

Mineralogie uranového zrudnění z lokality Dlažov u Klatov (Česká republika)

Mineralogy of the uranium ore mineralization from Dlažov near Klatovy (Czech Republic)

JIŘÍ SEJKORA¹⁾, PETR PAULIŠ²⁾, STANISLAV KOPECKÝ³⁾, †FRANTIŠEK NOVÁK, JAN MALEC⁴⁾
A JIŘÍ FRANC⁵⁾

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

²⁾ Smíškova 564, 284 01 Kutná Hora

³⁾ Žižkov II/1294, 580 01 Havlíčkův Brod

⁴⁾ Česká geologická služba, Klárov 3/131, 118 21 Praha 1

⁵⁾ Ústav fyzikální chemie J. Heyrovského AV ČR, v. v. i., Dolejškova 2155/3, 182 23 Praha 8

SEJKORA J., PAULIŠ P., KOPECKÝ S., NOVÁK F., MALEC J., FRANC J. (2009): Mineralogie uranového zrudnění z lokality Dlažov u Klatov (Česká republika). - *Bull. mineral.-petrolog. Odd. Nár. Muz. (Praha)* 17/2, 73-80. ISSN: 1211-0239.

Abstract

An interesting mineral assemblage consisting of uraninite, anilite, covellite, clausthalite, chalcopyrite, tetrahedrite and naumannite? accompanied with wulfenite and supergene uranium minerals was identified using electron microprobe and XRD in material collected in dumps of the small abandoned uranium occurrence at Dlažov, western of Klatovy, SW Bohemia (Czech Republic). Uranium mineralization is bound to quartz-carbonate hydrothermal veins penetrating mostly contact metamorphosed sediments of Proterozoic age adjacent to the Klatovy granodiorite. Sulphides and selenides forms a tiny unequal veinlets in quartz gangue accompanied by uraninite. Supergene uranium minerals comprise meta/autunite, meta/torbernite, uranophane, and β -uranophane.

Key words: uranium hydrothermal veins, sulphides, selenides, supergene uranyl minerals, wulfenite, Dlažov near Klatovy, SW Bohemia, Czech Republic

Úvod

Uranový rudní výskyt Dlažov, nacházející se 9 km západně od Klatov (jz. Čechy, Česká republika), byl objeven v roce 1953 emanačním průzkumem východně od obce Dlažov (katastrální území Spůle). Kutacími rýhami byly nalezeny křemen-karbonátové žíly s uranovým zrudněním. Ty byly prozkoumány mělkými šachticemi č. 18 a 19 do hloubky 15 m. V roce 1954 byla jako hlavní důlní dílo založena šachtice č. 20, která dosáhla hloubky 75 m. Celkem bylo na lokalitě vyraženo 1325 m chodeb a zjištěno 14 žil, z nichž polovina obsahovala uranové zrudnění. Vlastní těžba pak probíhala v letech 1955 - 1956 a bylo získáno celkem 10 t U (Kafka ed. 2003). Nový průzkum realizovaný v letech 1960 - 1961 nepřinesl pozitivní výsledky (Veselý 1982).

Geologická situace

Výskyt uranového zrudnění se nachází na styku barandienského proterozoika s variskými intruzivami klatovské apofýzy středočeského plutonického komplexu. Kontakt probíhá sv. směrem a je shodný se směrem horninových pruhů. Je komplikován četnými prstovitými proniky intruziv, které v okrajové části klatovského granodioritu uzavírají pruhy a kry proterozoických hornin s vertikálním průběhem. V jednom z nejdelších pruhů, který má délku kolem 1200 metrů, je lokalizován uranový rudní výskyt Dlažov.

Sedimentární horniny proterozoika jsou při kontaktu s plutonickým komplexem silně kontaktně metamorfovány a přeměněny především v biotitické rohovce, vulkanity

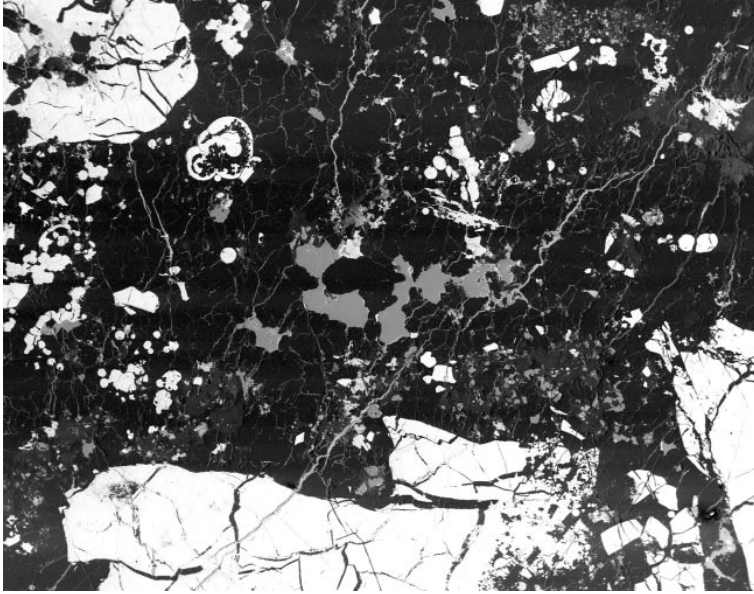
pak v amfibolity zelenošedé barvy. Horniny středočeského plutonického komplexu jsou reprezentovány klatovským granodioritem, který je těsně u kontaktu prokřemeněný. V hlavním tělese granodioritu vystupují žíly aplitů a pegmatitů, které mají směr S - J a úklon k západu i východu. Z tektonických linií jsou v proterozoických horninách vyvinuty směrné dislokace rovnoběžné s kontaktem a k SV ukloněné dislokace směru SZ - JV, které posouvají kontakt granodioritu (Veselý 1982; Doležal, Schejbal 1984).

Uranové zrudnění je vázáno na krátké žíly puklinového charakteru, které mají délku 10 až 30 m (výjimečně 70 m), směr 300 - 330°, úklon 45 - 85° k JZ i JV a mocnost od 2 do 60 cm. Délka rudních čoček nepřesahuje 3 m a zrudnění vyклиňuje v hloubce 75 m (Vejnar et al. 1987; Veselý 1982; Kafka ed. 2003).

Zbytky bohaté uranové rudy z hald opuštěného ložiska byly počátkem 60. let 20. století v případě potřeby užívány pro doplnění plánu těžby z ložisek na Horažďovicku (dr. I. Vavřín, ústní sdělení). V době průzkumu a těžby nebyla lokalita podrobněji mineralogicky zkoumána. Uváděny jsou pouze křemen, kalcit dvou generací, pyrit, uraninit a tzv. uranové černě (Veselý 1982).

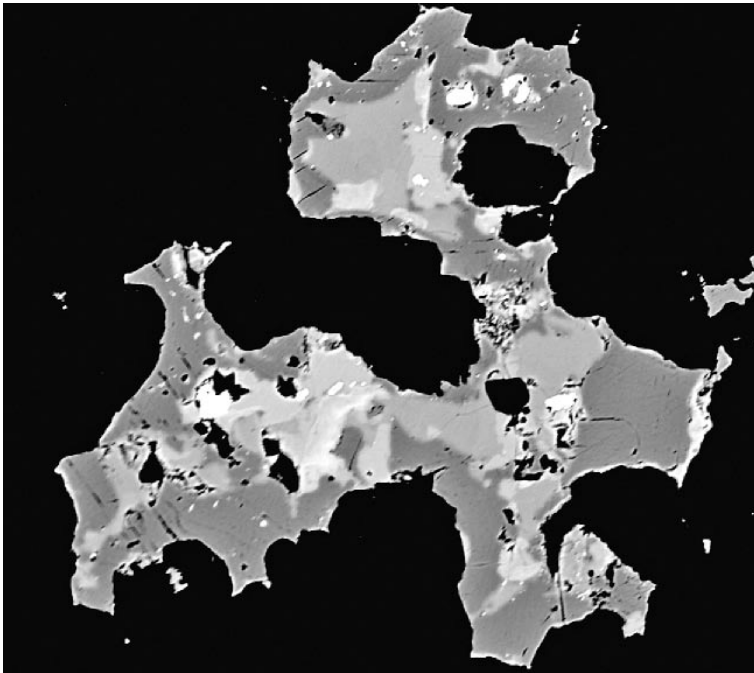
V rámci rekognoskace současného stavu uranových lokalit byl výskyt u Dlažova v roce 2008 několikrát navštíven jedním z autorů (SK), který zde objevil zajímavou primární i supergenní mineralizaci, již je věnován tento příspěvek.

V současné době se na lokalitě nacházejí silně zarostlé zbytky odvalů šachtic č. 18, 19 a 20, skryté v malém lesíku v polích cca 1250 m východně od obce Dlažov. V okolí šachtice č. 19 byla zjištěna jen supergenní mineralizace (meta/torbernit, meta/autunit, uranofán a wulfenit).



Obr. 1 Typický vzhled žiloviny z Dlačova; v křemeni (černý) jsou patrné uraninit (bílý) a tenké naduřující žilky Cu-sulfidů (šedé). Foto ve zpětně odražených elektronech (BSE) J. Malec, šířka záběru 2.4 mm.

Obr. 2 Výrazně nehomogenní agregáty tetraedritu (různé odstíny šedé), od okrajů intenzivně zatlačované anilitem (tmavě šedý); drobná nejsvětlejší zrna náleží clausthalitu. Foto ve zpětně odražených elektronech (BSE) J. Sejkora, šířka záběru 0.3 mm.

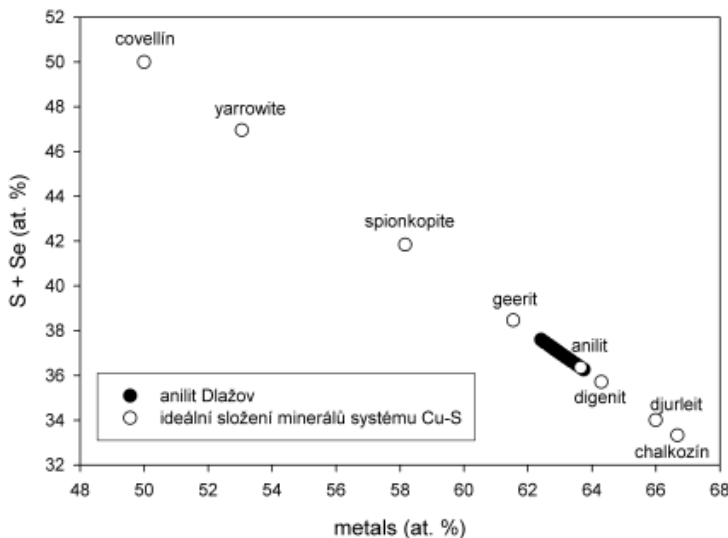


nit); na patě zbytku odvalu šachtice č. 20 byla nalezena žilovina s uraninitem, sulfidy a selenidy a na jednom vzorku karbonátové žiloviny i β -uranofán.

Metodika výzkumu

Popisované minerály byly identifikovány pomocí odrazové mikroskopie a kvalitativních analýz na energiově disperzních (EDS) mikroanalyzátoch Noran system 6 (elektronový mikroskop Hitachi S4800, naleštěná zrna - analytik J. Franc) a Oxford LINK Systems ISIS series 300 (elektronový mikroskop CamScan 3200, nábrusy - analytik J. Malec), pracujících při urychlovacím napětí 20 kV.

Chemické složení vybraných sulfidů a selenidů bylo v leštěných nábrusech kvantitativně studováno ve vlnově disperzním módu (WDS) pomocí elektronového mikroanalyzátoru Cameca SX 100 (Přírodovědecká fakulta MU Brno - analytik J. Sejkora) za podmínek: 25 kV, 20 nA, průměr svazku elektronů 1 - 10 μ m, použité standardy: Ag (AgL α), Au (AuL α), Bi (BiM β), CdTe (CdL β), chalkopyrit (SK α), Co (CoK α), Cu (CuK α), FeS₂ (FeK α), HgTe (HgM α), pararammelsbergit (NiK α , AsL β), PbCl₂ (ClK α), PbS (PbM α), PbSe (SeL β), Sb (SbL β), Tl(BrI) (TlL α) a ZnS (ZnK α). Obsahy výše uvedených prvků, které nejsou zahrnuté v tabulkách, byly kvantitativně analyzovány, ale zjištěné obsahy byly pod detekčním limitem (cca 0.01 - 0.04 hm. % pro jednotlivé prvky). Získaná



Obr. 3 Ideální složení minerálů systému Cu - S s vyznačením bodových analýz anilitu z Dlačova.

data byla korigována za použití software PAP (Pouchou, Pichoir 1985).

Rentgenová prášková data vybraných minerálních fází byla získána při využití CuK α záření na přístrojích Mikrometa II s difraktografem GON 03 a Philips X'pert (Česká geologická služba - analytik I. Haladová). Získaná data byla vyhodnocena programem ZDS (Ondruš 1993).

Primární mineralizace

Ve zbytcích haldového materiálu ze šachty č. 20 byly nalezeny 3 nevelké vzorky uranového zrudnění. Na největším vzorku jde o karbonát-křemennou žilovinu s asi 4 cm dlouhou a 1 cm mocnou žilkou sestávající se z makroskopicky patrných stříbrolesklých a modravě světle šedých jemných agregátů rudních minerálů, které připomínají na první pohled clausthalit a některé Cu-selenidy nebo covellin. Podrobnější studium pod mikroskopem a následně mikroanalýzátorem však odhalilo, že situace je podstatně složitější.

Uraninit je hlavním rudním minerálem křemenné žiloviny (obr. 1); tvoří množství ostrohranných a kolomorfních agregátů o velikosti 0.00X - X mm. Přítomnost kalcitu nebyla ve zkoumaných nábrusech zjištěna. Agregáty uraninitu jsou hlavně při okrajích lesklé a výše odrazné než matnější vnitřní zóny a nepravidelné partie. Podle orien-

tačních chemických analýz uraninit obsahuje proměnlivé množství příměsí (0.X - X %) Si, Ca, Al, ojediněle Pb, V a As. Nižší odrazné partie mají méně U (cca 40 - 68 hm. %) a Ca (1.5 - 2.7 hm. %), ale zato vyšší obsahy Si (8.1 - 16.7 hm. %), Al (do 5.3 hm. %) a patrně i vody. Rentgenovou práškovou analýzou byl zjištěn pouze uraninit. Nižší odrazné zóny a partie mohou být projevem neúplné coffinitizace uraninitu. Tyto nehomogenní agregáty také spolu s chloritem vyplňují mladší žilky, které pronikají křemenem a protínají i uraninit. Místa jsou v agregátech uraninitu nebo na jeho kontrakčních trhlinách patrná zarostlá drobná (do 10 μ m) zrna S-bohatého clausthalitu a Cu-sulfidů.

Anilit se spolu s dalšími rudními minerály (obr. 1) vyskytuje v křemenné žilovině na nepravidelně rozšířených tenkých trhlinách a místy i v kontrakčních trhlinách agregátů uraninitu. V některých případech také vyplňuje prostory mezi kolomorfními agregáty uraninitu nebo tvoří úzké vnější zóny kolem jeho kulovitých agregátů. Intenzivně obrůstá a zatlačuje starší tetraedrit (obr. 2) a mnohdy obsahuje hojné inkluze clausthalitu. Od okrajů je místy zatlačován covellinem. V odraženém světle je namodrale světle šedý, relativně vyšší odraznosti, izotropní až slabě anizotropní, místy se zřetelnou štěpností. Velikost agregátů anilitu se pohybuje od 10 μ m do 1 mm.

Anilit byl identifikován podle chemického složení (obr. 3), které odpovídá publikovaným datům pro tento mine-

Tabulka 1 Chemické složení minerálů známých v systému Cu - S

	vzorec	poměr Me/S				at. % kovu			
		ideál	rozmezí*		ideál	rozmezí*			
chalkozín	Cu ₂ S	2.00	1.96	-	2.04	66.67	66.22	-	67.11
djurleit	Cu ₃₁ S ₁₆	1.94	1.87	-	1.97	65.99	65.16	-	66.33
digenit/roxbyit	Cu ₉ S ₅	1.80	1.75	-	1.83	64.29	63.64	-	64.66
anilit	Cu ₇ S ₄	1.75	1.69	-	1.77	63.64	62.83	-	63.90
geerit	Cu ₈ S ₅	1.60	1.44	-	1.62	61.54	59.02	-	61.83
spionkopit	Cu ₃₉ S ₂₈	1.39	1.21	-	1.44	58.16	54.75	-	58.68
yarrowit	Cu ₉ S ₈	1.13	1.10	-	1.19	53.05	52.38	-	54.34
covellin	CuS	1.00	0.97	-	1.19	50.00	49.24	-	51.69

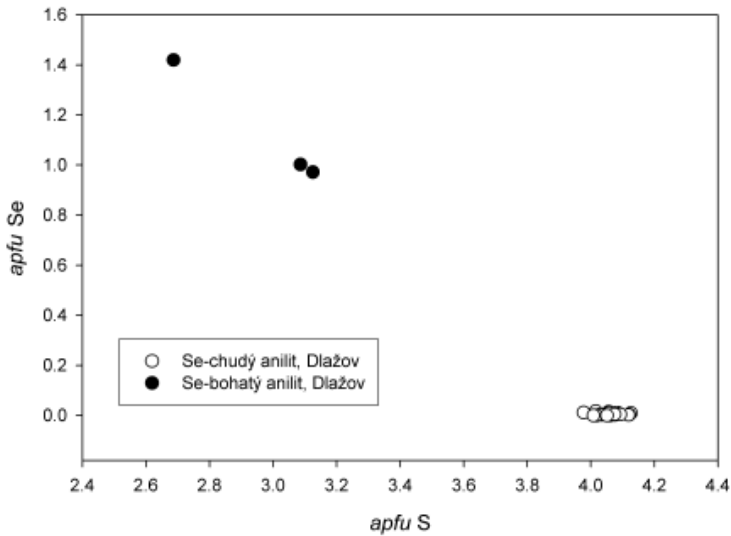
rozmezí* - rozmezí hodnot pozorovaných v přírodních vzorcích podle prací Morimoto, Kato (1970); Goble, Robinson (1980); Grønvold, Westrum (1980); Goble (1981); Anthony et al. (1990); Gablina et al. (2000); Hatert (2005); Okrusch et al. (2007) a Litochleb et al. (2009).

Tabulka 2 Reprezentativní chemické analýzy anilitu z Dlažova (v hm. %)

	mean ¹	1	2	3	mean ²	4	5	5	7	8	9	10	11
Ag	1.25	1.90	0.98	0.89	0.08	0.03	0.26	0.16	0.04	0.04	0.08	0.03	0.00
Fe	0.16	0.03	0.23	0.21	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cu	66.64	65.40	66.76	67.77	75.36	75.19	75.28	75.30	75.77	76.09	76.12	76.19	76.20
Sb	0.14	0.15	0.13	0.15	0.06	0.00	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Se	13.75	17.05	12.19	12.00	0.08	0.02	0.14	0.14	0.05	0.03	0.00	0.06	0.00
S	14.67	13.10	15.25	15.67	22.28	22.72	22.52	22.45	22.67	22.25	22.11	22.64	22.41
total	96.61	97.63	95.54	96.68	97.86	97.97	98.25	98.06	98.53	98.41	98.31	98.92	98.62
Ag*	0.075	0.116	0.059	0.052	0.004	0.002	0.014	0.009	0.002	0.002	0.004	0.001	0.000
Fe*	0.018	0.004	0.026	0.024	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Cu*	6.802	6.767	6.819	6.819	6.927	6.878	6.889	6.902	6.901	6.962	6.978	6.920	6.949
Sb*	0.008	0.008	0.007	0.008	0.003	0.000	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Σ Me*	6.903	6.894	6.912	6.903	6.935	6.879	6.905	6.911	6.903	6.964	6.982	6.921	6.949
Se*	1.129	1.420	1.002	0.972	0.006	0.002	0.010	0.010	0.004	0.002	0.000	0.004	0.000
S*	2.968	2.687	3.086	3.125	4.060	4.119	4.085	4.079	4.093	4.034	4.018	4.075	4.051
S+Se	4.097	4.106	4.088	4.097	4.065	4.121	4.095	4.089	4.097	4.036	4.018	4.079	4.051
Me/(S+Se)	1.68	1.68	1.69	1.69	1.71	1.67	1.69	1.69	1.69	1.73	1.74	1.70	1.72

¹ - průměr 3 analýz (1-3) Se-bohatého anilitu; ² - průměr všech 21 analýz Se-chudého anilitu (výběr 4-11); * - koeficienty empirického vzorce na bázi 11 apfu.

Obr. 4 Obsahy S vs. Se v anilitu z Dlažova.

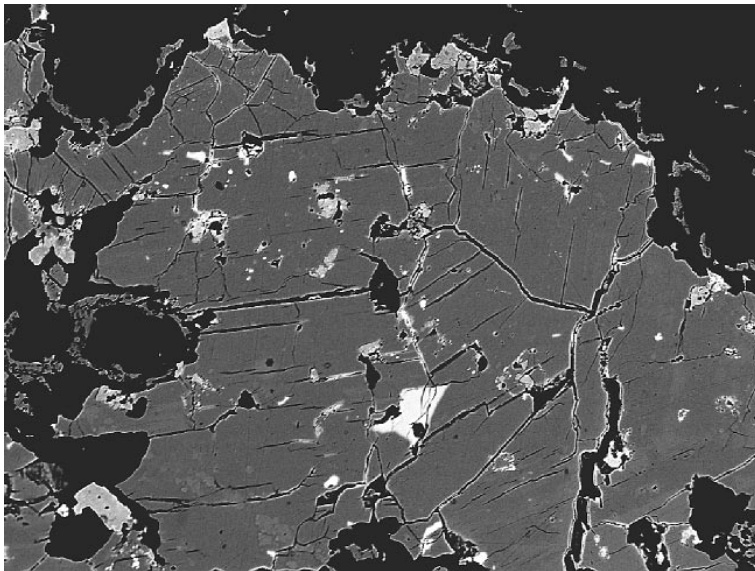


←

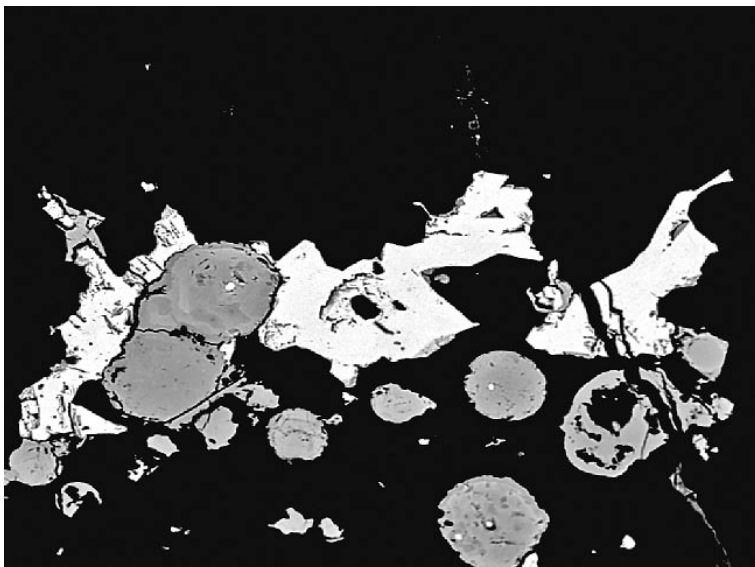
rální druh, poměr $\text{Cu}/(\text{S}+\text{Se})$ se v přírodních vzorcích pohybuje v rozmezí 1.69 - 1.77 (tab. 1). Určení potvrzuje i přítomnost zřetelné štěpnosti, která je pro jednoznačně určený anilit (monokrystalová data) udávána Gobleem (1981). Většina studovaných zrn anilitu je přes asociaci s clausthalitem Se-chudá (do 0.02 *apfu* - obr. 4) a jejich průměrné chemické složení (vybrané analýzy 4 - 11 v tabulce 2) je možno na bázi 11 *apfu* vyjádřit empirickým vzorcem $\text{Cu}_{6.93}(\text{S}_{4.06}\text{Se}_{0.01})_{\Sigma 4.07}$. Na okrajích jednoho agregátu anilitu byla zjištěna protáhlá až nepravidelná zrna o velikosti do 50 μm (obr. 5) představovaná Se-bohatším anilitem (0.97 - 1.42 *apfu*), pro který je charakteristické i zvýšené zastoupení Ag (0.05 - 0.12 *apfu*) a obsahy Fe do 0.03 *apfu* (analýzy 1 - 3 v tabulce 2). Průměrné chemické Se-bohatého anilitu je možno na bázi 11 *apfu* vyjádřit empirickým vzorcem $(\text{Cu}_{6.80}\text{Ag}_{0.08}\text{Fe}_{0.02}\text{Sb}_{0.01})_{\Sigma 6.91}(\text{S}_{2.97}\text{Se}_{1.13})_{\Sigma 4.10}$. Přítomnost anilitu ve studované asociaci nasvědčuje jejímu nízkoteplotnímu charakteru; podle Morimota a Kata (1970) je anilit stabilní fází pouze do 70(3)°C.

Covellin vytváří samostatné, nepravidelně omezené agregáty o velikosti do 100 μm , evidentně vznikající zatlačováním anilitu a chalkopyritu. V odraženém světle je intenzivně modrý, bireflexní a silně anizotropní. Identifikován byl na základě optických vlastností a orientačních chemických analýz (EDS).

Tetraedrit byl zjištěn jako nepravidelná nehomogenní zrna o velikosti 10 - 100 μm



Obr. 5 Zřetelně štěpné agregáty anilitu (tmavě šedý) obrůstané na okrajích nepravidelnými agregáty Se-bohatého anilitu (šedé); nejsvětlejší zrnko uprostřed náleží tetraedritu. Foto ve zpětně odražených elektronech (BSE) J. Sejkora, šířka záběru 0.7 mm.



Obr. 6 Clausthalit (bílý) obrůstající nehomogenní agregáty uraninitu (různé odstíny šedé) v křemenné žilovině (černá). Foto ve zpětně odražených elektronech (BSE) J. Sejkora, šířka záběru 0.4 mm.

intenzivně zatlačovaná anilitem (obr. 2). V odraženém světle je hnědavě šedé až krémové barvy, opticky izotropní. Při podrobném studiu jeho chemického složení (tab. 3) byly zjištěny dva částečně odlišné typy. První je As-chudý tetraedrit (body 1 - 3 v tabulce 3) s obsahy As do 0.36 *apfu*, který ze zajímavých minoritních obsahů vykazuje až 0.26 *apfu* Pb, zastoupení Se se v tomto typu pohybuje v rozmezí 0.02 až 0.72 *apfu*. Druhým typem je As-bohatší tetraedrit (body 4 - 8 v tabulce 3) s obsahy As v rozmezí 1.07 - 1.36 *apfu* a zastoupením Se v rozmezí 0.05 - 0.16 *apfu*.

Chalkopyrit obvykle nesrůstá s ostatními Cu-sulfidy, ale vytváří výrazně žlutá alotriomorfní zrna o velikosti desítek μm , rozptýlená v křemenné žilovině. V některých případech jsou jeho zrna obklopena lemem chloritu; jen vzácně byl nalezen i zarostlý v anilitu a covellinu, srůstající s tetraedritem nebo rozptýlený mezi agregáty uraninitu. Podle orientačních chemických analýz (EDS) nebyly v chalkopyritu kromě Cu, Fe a S zjištěny jiné prvky.

Clausthalit vytváří v křemenné žilovině samostatná zrna a agregáty o velikosti do 0.X mm nebo krátké nepravidelné žilky; na jednom vzorku byla zjištěna i prakticky monominerální žilka clausthalitu o velikosti 4 x 1 mm. Místa uzavírá drobné kolomorfní nehomogenní agregáty uraninitu (obr. 6). Zjištěn byl také jako malá zrna (do 10 μm) zarůstající do agregátů anilitu a tetraedritu. V odraženém světle je bílý, silně odrazný a opticky izotropní.

Při studiu chemického složení clausthalitu (zrna o velikosti více než 10 μm) byly vedle minoritních obsahů Ag, Tl, Sb, Bi a As (do 0.002 - 0.007 *apfu*) zjištěny i významněji zvýšené obsahy Cu dosahující až 0.06 *apfu* (tab. 4). Obsahy Cu+Ag zřetelně korelují s obsahem Pb podle vztahu (Cu+Ag) \rightarrow Pb (obr. 7). Zjištěná korelace je však nábojově nevyrovnaná a neodpovídá vztahu 2(Cu+Ag) \rightarrow Pb navrženému pro Cu-bohaté clausthality z Příbrami

(Škácha et al. 2009) ani schématu vstupu Ag (a případně Cu) do struktury galenitu substitucí (Ag+Sb) \rightarrow 2Pb, dobře známé jak v případě galenitu, tak i sulfosolů (Foord, Shawe 1989; Moëlo et al. 2008). Proto se domníváme, že obsahy Cu v clausthalitu z Dlažova jsou vyvolány ovlivněním analyzovaných zrn Cu-bohatým okolím. Tento závěr je podporován výsledky analýz drobnějších (3 - 5 μm) zrn, kdy byly zjištěny nepravidelné obsahy Cu až do 6 hm. % (což by odpovídalo cca 0.22 *apfu*). Při těchto analýzách však docházelo k destrukci vzorku ve studovaných bodech a sumy analýz se pohybovaly kolem 104 - 106 hm. %. Pro clausthalit z Dlažova jsou dále charakteristické významné obsahy S, které se pohybují v rozmezí 0.14 - 0.31 *apfu* (obr. 8). Tyto obsahy naznačují vyšší aktivitu síry při vzniku tohoto minerálu; podle Förstera (2005) vznikají pevné roztoky řady PbSe - PbS o chemickém složení od PbS_{1.00} po Pb(S_{0.04}Se_{0.96})_{Σ1.00} při $f\text{Se}_2/f\text{S}_2 \leq 1$.

Pravděpodobný **naumannit** byl zjištěn jako jediné protáhlé zrna o rozměrech 3 x 12 μm , zarůstající do anilitu. Vzhledem k minimálním rozměrům studovaného minerálu docházelo při podrobném studiu jeho chemického složení k výraznému ovlivnění výsledků analýz okolním prostředím (agregáty anilitu) a v jednotlivých bodech analýzách se projevovaly významné obsahy Cu (do 21 hm. %) a S (do 6 hm. %). Současně však tyto obsahy byly v jednotlivých analyzovaných bodech výrazně nepravidelné. Pokud tyto obsahy nebudeme brát na zřetel, tak se stechiometrie zkoumané minerální fáze velmi blíží složení Ag₂Se, tj. minerálu naumannitu.

Chlorit byl identifikován na základě lupenitého vývinu a obsahu Si, Al, Mg, Fe a O. Vytváří spolu s velmi tenkými lupínky hematitu výplň nehojných drobných drúzových dutin v křemenné žilovině a v některých případech obklopuje malá zrna chalkopyritu.

Tabulka 3 Chemické analýzy tetraedritu z Dlažova (v hm. %)

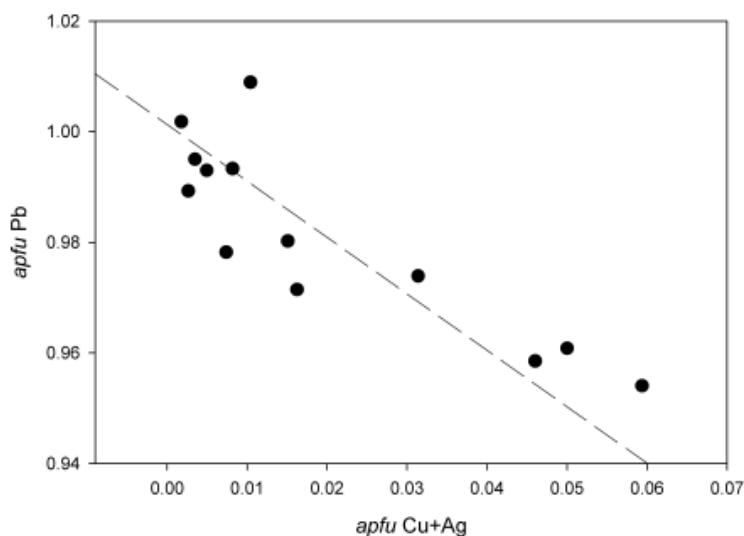
	1	2	3	4	5	6	7	8
Ag	0.19	0.10	0.17	0.07	0.04	0.09	0.00	0.09
Fe	1.70	1.22	1.62	1.82	2.22	1.93	2.28	2.91
Pb	0.98	0.12	3.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cd	0.35	0.20	0.21	0.17	0.15	0.37	0.14	0.75
Zn	3.17	4.27	3.83	4.00	3.47	1.77	3.28	3.78
Cu	41.33	42.54	39.96	41.56	41.54	43.58	41.70	39.93
Sb	28.05	24.57	24.80	21.71	21.12	20.98	20.69	19.50
As	0.00	0.00	1.62	4.99	5.12	5.28	5.76	6.37
Se	0.07	3.35	0.26	0.24	0.93	0.41	0.58	0.78
S	24.26	22.76	24.40	25.67	25.39	25.70	25.70	25.77
total	100.09	99.12	100.01	100.24	99.97	100.10	100.12	99.89
Ag*	0.030	0.015	0.026	0.010	0.005	0.013	0.000	0.014
Fe*	0.512	0.368	0.489	0.526	0.641	0.557	0.655	0.838
Pb*	0.080	0.010	0.255	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Cd*	0.052	0.030	0.031	0.024	0.022	0.054	0.020	0.108
Zn*	0.814	1.106	0.985	0.987	0.859	0.436	0.806	0.928
Cu*	10.922	11.326	10.573	10.544	10.569	11.042	10.548	10.096
Σ M*	12.409	12.855	12.360	12.092	12.096	12.101	12.030	11.984
Sb*	3.869	3.414	3.425	2.875	2.804	2.774	2.732	2.574
As*	0.000	0.000	0.363	1.074	1.105	1.134	1.235	1.366
Sb+As	3.869	3.414	3.788	3.949	3.909	3.908	3.966	3.940
Se*	0.015	0.717	0.055	0.049	0.190	0.084	0.118	0.159
S*	12.706	12.012	12.794	12.906	12.801	12.907	12.881	12.913
Se+S	12.721	12.729	12.850	12.955	12.991	12.990	12.999	13.073

*koeficienty empirického vzorce na bázi 29 *apfu*.

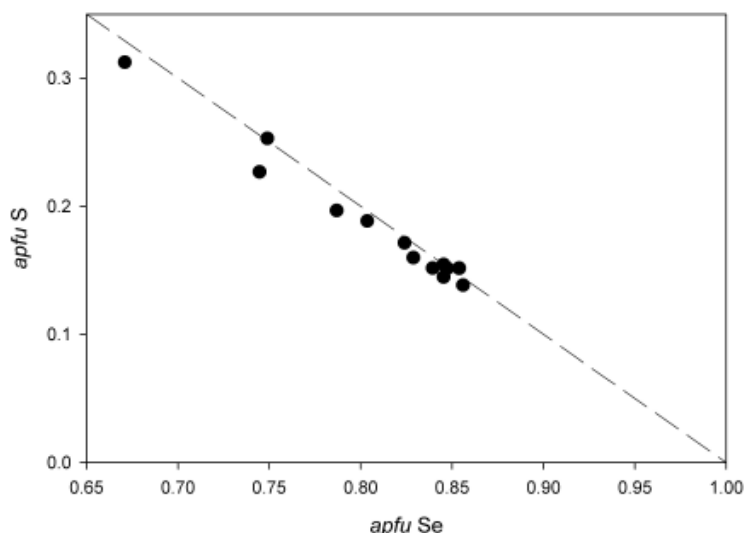
Tabulka 4 Reprezentativní chemické analýzy clausthalitu z Dlačova (v hm. %)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Ag	0.11	0.13	0.09	0.17	0.00	0.08	0.00	0.09	0.00
Pb	72.66	73.17	73.32	73.52	73.77	73.84	73.93	74.02	74.74
Tl	0.23	0.15	0.21	0.13	0.17	0.19	0.13	0.21	0.21
Cu	0.10	1.00	0.01	0.01	0.35	0.04	0.04	0.13	0.38
Sb	0.03	0.01	0.05	0.00	0.00	0.00	0.09	0.05	0.00
Bi	0.25	0.33	0.29	0.35	0.00	0.25	0.11	0.00	0.39
As	0.04	0.00	0.00	0.00	0.09	0.03	0.00	0.06	0.07
Se	24.17	24.11	23.88	23.25	24.30	24.20	23.61	22.82	21.96
S	1.75	1.89	1.77	1.97	1.77	1.59	1.73	2.18	3.01
total	99.34	100.78	99.62	99.41	100.45	100.19	99.63	99.56	100.75
Ag*	0.003	0.003	0.002	0.004	0.000	0.002	0.000	0.002	0.000
Pb*	0.978	0.959	0.989	0.993	0.980	0.995	1.002	0.993	0.972
Tl*	0.003	0.002	0.003	0.002	0.002	0.003	0.002	0.003	0.003
Cu*	0.004	0.043	0.000	0.001	0.015	0.002	0.002	0.006	0.016
Sb*	0.001	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.002	0.001	0.000
Bi*	0.003	0.004	0.004	0.005	0.000	0.003	0.001	0.000	0.005
As*	0.002	0.000	0.000	0.000	0.003	0.001	0.000	0.002	0.002
Se*	0.854	0.829	0.845	0.824	0.847	0.856	0.839	0.804	0.749
S*	0.152	0.160	0.155	0.172	0.152	0.138	0.152	0.189	0.253
Σ S+Se	1.006	0.989	1.000	0.996	0.999	0.994	0.991	0.992	1.002

*koeficienty empirického vzorce na bázi 2 apfu.



Obr. 7 Obsahy Cu+Ag vs. Pb v clausthalitu z Dlačova; čárkovanou linií je vyznačena ideální korelace (Cu+Ag) \rightarrow Pb.



Obr. 8 Obsahy Se vs. S v clausthalitu z Dlačova; čárkovanou linií je vyznačena ideální S - Se izomorfie.

Supergenní mineralizace

Meta/autunit vytváří na puklinách silně přeměněných limonitizovaných hornin žlutavě zelené až zelenavě žluté, jemně šupinkovité, práškovité až zemité agregáty a vzácněji též drobné tabulkovité, až 1 mm velké krystaly. Pozorovány byly i až 5 mm velké pyramidální krystaly tvořené zonálními srůsty meta/autunitu s meta/torbernit. V asociaci s meta/autunitem byly vedle meta/torbernit zjištěny také kalcit, hematit a wulfenit.

Při rentgenometrickém studiu byly zjištěny nejintenzivnější linie 8.43 (100); 3.61 (86); 2.61 (34); 5.37 (28); 4.23 (27) a 3.49 (26), které jsou v dobré shodě s hodnotami uváděnými pro meta/autunit (JCPDS 12-423). Kromě těchto převládajících linií v záznamu vystupují i středně silná až slabá difrakční maxima 10.34 (23); 5.19 (16); 3.49 (23) a 3.34 (23), která odpovídají autunitu. Je pravděpodobné, že vzorky představovaly původně plně hydratovaný autunit a při jeho dehydrataci došlo k postupné přeměně na meta/autunit. Při orientačním studiu chemického složení pomocí EDS mikroanalýz byly zjištěny podstatné obsahy U, Ca a P, což je v dobrém souladu s ideálním chemickým složením této minerální fáze.

Meta/torbernit je na studovaném výskytu poměrně rozšířeným supergenním minerálem uranu. Tvoří nejčastěji tlustě tabulkovité a lupenité krystaly, na nichž převládá bazální plocha v kombinaci s plochami prizmatu a vzácněji též s plochami pyramidálními. Krystaly jsou seskupeny v dutinách do agregátů, které někdy pokrývají plochy až několik cm². Minerál je jasně světle až smaragdově zelený, se skelným až perleťovým leskem. Vystupuje v asociaci s meta/autunitem, wulfenitem, „limonitem“ a černými povlaky blíže neurčených Mn-oxidů.

Při rentgenometrickém studiu byly zjištěny nejintenzivnější linie 8.58 (100); 3.66 (90); 4.92 (60); 4.30 (60) a 2.203 (45), které se dobře shodují s daty udávanými pro meta/torbernit (JCPDS 16-404). V záznamu byly dále pozorovány i středně intenzivní difrakční maxima 10.21 (50); 3.69 (35); 5.19 (25) a 3.56 (20), která odpovídají torbernit. Pravděpodobně byl studovaný materiál původně tvořen plně hydratovaným torbernit, dehydratací vzorků pak došlo k přeměně na metatorbernit. Nelze vyloučit ani vliv tření při přípravě preparátu pro rentgenovou práškovou difrakci; podle zkušeností autorů intenzivní tření vzorku může vyvolat velmi rychlou dehydrataci v řadě torbernit → meta/torbernit. Orientační chemické analýzy meta/torbernit udávají podstatné obsahy U, P a Cu, což je plně v souladu s ideálním chemickým složením tohoto minerálního druhu.

Uranofán byl zjištěn relativně hojně na puklinách silně alterované prokřemenělé horniny v podobě žlutých, žlutavě hnědých a bělavě žlutých zemitých až práškovitých agregátů a povlaků na ploše až 5 x 4 cm. Vzácněji byly nalezeny drobné polokulovité útvary uranofánu s radiálně paprscitou strukturou. Zjištěná prášková rentgenová data 7.88 (100); 3.94 (97); 2.99 (74); 3.20 (56); 2.91 (51) a 4.80 (47) jsou blízká údajům udávaným pro uranofán (JCPDS 8-442), dále byla zjištěna i minoritní příměs hematitu a křemene. Při orientačním studiu chemického složení pomocí EDS mikroanalýzátoru byly zjištěny podstatné obsahy U, Si a Ca.

β-uranofán se vyskytuje společně s uranofánem, od kterého je makroskopicky obtížně odlišitelný. Byl identifikován rentgenometricky na vzorku hematitizované horniny se žilkami růžového kalcitu, kde vyplňuje hojně drobné

dutiny (o velikosti do 0.5 cm) a trhliny. Vytváří zde nevelké (desetiny mm) agregáty složené z jednotlivých krystalů či jejich růžovitá seskupení. Hruběji sloupečkovité krystaly β-uranofánu mají jasně žlutou barvu a skelný lesk.

Nejintenzivnější linie v práškovém rentgenovém záznamu: 7.72 (100); 3.87 (90); 2.58 (12); 1.934 (5); 5.03 (3) a 3.18 (3), jsou blízké datům uváděným pro tento minerální druh (JCPDS 8-301). Jeho chemické složení bylo orientačně sledováno pomocí EDS mikroanalýzátoru; zjištěny byly podstatné obsahy U, Si a Ca, které odpovídají ideálnímu složení tohoto minerálního druhu.

Wulfenit byl na studovaných vzorcích nalezen jen vzácně jako až 2 mm dlouhé krystaly dlouze pyramidálního habitu. Nejčastěji narůstá na křemenou žilovinu nebo prokřemeněné granitoidy. Je šedavě až medově hnědý nebo žlutobílý a skelně lesklý. Vyskytuje se v těsné asociaci s meta/autunitem, meta/torbernit, kalcitem a černými povlaky blíže neurčených Mn-oxidů.

Nejintenzivnější linie v práškovém rentgenovém záznamu 3.24 (100); 3.02 (30); 2.716 (30); 2.021 (30); 1.786 (22) a 1.653 (20), dobře odpovídají publikovaným datům (JCPDS 8-475). Orientační (EDS) mikroanalýzou zjištěné obsahy 61 hm. % PbO a 39 hm. % MoO₃ jsou blízké teoretickým hodnotám pro tento minerál.

Závěr

V materiálu starých odvalů po průzkumu a nevelké těžbě uranových rud východně od Dlačova byly v reliktech křemenné žiloviny s uranitem nově zjištěny anilit, covellin, tetraedrit, chalkopyrit, clausthalit a pravděpodobný naumannit. Ve srovnání s podobnými výskyty žilné uranové mineralizace v Českém masivu je v Dlačově charakteristické významné uplatnění sulfidů Cu jen s nevelkými obsahy selenu. Všechny zjištěné sulfidy a selenidy zde představují mladší fázi mineralizace než oxidy uranu. Vznik popisované rudní mineralizace musel být přinejmenším v jejím závěrečném stadiu výrazně nízkoteplotní (méně než cca 70°C). Ze supergenních minerálů byly identifikovány meta/autunit, meta/torbernit a uranofán, které obecně patří k nejběžnějším supergenním minerálům uranu; dále i poměrně vzácný β-uranofán a wulfenit.

Poděkování

V práci jsou uvedeny výsledky výzkumu, který byl finančně podpořen Ministerstvem kultury ČR v rámci projektu MK00002327201. Milou povinností autorů je poděkovat I. Haladové (Česká geologická služba, Praha) za spolupráci při laboratorním výzkumu a J. Litochlebovi (Národní muzeum, Praha) za připomínky zvyšující odbornou úroveň textu.

Literatura

- Anthony J. W., Bideaux R. A., Bladh K. W., Nichols M. C. (1990): Handbook of Mineralogy. Volume I Elements, Sulfides, Sulfosalts. - 588 s., Mineral Data Publishing Tucson.
- Doležal M., Schejbal C. (1984): The uranium deposits in Horažďovice and Klatovy region. - *Folia Mus. Rer. natur. Bohem. Occident.*, Geol. **21**, 1-30. Plzeň.
- Foord E. E., Shawe D. R. (1989): The Pb-Bi-Ag-Cu-(Hg) chemistry of galena and some associated sulfosalts: a review and some new data from Colorado, California and Pennsylvania. - *Can. Mineral.* **27**, 363-382.

- Förster H.-J. (2005): Mineralogy of the U-Se-polymetallic deposit Niederschlema - Alberoda, Erzgebirge, Germany. IV. The continuous clausenthalite - galena solid-solution series. - *Neu. Jb. Mineral., Abh.* **181**, 125-134.
- Gablina I. F., Mozgova N. N., Borodaev Y. S., Stepanova T. V., Cherkashev G. A., Il'in M. I. (2000): Copper sulfide association in recent oceanic ores of the Logachev hydrothermal field (Mid-Atlantic Ridge, 14 degrees 45' N). - *Geol. Ore Deposits* **42**, 296-316.
- Goble R. J. (1981): The leaching of copper from anilite and the production of metastable copper sulfide structure. - *Can. Mineral.* **19**, 583-592.
- Goble R. J., Robinson G. (1980): Geerite, $Cu_{1.60}S$, a new copper sulfide from Dekalb township, New York. - *Can. Mineral.* **18**, 519-523.
- Grønvold F., Westrum E. F. (1980): The anilite/low digenite transition. - *Am. Mineral.* **65**, 574-575.
- Hatert F. (2005): Transformation sequences of copper sulfides at Vielsalm, Stavelot Massif, Belgium. - *Can. Mineral.* **43**, 623-635.
- Kafka J. ed. (2003): Rudné a uranové hornictví České republiky. - Anagram, Ostrava.
- Litochleb J., Sejkora J., Šrein V., Malec J. (2009): Kašperskohorské zlato (Šumava, Česká republika). - *Bull. mineral.-petrolog. odd. Nár. Muz. (Praha)* **17/1**, 1-13.
- Moëlo Y., Makovicky E., Mozgova N. N., Jambor J. L., Cook N., Pring A., Paar W., Nickel E. H., Graeser S., Karup-Møller S., Balić-Žunić T., Mumme W. G., Vurro F., Topa D., Bindi L., Bente K., Shimizu M. (2008): Sulfosalt systematics: a review report of the sulfosalt subcommittee of the IMA commission on ore mineralogy. - *Eur. J. Mineral.* **20**, 7-62.
- Morimoto N., Kato K. (1970): Phase relations of the Cu-S system at low temperatures: stability of anilite. - *Am. Mineral.* **55**, 106-117.
- Okrusch M., Lorenz J. A., Weyer S. (2007): The genesis of sulfide assemblages in the former Wilhemine mine, Spessart, Bavaria, Germany. - *Can. Mineral.* **45**, 723-750.
- Ondruš P. (1993): ZDS - A computer program for analysis of X-ray powder diffraction patterns. - Materials Science Forum, 133-136, 297-300, EPDIC-2. Enche-de.
- Pouchou J. L., Pichoir F. (1985): "PAP" ($\phi \rho Z$) procedure for improved quantitative microanalysis. - In: Microbeam Analysis (J. T. Armstrong, ed.). San Francisco Press, San Francisco, 104-106.
- Škácha P., Sejkora J., Litochleb J., Hofman P. (2009): Výskyt cuprostibitu v příbramském uran-polymetalickém revíru (šachta 16, Příbram - Háje), Česká republika. - *Bull. mineral.-petrolog. Odd. Nár. Muz. (Praha)* **17/1**, 73-78.
- Vejnar Z. a kolektiv (1987): Vysvětlivky k základní geologické mapě ČSSR 1:25 000, list 21-244 Klatovy. - Ústřední ústav geologický, Praha.
- Veselý T. (1982): Malá uranová ložiska krystalinika Českého masívu, II. část: Oblast středních a jihozápadních Čech. - *Geol. Hydrometalurg. Uranu* **6**, 2, 3-48. Stráž pod Ralskem.