vyšším harmonickým a kombinovaným vibracím překrývajícím se v oblasti kolem 1600 cm⁻¹ s deformačními vibracemi n₂ (d) molekulární vody. Slabý pás při 897 cm⁻¹ a velmi intenzivní pás při 816 cm⁻¹ náleží antisymetrické valenční vibraci n₃ a symetrické valenční vibraci n₁ UO₂²⁺, které koincidují s trojnásobně degenerovanou antisymetrickou valenční vibrací n₃ a symetrickou valenční vibrací n₁ AsO₄³⁻. Z uvedených vlnočtů byly odvozeny přibližné délky vazeb U-O v uranulu 1.79 a 1.79 Å (Bartlett, Cooney 1989). Slabý pás při 446 cm⁻¹ přísluší trojnásobně degenerované deformační vibraci n₄ (d) AsO₄³⁻, slabý pás při 320 cm⁻¹ dvojnásobně degenerované deformační vibraci n₂ (d), slabý pás při 257 cm⁻¹ dvojnásobně degenerované deformační vibraci n₂ (d) UO₂²⁺, a slabý pás při 191 cm⁻¹ libračnímu modu.

Závěr

Nález vzácného metarauchitu v haldovém materiálu opuštěného uranového rudního výskytu Smrkovce doplňuje poznatky o zdejší supergenní mineralizaci uranu. Tento minerál zde vznikl v rámci supergenních procesů *in-situ* z původního primárního uraninitu. Zdroj niklu lze hledat především v sulfidické a arsenidové mineralizaci, které jsou přítomny na zdejších hydrotermálních žilách s pětiprvkovou Ag-Bi-Ni-Co-As asociací.

Poděkování

Předložená práce vznikla za finanční podpory Ministerstva kultury ČR v rámci institucionálního financování dlouhodobého koncepčního rozvoje výzkumné organizace Národní muzeum (DKRVO 2018/02, 00023272).

Literatura

- BARLETT JR, COONEY RP (1989) On the determination of uranium-oxygen bond lengths in dioxouranium (VI) compounds by Raman spectroscopy. *J Molecul Struct* 193: 295-300
- BERAN P (1996) Historie zaniklé hornické obce Smrkovec - Schönficht. In: Sborník přednášek a materiálů k I. konferenci o hornické minulosti a budoucnosti regionu Slavkovského lesa, Okresní muzeum Sokolov: 19-24 Sokolov
- BOUŠE O (2016) Důlní revír Smrkovec, část první – stopy v krajině po těžbě rud. *Arnika* 1: 16-21
- CORNU F (1907) Mineralogische Notizen II. *Mitt Naturwiss Ver Univ Wien* 5(5): 53-59 Wien
- FRIESER A (1916) *Erzvorkommen im Kaiserwaldgebirge*. MS Archiv HDB Sokolov
- GĚBOUSKÝ J, GĚBOUSKÝ M, LEHRIEDER E (2006) Smrkovec - nové nálezy nerostů na lokalitě s bohatou asociací Bi-minerálů. *Minerál* 14(5): 339-347
- IVÁNYI K (1996) Těžba v oblasti Slavkovského lesa po roce 1945. In: Beran P (ed.) Sborník přednášek a materiálů k 1. konferenci o hornické minulosti a budoucnosti regionu Slavkovský les: 60-63, Horní Slavkov
- KRATOCHVÍL J (1963) *Topografická mineralogie Čech VI*. NČSAV, Praha
- KOLEKTIV (2003) *Rudné a uranové hornictví České republiky*. Anagram, Ostrava
- LAUGIER J, BOCHU B (2011) LMGP-Suite of Programs for the Interpretation of X-ray Experiments. <http://www.ccp14.ac.uk/tutorial/lmgp>, přístup duben 2011
- MARKL G, SLOTTA C (2011) Die Uranmineralien des Lagerstättenreviers Wittichen im mittleren Schwarzwald. *Lapis* 36(3): 25-37
- ONDROUŠ P, VESELOVSKÝ F, HLOUŠEK J, SKÁLA R, VAVŘIN 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, KOPECKÝ S, KOPECKÝ S, SEJKORA J, MALÍKOVÁ R, VRTIŠKA L (2014) Fosfuranylit z uranového ložiska Smrkovec u Lázní Kynžvart (Česká republika). *Bull mineral-petrolog Odd Nár Muz (Praha)* 22(1): 99-104
- PEKOV IV, LEVITSKIY VV, KRIVOVICHEV SV, ZOLOTAREV AA, BRYZGALOV IV, ZADOV AE, CHUKANOV NV (2012) New nickel-uranium-arsenic mineral species from the oxidation zone of the Belorechenskoye deposit, Northern Caucasus, Russia: I. Rauchite, $Ni(UO_2)_2(AsO_4)_2 \cdot 10H_2O$, a member of the autunite group. *Eur J Mineral* 24: 913-922
- PLÁŠIL J, SEJKORA J, ČEJKA J, NOVÁK M, VIŘNALS J, ONDRUŠ P, VESELOVSKÝ F, ŠKÁCHA P, JEHLIČKA J, GOLIÁŠ V, HLOUŠEK J (2010) Metarauchite, $Ni(UO_2)_2(AsO_4)_2 \cdot H_2O$, from Jáchymov, Czech Republic, and Schneeberg, Germany: a new member of the autunite group. *Can Mineral* 48: 335-350
- POUCHOU JL, PICOIR F (1985) "PAP" (φρΖ) procedure for improved quantitative microanalysis. In: *Microbeam Analysis* (J T Armstrong, ed.). San Francisco Press, San Francisco: 104-106
- ŘÍDKOŠIL T, SEJKORA J, ŠREIN V (1996) Smrkovecite, monoclinic $Bi_2O(OH)(PO_4)_2$, a new mineral of the atelestite group. *N Jb Miner Mh* 3: 97-102
- SEJKORA J (1993) Oxidické minerály bismutu v České republice. *Bull mineral-petrolog Odd Nár Muz (Praha)* 1: 64-68
- SEJKORA J, ČEJKA J, HLOUŠEK J, NOVÁK M, ŠREIN V (2004) Phospowalpurgite, the (PO_4) - dominant analogue of walpurgite from Smrkovec, Slavkovský les Mountains, Czech Republic. *Can Mineral* 42: 963-972
- SEJKORA J, ČEJKA J, HLOUŠEK J, ŠREIN V, NOVOTNÁ M (2002) Phosphatian walpurgite from Smrkovec, the Slavkovský les Mts. (Czech Republic): its description and physico-chemical characteristics. *N Jb Miner Mh* 8: 353-367
- SEJKORA J, PAULIŠ P, TOEGEL V, POUR O (2016) Bi-Se-Au mineralizace z uranového rudního výskytu Smrkovec u Lázní Kynžvart (Česká republika). *Bull mineral-petrolog Odd Nár Muz (Praha)* 24(2): 269-277
- SEJKORA J, ŘÍDKOŠIL T, GABAŠOVÁ A (1993) Sillenit ze Smrkovce u Mariánských Lázní. *J Czech geol Soc* 38(3-4): 244-245
- SEJKORA J, ŠREIN V, ŘÍDKOŠIL T (1998) Výskyty pucheritu na lokalitách Smrkovec u Mariánských Lázní a Jáchymov. *Bull mineral-petrolog Odd Nár Muz (Praha)* 6: 238-241