

# Nález čejkaitu v důlní chodbě uranového ložiska Rožná, Česká republika

## The finds of čejkaite at mine adit of the uranium deposit Rožná, Czech Republic

JIŘÍ SEJKORA<sup>1)</sup>, PETR PAULIŠ<sup>2)</sup>, JAROMÍR JELÍNEK<sup>3)</sup> A JAN VLK<sup>4)</sup>

<sup>1)</sup> Národní muzeum, Václavské náměstí 68, 115 79 Praha 1

<sup>2)</sup> Smíškova 564, 284 01 Kutná Hora

<sup>3)</sup> Slunečná 256, 664 91 Neslovice

<sup>4)</sup> Hlavní 707, 708 00 Ostrava-Poruba

SEJKORA J., PAULIŠ P., JELÍNEK J., VLK J. (2008): Nález čejkaitu v důlní chodbě uranového ložiska Rožná, Česká republika. - *Bull. mineral.-petrolog. Odd. Nár. Muz. (Praha)* 16/2, 212-216. ISSN: 1211-0329.

### Abstract

Rare supergene tetrasodium uranyl tricarbonate, čejkaite, was found at mine adit of 24th level of the uranium mine Rožná I, 1 km N of Dolní Rožínka, western Moravia, Czech Republic. It forms thin coatings at fragments of baryte gangue up to 2 x 3 cm, with uneven or fine crystalline surface and rarely hemispherical aggregates up to 0.5 mm in size. Čejkaite is partly translucent, it has light yellow colour and light yellow fluorescence under both short- and long-wave UV radiation. Green andersonite and light yellow green schröckingerite were found in the association. Čejkaite is triclinic, space group *P1* or *P-1*, the unit-cell parameters refined from X-ray powder data are:  $a = 9.292(3)$ ,  $b = 9.292(3)$ ,  $c = 12.888(2)$  Å,  $\alpha 90.77(2)^\circ$ ,  $\beta 90.78(2)^\circ$ ,  $\gamma 120.02(2)^\circ$ ,  $V = 963.1(8)$  Å<sup>3</sup>. Chemical analyses yielded the average composition  $\text{Na}_{3.96}\text{Ca}_{0.02}\text{(UO}_2\text{)}_{1.02}\text{[(CO}_3\text{)}_{2.93}\text{(SiO}_4\text{)}_{0.03}\text{(SO}_4\text{)}_{0.01}\text{]}_{\Sigma 2.97}$  on the basis  $(\text{Na}+\text{Ca}+\text{U}) = 5$  apfu. Chemical composition of studied čejkaite is compared with published and new analytical data for čejkaite from Jáchymov and synthetic trigonal  $\text{Na}_4(\text{UO}_2)(\text{CO}_3)_3$ . The origin of čejkaite at Rožná mine is interpreted as product of weathering of primary uranium minerals and its host rock in conditions of surface water regime within the abandoned mine adits.

**Key words:** čejkaite, tetrasodium uranyl tricarbonate, X-ray powder data, unit-cell parameters, chemical composition, Rožná uranium deposit, Czech Republic

### Úvod

Ložisko Rožná (někdy uváděné i jako Dolní Rožínka) je součástí rudného pole Rožná - Olší, které se nachází na periférii strážeckého moldanubika, situovaného při severovýchodním okraji jádra Českého masivu. Je největším uranovým ložiskem na Moravě a současně posledním těžebním ložiskem uranu v České republice. Objeveno bylo v roce 1954, komplexní vyhledávací a průzkumné práce zde probíhaly od nálezů až do roku 1991. Ložisko vychází téměř k povrchu, uranová mineralizace byla nalezena již v hloubce 2 m (Kříbek, Hájek 2004). Těžba ložiska byla zahájena v roce 1957 a probíhá doposud. Ložisko je těženo dolem Rožná I (obr. 1), který se nachází 1 km s. od Dolní Rožínky (západní Morava, Česká republika), a v letech 1963 až 1995 i závodem Rožná II (Jasan). Do hloubky 600 m bylo ložisko vydobyto v období let 1957 - 1980. V letech 1980 až 1988 dosáhla těžba hloubek 800 až 900 m, v posledních letech těžby se pracuje již v hloubkách 1000 - 1100 m. Celkem zde bylo do roku 1997 získáno cca 18 000 t uranu (Cimala 1997).

Po geologické stránce je ložisko Rožná vyvinuto v centrální části rozsošské synklinály, která má ssz. směr a úklon osní roviny 45 - 70° k Z; vystupuje v proterozoických metamorfovaných horninách monotónní a pestré skupiny moldanubika. Monotónní skupinu tvoří převážně jemnozrné až středně zrnité biotitické ruly, často migmatizované až granitizované. Pestrou skupinu tvoří hlavně biotitické ruly s hojnými vložkami amfibolitů, amfibolicko-biotitických rul a krystalických dolomitických vápenců.



Obr. 1 Těžní věž dolu Rožná I. Foto J. Sejkora, 2007.

Zrudnění je vyvinuto převážně ve střední a svrchní části pestré skupiny (Hájek 2001).

Převážná část uranového zrudnění je vázána na směrné ssz. zlomové struktury, které vystupují převážně v podobě dislokačních zón, méně často mají charakter mineralizovaných puklin (žil). Rudonosné dislokační zóny směru S - J s úklonem 45 - 70° k Z dosahují směrné délky 10 - 15 km. Mocnost vtroušeninového zrudnění se zpravidla pohybuje v rozmezí několika metrů, místy však dosahuje 25 - 30 m. Rudonosné zóny (1. a 4. zóna) jsou vyplněny převážně drcenými grafitizovanými a chloritizovanými horninami; ze žiloviny převažují karbonáty různých stadií mineralizace. V menším množství jsou vedle uranového zrudnění zastoupeny grafit a pyrit. Žíly, které jsou k základním tektonickým zónám zpeřené, dosahují délky 4 - 5 km a jejich mocnost se pohybuje kolem 2.5 m (Kolektiv 2003).

Mineralogii ložiska Rožná byla věnována řada prací, jejichž výsledky stručně shrnuje Šíkola (2001). Na ložisku bylo zjištěno přes 120 minerálních druhů. Uranová mineralizace, která je zastoupena především uraninitem a coffinitem, tvoří v zónách mohutná rudná tělesa disperzního charakteru. Ve velkých tektonických zónách převládají prožilkově vtroušené uraninit-coffinitové rudy. V některých úsecích vystupují uranové minerály v asociaci s montroseitem, který tvoří jehličkovité krystaly a radiálně paprscité agregáty zatlačované coffinitem. Vedle coffinitu s příměsí zirkonia a novotvořeného zirkonu s příměsí uranu se na ložisku nacházejí též silikáty uranu a zirkonia (Kříbek, Hájek 2004).

Ze supergenních minerálů uranu uvádí z ložiska Kruša (1966, 1977) autunit, curit, torbernit, uranofán, uranopilit, schröckingerit a „uranovou čern“ . Z důlních chodeb nad 16. patrem dolu Jasan popisují Pauliš et al. (1994) výskyt zelenožlutých šupinkatých agregátů schröckingeritu doprovázené zelenými izometrickými krystaly andersonitu (o velikosti do 0.6 mm) a žlutým práškovitým natrozipeitem. Řídkošil a Sejkora (1993) a Sejkora (1994) uvádějí i výskyt žlutozelených krystalů liebigitu a z připovrchových partií ložiska až 1 cm velké žluté krystaly metaautunitu a žluté práškovité agregáty fosfuranylitu. V letech 2000 - 2002 byly v důlních chodbách v rozmezí 18. - 24. patra zjištěny výskyt minerálů ze skupiny zippeitu - natrozipeit, rabejacit, marécottit a zippeit. Tyto sulfáty uranylu vytvářely v asociaci s mirabilitem a epsomitěm zemité nebo jemně krystalické výkvěty žluté až oranžově žluté barvy, vznikající subrecentně na stěnách důlních chodeb (Veselovský, Ondruš 2002).

### Charakteristika výskytu

V první polovině roku 2008 byly v jižní části 24. patra uranového dolu Rožná prováděny přípravné práce pro vrtný hloubkový průzkum. Při geologicko - měřičské dokumentaci komory K3 v oblasti kontaktu rozrážky RZ1Z<sub>24</sub>-137 a mezičelby 1Z-24137/39 (obr. 2), vyražených v období 1979 - 1989, byla po odstranění zátažů stěn zjištěna zajímavá (sub)recentní supergenní uranová mineralizace. Na popisovaném místě byla odhalena část 62. žíly v mocnosti okolo 1 m a ve vývoji silně drcené grafitizované horniny, prostoupené drobnými žilkami karbonátů a



Obr. 2 Situace části 24. patra dolu Rožná I. Podle měřičské dokumentace dolu zpracoval P. Pauliš, měřítko 1:1 000, místo výskytu čejkaitu je zvýrazněno červeným kruhem.

barytu. Z primární mineralizace zde byly zjištěny agregáty jemnozrnného pyrotinu o velikosti do 3 cm, drobná zrna pyritu a zrna coffinitu o velikosti do 1 mm.

Několik vzorků s čejkaitem bylo nalezeno na volných úlomcích hornin a žiloviny nahromaděných na počvě chodby; čejkait se zde vyskytoval pouze v úzkém pruhu při styku nahromaděné rubaniny s horninou prostoupenou karbonátem. Z dalších supergenních minerálů uranu zde byly zjištěny sytě zelené povlaky a až 3 mm velké krystaly andersonitu, vystupující na žilovině s karbonátem a hojně, světle žlutozelené až šedozelelé povlaky, tvořené kulovitými agregáty schröckingeritu o velikosti do 1 - 3 mm, které narůstaly na povrchu žiloviny bez výskytů karbonátů.

Čejkait byl zjištěn na úlomcích žiloviny s převažujícím barytem (štěpné narůžovělé a bílé agregáty), ojedinělým kalcitem a hojnými pohlcenými úlomky tmavě šedé alterované a grafitizované horniny obsahující vedle křemene především chlority. Čejkait na úlomcích žiloviny (obr. 3) vytváří slabé povlaky (na ploše až 2 x 3 cm) s nerovným



Obr. 3 Jemně krystalický povrch agregátů čejkaitu, Rožná. Šířka obrázku 2 mm, foto J. Sejkora.

a místy jemně krystalickým (pod 0.01 mm) povrchem; na okrajích povlak přechází do srůstajících polokulovitých agregátů o velikosti do 0.5 mm. Agregáty čejkaitu jsou částečně průsvitné až neprůsvitné, světle žluté barvy a jen nevýrazného lesku. V krátko- i dlouhovlnném UV záření vykazuje světle žlutou nepříliš intenzivní fluorescenci bez dosvitových efektů.

### Rentgenová prášková data

Rentgenová prášková data čejkaitu byla získána pomocí difraktometru HZG4/Arem-Seifert za podmínek: 50 kV, 40 mA, záření CuK $\alpha$ , step-scanning 0.05°/7 s. Pro snížení pozadí záznamu byly práškové preparáty naneseny pomocí acetonu na nosič zhotovený z monokrystalu

Si. Získaná data byla vyhodnocena pomocí softwaru ZDS pro DOS (Ondruš 1993) za použití profilové funkce Pearson VII. Zjištěná rentgenová prášková data byla indexována na základě teoretického záznamu vypočteného programem Lazy Pulverix (Yvon et al. 1977) z krystalových strukturálních dat publikovaných Ondrušem et al. (2003).

Rentgenová prášková data čejkaitu z Rožné (tab. 1) jsou v dobré shodě s daty vypočtenými z krystalové struktury i s údaji publikovanými pro čejkait z Jáchymova (Ondruš et al. 2003); pozorována nebyla jen malá část difrakcí s velmi nízkými intenzitami. Parametry základní cely čejkaitu z Rožné vypřesněné pomocí programu Burnhama (1962) jsou ve velmi dobré shodě s publikovanými údaji pro tento minerální druh (tab. 2).

**Tabulka 1** Rentgenová prášková data čejkaitu z Rožné

<i>h</i>	<i>k</i>	<i>l</i>	<i>d</i> <sub>obs.</sub>	<i>I</i> / <i>I</i> <sub>0</sub>	<i>d</i> <sub>calc.</sub>	<i>h</i>	<i>k</i>	<i>l</i>	<i>d</i> <sub>obs.</sub>	<i>I</i> / <i>I</i> <sub>0</sub>	<i>d</i> <sub>calc.</sub>	<i>h</i>	<i>k</i>	<i>l</i>	<i>d</i> <sub>obs.</sub>	<i>I</i> / <i>I</i> <sub>0</sub>	<i>d</i> <sub>calc.</sub>
1	-1	0	8.051	42	8.048	2	1	-2	2.7756	16	2.7777	1	-4	-2	2.0922	11	2.0957
0	1	0			8.043	1	2	-2			2.7776	4	-1	2			2.0957
1	0	0			8.044	3	-1	-2	2.7682	21	2.7691	1	3	2			2.0910
1	0	-2	5.084	49	5.087	1	-3	2			2.7688	3	1	2			2.0910
0	1	-2			5.086	3	-2	-2			2.7600	1	0	-6	2.0872	6	2.0868
1	-1	-2	5.026	52	5.029	2	-3	2			2.7598	0	1	-6			2.0867
1	-1	2			5.029	2	-3	-2	2.7387	11	2.7411	3	0	-4			2.0849
0	1	2	4.970	54	4.971	3	-2	2			2.7410	0	3	-4			2.0848
1	0	2			4.971	1	-3	-2	2.7265	25	2.7312	1	-1	-6	2.0741	8	2.0746
1	-2	0	4.645	100	4.646	3	-1	2			2.7312	1	-1	6			2.0746
2	-1	0			4.646	1	2	2			2.7211	0	1	6	2.0623	7	2.0625
1	1	0			4.643	2	1	2			2.7211	1	0	6			2.0625
2	-2	0	4.024	25	4.024	3	-3	0	2.6808	53	2.6827	3	-3	-4			2.0614
0	2	0			4.022	0	3	0			2.6811	3	-3	4			2.0612
2	0	0			4.022	3	0	0			2.6812	0	3	4	2.0348	5	2.0372
2	0	-2	3.443	34	3.448	2	-1	-4	2.6646	13	2.6640	3	0	4			2.0372
0	2	-2			3.448	1	-2	4			2.6637	4	0	-2	1.9341	4	1.9325
2	-2	-2	3.418	21	3.413	1	-2	-4	2.6279	9	2.6303	0	4	-2			1.9324
2	-2	2			3.413	2	-1	4			2.6301	2	0	-6	1.9109	6	1.9129
0	2	2	3.377	13	3.376	2	-4	0	2.3225	41	2.3228	0	2	-6			1.9128
2	0	2			3.376	4	-2	0			2.3229	2	2	-4	1.9067	7	1.9080
0	0	4	3.221	74	3.221	2	2	0			2.3215	0	4	2			1.9068
2	-3	0	3.039	16	3.042	3	-4	0	2.2313	23	2.2320	4	0	2			1.9068
1	-3	0			3.041	4	-3	0			2.2321	4	-2	-4	1.8941	9	1.8963
3	-2	0			3.042	1	-4	0			2.2312	2	-2	-6			1.8944
3	-1	0			3.041	4	-1	0			2.2313	2	-4	4			1.8961
1	2	0			3.040	3	1	0			2.2306	2	-2	6			1.8943
2	1	0			3.040	1	-3	4			2.2308	0	2	6	1.8773	8	1.8759
1	0	-4	3.016	7	3.015	3	-2	-4	2.2174	7	2.2214	2	0	6			1.8759
0	1	-4			3.014	2	-3	4			2.2211	2	-4	-4	1.8706	9	1.8720
1	-1	-4	3.001	4	2.990	3	1	-2	2.1229	11	2.1250	4	-2	4			1.8719
1	-1	4			2.990	1	3	-2			2.1249	3	1	-4	1.8544	6	1.8566
1	2	-1	2.9744	9	2.9761	4	-1	-2			2.1213	4	-1	-4			1.8512
1	-3	1			2.9713	1	-4	2			2.1211	3	-5	0	1.8458	11	1.8461
0	1	4	2.9674	13	2.9660	4	-3	-2	2.1165	23	2.1134	2	-5	0			1.8458
3	-2	-1			2.9663	3	-4	2			2.1132	5	-3	0			1.8462
2	-3	-1	2.9560	9	2.9544	3	-4	-2	2.1050	13	2.1048	2	3	0			1.8450
3	-1	1	2.9474	7	2.9479	4	-3	2			2.1047	4	-3	-4	1.8406	3	1.8403
2	1	1			2.9410							3	-4	4			1.8401

**Tabulka 2** Parametry základní cely čejkaitu (pro triklinické prostorové grupy P1 nebo P-1)

	Rožná	Jáchymov	Jáchymov
	tato práce	Ondruš et al. (2003)	Čejka et al. (v tisku)
<i>a</i> [Å]	9.292(3)	9.291(2)	9.293(3)
<i>b</i> [Å]	9.292(3)	9.292(2)	9.288(1)
<i>c</i> [Å]	12.888(2)	12.895(2)	12.866(4)
$\alpha$ [°]	90.77(2)	90.73(2)	90.66(2)
$\beta$ [°]	90.78(2)	90.82(2)	90.96(3)
$\gamma$ [°]	120.02(2)	120.00(1)	119.99(1)
<i>V</i> [Å <sup>3</sup> ]	963.1(8)	963.7(4)	961.4(4)



## Chemické složení

Chemické složení čejkaitu bylo kvantitativně sledováno na leštěných nábrusech pomocí elektronového mikroanalýzátoru Cameca SX100 (Přírodovědecká fakulta, MU Brno) za podmínek: vlnové disperzní analýza, napětí 15 kV, proud 2 nA, průměr svazku elektronů 15 μm. Použity byly následující linie a standardy: Kα: albit (Na), andradit (Ca, Fe), baryt (S), Co (Co), halit (Cl), fluorapatit (P, F), MgAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub> (Mg), Ni (Ni), sanidin (K, Si), ZnO (Zn); Lα: dioplas (Cu); Lβ: baryt (Ba); Mα: vanadinit (Pb); Mβ: U (U). Obsahy výše uvedených prvků, které nejsou zahrnuty v tabulkách, byly kvantitativně analyzovány, ale zjištěné

obsahy byly pod detekčním limitem (cca 0.10 - 0.15 hm. % pro jednotlivé prvky). Získaná data byla korigována za použití software PAP (Pouchou, Pichoir 1985). Obsahy CO<sub>2</sub> byly dopočteny na základě vyrovnání nábojové bilance.

Pro výběr optimální metodiky chemických analýz a ověření analytických dat - vzhledem k částečné rozpustnosti čejkaitu ve vodě, jeho možné nestabilitě ve vakuu a pod svazkem elektronů a problémům s kvantitativní analýzou Na - byly společně s čejkaitem z Rožné analyzovány za využití stejné metodiky následující vzorky:

a) trigonální Na<sub>4</sub>(UO<sub>2</sub>)(CO<sub>3</sub>)<sub>3</sub> - průhledné, oranžově

**Tabulka 3** Chemické složení čejkaitu a synteticky připravené trigonální fáze Na<sub>4</sub>(UO<sub>2</sub>)(CO<sub>3</sub>)<sub>3</sub>

	Rožná (tato práce)							Jáchymov		synt.	
	Ø 7	1	2	3	4	5	6	7	*1	*2	*3
Na <sub>2</sub> O	22.29	22.81	23.49	22.91	22.15	21.80	21.78	21.06	21.39	22.97	22.93
CaO	0.21	0.12	0.11	0.23	0.56	0.15	0.14	0.18	0.00	0.00	0.00
FeO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.53	0.00	0.00
SiO <sub>2</sub>	0.37	0.29	0.00	0.00	0.34	0.45	0.90	0.62	0.00	0.00	0.00
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.48	0.00
SO <sub>3</sub>	0.25	0.12	0.26	0.00	0.25	0.34	0.39	0.40	0.00	0.20	0.00
UO <sub>3</sub>	52.98	54.86	53.78	54.74	53.02	51.23	50.97	52.30	53.93	53.15	54.09
CO <sub>2</sub> *	23.46	24.24	24.90	24.88	23.70	22.64	21.89	22.02	23.98	23.93	24.60
total	99.56	102.43	102.53	102.76	100.02	96.61	96.07	96.57	99.98	100.73	101.61
Na <sup>+</sup>	3.959	3.957	3.998	3.954	3.927	3.973	3.977	3.926	3.878	3.998	3.982
Ca <sup>2+</sup>	0.021	0.011	0.010	0.022	0.055	0.015	0.014	0.018	0.000	0.000	0.000
Fe <sup>2+</sup>	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.041	0.000	0.000
Σ	3.980	3.969	4.008	3.976	3.982	3.988	3.992	3.944	3.920	3.998	3.982
U <sup>6+</sup>	1.020	1.031	0.992	1.024	1.018	1.012	1.008	1.056	1.059	1.002	1.018
Si <sup>4+</sup>	0.034	0.026	0.000	0.000	0.031	0.042	0.084	0.060	0.000	0.000	0.000
P <sup>5+</sup>	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.036	0.000
S <sup>6+</sup>	0.017	0.008	0.017	0.000	0.017	0.024	0.028	0.029	0.000	0.014	0.000
C <sup>2+</sup>	2.935	2.962	2.984	3.023	2.959	2.906	2.815	2.890	3.062	2.933	3.009
Σ	2.986	2.996	3.001	3.023	3.007	2.972	2.927	2.979	3.062	2.983	3.009

\*1 čejkait, Jáchymov (Ondruš et al. 2003); \*2 čejkait, Jáchymov, průměr 8 bodových analýz - viz tab. 4 (tato práce);

\*3 synteticky připravený trigonální Na<sub>4</sub>(UO<sub>2</sub>)(CO<sub>3</sub>)<sub>3</sub> - průměr 6 bodových analýz - viz tab. 4 (tato práce).

CO<sub>2</sub>\* - obsah CO<sub>2</sub> počítaný na základě nábojové bilance; koeficienty empirických vzorců počítány na bázi (Na+Ca+Fe+U) = 5 apfu.

**Tabulka 4** Chemické složení čejkaitu z Jáchymova a synteticky připravené trigonální fáze Na<sub>4</sub>(UO<sub>2</sub>)(CO<sub>3</sub>)<sub>3</sub>

	Jáchymov (tato práce)							synt. Na <sub>4</sub> (UO <sub>2</sub> )(CO <sub>3</sub> ) <sub>3</sub> (tato práce)						
	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6
Na <sub>2</sub> O	22.93	22.91	22.19	22.89	23.26	23.03	22.77	23.73	22.81	22.34	23.89	22.73	22.65	23.14
CaO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
FeO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SiO <sub>2</sub>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.62	0.31	0.45	0.49	0.49	0.49	0.47	0.51	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SO <sub>3</sub>	0.15	0.36	0.30	0.23	0.10	0.17	0.25	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
UO <sub>3</sub>	51.76	51.73	53.44	54.87	55.03	52.66	51.56	54.13	53.30	55.05	53.18	55.99	53.16	53.84
CO <sub>2</sub> *	23.59	23.74	23.40	24.12	24.47	23.90	23.53	24.67	24.40	24.34	25.14	24.75	24.26	24.71
total	99.05	99.05	99.79	102.61	103.36	100.24	98.58	103.11	100.51	101.74	102.20	103.47	100.08	101.69
Na <sup>+</sup>	4.018	4.017	3.965	3.969	3.980	4.007	4.015	4.009	3.990	3.946	4.028	3.947	3.986	3.993
Ca <sup>2+</sup>	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Fe <sup>2+</sup>	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Σ	4.018	4.017	3.965	3.969	3.980	4.007	4.015	4.009	3.990	3.946	4.028	3.947	3.986	3.993
U <sup>6+</sup>	0.982	0.983	1.035	1.031	1.020	0.993	0.985	0.991	1.010	1.054	0.972	1.053	1.014	1.007
Si <sup>4+</sup>	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
P <sup>5+</sup>	0.047	0.024	0.035	0.037	0.037	0.038	0.036	0.038	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
S <sup>6+</sup>	0.010	0.025	0.021	0.015	0.007	0.011	0.017	0.004	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
C <sup>2+</sup>	2.910	2.932	2.944	2.945	2.948	2.929	2.921	2.934	3.005	3.027	2.986	3.026	3.006	3.003
Σ	2.968	2.980	3.000	2.997	2.992	2.977	2.974	2.977	3.005	3.027	2.986	3.026	3.006	3.003

CO<sub>2</sub>\* - obsah CO<sub>2</sub> počítaný na základě nábojové bilance; koeficienty empirických vzorců počítány na bázi (Na+Ca+Fe+U) = 5 apfu.

žluté, dobře omezené prizmatické krystaly, synteticky připravený (Čísařová et al. 2001; Ondruš et al. 2003; Čejka et al. v tisku)

b) triklinický čejkait - jasně žluté celistvé nátekovité agregáty, nový nález z rudního revíru Jáchymov (Čejka et al. v tisku).

Výsledky kvantitativních chemických analýz všech studovaných vzorků jsou uvedeny v tabulkách 3 a 4. Pro podle BSE obrazu zcela homogenní čejkait z Rožné jsou charakteristické minoritní obsahy Ca do 0.06 *apfu*, doprovázené i zvýšenými obsahy Si (do 0.08 *apfu*) a S (do 0.03 *apfu*) v aniontu. Přestože studovaný vzorek narůstá přímo na baryt, neobsahuje Ba ani v minoritním zastoupení. Empirický vzorec čejkaitu z Rožné (průměr 7 bodových analýz) je možno na základě  $(\text{Na}+\text{Ca}+\text{U}) = 5 \text{ apfu}$  vyjádřit jako  $(\text{Na}_{3.96}\text{Ca}_{0.02})_{\Sigma 3.98}(\text{UO}_2)_{1.02}[(\text{CO}_3)_{2.93}(\text{SiO}_4)_{0.03}(\text{SO}_4)_{0.01}]_{\Sigma 2.97}$ .

Nově studovaný vzorek z Jáchymova neobsahuje Ca ani Fe a v aniontu bylo zjištěno minoritní zastoupení P (do 0.05 *apfu*) a S (do 0.03 *apfu*), jeho empirický vzorec je možno vyjádřit jako  $\text{Na}_{4.00}(\text{UO}_2)_{1.00}[(\text{CO}_3)_{2.93}(\text{PO}_4)_{0.04}(\text{SO}_4)_{0.01}]_{\Sigma 2.98}$ . Synteticky připravený trigonální analog čejkaitu s empirickým vzorcem  $\text{Na}_{3.98}(\text{UO}_2)_{1.01}(\text{CO}_3)_{3.01}$  je velmi blízký ideální stechiometrii. Výsledky podrobného studia infračervených a Raman spekter čejkaitu z Rožné a Jáchymova v porovnání s daty synteticky připraveného trigonálního  $\text{Na}_4(\text{UO}_2)(\text{CO}_3)_3$  jsou uvedeny v práci Čejky et al. (v tisku).

### Podmínky vzniku čejkaitu

Vznik čejkaitu v asociaci s andersonitem a schroöckingeritem je podle podmínek nálezu jednoznačně vázán na projevy (sub)recentního zvětrávání primární uranové mineralizace (uraninit, coffinit) v prostředí důlních chodeb. Čejkait zde krystalizoval v relativně suchém prostředí z roztoků typu uranyl - karbonát s vysokou koncentrací  $\text{Na}^+$  a jen minimálními obsahy  $\text{Ca}^{2+}$  iontů na úlomcích barytové žiloviny prakticky bez obsahu kalcitu. Při zvýšení obsahu  $\text{Ca}^{2+}$  iontů v roztocích například interakcí s kalcitovou žilovinou je vysoce preferován vznik andersonitu (Williams 1990), což zcela odpovídá pozorováním na studované lokalitě. Podle Finche a Murakami (1999) trikarbonáty uranylu krystalizují z roztoků s fugacitou  $\text{CO}_2$  vyšší než je atmosférická a vzhledem k rozpustnosti ve vodě pouze v relativně suchých prostředích, kde odpařování vysoce převládá nad rozpuštěním.

### Závěr

Na ložisku Rožná byl zjištěn výskyt triklinického trikarbonátu uranyl-sodného - čejkaitu, který je po původním výskytu v Jáchymově teprve druhým potvrzeným výskytem této velmi vzácné minerální fáze v přírodních podmínkách. Vznik čejkaitu na ložisku Rožná je stejně jako v případě původní lokality vázán na (sub)recentní zvětrávání v prostředí důlních chodeb. Výsledky chemických analýz prokázaly možnost minoritního vstupu Ca a Fe (do 0.04 - 0.06 *apfu*) do Na pozice krystalové struktury čejkaitu, stejně jako možnost nevelké substituce (0.03 - 0.08 *pfu*) karbonátového aniontu skupinami  $(\text{SO}_4)$ ,  $(\text{PO}_4)$  a  $(\text{SiO}_4)$ .

### Poděkování

V práci jsou uvedeny výsledky výzkumu, který byl finančně podpořen Ministerstvem kultury ČR v rámci projektů DE07P04OMG004 a MK00002327201. Milou povinností autorů je poděkovat RNDr. F. Veselovskému (Česká

geologická služba) a RNDr. J. Hlouškovi (Jáchymov) za poskytnutí srovnávacího materiálu pro studium a Mgr. R. Škodovi (Přírodovědecká fakulta MU, Brno) a Bc. J. Plášilovi (Národní muzeum) za spolupráci při laboratorním výzkumu.

### Literatura

- Burnham Ch. W. (1962): Lattice constant refinement. - *Carnegie Inst. Washington Year Book* **61**, 132-135.
- Cimala Z. (1997): Po stopách průzkumu a těžby uranových ložisek na Moravě a východních Čechách. - GEAM, Dolní Rožínka.
- Čísařová I., Skála R., Ondruš P., Drábek M. (2001): Trigonal  $\text{Na}_4[\text{UO}_2(\text{CO}_3)_3]$ . - *Acta Cryst.* **E57**, i32-i34.
- Čejka J., Sejkora J., Plášil J., Frost R. L., Bahfenne S. (v tisku): Raman spectroscopic study of the uranyl carbonate mineral čejkaite and its comparison with synthetic trigonal  $\text{Na}_4[\text{UO}_2(\text{CO}_3)_3]$ . - *J. Raman Spectroscopy*.
- Finch R., Murakami T. (1999): Systematics and paragenesis of uranium minerals. - *Rev. Mineral.* **38**, 91-179.
- Hájek A. (2001): Geologická charakteristika rudního pole Rožná-Oliší. - *Minerál (Brno)* **9**, 2, 118-124.
- Kolektiv (2003): Rudné a uranové hornictví České republiky. - Anagram, Ostrava.
- Kruťa T. (1966): Moravské nerosty a jejich literatura 1945-1965. - Moravské muzeum, Brno.
- Kruťa T. (1977): Příspěvky k moravské topografické mineralogii XIV. - *Čas. Morav. Muz. (Brno), Vědy přír.* **52**, 7-30.
- Kříbek B., Hájek A. eds. (2004): Uranové ložisko Rožná: model pozdně variských a povariských mineralizací. - Česká geologická služba, Praha.
- 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.
- Ondruš P., Skála R., Veselovský F., Sejkora J., Vit-ti C. (2003): Čejkaite, the triclinic polymorph of  $\text{Na}_4(\text{UO}_2)(\text{CO}_3)_3$  - a new mineral from Jáchymov, Czech Republic. - *Amer. Mineral.* **88**, 686-693.
- Pauliš P., Šíkola D., Holéczy D. (1994): Uranové sekundární minerály z uranového ložiska Rožná na západní Moravě. - *Věst. Čes. geol. Úst.* **69**, 1, 87-89.
- Pouchou J. L., Pichoir F. (1985): „PAP“ (φρΖ) procedure for improved quantitative microanalysis. - In: Armstrong J. T. (ed.): *Microbeam Analysis*, San Francisco Press, 104-106.
- Řídkošil T., Sejkora J. (1993): Supergenní minerály ložiska Rožná. - In: V. mineral. cykl. sem., Aplik. mineral. při řešení ekolog. probl., ČSVTS, 106-107.
- Sejkora J. (1994): Zajímavé minerály uranu ložiska Rožná. - *Minerál (Brno)* **2**, 2, 75-76.
- Šíkola D. (2001): Přehled mineralogických výzkumů rudního pole Rožná - Olší. - *Minerál (Brno)* **9**, 2, 124-134.
- Veselovský F., Ondruš P. (2002): Secondary mineralization of Rožná uranium deposit and their comparison with the Jáchymov ore district. - In: Kříbek B., Zeman J. eds: *Uranium deposits: from their genesis to their environmental aspects*, ČGS, 121-124. Praha.
- Williams, P. A. (1990): Oxide zone geochemistry. - 1-286. Ellis Horwood, Chichester.
- 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.