

Uranofán zo Seliec pri Banskej Bystrici (Starohorské vrchy, Slovenská republika)

Uranophane from Selce at Banská Bystrica (Starohorské vrchy Mts., Slovak Republic)

L'UBOŠ POLÁK^{1)*}, ŠTEFAN FERENC¹⁾, ADRIÁN BIROŇ²⁾ A MARTINA SÝKOROVÁ³⁾

¹⁾Katedra geografie a geológie, Fakulta prírodných vied, Univerzita Mateja Bela, Tajovského 40, 974 01 Banská Bystrica, Slovenská republika; *e-mail: silur.devon7@gmail.com

²⁾Ústav vied o Zemi SAV - pracovisko Banská Bystrica, Ďumbierska 1, 974 01 Banská Bystrica, Slovenská republika

³⁾Katedra chémie, Fakulta prírodných vied, Univerzita Mateja Bela, Tajovského 40, 974 01 Banská Bystrica, Slovenská republika

POLÁK L., FERENC Š., BIROŇ A., SÝKOROVÁ M. (2016) Uranofán zo Seliec pri Banskej Bystrici (Starohorské vrchy, Slovenská republika). *Bull. mineral.-petrolog. Odd. Nár. Muz. (Praha) 24, 2, 178-182. ISSN 1211-0329.*

Abstract

Uranophane was identified in Permian arkoses containing uranium mineralization at the Selce village (Banská Bystrica district), Starohorské vrchy Mts. It forms globular aggregates (up to 0.15 mm in size), consist of fibrous, needle like crystals resp. cryptocrystalline coatings and crusts on rocks fissures, also it fills rock cavities. Uranophane has a light to dark yellow colour, with yellow - green luminiscence in UV light. It is associated with boltwoodite (?), malachite and hydrated Mn oxides. Uranophane was identified by powder X-ray diffraction data and it has refined unit cell parameters: a 15.908(1), b 7.030(1), c 6.669(1) Å, β 97.54(2)° and V 739.5(1) Å³. The results of infrared spectroscopic study of uranophane and assignment of spectra are given in the paper.

Key words: oxidation zone, uranyl mineral, uranophane, uranium mineralization, Veporicum Unit, Starohorské vrchy Mts., Selce, Slovak Republic

Obdrženo: 7. 4. 2016; přijato 24. 10. 2016

Úvod

Lokalita Selce predstavuje jeden z najvýznamnejších výskytov uránovej mineralizácie v permských sedimentoch na strednom Slovensku. Geologický prieskum tu prebehol v 50. až 70. rokoch minulého storočia, výsledky sú podané v rukopisných prácach Trégera (1961) a Novotného (1970). Mineralogickej charakteristike rúd sa venovali Rojkovič, Novotný (1993) a Polák et al. (2015).

Pri predchádzajúcich prácach, ktoré boli na tejto lokalite realizované, nebola oxidačnej zóne venovaná príliš veľká pozornosť. Na túto kládli dôraz novšie Polák et al. (2015), pričom tu bolo identifikovaných aj niekoľko supergénnych minerálov uránu. Predmetom predkladaného príspevku je mineralogická charakteristika uranofánu $\text{Ca}(\text{UO}_2)_2(\text{SiO}_3\text{OH})_2 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, ktorý na lokalite Selce predstavuje najrozšírenejší uranylový minerál.

Lokalizácia a geologická charakteristika

Uránová mineralizácia je situovaná (obr. 1) v oblasti Starohorských vrchov, 2 km jz. od kóty Šutková (898 m n. m.), 1.55 km sv. od kóty Panský diel (1100 m n. m.) a 1.4 km ssz. od kóty Selčiansky diel (935 m n. m.), v dne potoka a na oboch svahoch doliny Dolná Skrytá. GPS súradnice lokality sú: 48° 48.519' s. š., 19° 9.934' v. d.

Mineralizácia vystupuje v permskom špaňodolinskom súvrství veporika (Vozárová, Vozár 1988). Litologické prostredie tvoria sivozelené stredno až hrubozrnné pieskovce a arkózy, s nepravidelnými vložkami drobnozrnného polymiktného zlepenca. Uránová mineralizácia je sprevádzaná výskytom menej výraznej Cu mineralizácie (Rojkovič, Novotný 1993).

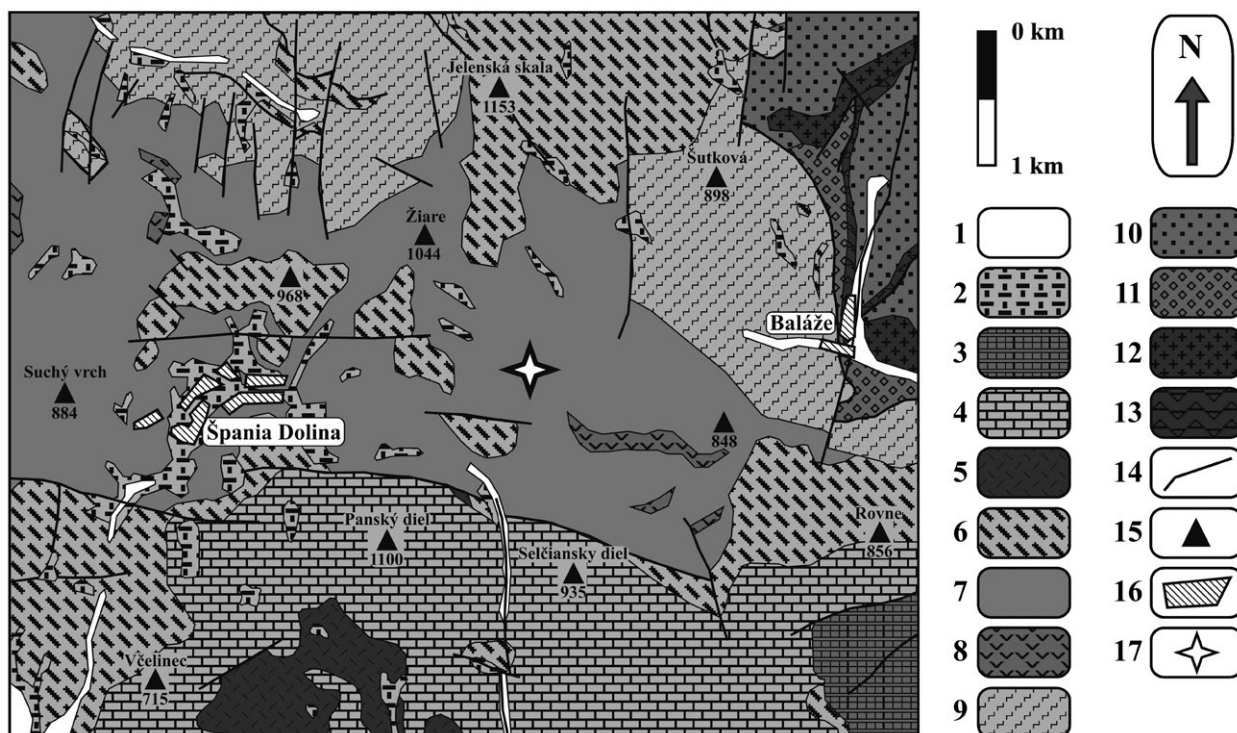
ného polymiktného zlepenca. Uránová mineralizácia je sprevádzaná výskytom menej výraznej Cu mineralizácie (Rojkovič, Novotný 1993).

Horniny sú alpínsky dynamometamorfované, čo sa prejavuje tvorbou relatívne výraznej metamorfnej foliácie. Špaňodolinské súvrstvie tu prebieha v smere V - Z, so sklonom 30° až 50° na S, pričom metamorfna foliácia je uklonená k J so sklonom 30° až 50°, čo potvrdzuje aj skôr realizovaný vrtný prieskum (Rojkovič, Novotný 1993).

Primárna mineralizácia je reprezentovaná uraninitom, pyritom, chalkopyritom a tetraedritom, menej markazitom, galenitom a arzenopyritom. Oxidačnú zónu reprezentuje uranofán, boltwoodit (?), metasaléit, Mn oxidy, limonit, jarosit, malachit, goethit, azurit, torbernit, zeunerit a covellit. Akcesorické minerály hornín sú reprezentované Fe-Ti oxidmi (väčšinou leukoxenizované), konkrétne ilmenitom, respektíve príbuznými Fe-Ti-O fázami. Turmalíny boli zistené len v jemnozrnných pieskovcoch, apatit a zirkón vystupujú v hrubozrnných arkózach aj v jemnozrnných pieskovcoch (Rojkovič 1997; Polák et al. 2015).

Podľa prieskumných správ (Tréger 1961; Novotný 1970) bolo zrudnenie (pruh viacerých anomálií) vysledované v celkovej dĺžke 300 m, v smere ZSZ - VJV. Šírka zrudneného pásma sa pohybuje približne do 100 m. Jednotlivé mineralizované šošovky, ktoré boli zachytené v ryhách majú hrúbku 0.1 - 0.5 m, s predpokladanou dĺžkou do 10 m. Obsah U v rudách varíruje od 0.028 do 0.20 hm. % (Rojkovič, Novotný 1993).

Mineralizované horniny majú hnedastú až červenkastú farbu, ktorá je spôsobená drobnými zhlukmi limonitu v du-



Obr. 1 Geologická situácia okolia výskytu uranofánu zo Seliec (sensu Polák et al. 2003). **1** - fluviálne/piesčité/štrkovité hliny nív a nívnych kuželov (holocén); **2** - eluviálne/deluviálne/proluviálne/fluviálne piesky, štrky a hliny (pleistocén-holocén); **3** - hlavné dolomity, jemnozrnné pieskovce, ílovité a ílovito piesčité bridlice, reiflinské vápence (trias, hronikum); **4** - slienité vápence a bridlice, kalpionelové vápence (krieda, veporikum); **5** - červené hlúznaté a krioidové vápence (jura, veporikum); **6** - kremence, bridlice, gutensteinské vápence a dolomity (trias, veporikum); **7** - zlepenca, pieskovce, bridlice (perm, veporikum); **8** - produkty acidneho vulkanizmu (perm, veporikum); **9** - ortoruly s páskovanou textúrou (proterozoikum?-paleozoikum, veporikum); **10** - droby, zlepenca, ílovito-piesčité bridlice s vložkami kremencov (trias, tatrikum); **11** - brekcie, zlepenca, pieskovce (perm, tatrika); **12** - muskoviticko-biotitické granodiority až granity (proterozoikum?-paleozoikum, tatrikum); **13** - tektonity; **14** - zlomy; **15** - kóty; **16** - zástavba; **17** - skúmaná lokalita.

tinách hornín, alebo jeho povlakmi po plochách puklín a metamorfnej foliácie. Menej často boli v tej istej pozícii zistené supergénne minerály uránu a medi. Na horninách sa tiež vyskytujú výrazné čierne povlaky mangánových oxidov (Novotný 1970; Rojkovič, Novotný 1993). Alteráciu okolitých hornín reprezentujú sericitizácia, karbonatizácia a pyritizácia (Rojkovič 1997).

Rojkovič (1997) uvádza, že U mineralizácia má stratifomný charakter a je akumulovaná po vrstevnatosti (sklon k S) stredno až hrubozrnných arkóz, s remobilizáciou (vznik bohatšieho zrudnenia) do alpínskych štruktúr (metamorfná foliácia, sklon k J).

Metodika

Vzorky boli odobrané pomocou scintilačného rádiometra SGR, použitý merací rozsah 50 - 3000 keV, frekvencia merania 0.2 sekundy. Mikroskopické fotografie uranofánu boli zhotovené na binokulárnej lupe Nikon SMZ-1500 s kamerou typu DS-Fi2. Luminiscencia bola pozorovaná v svetlotesnej komore pod dlhovlnným (400-315 nm) UV žiarením, pomocou lampy Raytech R5-FLS-2.

Uranofán bol identifikovaný röntgenovou práškovou difraktometrickou analýzou na prístroji D8 Bruker Advance (Ústav vied o Zemi SAV, Banská Bystrica) za použitia žiarenia Cu ($K\alpha$) s vlnovou dĺžkou 1.54178 Å. Práškový preparát bol nanosený v acetónovej suspenzii na nosič (monokryštál Si) a následne boli získané difrakčné dáta v režime step-scanning (krok 0.01° 2 θ /1.25 s, rozsah me-

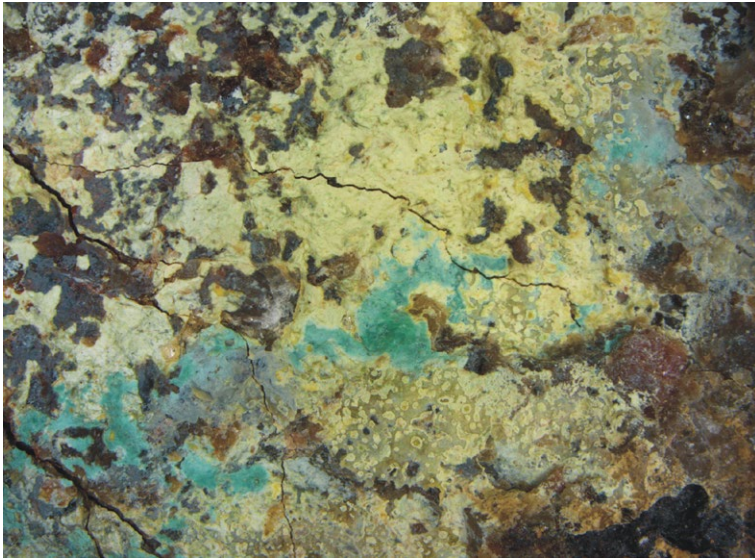
rania 2.0-65.0° 2 θ). Difraktometrický záznam bol vyhodnotený pomocou softvéru ZDS (Ondruš 1993). Získané difraktometrické reflexy boli indexované na základe záznamu uranofánu uvedeného v „American Mineralogist Crystal Structure Database“ (Downs, Hall-Wallace 2003). Mriežkové parametre boli vypočítané metódou najmenších štvorcov pomocou softvéru UnitCell (Holland, Redfern 1997).

Uranofán bol študovaný aj pomocou infračervenej spektroskopie v spektrálnom rozsahu 4000 až 400 cm^{-1} na prístroji Nicolet iS50 (Univerzita Mateja Bela, Banská Bystrica) za použitia konvenčnej techniky zoslabenej úplnej refrakcie (ATR) so syntetickým diamantom ako meracím kryštálom. Pri každom meraní bolo uskutočnených 32 skenov s krokom 0.482 cm^{-1} .

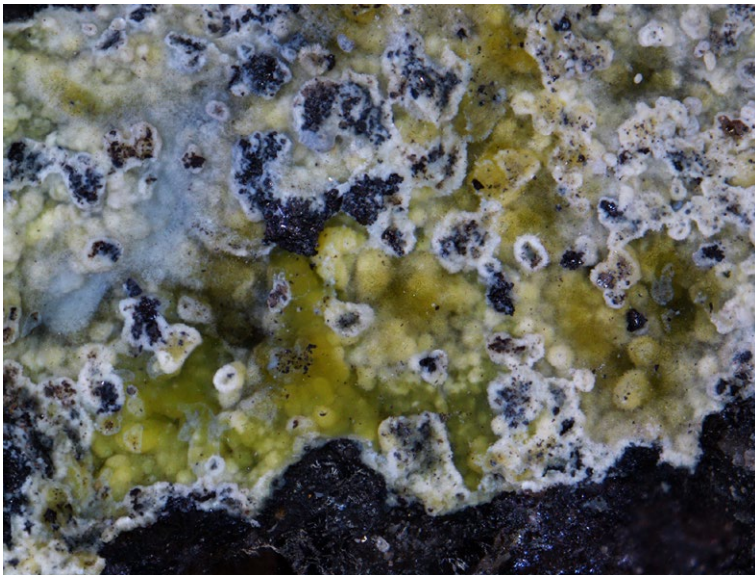
Charakteristika uranofánu

Uranofán je na povrchu vzoriek charakteristický nápadnou žltou farbou, ktorá kolíše od svetlých po tmavé odtiene. Najčastejšie má citrónovo žltý odtieň s matným až zemitým leskom. Nachádza sa v úzkej priestorovej asociácii s boltwooditom (?) a malachitom (obr. 2), menej s Mn oxidmi a limonitom.

Tvorí vláknité jemnokryštalické povlaky a tenké kôry (hrúbka max. 1 mm) na puklinách hornín, alebo vyplňa dutiny v hornine po vylúhovaných horninotvorných mineráloch. Lokálne sa formuje v tvare globúl (max. 150 μm), ktoré sú tvorené ihlicovitými kryštálkami (obr. 3). Tento



Obr. 2 Asociácia zemitých povlakov uranofánu s malachitom a boltwooditom (?) na puklinách arkózy. Šírka obrázka je 1.5 cm. Foto L. Polák.

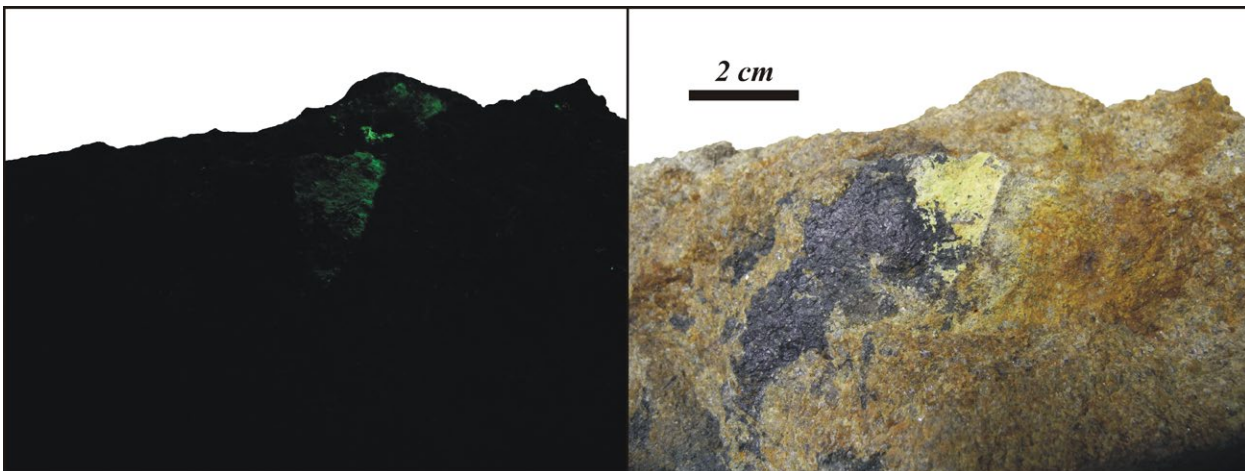


Obr. 3 Globulárne útvary uranofánu na Mn oxidoch v asociácii s boltwooditom (?) (svetlo modrý). Šírka obrázka je 0.8 mm. Foto L. Polák.

morfológický typ bol identifikovaný len na Mn oxidoch. Minerál vytvára povlaky na plochách do 5 cm². Najčastejšie narastá priamo na hornine (kedy má svetlejšie žltú farbu), menej na Mn oxidoch (tmavšie žltá). V UV žiarení sa vyznačuje nevýraznou žltou - zelenou luminiscenciou autunitového typu (sensu Heinrich 1958; obr. 4).

Röntgenové práškové difraktometrické údaje uranofánu zo Seliec (tab. 1) sú v dobrej zhode s doposiaľ publikovanými údajmi pre tento minerál, rovnako aj vypočítané mriežkové parametre (tab. 2).

Infračervené spektrum uranofánu (obr. 5) odpovedá spektrám publikovaným pre túto minerálnu fázu napríklad Čejkom a Urbancom (1990), Čejkom in Burns a Finch (1999) a Frostom et al. (2006a; 2006b). Pás pri 3411 cm⁻¹ bol priradený k vibračným pásmom valenčných vibrácií v OH molekulárnej vody. V zmysle Čejku a Urbanca (1990) ide o slabú vodíkovú väzbu. Dĺžka vodíkovej väzby O-H...O vypočítaná podľa empirického vzťahu publikovaného v práci Libowitzky (1999) je ~ 2.82 Å. Pás pri 1628 cm⁻¹ prislúcha deformačnej vibrácii v₂ (δ) molekulárnej vody. Pásky pri 996 a 930 cm⁻¹ majú súvis so symetrickou valenčnou vibráciou v₁ (SiO₄)⁴⁻, pás pri 835 cm⁻¹ prislúcha antisymetrickej valenčnej vibrácii v₃ (UO₂)²⁺, pás pri 468 cm⁻¹ náleží dvojnásobne degenerovanej deformačnej vibrácii v₂ (δ) (SiO₄)⁴⁻. V infračervenom spektre uranofánu možno pozorovať aj ramienka, konkrétne na pozícií 1145, 1086 cm⁻¹ a 791 a 767 cm⁻¹. Prvé dve ramienka môžu prislúchať symetrickej valenčnej vibrácii v₁ (SiO₄)⁴⁻, pričom druhé dve ramienka majú pravdepodobne súvis s v₁ (UO₂)²⁺ symetrickou valenčnou vibráciou. Z vlnovej dĺžky pásu valenčných vibrácií uranylu (v₃ 835 cm⁻¹) bola podľa vzťahu Glebova (1989) vypočítaná približná dĺžka väzby U-O v uranyle: 1.82 Å; ktorá je v dobrej zhode s údajmi 1.801 a 1.808 Å vypočítanými z kryštálovej štruktúry publikovanej v práci Ginderová (1988).



Obr. 4 Vpravo: povlaky uranofánu narastené na Mn oxidoch, vľavo: nevýrazná zelená lumiscencia autunitového typu. Foto Š. Ferenc.

Diskusia a záver

Uranofán je rozšírený na viacerých svetových ložiskách respektíve výskytoch U mineralizácie, kde môže lokálne tvoriť aj ložiskové akumulácie, napríklad na ložisku Shinkolobwe v Konžskej demokratickej republike (Chernikov 1981; Stohl, Smith 1981). V Českej republike sa uranofán nachádza napríklad v Bukove (Novák et al. 2001) a Horných Hošticiach (Mrázek, Novák 1984). Na Slovensku bol doposiaľ identifikovaný len v Kravanoch (Ferenc et al. 2003).

Výskyt uranofánu je viazaný najmä na pukliny hornín, plochy metamorfnej foliácie alebo na dutiny v horninách po vylúhovaných mineráloch. V rovnakých pozíciách vystupujú aj malachit, limonit a Mn oxidy (posledné dva v tomto prípade zohrávajú úlohu geochemickej bariéry).

V zmysle prác Finch, Ewing (1992); Krivovichev, Plášil (2013) a Plášil (2014) je možno usúdiť, že uranofán vzniká počas pôsobenia alkalických až neutrálnych zvetrávacích podmienok ($\text{pH} \geq 7$). Na lokalite Selce je kyselina sírová uvoľnená rozkladom sulfidov. Nespôsobuje len rozpúšťanie a oxidáciu uraninitu, ale privádza do roztoku aj mnohé iné prvky a anióny, v tomto prípade kyselinu kremičitú. Zvýšený obsah Si a Ca v roztoku je teda za-

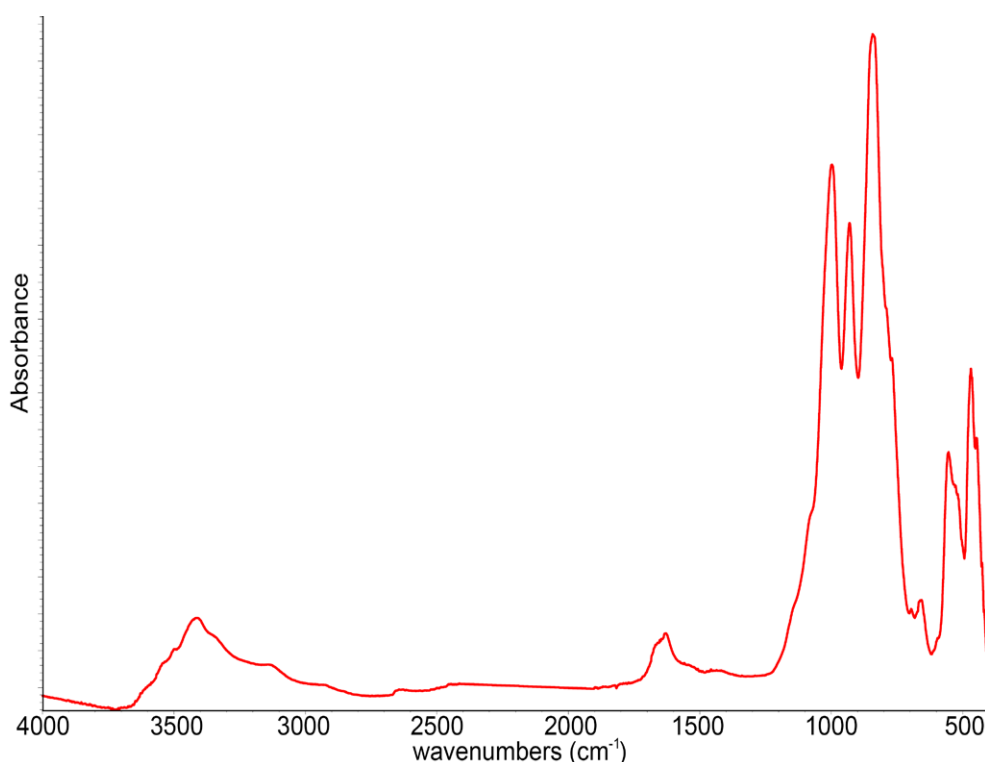
Tabuľka 1 Záznam röntgenovej práškovej difraktometrickej analýzy uranofánu zo Seliec

<i>h</i>	<i>k</i>	<i>l</i>	<i>d</i> _{obs.}	<i>I</i> _{obs.}	<i>d</i> _{calc.}
2	0	0	7.894	100.0	7.900
0	0	1	6.612	13.9	6.640
-2	0	1	5.433	7.4	5.431
0	1	1	4.818	2.0	4.823
2	0	1	4.766	2.0	4.786
-2	1	1	4.304	0.6	4.290
2	1	1	3.948	13.0	3.950
-4	0	1	3.599	2.0	3.600
0	2	0	3.515	1.8	3.508
4	0	1	3.191	2.5	3.210
0	1	2	2.992	2.1	2.993
3	2	0	2.908	1.3	2.915
2	1	2	2.693	0.5	2.698
4	2	0	2.632	1.7	2.620
0	0	3	2.2080	1.4	2.2070
2	1	3	1.9746	1.0	1.9750
-7	1	2	1.9103	0.5	1.9100
0	0	4	1.6527	0.9	1.6543
6	3	2	1.4978	8.5	1.4948
8	2	2	1.4613	10.5	1.4617
4	3	3	1.4395	3.0	1.4411

Tabuľka 2 Parametre základnej bunky uranofánu (pre monoklinickú priestorovú grupu *P2₁*)

lokality	práca	<i>a</i> [Å]	<i>b</i> [Å]	<i>c</i> [Å]	β [°]	<i>V</i> [Å ³]
Selce	táto práca	15.908 (1)	7.030 (1)	6.669 (1)	97.54 (2)	739.5 (1)
Bois Noirs	Ginderow (1988)	15.909 (6)	7.002 (3)	6.665 (3)	97.3	736.5
Horní Halže	Sejkora et al. (2007)	15.943 (6)	7.028 (5)	6.671 (3)	97.23 (5)	741.5 (5)
Horní Slavkov	Plášil et al. (2006)	15.904 (2)	7.0026 (9)	6.6538 (7)	97.224 (9)	735.17
Jáchymov	Ondruš et al. (1997)	15.909 (6)	7.007 (4)	6.669 (2)	97.447 (5)	737.2
Kravaný	Ferenc et al. (2003) *	15.906 (2)	7.015 (2)	6.666 (1)	97.63 (2)	737.2 (1)
Medvědin	Plášil et al. (2009)	15.931 (3)	7.019 (2)	6.677 (1)	97.24 (2)	740.1 (2)
Rýžovište	Sejkora et al. (1994)	15.968 (9)	7.024 (3)	6.680 (3)	97.12 (5)	743.4
Slavkovice	Sejkora et al. (1997)	15.928 (6)	7.002 (3)	6.637 (2)	97.04 (4)	734.7 (4)

* mriežkové parametre vypočítané z publikovaného RTG difraktometrickeho záznamu



Obr. 5 Infračervené spektrum uranofánu zo Seliec.

príčinené vylúhovaním týchto prvkov z horninotvorných minerálov (plagioklasy, karbonáty), hostiteľských arkóz a pieskovecov. Pre tvorbu uranylových silikátov je priaznivé, ak sú cirkulujúce roztoky dostatočne obohatené o Si, pričom V úplne absentuje, alebo je zastúpený iba v podradnom množstve (Vinogradov 1963; Finch, Ewing 1992). Lokalita Selce spĺňa túto podmienku, pretože obsah V sa v mineralizovaných vzorkách pohybuje v rozpätí 30 - 190 ppm (Rojkovič, Novotný 1993).

Podakovanie

Na tomto mieste chcú autori vysloviť úprimne poďakovanie Ladislavovi Novotnému za poskytnutie cenných rád a materiálov. V neposlednom rade patrí poďakovanie za dôkladnú recenziu rukopisu a cenné pripomienky skvalitňujúce jeho úroveň aj J. Čejkovi a M. Števkovi. Predložený príspevok vznikol za finančnej podpory z grantu VEGA 1/0650/15, APVV-15-0050 a podpory projektu ITMS 26210120024.

Literatúra

- Čejka J. (1999) Infrared Spectroscopy and Thermal Analysis of the Uranyl Minerals. In: Burns P. C., Finch R. (ed.): *Uranium: Mineralogy, Geochemistry and the Environment*, 521-608. *Min. Soc. of Am.*
- Čejka J., Urbanec, Z. (1990) Secondary uranium minerals: The Mineralogy, Geochemistry and Crystal Chemistry of the Secondary Uranium (VI) Minerals. 68-70, *Nakladatelství ČSAV*.
- Downs R. T., Hall-Wallace M. (2003) The American Mineralogist crystal structure database. *Am. Miner.* 88, 247-250.
- Ferenc Š., Rojkovič I., Maťo L. (2003) Uranylové minerály Západných Karpát. In: *Mineralogie Českého masívu a Západných Karpát*, 17-23. *Univerzita Palackého, Olomouc*.
- Finch R. J., Ewing R. C. (1992) The corrosion of uraninite under oxidizing conditions. *J. Nucl. Mat.* 190, 133-156.
- Frost R. L., Čejka J., Weier M. L., Martens W. N. (2006a) Molecular structure of the uranyl silicates: a Raman spectroscopic study. *J. Raman Spectrosc.* 37, 538-551.
- Frost R. L., Čejka J., Weier M. L., Martens W. N. (2006b) Raman spectroscopy study of selected uranophanes. *J. Mol. Struct.* 788, 115-125.
- Ginderów D. (1988) Structure de l'uranophane alpha. $\text{Ca}(\text{UO}_2)_2(\text{SiO}_3\text{OH})_2 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$. *Acta Cryst.* 44, 421-424.
- Glebov V. A. (1989) Stretching vibration frequencies and interatomic distances in uranyl compounds. In: *Laskorin B. D., Myasoedov B. F. (ed.): Uranium Chemistry*, 68-75. *Nauka, Moscow*.
- Heinrich E. W. (1958) Mineralogy and geology of radioactive raw materials. 1-654, *McGrawhill book company, USA*.
- Holland T. J. B., Redfern S. A. T. (1997) Unit cell refinement from powder diffraction data: the use of regression diagnostics. *Mineral. Mag.* 61, 65-77.
- Chernikov A. A. (1981) Behaviour of uranium in supergene zone. 1-208, *Nedra, Moscow*.
- Krivovichev S. V., Plášil J. (2013) Mineralogy and crystallography of uranium. In: Burns P. C., Sigmon G. E. (ed.): *Uranium: From Cradle to Grave*, 15-119. *Min. Assoc. of Can. Short Cour.* 43.
- Libowitzky E. (1999) Correlation of O-H stretching frequencies and O-H...O hydrogen bond lengths in minerals. *Monatshefte Chem.* 130, 1047-1059.
- Mrázek Z., Novák M. (1984) Sekundární minerály uranu ze Zálesí a Horních Hoštic v Rychlebských horách, severní Morava. *Čas. Morav. Muz., Vědy přír.* 69, 7-35.
- Novák F., Pauliš P., Mazúch J. (2001) Bournonit a uranofán z Bukova u Bystřice nad Perštejnem (uranové ložisko Rožná). In: *Vlast. Sbor. Vysoč., Odd. Věd přír.*, 15, 47-50.
- Novotný L. (1970) Zápisky o výskytu uránovej mineralizácie v Selčianskej doline. *Terénny denník. Nestránkované*.
- 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., 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. (2014) Oxidation - hydration weathering of uraninite: the current state of knowledge. *J. Geosci.* 59, 99-114.
- Plášil J., Sejkora J., Čejka J., Škoda R., Goliáš V. (2009) Supergene mineralization of the Medvědí uranium deposit, Krkonoše Mountains, Czech Republic. *J. Geosci.* 54, 15-56.
- 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, 149-158.
- Polák L., Ferenc Š., Olšavský M. (2015) Výskyt uránovej mineralizácie v Selciach pri Banskej Bystrici. In: *Mineralogicko-petrologická konferencia Petros 2015*, 28-31. *Vyd. PRIF UK, Bratislava*.
- Polák M., Filo I., Havrila M., Bezák V., Kohút M., Kováč P., Vozár J., Mello J., Maglay J., Elečko M., Vozárová A., Olšavský M., Šiman P., Buček S., Širáňová Z., Hók J., Rakús M., Lexa J., Šimon L., Pristaš J., Kubeš P., Zákovič M., Liščák P., Žáková E., Boorová D., Vaněková H. (2003) Vysvetlivky ku geologickej mape Starohorských vrchov, Čierťaže a severnej časti Zvolenskej kotliny, 1:50 000. *Vyd. ŠGÚDŠ, Bratislava*.
- Rojkovič I. (1997) Uranium mineralization in Slovakia. *Acta geol. Univ. Comen., Monogr. Ser.*, 1-117.
- Rojkovič I., Novotný L. (1993) Uránová mineralizácia v tatriku a veporiku. *Miner. Slov.* 25, 5, 341-348.
- Sejkora J., Čejka J., Šrein V. (2007) Supergene uranium mineralization from Horní Halže near Mědenec (Krušné hory Mountains), Czech Republic. *J. Geosci.* 52, 119-210.
- Sejkora J., Mazuch J., Abert F., Šrein V., Novotná M. (1997) Supergene mineralization of the Slavkovice uranium deposit in western Moravia. *Acta Mus. Morav. Sco. Nat.* 81, 3-24.
- Sejkora J., Veselovský F., Šrein V. (1994) The supergene mineralization of uranium occurrence Rýžovište near Harrachov (Krkonoše Mts., Czech Republic). *Acta Mus. Nat. Pragae, ser. B (Historia Nat.)*. 50, 55-91.
- Stohl F. V., Smith D. K. (1981) The crystal chemistry of the uranyl silicate minerals. *Am. Mineral.* 66, 610-625.
- Tréger M. (1961) Rukopisné poznámky o prieskume U anomálií v oblasti Španej Doliny. *MS, Spišská Nová Ves. Nestránkované*.
- Vinogradov A. P. (1963) Osnovnie čerty geochimii urana. 1-351, *Akademija nauk SSSR, Moskva*.
- Vozárová A., Vozár J. (1988) Late Paleozoic in Western Carpathians. 1-314, *ŠGÚDŠ, Bratislava*.