

Uranopilit a jáchymovit z uranového ložiska Horní Slavkov

Uranopilite and jáchymovite from the Horní Slavkov uranium deposit

JAKUB PLÁŠIL^{1,2)} A JAROMÍR TVRDÝ³⁾

¹⁾ Národní muzeum, Václavské náměstí 68, 115 79 Praha 1

²⁾ Univerzita Karlova v Praze, Přírodovědecká fakulta, Albertov 6, 128 43 Praha 2

³⁾ Příčná 3, 360 17 Karlovy Vary

PLÁŠIL J., TVRDÝ J. (2008): Uranopilit a jáchymovit z uranového ložiska Horní Slavkov. - *Bull. mineral.-petrolog. Odd. Nár. Muz. (Praha)* 16/1, 61-64. ISSN: 1211-0329.

Abstract

Uranopilite from Horní Slavkov (Czech Republic) forms yellow crystalline aggregates of thick tabular crystals up to 0.5 mm. The aggregates seem to be a part of massive assemblages of uranyl supergene phases, so called „gum-mite”. Uranopilite is triclinic, with the space group $P-1$. The unit cell parameters refined from powder X-ray data are $a = 8.881(7) \text{ \AA}$, $b = 13.98(1) \text{ \AA}$, $c = 14.42(1) \text{ \AA}$, $\alpha = 97.08(6)^\circ$, $\beta = 98.99(6)^\circ$, $\gamma = 98.84(6)^\circ$ and $V = 1727(2) \text{ \AA}^3$. Chemical composition obtained from qualitative microanalysis matches well the composition of hydrated uranyl sulphate. In the powder diffraction pattern of uranopilite from Horní Slavkov few diffractions belonging to jáchymovite were found. Refined unit cell parameters of jáchymovite from composite pattern are $a = 18.52(5) \text{ \AA}$, $b = 9.228(4) \text{ \AA}$, $c = 13.49(3) \text{ \AA}$, $\beta = 125.6(2)^\circ$ and $V = 1874(7) \text{ \AA}^3$. We assumed uranopilite and jáchymovite from Horní Slavkov are topotactically intergrowth. Both phases represent supergene uranyl minerals formed as *in-situ* alteration products of primary uranium minerals.

Keywords: uranyl minerals, uranopilite, jáchymovite, X-ray diffraction, chemical composition, Horní Slavkov, Czech Republic

Úvod

Projevy uranového zrudnění v okolí Horního Slavkova jsou vázány na krystalinické horniny tzv. slavkovské kry, která tvoří plášť granitoidních hornin jižní části karlovarského masívu (Komínek et al. 1994). Uranová mineralizace je koncentrována do řady menších ložisek (resp. rudních uzlů): Barbora, Ležnice, Zdař Bůh, Pichtova hora, Svatopluk, Bošířany, Nadlesí, Krásná, Vlčí, Čistá a Teplička - Hlinky. Žíly nesoucí uranové zrudnění mají mocnost 5 - 20 cm, výjimečně až 2 m. Jejich směr je převážně SZ - JV a na křížení zlomů tvoří komplikované žilné uzly. Mineralizace byla vysledována až do hloubek 450 m pod povrchem (Ležnice a Svatopluk). Žíly nepokračují do podložního granitu (Veselý 1986). Uranové zrudnění je reprezentováno převažujícím uraninitem, který je doprovázen práškovitými „uranovými černěmi“, ningoyitem (Dymkov et al. 1986) a oxidickými minerály uranylu (Dubinkina 1947; Plášil et al. 2006). Těžba na ložisku probíhala v letech 1948 - 1962. Za tuto dobu bylo vydobyto celkem 2668 t U (Tomíček 2000; Beran et al. 2001).

Plášil et al. (2006) shrnují poznatky o supergenní mineralizaci uranového ložiska Horní Slavkov a na základě studia vzorků z muzejních sbírek revidují některé archivní údaje (Dubinkina 1947). Řada 22 již známých supergenních fází je rozšířena o výskyt uranopilitu a jáchymovitu, jejichž krátký popis je náplní tohoto článku. Jáchymovit byl původně popsán Čejkou et al. (1996) jako nový minerální druh z Jáchymova, z La Creusaz (Švýcarsko) jej uvádějí Meisser et al. (2002). Mikroskopický jáchymovit popisují Dewdittus et al. (2008) jako produkt alterace coffinitu na vzorcích z Grants uranium region, New Mexico (USA). Další lokalitou této vzácné uranylové fáze - jáchymovitu se stal i Horní Slavkov.

Metodika

Prášková difrakční analýza byla provedena pomocí difraktometru PANalytical X'Pro s detektorem X'Celerator a sekundárním grafitovým monochromátorem [002] (Ústav geochemie, mineralogie a nerostných zdrojů, Univerzita Karlova v Praze, Přírodovědecká fakulta). Práškový vzorek byl z důvodu minimalizace pozadí nanesen v suspenzi acetonu na bezdifrakční nosič zhotovený z monokrystalu křemíku [100] a analyzován v rozmezí $3^\circ - 60^\circ 2\theta$ (40 kV, 30 mA; $\text{CuK}\alpha_{1,2}$). Velikost kroku činila 0.05° s načítacím časem na 100 s; vzorek byl rotovaný s frekvencí 2 s.

Chemické složení agregátů uranopilitu s příměsí jáchymovitu bylo studováno pomocí energiově disperzního ED analyzátoru LinkISIS 300 ve spojení s elektronovým scanovacím mikroskopem CamScan 4 (Ústav petrologie a strukturní geologie, Univerzita Karlova v Praze, Přírodovědecká fakulta, operátor R. Procházka), použit byl přírodní neleštěný povrch vzorků.

Agregáty uranopilitu byly studovány pomocí optického mikroskopu Nikon SMZ1500 ve spojení s digitální kamerou Nikon DXM1200F umožňující pořízení fotografií v dopadajícím světle (Národní muzeum, Praha). Detaily morfologie povrchu byly pozorovány pomocí elektronového scanovacího mikroskopu Jeol JSM-6380 (Ústav geologie a paleontologie, Univerzita Karlova v Praze, Přírodovědecká fakulta), kde byly pořízeny fotografie v sekundárních elektronech.

Popis vzorku

Studovaný vzorek je představován několika drobnými fragmenty (max. velikost 0.5 x 1 cm) silně alterované žiloviny, prakticky zcela tvořené oranžově žlutými, hed-

vábně lesklými krystalickými agregáty. Makroskopicky monominerální agregáty jsou představovány změní šikmo ukončených, zploštělých jehliček o průměrné délce 0.6 mm (obr. 1). Jednotlivé krystalky jsou téměř průhledné a mají silný skelný lesk. V UV-záření (254 nm) vykazují studované agregáty homogenní nepřítis intenzivní zelenou fluorescence (obr. 2) bez dosvitových efektů, odlišnou od velmi intenzivní žlutozelené fluorescence uranopilitu a nepřítis intenzivní žluté fluorescence jáchymovitu.

Podle přiložené etikety byl vzorek signován jako „Uranblüthe“ (tzn. uranový květ), Schlaggenwald; bez udaného roku a bližší lokalizace. Stáří vzorku odhadujeme na období mezi světovými válkami.

Strukturální a chemická charakteristika

Práškový difrakční záznam uranopilitu z Horního Slavkova (tab. 1) dobře odpovídá teoretickým datům vypočteným z krystalové struktury této fáze (Burns 2001). Rozdílné intenzity difrakčních maxim jsou pravděpodob-

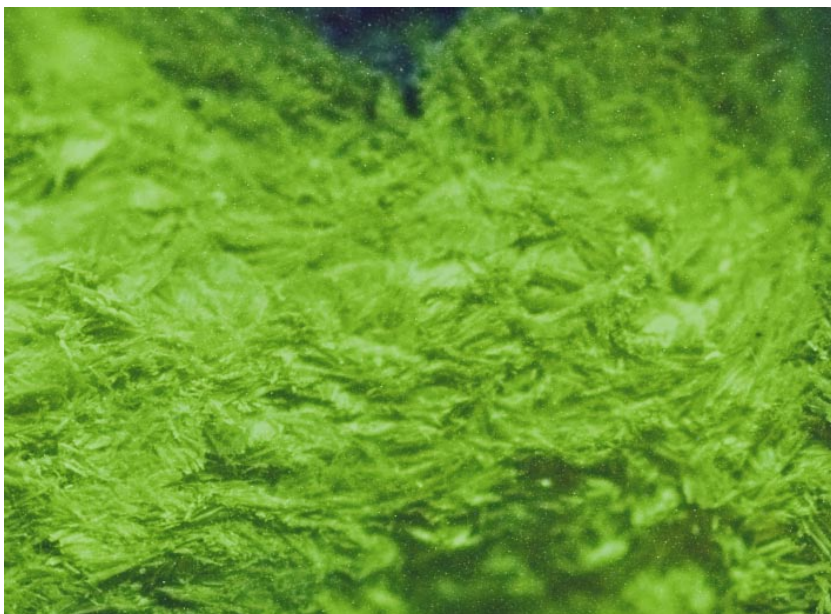
ně způsobeny přednostní orientací uranopilitu v použitém práškovém preparátu v difrakční geometrii Bragg-Brentan. Mřížkové parametry uranopilitu byly vypřesněny pomocí programu Celref (Laguier, Bochu 2003) založené na metodě nejmenších čtverců. Indexy *hkl* ze známé krystalové struktury uranopilitu byly jednotlivým difrakčním maximům přiřazeny pomocí programu Powder Cell (Kraus, Nolze 2000). Velikost základní buňky uranopilitu z Horního Slavkova dobře odpovídá údajům uváděným Burnsem (2001) pro uranopilit z Jáchymova použitý na strukturální analýzu (tab. 2).

Některá maxima v difrakčním záznamu nebylo možné uranopilitu přiřadit. Protože pro analýzu byl separován vizuálně velmi čistý krystalický materiál, musí tyto linie patřit fázi velmi blízké tomuto minerálu, která s ním nejspíše topotakticky srůstá. Mřížkové parametry zpřesněné na základě pozic 23 difrakcí (z toho 6 nekoincidenčních) (tab. 1) dobře odpovídají datům pro jáchymovit (Čejka et al. 1996).

Zjištěné podstatné obsahy U, S a O odpovídají složení bezkationového hydratovaného sulfátu uranylu. Očekávané variace obsahů U a S mezi uranopilem a jáchymovitem nebylo možno v jednotlivých krystalcích vzhledem k použité metodice pozorovat.



Obr. 1 Jasně žluté krystalické agregáty složené z jehlicovitých krystalů uranopilitu a jáchymovitu. Horní Slavkov. Šířka obrázku 4 mm. Mikrofoto J. Sejkora.



Obr. 2 Zelená fluorescence krystalických agregátů složených z jehlicovitých krystalů uranopilitu a jáchymovitu. Horní Slavkov. Šířka obrázku 3 mm. Mikrofoto J. Sejkora.

Tabulka 1 Směsný práškový difrakční záznam uranopilitu a jáchymovitu z Horního Slavkova

uranopilit						jáchymovit			
l_{obs}	h	k	l	d_{obs}	d_{calc}	h	k	l	d_{calc}
1	0	0	1	14.087	14.079				
2	0	1	1	9.121	9.137	-2	0	1	9.185
3				7.866		1	1	0	7.867
100				7.533		-2	0	0	7.527
53	0	0	2	7.077	7.040	1	0	1	7.108
<1	1	-1	1	6.698	6.711				
2	0	1	2	5.899	5.905				
<1				5.314		-1	1	2	5.321
<1	0	0	3	4.685	4.693				
<1	0	-1	3	4.654	4.659				
<1	0	2	2	4.568	4.568				
8	0	1	3	4.239	4.246	0	2	1	4.252
<1	-1	1	3	4.191	4.186				
<1	0	-3	2	4.113	4.115	-4	1	2	4.111
<1	2	0	1	3.933	3.935	2	2	0	3.934
<1				3.875		1	2	1	3.870
1	-1	-3	1	3.827	3.833				
33	-1	-3	0	3.765	3.761	-4	0	0	3.763
2	1	2	2	3.703	3.696	-5	0	2	3.701
1				3.584		-3	2	2	3.589
8	0	-1	4	3.551	3.540	-5	0	3	3.551
<1	0	1	4	3.288	3.291				
<1	-2	-1	4	2.9388	2.9369				
<1	0	0	5	2.8133	2.8158	2	2	2	2.8155
<1	0	-5	2	2.6854	2.6860	0	3	2	2.6823
1	-3	0	3	2.6746	2.6756				
<1	0	4	3	2.5813	2.5814				
<1	-1	2	5	2.5318	2.5318	-1	2	4	2.5295
6	-1	-3	5	2.5101	2.5113	-6	0	0	2.5089
<1	2	3	2	2.4887	2.4902				
<1	3	2	1	2.3767	2.3758	-1	0	5	2.3760
1	1	5	1	2.3681	2.3680	3	0	3	2.3693
1	1	3	4	2.3446	2.3441	2	2	3	2.3448
<1	-4	1	3	2.1180	2.1182				
<1				2.0478		-4	4	1	2.0472
<1	3	-6	2	1.8938	1.8933	-4	4	4	1.8942
3	-2	-6	3	1.8827	1.8823	-2	4	4	1.8824

Závěr

Pomocí rentgenové práškové difrakce byly na historickém sbírkovém vzorku určeny dva nové minerály pro uranové ložisko Horní Slavkov - uranopilit a jáchymovit. Přítomnost druhého z nich, jakkoli je patrná z práškového záznamu, však zůstává z důvodu malého množství relevantních dat diskutabilní.

Popisovaný uranopilit je produktem alterace primární uranové mineralizace v supergenní zóně ložiska. Neobvyklá morfologie agregátů naznačuje, že minerál nemusel nutně vzniknout sub/recentně v podmínkách otevřeného důlního díla (Meisser et al. 2002; Brugger et al. 2003; Ondruš et al. 2003), ale nejspíše přímou alterací primárních rud *in situ* („gummitový“ vzhled agregátů, tlustě tabulkovitý habitus krystalů).

Poděkování

Autoři děkují za pomoc při výzkumu RNDr. Radku Procházkovi a Martinu Mazuchovi, PhD. (oba Univerzita Karlova v Praze, Přírodovědecká fakulta), Jiřímu Sejkorovi, PhD. (Národní muzeum, Praha) za připomínky k rukopisu a zhotovení mikrofotografií a dále recenzentům Jiřímu Čejkovi, DrSc. (Roudnice nad Labem) a Ing. P. Paulišovi (Kutná Hora) za podnětné návrhy k úpravám manuscriptu. Za finanční podporu výzkumu autoři děkují Grantové agentuře Univerzity Karlovy (17008/2008) a Ministerstvu kultury ČR (MK00002327201).

Tabulka 2 Mřížkové parametry uranopilitu a jáchymovitu z Horního Slavkova porovnané s literárními údaji

	uranopilit (Spgr. P-1)			jáchymovit (Spgr. P2 ₁ nebo P2 _{1/m})	
	Horní Slavkov tato práce (2008)	Jáchymov Burns (2001)	Příbram Plášil et al. (2005)	Horní Slavkov tato práce (2008)	Jáchymov Čejka et al. (1996)
a [Å]	8.881(7)	8.896(2)	8.896(6)	18.52(5)	18.553(8)
b [Å]	13.98(1)	14.029(3)	14.025(9)	9.228(4)	9.276(2)
c [Å]	14.42(1)	14.339(3)	14.299(6)	13.49(3)	13.532(7)
α [°]	97.08(6)	96.610(4)	96.68(4)	-	-
β [°]	98.99(6)	98.472(4)	98.60(6)	125.6(2)	125.56(2)
γ [°]	98.84(6)	99.082(4)	99.92(6)	-	-
V [Å ³]	1727(2)	1726.1(4)	1719(2)	1874(7)	1894(2)

Literatura

- Beran P. et al. (2001): Královské horní město Horní Slavkov (Horní Slavkov and its history of Royal Mining town). - Město Horní Slavkov ve spolupráci s Okresním muzeem Sokolov.
- Brugger J., Burns P. C., Meisser N. (2003): Contribution to the mineralogy of acid drainage of Uranium minerals: Marecottite and zippeite-group. - *Am. Mineral.* **88**, 676-685.
- Burns P. C. (2001): A new uranyl sulphate chain in the structure of uranopilite. - *Can. Mineral.* **39**, 1139-1146.
- Čejka J., Sejkora J., Mrázek Z., Urbanec Z., Jarchovský T. (1996): Jáchymovite, $(\text{UO}_2)_8(\text{SO}_4)(\text{OH})_{14} \cdot 13\text{H}_2\text{O}$, a new uranyl mineral from Jáchymov, the Krušné hory Mts., Czech Republic and its comparison with uranopilite. - *Neu. Jb. Min., Abh.* **170**, 155-170.
- Dewdritius A. P., Utsunomiya S., Ewing R. C. (2008): The chemical stability of coffinite, $\text{USiO}_4 \cdot n\text{H}_2\text{O}$; 0 b n b 2, associated with organic matter: A case study from Grants uranium region, New Mexico, USA. - *Chem. Geol.* **251**, 33-49.
- Dubinkina R. P. (1947): Mineralogická charakteristika lokalit v „Geologicko-průmyslové zprávě za rok 1947“. - Nepublikovaná zpráva, ÚSVTRS, 231, 1948, Příbram (v ruštině).
- Dymkov Ju. M., Bojcov V. E., Preobražněvskij A. N., Ivanova O. A. (1986): Ningyoite z hydrotermálních žil Horního Slavkova. - *Mineral. Zhurnal* **8**, 34-43 (v ruštině).
- Komínek J., Chrt J., Landa O. (1994): Uranium mineralization in the western Krušné hory Mts. (Erzgebirge) and the Slavkovský les region, Czech Republic. - *Mineral Deposits, Monograph Series* **31**, 209-230.
- Kraus W., Nolze G. (2000): PowderCell for Windows, version 2.4, program.
- Laugier J., Bochu B. (2002): Celref, version 3. Domaine Universitaire, Grenoble, France.
- Meisser N., Brugger J., Lahaye Y. (2002): Mineralogy and acid-mine drainage of La Creusaz uranium prospect, Switzerland. - In: Kříbek B. a Zeman J. (eds.): Uranium deposits: from their genesis to their environmental aspects, 147-150. Czech Geol. Survey, Praha.
- Ondruš P., Veselovský F., Gabašová A., Drábek M., Dobeš P., Malý K., Hloušek J., Sejkora J. (2003): Ore forming processes and mineral paragenesis of the Jáchymov ore district. - *J. Czech Geol. Soc.* **48** (3-4), 157-192.
- Plášil J., Sejkora J., Škácha P., Goliáš V., Hušák M. (2005): Uranofán, uranopilite a compreignacit z Jánské žíly, Březové Hory, Příbram. - *Bull. mineral.-petrolog. Odd. Nár. Muz. (Praha)* **13**, 192-195.
- Plášil J., Sejkora J., Ondruš P., Veselovský F., Beran P., Goliáš V. (2006): Supergene minerals in the Horní Slavkov uranium ore district, Czech Republic. - *J. Czech Geol. Soc.* **51** (1-2), 149-158.
- Tomíček R. (2000): Těžba uranu v Horním Slavkově. - Okresní muzeum Sokolov, Sokolov, 294 s.
- Veselý T. (1986): Uranový revír Horní Slavkov. - *Geol. Hydrometal. Uranu* **10**, 5-44.