# SEKUNDÁRNÍ MINERÁLY Z URANOVÉHO LOŽISKA JELENÍ VRCH U HORNÍCH HOŠTIC V RYCHLEBSKÝCH HORÁCH

# SECONDARY MINERALS FROM URANIUM DEPOSIT JELENÍ VRCH NEAR HORNÍ HOŠTICE IN THE RYCHLEBSKÉ HORY MTS. (CZECH REPUBLIC)

# PETR PAULIŠ, FRANTIŠEK NOVÁK & JAROMÍR ŠEVCŮ

#### Abstrakt

Pauliš, P., Novák, F., Ševců, J., 2004: Sekundární minerály z uranového ložiska Jelení vrch u Horních Hoštic v Rychlebských horách. Acta Mus. Moravice, Sci. Geol., 89: 121–138.

Secondary minerals from uranium deposit Jelení vrch near Horní Hoštice in the Rychlebské hory Mts. (Czech Republic)

Ten secondary minerals as: anglesite, carbonate-hydroxylapatite, hemimorphite, kasolite, langite, mottramite, parsonsite, pyromorphite, uranophane-beta and vanadinite were newly found on the dumps of uranium deposit Jelení vrch near Horní Hoštice in Rychlebské hory Mts.

Keywords: uranium deposit, anglesite, carbonate-hydroxylapatite, hemimorphite, kasolite, langite, mottramite, parsonsite, pyromorphite, uranophane-beta, vanadinite, Horní Hoštice, Czech Republic

Petr Pauliš, Smíškova 564, 284 01 Kutná Hora, Czech Republic, E-mail: petr.paulis@post.cz

František Novák, Dolní 265, 284 01 Kutná Hora, Czech Republic.

Jaromír Ševců, ÚNS a. s. – Výzkum, Vítězná 425, 284 03 Kutná Hora, Czech Republic.

# Úvod

V rámci vyhledávání uranových ložisek byla v druhé polovině padesátých let minulého století objevena dvě ložiska v severozápadní části javornicko-vidnavského výběžku v Rychlebských horách. Jednalo se o Zálesí (označované též jako Javorník) a rozsahem menší uranové ložisko Jelení vrch, někdy označované též jako Jelen či Horní Hoštice. Zbytky opuštěných hald po rozsahem nevelké těžbě se dodnes nacházejí na j. svahu vrchu Jelen (702 m), asi 4 km z. od Horních Hoštic a 8 km z. od Javorníku. Do těchto míst nás dovede lesní cesta vedoucí z Bílé Vody údolím stejnojmenného potoka (obr. 1).

Obě hydrotermální žilná uranová ložiska byla objevena v roce 1958 emanačním průzkumem. Práce na úseku Jelení vrch prováděl Geologický průzkum Jáchymovský dolů, závod Šumperk. Průběh emanačních anomálií, které zde byly zjištěny, byl upřesněn kutacími rýhami, v nichž byly objeveny dvě křemen-karbonátové žíly sj. směru s úklonem k východu. Jejich zjištěný rozsah činil 300 m a uranové zrudnění bylo zjištěno na třech místech. Asi 350 m v. byla zjištěna další žilná struktura s uranovým zrudněním. Další práce prováděl v letech 1958 až 1959 těžební závod Javorník, který provedl prověření žil báňskými pracemi z kutací šachtice do hloubky 28 m (žíla č. 8) a štolou č. 4 po žilách č. 8 a 5 v délce kolem 240 m. Pro ne zcela přesvědčivé výsledky byly práce



Obr. 1. Odval štoly č. 2 ložiska Jelení vrch u Horních Hoštic v Rychlebských horách ve Slezsku, r. 2000, foto J. Kyrš.

Fig. 1. Horní Hoštice - Jelení vrch (Rychleby Mts.), dump of gallery No. 2, Silesia, photo J. Kyrš, year 2000.

v roce 1959 přerušeny. K obnovení došlo v roce 1961, kdy byl proveden emanační průzkum v měřítku 1:2 500, který ověřil staré a objevil nové povrchové radiometrické anomálie především ve východní části úseku vázané na pruhy hornin parasérie. Tato místa byla odkryta kutacími rýhami, byly zde provedeny elektroprůzkumné práce a vrtný průzkum (12 vrtů). V letech 1962–1964 zde byla ražena štola č. 2, kterou bylo ověřeno 10 hlavních struktur v hloubce kolem 90 m. Celková délka ražeb ve štole č. 2 činila 3262 m (z toho překopy 1222 m, sledné 1682 m a rozrážky 358 m) (PRECLík et al. 1964). Štola č. 2 otvírající na horizontu 600 m n.m. 2. ložiskové patro, štola č. 4 situovaná nad předcházející otvírala 1. patro (CIMALA 1997). V roce 1964 byl průzkum ukončen a ložisko bylo předáno k dotěžení těžební organizaci Javorník, n. p. JD Rožná. V následujícím roce bylo ložisko likvidováno. Celkem zde bylo vyraženo 3 700,7 m horizontálních důlních děl (ŠURÁŇ a VESELÝ 1982).

# Geologické a mineralogické poměry

Z geologického hlediska je popisovaná oblast tvořena horninami proterozoického stáří, které jsou západně od sudetského zlomu tvořeny orlicko-kladským krystalinikem. Jedná se o sněžnické ortoruly a stroňskou parasérii. Převládající sněžnické ruly tvoří facie hybridních a plástevnatých ortorul; stroňská série je tvořena fylitickými svory a fylity, svorovými rulami a svory, pararulami, kvarcity, amfibolity, erlány a krystalickými vápenci. Z magmatických hornin vystupují v severní části javornický granodiorit a lamprofyry. Variská tektonika, která setřela původní kaledonskou stavbu, vytvořila travensko-landecké synklinorium a obě antiklinální pásma sněžnických ortorul – hoštické

a novovilémovické. Uranové zrudnění bylo zjištěné pouze v horninách stroňské parasérie (Šuráň a Veselý 1982).

Vlastní ložiskové území tvoří úzké pruhy stroňské parasérie směru 600–800 s úklonem 450–600 k SZ, které jsou ve formě vetknutých synklinál zavrásněné do sektoru ortorul a migmatitů, tvořících převážnou část oblasti. Styk obou sérií je většinou tektonický. Horniny stroňské parasérie představují jemně až středně zrnité biotitické pararuly s hojnými ložními žilami a čočkami křemene a jemnozrnné biotitické fylity. Žilné horniny jsou reprezentovány převážně žilami lamprofyrů vyvinutými ve směru 3200. Hlavní těleso javornického granodioritu vystupuje na povrch ve vzdálenosti 700 m sz. od ložiska (ŠURAŇ a VESELÝ 1982).

Na ložisku jsou vyvinuty čtyři systémy dislokací a žil. Ekonomicky významné jsou příčné dislokace směru 290°–310° s úklonem 65°–75°3 k západu, představované např. žílou J 2, a nejmladší sj. dislokace s úklonem k východu, které mají lokální žilnou výplň tvořenou především karbonátem (žíla J 1). Nejvýznamnější žílou ložiska je žíla J 2, na povrchu vysledovaná kutacími pracemi na vzdálenost 150 m. Její mocnost se pohybuje od 10 do 40 cm v místech zrudnění. Výplň žíly tvoří především karbonáty dvou generací a křemen, v místech průsečíků s horninami ortosérie převažuje křemen a tektonický jíl. Směr žíly je 330° s úklonem 70°–80° k jihozápadu. Důlními díly byla ověřena na vzdálenost 400 m (ŠURAŇ a VESELÝ 1982). Výpočet zásob této žíly udává 32,4 t uranu (PRECLÍK et al. 1964). Vedle toho bylo uranové zrudnění zjištěno i na žilách J 1, J 3, J 4 a J 8.

Ložisko Jelen představuje hydrotermální žilný typ, sulfidické formace s pětiprvkovou mineralizací. Podobně jako v Zálesí i zde je na žilách možné odlišit tři mineralizační stadia (Fort et al. 1971). Nejstarší je křemen-chalkopyrit-uraninitové stadium. Mimo uraninitu, který tvoří na žilách čočkovité agregáty malého plošného rozsahu s mocností od 1 do 20 cm, a vtroušeného chalkopyritu ho tvoří až 10 cm velké zrnité agregáty clausthalitu, coffinit, dolomit a hematit. Minerály arsenidového stadia jsou oproti Zálesí poměrně řídké až vzácné. Zjištěna byla pouze jedna generace skutteruditu, mladší než nikelín, dále rammelsbergit, safflorit a kobaltin. Rudní minerály zarůstají do křemen-karbonátové (kalcit a dolomit) žiloviny. V sulfidickém stadiu je vedle pyritu, chalkopyritu a kalcitu poměrně hojný sfalerit a galenit. Oba vytvářejí i větší shluky, sfalerit tvoří též drúzy drobných černých krystalů. Vzácněji se objevoval arsenopyrit. Celkem zde bylo zjištěno zhruba 20 primárních minerálů, které uvádí např. KRUŤA (1973).

Mineralogicky zajímavá je především sekundární mineralizace, která se vyskytovala především v připovrchových částech žil. Zdejší uranové sekundární minerály studovali detailně MRÁZEK a NOVÁK (1984). K nejhojnějším patří hydratované oxidy uranu a olova, tvořící celistvé agregáty zemitého či voskového vzhledu, jejichž barva kolísá od červenooranžové až po žlutou. Jejich jádro někdy tvoří relikty uraninitu. Tyto oxidy, které se obtížně identifikují, tvoří směs fourmarieritu a wölsendorfitu, vzácné jsou studtit, masuyit a becquerelit. K nim přistupují další sekundární minerály uranu, především hojný žlutý uranofán a uranové slídy (metatorbernit a metaautunit, v menší míře autunit a torbernit). Ze sekundárních minerálů uranu se zde dále vzácně vyskytoval uranofán-beta, mikroskopický kasolit a tujamunit.

Větráním sulfidů a arsenidů vznikly na haldách drobné krystalky cerusitu, práškovitý erytrin, paprsčitý a kulovitý hemimorfit, povlaky malachitu a chryzokolu, jehličkovitý sádrovec a velmi vzácný pyromorfit a skorodit (KRUŤA 1973).

## Metodika výzkumu

Mineralogický materiál byl identifikován rentgenograficky na přístroji Mikrometa II s pomocí difraktografu GON 3, CuKα záření a Ni filtru (analytik Dr. J. Ševců).

Chemické složení bylo sledováno energiově disperzním mikroanalyzátorem LINK 860/2 ve spojení s rastrovacím mikroskopem Tesla BS 300 v Ústavu nerostných surovin a. s. Kutná Hora (analytik ing. P. Pauliš). IČ spektrum v oblasti 400–4000 cm<sup>-1</sup> bylo pořízeno na přístroji EQUINOX 55 fi BRUKER, konstrukce FT-IR na Chemicko-technologic-ké fakultě University Pardubice (analytik ing. M. Adam, PhD.).

Nově zjištěné sekundární minerály

Při sběru minerálů na haldě štoly č. 2, která se nalézá na z. svahu kopce Jelen (702 m), nad Šafářovou skálou, asi 1 km v. od údolí Bílé vody, které v letech 2001–2003 prováděl Jaromír Kyrš z Fryčovic, bylo objeveno několik zajímavých, z lokality dosud nepopsaných sekundárních nerostů. Jedná se o anglesit, karbonát-hydroxylapatit, langit, mottramit, parsonsit a vanadinit. Zajímavé je též zjištění makroskopického kasolitu, který byl v minulosti (MRÁZEK a NOVÁK 1984) zjištěn pouze jako mikroskopická příměs jemnozrnných celistvých "gumitů". V další části jsou pak stručně popsané některé již dříve zjištěné zajímavé sekundární minerály (hemimorfit, pyromorfit a uranofán-beta), jejichž data však nebyla dosud publikována.

### Anglesit

Anglesit tvoří velmi drobné, max. 0,4 mm velké, hnědočervené až oranžově hnědé, nedokonale vyvinuté pyramidální krystalky diamantového lesku (obr. 2), které narůstají na větší jehličkovité krystaly hemimorfitu.

Průměr tří bodových analýz EDX anglesitu činí 72,9 PbO a 27,1 hmot. % SO<sub>3</sub>, což jsou hodnoty blízké teoretickým obsahům PbSO<sub>4</sub>.

Anglesit patří do řady barytu a je ortorombický. Na rentgenografickém záznamu byly změřeny tyto hlavní línie: 4,25 (15), 3,33 (15), 3,23 (100), 3,02 (35), 2,706 (30) a 2,076 A (20), které korespondují s tabelárními hodnotami anglesitu (SWANSON a FUYAT 1953).

Anglesit patří k typickým produktům oxidace galenitu na rudních ložiscích, kde však bývá méně zastoupen než cerusit. Na Moravě byl zjištěn např. v Nové Vsi u Rýmařova, Borovci, Jihlavě a ve Starých Oldřůvkách (BURKART 1953), v Jezdovicích (KRUřA 1966), ve Slezsku ve zlatohorském revíru, na Rejvízu a v Suché Rudné (KRUŤA 1973). V Zálesí, ani na ložisku Jelen dosud nebyl zjištěn.



Obr. 2. Krystal anglesitu, skutečná velikost 0, 3 mm, foto Z. Dvořák. Fig. 2. Crystal of anglesite, actual size 0.3 mm, Photo Z. Dvořák.

	1	2	3	
Vlnočet cm <sup>-1</sup>	Intenzita a tvar pásu	Vlnočet cm <sup>-1</sup>	Vlnočet cm <sup>-1</sup>	Přiřazení
3440	sl (vš)		3678	υ (OH)
2965	v sl (o)			
2362	v sl (o)			υ P-OH
2335	v sl (o)			υ P-OH
2000	v sl			υ P-OH
1632	sl (š)			δ-H <sub>2</sub> O
1500	stř. (r)			$v_{3}(CO_{3})^{2}$
1456	stř. s. (o)			$v_{3}(CO_{3})^{2}$
1424	stř. s. (o)			$v_{3}(CO_{3})^{2}$
1260	sl (o)			$v_{3}(PO_{4})^{3}$
		1096	1096	$v_{3}(PO_{4})^{3}$
1060	vs (r)	1050	1055	v <sub>3</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sup>3-</sup>
1033	vs (o)	1025	1035	v3(PO4) <sup>3-</sup>
967	sl (r)	968	962	$v_1(PO_4)^{3-?}$
871	v sl (r)	_		$v_1(CO_3)^{2-}$
857	sl (0)			out-of-plane v (OH) ?
800	v sl (š)			
600	stř. s. (o)	605	605	V4(PO4) <sup>3-</sup>
578	stř. s. (r)	580		V4(PO4) <sup>3-</sup>
568	stř. s. (o)	565	568	V4(PO4) <sup>3-</sup>
472	sl (o)		475	$v_2(PO_4)^{3-}$
430	v sl. (š)		425	$v_2(PO_4)^{3-}$

Tabulka 1. Vyhodnocení IČ spektra karbonát-hydroxylapatitu z Horních Hoštic.Table 1. Infrared data of carbonate-hydroxylapatite from Horní Hoštice.

1 - karbonát-hydroxylapatit, Horní Hoštice, 2 - fluorapatit, FARMER 1974, 3 - hydroxylapatit, FARMER 1974



Obr. 3. Infračervené absorbční spektrum karbonát-hydroxylapatitu. Obr. 3. Infrared absorption spectrum of carbonatehydroxylapatite.

	1		2		3
Ι	d st. (Å)	hkl	d <sub>vyp.</sub> (Å)	I	d (Å)
18	8,35	100	8,337		<ul> <li>Control of a state of the state</li></ul>
22	4,25			35	4,26
14	4,15	200	4,168		
11	3,95	111	3,925		
13š	3,54	201	3,550		
71	3.34	002	3.386	100	3,343
18š	3.22*)				
		210	3.152		
33	3.14	102	3.138		
100	2.860	211	2.857		
26	2.795*)				
22	2,780	300	2.779		
22	2 772	112	2 769		
26	2.691*)	112	2,705		
9	2.630	202	2.628		
6	2,448			12	2.458
11	2.311	310	2.313		2,100
		212	2.307		
9	2.238	221	2.267	6	2 237
6	2,191	311	2 188		2,207
115	2,128	302	2,148	9	2 128
11	2.085	113	2 044		2,120
13	1 980	203	1 985	6	1.980
10	1,700	222	1,961		1,900
		230	1,913		
20	1.880	312	1,909		
20š	1,841	321	1,841		
		213	1,835		
22	1,817	410	1,819	17	1.817
6	1,773	402	1,775		
6	1,762	303	1,754		
6	1,694	004	1,694		
6	1,667	322	1,665	7	1,672
9	1,568	420	1,575		
12	1,556	331	1,562		

 Tabulka 2. Prášková rentgenová data karbonát-hydroxylapatitu.

 Table 2. X-ray powder diffraction of carbonate-hydroxylapatite.

l – karbonát-hydroxylapatit z Horních Hoštic s příměsí křemene a anglesitu (\*), 2 – indexy hkl a vypočtené d hodnoty pro hexagonální hranol s parametry a = 9,626, c = 6,772 Å, 3 – křemen, JCPDS 5-490

# Karbonát-hydroxylapatit

Tento minerál je součástí šedobílých, místy slabě nazelenalých až světle modrozelených povlaků až celistvých kůr a drobných, nedokonale kulovitých agregátů na křemenné žilovině. Místy na něj vzácně narůstají drobné ježkovité agregáty vanadinitu. Rentgenograficky a pomocí EDX bylo prokázáno, že tyto povlaky a kůry jsou značně nehomogenní a je tvořen mikrokrystalickou směsí apatitu s pyromorfitem s menší příměsí anglesitu, vanadinitu a křemene. Podle rozpočtu analýz EDX obsah pyromorfitu v těchto směsích dosahuje až 60 hmot. %, anglesitu až 22 hmot. % a vanadinitu do 13 %. V relativně čistých zrnech minerálu bylo EDX zjištěno (průměr 4 bodových analýz): 54,83 hmot. % CaO, 39,29 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 0,72 Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 0,97 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 1,09 SO<sub>3</sub> a 3,12 SiO<sub>2</sub>. Atomový poměr Ca/P = 1,766. Dále byl nalezen v některých dalších analýzách též PbO (do 6,07 hmot. %) a As<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (do 0,8). V žádné analýze nebyl prokázán obsah Cl, CuO, UO<sub>2</sub>, V<sub>2</sub>O<sub>5</sub> a ZnO. Podle IČ křivky (Obr. 3, Tab. 1) obsahuje sledovaný minerál relativně zvýšený podíl CO<sub>2</sub> a menší obsah H<sub>2</sub>O, zčásti ve formě (OH)- skupiny a lze ho označit jako karbonát-hydroxylapatit. Podobný průběh mají IČ křivky karbonátapatitů z Allendorfu v Sasku a ze Stafellu u Limburgu v Německo (BROPHY a NASH 1968).

Prášková rentgenografická data karbonát-hydroxylapatitu z Horních Hoštic (Tab. 2) ukazují příměs křemene z podložky a anglesitu. Parametry jeho základního hranolu jsou a = 9,626, c = 6,772 Å, c/a = 0,7035. Ve srovnání s karbonát-apatity je zejména parametr a poměrně vysoký (Brophy a Nash 1968 pro tzv. dahlit z Allendorfu v Německu uvádějí a = 9,419 Å 131, pro tzv. frankolit ze Staffelu v Německu a = 9,436 Å JCPDS 21-141 a pro podolit z Francie 9,41 Å, MC CONNELL 1938). Velikost základního hranolu nerostů apatitové řady však může ovlivňovat i přítomnost skupin SiO<sub>4</sub>, SO<sub>4</sub> a AsO<sub>4</sub>.

Výskyt minerálů ze skupiny apatitu, jakožto sekundárních minerálů v oxidační zóně Pb-Zn ložisek je netypický. V Horních Hošticích nebyl tento typ apatitu dosud popsán. Při jeho vzniku tu evidentně dochází k rozdělení Ca a Pb do dvou minerálů apatitové skupiny, Ca do apatitu a Pb do pyromorfitu. Vzhledem k malému množství materiálu, jeho kryptokrystalickému charakteru a značné nehomogenitě je jeho mineralogický výzkum značně obtížný.

#### Kasolit

K vzácným uranovým sekundárním minerálům hoštického ložiska patří kasolit, který tvoří vzácné 0,2–0,3 mm velké, samostatně se vyskytující polokulovité agregáty. Jsou sytě žluté, místy až hnědavě žluté, složené z radiálně paprsčitě uspořádaných, silně lesklých jehličkovitých krystalů (Obr. 4). Vyskytly se v drobných puklinách žilného křemene. MRÁZEK a NOVÁK (1984) ověřili ze Zálesí a Horních Hoštic rentgenograficky pouze kasolit, který byl spolu s uranofánem a wölsendorfitem součástí celistvých oranžových gumitů.



Obr. 4. Jehličkovitý agregát kasolitu, skutečná velikost agregátu 2 mm, foto Z. Dvořák. Fig. 4. Needle-shape agregate of kasolite, actual area 2 mm, Photo Z. Dvořák.

	1		2		3		4	
I	d	Ι	D	Ι	d	Ι	d	hkl
28	6,51	60	6,61	30	6,42	20	6,51	001
8	6,07	20	6,19	40	6,02	40	6,15	110
9	5,27	40	5,31	20	5,24	5	5,32	201
6	4,73	20	4,76	10	4,70	5	4,73	210
25	4,21	80 š	4,19	70	4,17	60	4,21	211, 111
16	4,10			20	4,10			
20	3,53	70	3,53	60	3,52	60	3,52	311, 211
100	3,24	100	3,26	100	3,22	60	3,24	202,002
19	3,06	50	3,07	60	3,04	80	3,06	121,021
34	2,915	90	2,93	80	2,90	100	2,92	410, 221
8 š	2,743	30	2,73	10	2,72	5	2,74	312, 112
4	2,652	30	2,64	7	2,63	5	2,65	221, 402
8	2,475	30	2,47			5	2,48	421, 212
4	2,412	20	2,42	10	2,40			
5 š	2,378	20	2,37	10	2,34	5	2,35	421, 321
11	2,175	30	2,18	30	2,16	20	2,18	230,003
6	2,110	20	2,11	20	2,10	5	2,11	422, 222
6	2,044	30 š	2,05	10	2,04	5	2,04	602, 402
12 .	1,959	50	1,962	40	1,954	5	1,966	113, 612
4	1,919	10	1,913	3	1,910			
6	1,895			3	1,896			
9	1,873	20	1,876	40	1,868	20	1,879	223, 123
4	1,832	10	1,826	10	1,826	5	1,829	620
10	1,741	40	1,741	50	1,731	20	1,741	431, 140

Tabulka 3. Prášková rentgenová data kasolitu. Table 3. X-ray powder diffraction of kasolite.

1 – Kasolit, Horní Hoštice (tato práce), 2 – Kasolit, Shinkolobwe, Shaba, Zair (FRONDEL et al. 1956), 3 – Kasolit, South Alligator River, Northern Territory, Austrálie (THREADGOLD 1960), 4 – Kasolit, Kersegalec, dep. Morbihan, Francie (KATO a MIÚRA 1974), š – široká línie

Analýza EDX potvrdila v kasolitu z Horních Hoštic hlavní složky Pb, U a Si. Práškové rentgenografické údaje kasolitu z Horních Hoštic odpovídají literárním datům pro tento minerál (Tab. 3). V době nálezu a zpracování MRÁZKEM a NOVÁKEM (1984) byly Horní Hoštice a Zálesí prvými lokalitami kasolitu v bývalé ČSSR. Později byl tento minerál nalezen též u Zborov u Nepomuku (BERNARD, ROST et al. 1992), v Jáchymově (ONDRUŠ et al. 1997), v Příbrami (ŠKÁCHA a SEJKORA 2001) a ve Strhařích u Tišnova (PAULIŠ et al. 2002).

### Langit

Byl zjištěn na vzorku alterované horniny s křemenem a s povlaky limonitu. Langit tvoří vzácné blankytně modré až modrozelené, perleťově lesklé, šupinkaté a vzácněji též jehličkovité krystalky 0,3–0,5 mm velké. Spolu s langitem se na vzorku objevují špinavě šedozelené bradavčité až polokulovité agregáty mottramitu.

Chemickým složením langitu ze slovenských lokalit se naposledy zabývali Řídko-ŠIL a POVONDRA (1982) a navrhli jeho vzorec  $Cu_4(SO_4)(OH)_6$ . 2 H<sub>2</sub>O. EDX analýza lan-

	1		2	
Ι	d (Å)	I	d (Å)	h k l
66	5,04	80	5,07	011
30	4.59	40	4,66	020
46	4.25	60	4.24	111
50	4.19	_	_	_
16	3.93	40	3.99	120
33	3.53	40	3.54	210
100	3.34*)			
100	3.23	100	3.24	201
46	3.01	40	3.03	211
60	2.988	5	3.02	002
83	2.859	80	2.87	130
63	2.667	80	2,68	112
50	2.648	80	2.66	221
50	2.571	80	2,59	131
23	2.516	5	2.47	310
205	2.455*)	_	_	_
16	2.415	5	2.41	230
20	2.392	5	2.39	122, 202
30	2,291	60	2,30	212
50	2,281*)	-		_
20	2.254	30	2.24	320, 231
16š	2,238*)	30	2,22	140
13	2,129*)	-	-	-
13	2,090	50	2,10	321
13	2,085	50	2,08	141, 132
-	-	30	1,967	013
_	_	20	1,912	312
-	_	30	1,871	331
	-	5	1,837	042
20	1,816*)	_	-	-
13š	1,784	50š	1,782	203
20š	1,773	5	1,721	340
-	-	20	1,657	242
26	1.645	80	1 648	332 133

Tabulka 4.	Prášková	rentgenová	data	mottramitu.	

Table 4. X-ray powder diffraction of mottramite.

1 - mottramit s příměsí křemene (\*), Horní Hoštice, 2 - mottramit, JCPDS 12-538

gitu z Horních Hoštic po odpočtu příměsí (0,5 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> a 0,7 hmot. % SiO<sub>2</sub>), dopočtu ekvivalentního obsahu H<sub>2</sub>O a po přepočtu na 100 hmot. % dává 64,8 CuO a 16,7 SO<sub>3</sub>, což je blízké teoretickému složení tohoto minerálu 65,2 CuO, 16,4 SO<sub>3</sub> a 18,4 hmot. % H<sub>2</sub>O.

Langit je považován za monoklinický minerál, přestože jeho rozměry základního hranolu a = 6,05, b = 11,25, c = 7,14 Å,  $\alpha$  = 90,00 (WAPPLER 1971) jsou velmi blízké ortorombické symetrii. Práškový rentgenografický záznam langitu z Horních Hoštic vykazuje velmi dobrou shodu s literárními údaji (JCPDS 12-783; ŘÍDKOŠIL a POVONDRA 1982). Změřeny byly tyto hlavní difrakční línie: 7,19 (100), 4,26 (18), 3,56 (85), 2,495 (10), 2,129 (10) a 1,777 Å (10).

Langit je sekundární minerál vznikající při oxidaci sulfidů mědi, zde zejména chalkopyritu. V České republice je langit znán z Borovce u Štěpánova nad Svratkou (Miškovský 1975), ze Zlatých Hor (KRUŤA 1977), z Vrančic (MRÁZEK a ŠVIHNOS 1982), Příbrami, Horního Slavkova (BERAN 1999) a Krupky (SEJKORA a BREITER 1999).

## Mottramit

Nově byly na ložisku zjištěny dva zajímavé vanadové minerály. Prvním z nich je mottramit, který se zde objevuje jen velmi vzácně. Tvoří špinavě zelené, maţně lesklé jemně krystalické povlaky a tenké kůry o síle 0,5 mm nasedající na krystaly nafialovělého křemene (Obr. 5). Vzácnější jsou jeho až 1 mm velké polokulovité agregáty, tvořené radiálně paprsčitě uspořádanými, nedokonale vyvinutými sloupečkovitými až jehličkovitými krystaly.

Nacházel se v křemenné kavernózní žilovině s drobnými drúzami šedého až nafialovělého křemene. Spolu s nim jsou přítomny též matné, křídově bílé práškovité agregáty pyromorfitu s příměsí karbonát-hydroxylapatitu, které jsou mladší než mottramit.

Mottramit PbCu(VO<sub>4</sub>)(OH) patří do řady descloizitu. Celkem bylo provedeno 8 bodových EDX analýz mottramitu. Relativně nejčistější analyzované zrno po odpočtu 0,14 hmot. % CaO a 1,94 SiO<sub>2</sub> spolu s teoretickým obsahem H<sub>2</sub>O a přepočtu na 100 hmot. % dalo: 55,50 PbO, 19,41 CuO, 0,43 ZnO, 21,94 V<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 0,48 SO<sub>3</sub> a 2,24 H<sub>2</sub>O. Přepočet této analýzy na bázi suma kationtů = 2 odpovídá empirickému vzorci:

# $(Cu_{0.98}Zn_{0.02})_{1.00}Pb_{1.00}[(VO_4)_{0.97}(SO_4)_{0.02}]_{0.99}(OH)_{1.00}.$

Ze vzorce vyplývá, že jde o poměrně čistý mottramit, v němž pouze přítomnost SO<sub>3</sub> je nejasná. ONDRUŠ et al. 1997 uvádějí v jáchymovském mottramitu též příměsi As<sub>2</sub>O<sub>5</sub> a P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, které se v hornohoštickém vzorku rovněž vyskytují, nikoliv však průběžně, a proto jejich vstup do mřížky tohoto nerostu není průkazný. V ostatních analýzách byly zjištěny ještě tyto složky: 0–0,14 hmot. % CaO, 1,94–18,50 SiO<sub>2</sub>, 0–1,80 As<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 0,48–1,70 SO<sub>3</sub>, 0–2,09 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, které pocházejí převážně z heterogenních příměsí doprovodných nerostů, zejména karbonát-hydroxylapatitu a křemene.



Obr. 5. Polokulovité agregáty mottramitu, skutečná velikost agregátu 1 mm, foto Z. Dvořák. Fig. 5. Semispheroidal aggregates of mottramite, actual area 1 mm, Photo Z. Dvořák. Práškový rentgenografický záznam (Tab. 4) vykazuje kromě příměsi křemene pouze linie dobře odpovídající tabelárním hodnotám mottramitu (JCPDS 12-538). Velmi blízké rentgenografické hodnoty vykazuje rovněž mottramit z Jáchymova (ONDRUŠ et al. 1997).

Mottramit je pro Horní Hoštice novým minerálem. Jedná se o jeho třetí výskyt v České republice, po Vrančicích (MRÁZEK a ŠVIHNOS 1980) a Jáchymovu (ONDRUŠ et al. 1997).

#### Parsonsit

Parsonsit se vyskytuje vzácně na křemenné žilovině v asociaci s bílými celistvými až práškovitými povlaky a výplněmi dutin a černými povlaky Mn-oxidů.

Parsonsit tvoří sytě žluté až žlutohnědé snopkovité agregáty, které jsou tvořené skelně lesklými jehličkovitými krystaly o max. velikosti 0,5 mm. Vyskytuje se též v podobě souvislých až 0,5 mm silných práškovitých povlaků a vzácněji vytváří polokulovité agregáty obdobných rozměrů.

Průměr 3 bodových analýz EDX doplněný o  $H_2O$  a přepočítaný na 100 hmot. % činí 49,46 PbO, 32,14 UO<sub>3</sub>, 14,40  $P_2O_5$  a 4,00  $H_2O$ . Získané hodnoty jsou blízké teoretickému složení Pb(UO<sub>2</sub>)(PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>. 2  $H_2O$ : 49,03 PbO, 31,42 UO<sub>3</sub>, 15,59  $P_2O_5$  a 3,96 hmot. %  $H_2O$ .

Prášková rentgenografická data parsonsitu z Horních Hoštic vykazují dobrou shodu s literárními údaji (Tab. 5). Horní Hoštice jsou vedle Zálesí (MRÁZEK a NOVÁK 1984)

Tabulka 5. Prášková rentgenová data parsonsitu.Table 5. X-ray powder diffraction of parsonsite.

	1		2		3	
I	d	I	d	I	d	h k l
6	10,2	10	10,05	10	10,2	010
4	6,76	10	6,73	8	6,795	100
	_	20	5,99	8	6,05	011
5	5,75	10	5,71	12	5,764	110
5 š	5,04	20	5,04	8	5,060	011,101
92	4,21	100	4,18	65	4,23	111
41	4,13			30	4,16	120
23	3,93	20	3,93	10 -	3,945	021
		20	3,87	6	3,90	111
82	3,39	90	3,38	65	3,41	030
100	3,25	80	3,27	100	3,28	031
		90	3,22	100	3,25	210,002
15	3,16			45	3,16	211
27	3,14	80	3,15			
		20	3,08	14	3,09	102
9	2,982	20	2,994	10	3,01	022
45	2,968					
64	2,945			30	2,940	012
		30	2,914	30	2,920	122-
25	2,867					
18	2,788			35	2,784	220
30	2,772	40	2,778			

1 – Parsonsit, Horní Hoštice (tato práce), 2 – Parsonsit syntetický, ROSS (1956), 3 – Parsonsit, Reliez, Francie, JCPDS 12-259

a Jáchymova (ONDRUŠ et al. 1997) třetí zaručenou lokalitou tohoto vzácného minerálu v České republice.

## Vanadinit

Dalším nově zjištěným vanadovým minerálem je vanadinit. Na ložisku se vyskytuje jen velmi vzácně. Objevíme ho na puklinách křemenné žiloviny spolu s černými povlaky Mn-oxidických nerostů a s povlaky a kůrami karbonát-hydroxylapatitu. Na ně nasedají žlutohnědé, skelně až diamantově lesklé, až 1 mm velké, dlouze prizmatické až jehličkovité krystaly vanadinitu. Bývají samostatné; častější jsou však jeho snopkovitě, vějířnatě až ježkovitě uspořádané agregáty (Obr. 6).

Vanadinit se vzorcem  $Pb_5(VO_4)_3Cl$  je členem skupiny apatit-pyromorfitu a tvoří izomorfní řadu s pyromorfitem a mimetezitem. Jak však potvrzují jeho EDX analýzy v Horních Hošticích jde o krajní člen této řady bez větších příměsí pyromorfitové a mimetezitové složky. Průměr 4 bodových EDX analýz po přepočtu na 100 hmot. % vykazuje 77,88 PbO, 0,40 CuO, 18,40 V<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 0,56 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 0,24 As<sub>2</sub>O<sub>5</sub> a 2,52 Cl. Empirický vzorec vypočítaný na bazi suma kationů = 5 má podobu:

 $(Pb_{4.93}Cu_{0.07})_{5.00}[(VO_4)_{2.86}(PO_4)_{0.11}(AsO_4)_{0.03}]_{3.00}Cl_{1.005}.$ 



Obr. 6. Ježkovité agregáty vanadinitu, skutečná velikost jehliček je 1 mm, foto Z. Dvořák. Fig. 6. Needle-shape agregate of vanadinite, actual size of needles is 1 mm, Photo Z. Dvořák.

	1		2	
I	D	Ι	d	h k l
10	5,17	8	5,160	110
40	4,46	35	4,470	200
38	4,21	27	4,224	111
8	3,80	5	3,819	201
12	3,67	6	3,674	002
15	3,40	30	3,397	102
62	3,37	41	3,380	210
93	3,06	80	3,069	211
100	2,992	92	2,995	112
88	2,980	100	2,987	300
22	2,832			202
		3	2,578	220
		2	2,486	212
		6	2,212	113
35	2,110	24	2,112	222
10	2,052	13	2,055	312
22	1,982	18	1,982	213
20	1,965	22	1,976	321
		18	1,952	410
15 š	1,906	16	1,909	402
8	1,884			411
6	1,872			_
12	1,837	8	1,836	004
18	1,770	1	1,790	322
10	1,721	3	1,723	412
12 š	1,691	4	1,689	420
6	1,674	4	1,675	331
		5	1,613	214
16 š	1,608	8	1,607	502, 510
10	1,572	8	1,571	323
		11	1,569	511
		13	1,564	304
8 š	1,555	11	1,559	332

Tabulka 6.	Prášková rentgenová data vanadinitu.
Table 6.	X-ray powder diffraction of vanadinite.

1 - Vanadinit, Horní Hoštice (tato práce), 2 - Syntetický vanadinit, a = 7,346, c = 10,323 A, BAKER (1966)

Obsah ostatních příměsí uváděných v přírodních vanadinitech (např. CaO, ZnO,  $Fe_2O_3$ ) je pod mezí detekce použité metody.

Rovněž rentgenografický rozbor potvrzuje, že jde o poměrně čistý vanadinit (Tab. 6). Získané hodnoty d jsou velmi blízké literárním údajům pro syntetický vanadinit (BA-KER 1866).

Horní Hoštice jsou druhou lokalitou vanadinitu v České republice po Vrančicích (MRÁZEK a ŠVIHNOS 1980), kde tvoří drobné sloupečkovité krystalky žluté barvy. Na Slovensku byl tento minerál nalezen v permských čedičích v Malužiné v Nízkých Tatrách (FRIEDL a ŽENIŠ 1991).

# Další zajímavé sekundární minerály

# Hemimorfit

Hemimorfit byl v Horních Hošticích nalezen již T. Kruťou v roce 1960 a jeho identifikace ověřena P. Černým (KRUŤA 1973). Nově byl zjištěn v kavernózní křemenné žilovině spolu s anglesitem, karbonát-hydroxylapatitem, pyromorfitem a Mn-oxidy. Tvoří 2–3 mm silné povlaky s vláknitou strukturou, radiálně paprsčité agregáty a jehličkovité až 2 mm dlouhé krystaly v dutinách. Jeho protáhlé, obvykle nedokonale vyvinuté krystaly jsou bílé až čiré a jsou silně skelně lesklé. Typické jsou vějířnaté agregáty, které mají rovné polární ukončení jednotlivých krystalů. V hemimorfitu z Horních Hoštic byly pomocí EDX zjištěny pouze hlavní součásti SiO<sub>2</sub> a ZnO. Rentgenografická prášková data jeví dobrou schodu se standardními hodnotami pro hemimorfit (Tab. 7).

1				
I	D	I	d	hkl
63	6,58	86	6,60	110
100	5,36	55	5,36	020
10	4,62	41	4,62	011
34	4,18	38	4,18	200
90	3,28	75	3,288	130
40	3,10	100	3,104	211
12	2,924	40	2,929	031
		10	2,698	310
35	2,674	7	2,679	040
10	2,557	51	2,559	002
9	2,448	32	2,450	301
24	2,397	54	2,400	231
		3	2,309	022
		2	2,284	141
5	2,225	11	2,229	321
15	2,196	19	2,198	303
4	2,179	16	2,183	202
5	2,090	10	2,092	400
		1	2,077	150
6	2,015	13	2,020	222
8	1,808	17	1,808	341
53	1,785	16	1,786	060, 251
4	1,706	6	1,702	431
5	1,698	4	1,699	350
		4	1,693	242
		3	1,686	013
3	1,666	10	1,668	332
		6	1,654	161
		8	1,650	440
8	1,642	4	1,644	260

Tabulka 7. Prášková rentgenová data hemimorfitu.Table 7. X-ray powder diffraction of hemimorphite.

1 - Hemimorfit, Horní Hoštice (tato práce), 2 - Hemimorfit, Sterling Hill, New Persey, JCPDS 5-0555

#### **Pyromorfit**

O výskytu pyromorfitu na této lokalitě se zmiňuje již KRUŤA (1960), podle něhož tvořil zelené paprsčitě stébelnaté a kulovité shluky v křemeni. Vzhledově odlišný typ pyromorfitu byl objeven v roce 2002 v křemenné žilovině s povlaky limonitu a s parsonsitem. Vytváří vzácné, až 2 mm velké diamantově lesklé krystaly sloupcovitého habitu a vějířnaté agregáty.

Pyromorfit obsahuje podle EDX analýz jako hlavní složky PbO,  $P_2O_5$ , Cl a patrně též nízký obsah  $As_2O_5$ . Rentgenografická prášková data tohoto minerálu se velmi dobře shodují s hodnotami pro syntetický pyromorfit (Tab. 8). Malý podíl pyromorfitu (patrně bohatého hydroxylovou složkou) byl rentgenograficky ověřen též v bílých povlacích až celistvých kůrách tvořených karbonát-hydroxylapatitem a anglesitem.

	1		2	
Ι	d	Ι	d	hkl
11	5,00	8	4,994	110
28	4,33	20	4,326	200
43	4,13	45	4,132	111
10	3,93			
5	3,72	2	3,726	201
9 š	3,66	7	3,668	002
36	3,38	27	3,377	102
56	3,27	36	3,271	210
100	2,980	100	2,985	211
94	2,955	100	2,959	112
44	2,880	60	2,885	300
6	2,265	6	2,266	302
9	2,196	16	2,195	113
8	2,161	7	2,162	400
29	2,062	34	2,063	222
15	2,006	18	2,007	312
9	1,981	9	1,983	320
24	1,957	21	1,957	213
14 š	1,914	23	1,915	321
20	1,884	21	1,886	410
15	1,860	26	1.861	402

Tabulka 8. Prášková rentgenová data pyromorfitu. Table 8. X-ray powder diffraction of pyromorphite.

1 - Pyromorfit, Horní Hoštice (tato práce), 2 - Syntetický pyromorfit, BAKER (1966)

#### Uranofán-beta

Tento sekundární silikát uranu spolu s hojnějším dimorfním uranofánem uvádí z Horních Hoštic již KRUŤA (1970, 1973). Oba jsou běžně zastoupeny i na sousedním ložisku Zálesí (KRUŤA 1963). Makroskopicky jsou od sebe prakticky neodlišitelné (MRÁZEK a NOVÁK 1984). Nově zjištěný uranofán-beta tvoří sytě žluté sloupcovité krystalky v dutinách hydrotermálně přeměněných hornin. EDX analýzy uranofánu-beta potvrzují přítomnost hlavních složek CaO, UO<sub>3</sub> a SiO<sub>2</sub>. Rentgenograficky byl uranofán-beta ověřen na ložisku Zálesí (BAJER 1981, JEDLIČKA 1983, MRÁZEK a NOVÁK 1984). V této práci uvádíme prášková rentgenografická data tohoto nerostu z Horních Hoštic, která vyka-

zují velmi dobrou shodu s literárními údaji (Tab. 9). Přítomnost středně silné linie s d = 3,934 A ukazuje na příměs uranofánu.

1	1		2		3		4
I	d	I	d	I	d	I	d
8	8,63	4	8,66				
100	7,83	100	7,83	100	7,83	10	7,49
4	6,64	4	6,68	40	6,66	2	6,50
4	6,15	4	6,13	40	6,15	5	5,98
4	5,04	4	5,06	40	5,07	8	5,04
1	4,87	2	4,875	40	4,85		
1	4,54	9	4,560	40	4,55	8	4,53
5	4,08	4	4,090	30	4,11	3	4,11
23	3,934 <sup>x)</sup>						
85	3,883	67	3,886	90	3,90	9	3,83
5	3,754	4	3,748	10	3,75		
5	3,499	8	3,495	60	3,51	8	3,51
9	3,344	4	3,331	20	3,35		
5	3,175	2	3,188	50	3,19	7	3,17
8	3,038	5	3,039	40	3,04	8	3,02
4	2,985			30	2,99		
2	2,912			20	2,91		
5	2,823	4	2,824	40	2,83	9	2,80
		2	2,776	30	2,78		
33	2,586	13	2,589	50	2,59	6	2,58
3	2,412			20 š	2,41		
1	2,350			20 š	2,36	4	2,36
3	2,281			10	2,29	1/2	2,27
2 š	2,209			20 š	2,21		
3	2,189			20 š	2,20	4	2,19
				10	2,17		
				10	2,13	2	2,13
				10	2,11		
3	2,076			20	2,08	2	2,07
2 š	2,008			10	2,01	4	2,00
				30 š	1,98	2	1,971
17	1,941			30 š	1,93	5	1,924
4	1,863			30	1,877	4	1,872
3	1,844			30	1,841	2	1,823
4	1,800			30	1,807	2	1,783

Tabulka 9. Prášková rentgenová data uranofánu-beta.Table 9. X-ray powder diffraction of uranophane-beta.

1 – Uranofán-beta, Horní Hoštice (tato práce), 2 – Uranofán-beta, Zálesí (Mrázek a Novák 1984), 3 – Uranofánbeta, JCPDS 8-301, 4 – Uranofán-beta, Jáchymov (Gorman a Nuffield 1955), x) – malá příměs uranofánu (?)

# Závěr

Při rozvážení haldy po těžbě uranových rud na ložisku Jelen u Horních Hoštic v Rychlebských horách byly zjištěny zajímavé sekundární minerály, které zde dosud nebyly známy. Část jich vzniklo při větrání sulfidů Cu, Pb a Zn (anglesit, langit), část rozkladem primárních uranových rud (parsonsit, kasolit). Zajímavá je přítomnost dvou vzácných vanadátů vanadinitu a mottramitu, které byly v ČR dosud zjištěny pouze na jednom, resp. dvou nalezištích. Nový je i nález minerálu ze skupiny apatitu karbonáthydroxylapatitu, pro který je výskyt v oxidační zóně ložisek netypický.

#### SUMMARY

Ten secondary minerals were newly founded on the dumps of uranium deposit Jelení vrch near Horní Hoštice in Rychlebské hory Mts. Majority of this minerals, anglesite, carbonate-hydroxylapatite, langite, mottramite, parsonsite and vanadinite from this locality were not described up to this time; kasolite was first found in crystal form. Carbonate-hydroxylapatite is a major component of coatings or massive fine-grained crusts covering quartz gangue. Its colour is gray-white, locally with light green to blue shades. Vanadinite, pyromorphite and anglesite accompany it. Except for CaO and  $P_2O_5$  (atomic ratio Ca/P is 1, 766) the minerals contain also small admixture of Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, SO<sub>3</sub> and SiO<sub>2</sub>. Lattice parameters of hexagonal cell are a = 9.626; c = 6.772 Å. The occurrence of this mineral among other secondary products of weathering zone of the Horní Hoštice deposit is atypical and of unusual character. Kasolite occurs rarely as semispheroidal aggregates filling fractures in quartz vein. They exhibit deep yellow, locally brown-yellow colour shades being 0.2-0.3 mm in size. Mottramite has light gray-green colour and greasy lustre. Its fine-grained coating and semispheroidal aggregates with radial structure are up to 1 mm in size. Parsonsite forms vellow to vellowbrown acicular crystals 0.X mm in size with waxy-glassy lustre. Its crystals occur locally in sheet-like aggregates or as minute radial spheroids exceptionally up to 0,5 mm in size. Uranophane-beta is relatively rare in contrast to uranophane. Its acicular to columnar crystals is of deep yellow colour. The mineral occurs in cavities of hydrothermally altered rocks. Vanadinite is relatively rare secondary mineral forming radial or sheaf-like aggregates of long acicular to columnar crystals up to 1 mm long in fissures of quartz gangue. The mineral exhibit yellow-brown colour shades and vitreous to diamond lustre. Its chemical composition corresponds to empirical formula: (Pb4,93Cu0.07)5.00 [(VO4) 2.86 (PO4) 0.11 (AsO4)0.03] 3.00 Cl1.005. The minerals have been determined chiefly using X-ray, EDAX and infrared absorption spectroscopy.

#### LITERATURA

- BAJER, J., 1981: Revize sekundárních minerálů uranu z ložiska Zálesí u Javorníka. Dipl. práce VŠB, Ostrava.
- BAKER, W. E., 1966: An X-ray diffraction study of synthetic members of the pyromorphite series. Amer. Mineralogist, 51, 11–12:1712–1721. Washington.
- BERAN, P., 1999: Nerosty cíno-wolframových ložisek Slavkovského lesa. Okresní muzeum a knihovna, Sokolov.
- BERNARD, J. H., ROST, R., et al. 1992: Encyklopedický přehled minerálů. Academia, Praha.
- Brophy, G. P., NASH, S. T., 1968: Compositional, infrared, and X-ray analysis of fossil bone. Amer. Mineralogist, 53, 3–4: 445–454. Washington.
- BURKART, E., 1953: Moravské nerosty a jejich literatura. NČAV, Praha.
- CIMALA, Z., 1997: Po stopách průzkumu a těžby uranových ložisek na Moravě a východních Čechách. GE-AM, 1–130, Dolní Rožínka.
- FARMER, V. C., 1974: The infrared spectra of minerals. Mineral. Soc., Monograph, 4: 1-539. London.
- Forr, B., et. al. 1971: Mineralogický a geochemický výzkum rudních ložisek a drobných výskytů kyzů a rud barevných kovů v oblasti východních a středních Sudet, ložiska Zálesí u Javorníka – Horní Hoštice – Bílá Voda – Lesní Čtvrť. – MS, Brno.
- FRIEDL, I., ŽENIŠ, P., 1991: Vanadinit z permských bazaltov v Malužinej. Miner. slov., 23, 4: 361–364. Bratislava.

- FRONDEL, C., RISKA, D., FRONDEL, J., W., 1956: X-ray Poder Data for Uranium and Thorium Minerále. US Geol. Surv. Bull., 1036 G: 91–153. Washington.
- GORMAN, D., H., NUFFIELD, E., W., 1955: Studies of radioactive compounds: VIII Uranophane and Buranophane. – Amer. Mineralogist, 40: 634–645. Washington.
- JEDLIČKA, J., 1983: Příspěvek k poznání mineralizace lokality Zálesí u Javorníka ve Slezsku. Čas. Mineral. Geol., 28, 1: 101–102. Praha.
- KATO, T., MIURA, Y., 1974: Cell dimension of boltwoodite. Mineral. J., 7, 4: 400. Tokio.
- KRUŤA, T., 1960: Mineralogický výzkum ve Slezsku v roce 1959. Přírodověd. čas. slezský, 21, 3: 373–384. Opava.
- KRUŤA, T., 1963: Mineralogický výzkum ve Slezsku v letech 1961–1963. Čas. Morav. Muz., Vědy přír., 48: 7–22. Brno.
- KRUŤA, T., 1966: Moravské nerosty a jejich literatura 1940-1965. Moravské muzeum, Brno.
- KRUŤA, T., 1970: Mineralogický výzkum ve Slezsku v letech 1968–1969. Čas. Slez. Mus., Vědy přír., 19, 1: 51–56. Opava.
- KRUŤA, T., 1973: Slezské nerosty a jejich literatura. Moravské muzeum, Brno.
- KRUŤA, T., 1977: Příspěvky k moravské topografické mineralogii XIV. Čas. Mor. Muz., Vědy přír., 62: 7–30. Brno.
- Mc CONNELL, D., 1938: A structural investigation of the isomorphism of the apatite group. Amer. Mineralogist, 23, 1–2: 1–19. Washington.
- MIškovský, J., 1975: Posnjakit a langit z Borovce u Bystřice n. Pernštejnem. Čas. Mineral. Geol., 20, 1: 75–79. Praha.
- MRÁZEK, Z., NOVÁK, M., 1984: Sekundární minerály ze Zálesí a Horních Hoštic v Rychlebských horách, severní Morava. – Čas. Morav. Muz., Vědy přír., 69: 7–35. Brno.
- MRÁZEK, Z., ŠVIHNOS, I., 1980: Nové minerály z Vrančic. Čas. Mineral. Geol., 25, 1: 95–96. Praha.
- MRÁZEK, Z., ŠVIHNOS, I., 1982: Nové minerály z Vrančic II. Čas. Mineral. Geol., 27, 2: 206. Praha.
- 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. – Jour. Czech Geol. Soc., 42, 4: 3–76. Praha.
- PAULIŠ, P., KOPECKÝ, S., sen., KOPECKÝ, S., jun., 2002: Sekundární uranová mineralizace ze Strhařů, 10 km s. od Tišnova. – Bull. minerál.-petrolog. Odd. Nár. Muz. (Praha), 10, 326–327.
- PRECLÍK, J., SCHEJBAL, J., ZÁLIŠ, Z., 1964: Závěrečná zpráva o provedeném geologickém průzkumu na ložisku Jelení vrch. – MS, GP, n.p. Příbram.
- Ross, V., 1956: Studies sof uranium minerals (XXII): Synthetic calcium and lead uranyl phosphate minerals. Amer. Mineralogist, 41, 7–8: 915–926. Washington.
- ŘIDKOŠIL, T., POVONDRA, P., 1982: The relation between posnjakite and langite. Neu. Jb. Mineral., Mh., 1: 16–28. Stuttgart.
- SEJKORA, J., BREITER, K., 1999: Historický rudní revír Krupka, Krušné hory. Bull. mineral.-petrolog. odd. Nár. Muz. (Praha), 7: 29–45.
- SWANSON, H., E., FUYAT, R., 1953: Standart X-ray diffraction Powder Patterns. NBS, cirk. 539, 2: 1–67. Washington.
- ŠKACHA, P., SEJKORA, J., 2001: Kasolit z Jánské žíly, Březové Hory, Příbram. Bull. mineral.-petrolog. odd. Nár. Muz. (Praha), 9: 272–273.
- ŠURAŇ, J., VESELÝ, T., 1982: Malá uranová ložiska krystalinika Českého masivu, IV. část: Oblast východních Čech a Moravy. – Geol. Hydrometalurg. Uranu, 6, 4: 3–50. Stráž pod Ralskem.
- THREADGOLD, I. M., 1960: The mineral composition of some uranium ores from the South Alligator River Area, Northern Territory. – *Mineragraphic Invest. Technical Paper*, 2: 1–53. Melbourne.
- WAPPLER, G., 1971: Zur Kristallstruktur von Langit, Cu<sub>4</sub>(OH)<sub>6</sub>(SO<sub>4</sub>). H<sub>2</sub>O. Ber. Dtsch. Gesell. geol. wiss., R. B, 16: 175–203. Berlin.