

Gilmarit, triklinický $\text{Cu}_3(\text{AsO}_4)(\text{OH})_3$, z Bělovsí u Náchoda - první výskyt v České republice

Gilmarite, triclinic $\text{Cu}_3(\text{AsO}_4)(\text{OH})_3$, from Běloves near Náchod - the first occurrence in Czech Republic

LUBOŠ VRTIŠKA^{1)*}, MARTIN ŠTEVKO²⁾, JIŘÍ SEJKORA¹⁾ A RADANA MALÍKOVÁ¹⁾

¹⁾Mineralogicko-petrologické oddělení, Národní muzeum, Cirkusová 1740, 193 00 Praha 9 - Horní Počernice, Česká republika; *e-mail: lubos_vrtiska@nm.cz

²⁾Katedra mineralogie a petrologie, Přírodovědecká fakulta, Univerzita Komenského v Bratislavě, Ilkovičova 6, 842 15 Bratislava, Slovenská republika

VRTIŠKA L., ŠTEVKO M., SEJKORA J., MALÍKOVÁ R. (2016) Gilmarit, triklinický $\text{Cu}_3(\text{AsO}_4)(\text{OH})_3$, z Bělovsí u Náchoda - první výskyt v České republice. *Bull. mineral.-petrol. Odd. Nár. Muz. (Praha) 24, 2, 230-233. ISSN 1211-0329.*

Abstract

A very rare mineral gilmarite, triclinic $\text{Cu}_3(\text{AsO}_4)(\text{OH})_3$ mineral phase dimorphous with clinoclase, was found in an old abandoned Jirásek granodiorite quarry in Běloves near Náchod, East Bohemia. This is the first occurrence of this mineral in the Czech Republic. Gilmarite occurs there as greenish blue flattened and elongated crystals forming rosettes and crystalline aggregates up to 1 mm in size in association with malachite, olivenite, cuprite and bluish green copper silicate (chrysocolla). Gilmarite is triclinic, space group $P1$, the unit-cell parameters refined from X-ray powder diffraction data are: a 5.449(2), b 5.870(4), c 5.109(3) Å, α 115.00(3)°, β 93.09(5)°, γ 91.83(5)° and V 147.6(1) Å³. Chemical analyses of gilmarite correspond to the empirical formula $(\text{Cu})_{2.99}[(\text{AsO}_4)_{0.98}(\text{PO}_4)_{0.01}]_{\Sigma 0.99}(\text{OH})_{2.98}$ on the basis of $\text{As}+\text{P}+\text{Si}+\text{V} = 1 \text{ apfu}$.

Key words: gilmarite, triclinic $\text{Cu}_3(\text{AsO}_4)(\text{OH})_3$, unit-cell parameters, chemical composition, Běloves, Náchod, Czech Republic

Obdrženo: 7. 11. 2016; přijato 22. 12. 2016

Úvod

Gilmarit je velmi vzácný triklinický minerál dimorfní s běžnějším monoklinickým klinoklasem s ideálním vzorcem $\text{Cu}_3(\text{AsO}_4)(\text{OH})_3$. Poprvé byl popsán z historického měděného ložiska Roua Mines, ležícím u města Daluis v jihozápadní Francii (Sarp, Černý 1999). Gilmarit na této lokalitě tvoří modrozelené růžicovité agregáty do velikosti 0.3 mm v průměru a izolované krystaly do velikosti 0.1 × 0.04 × 0.02 mm a byl zjištěn v asociaci spolu s kupritem, posnjakitem, langitem, klinotyrolitem, connellitem a několika dalšími minerály (Sarp, Černý 1999). Pojmenování nese po Gilbertu Marim, mineralogu francouzské Univerzity Nice-Sophia Antipolis. V České republice byl gilmarit poprvé zjištěn na historickém vzorku kupritu spolu s olivenitem a malachitem z opuštěného Jiráskova lomu nedaleko Bělovsí u Náchoda. Výsledky výzkumu minerální asociace s gilmaritem z lokality Běloves jsou předmětem této práce.

Geologická a mineralogická situace

Klasické naleziště minerálů s obsahem mědi Běloves u Náchoda je lokalizováno v opuštěném Jiráskově kamenolomu ležícím cca 1 km vzdušnou čarou jv. od Bělovsí a v dnes již zcela zasazené štole pod Montací (také Dračí díra) asi 200 m z. od Jiráskova lomu (Doubek 1996). V minulosti byly v této oblasti prováděny pokusné těžební a vyhledávací práce. Svědčí o tom zdejší název Montace,

písemné prameny i terénní pozůstatky (Baudiss 1974). Kdy se s těmito pracemi začalo, však není známo. Od roku 1652 zde nechal hledat rudy majitel náchodského panství Octavius Piccolomini, toto snažení však zůstalo jen u pokusů (Hraše 1994). Z této doby pravděpodobně pochází i zmiňovaná štola pod Montací (Dračí díra). Poslední neúspěšný pokus o obnovení těžby v této štole byl proveden v roce 1919 (Doubek 1996). V tu dobu byl nad štolou již v činnosti Jiráskův lom, kde se těžil kámen na šterk. Těžba v Jiráskově lomu byla ukončena v roce 1935 (Fajst, Holásek 1961). Na počátku 60. let 20. století zde byl proveden geologický průzkum pomocí rýh, šachtic a výlomu v kamenolomu, který zjistil pouze nevýznamný rozsah Cu zrudnění (Hošek 1964).

Okolí Jiráskova lomu po geologické stránce náleží k nejsevernějšímu výběžku Orlicko-sněžnického krystalinika Lužické oblasti. Litologicky jsou zde zastoupeny především chloriticko-muskovitické a muskovit-biotitické neoproterozoické až spodnopaleozoické fylity (Vejlupek 1990), které zde budují výraznou klenbovitou strukturu s jádrem tvořeným spodnopaleozoickým albitickým granodioritem novohrádeckého masivu (Vejlupek 1990). Širší okolí je pak dále tvořeno spodnopermskými (saxonskými) slepenci náležícími oblastí vnitrosudetské pánve (Vejlupek 1990).

Měděná mineralizace je zde vázána na žílu spodnopaleozoického granodioritového porfyritu o mocnosti 20 - 40 m se sklonem cca 40° k JZ, která proniká zdej-

šími fylity (Hošek 1964). Podle Hoška (1964) je měděné zrudnění v porfyritu obsaženo ve velmi malém množství a k lokálnímu nahromadění rudních minerálů došlo exogenními procesy v cementační zóně větrajícího žulového porfyru v místech jeho tektonického porušení, tedy v místech, kde cirkulace podzemních vod byla nejintenzivnější. Při dalším vývoji a postupující erozi se i tato cementační zóna dostala do podmínek oxidační zóny, o čemž svědčí překrývání asociace minerálů oxidační zóny (malachit, azurit, chryzokol aj.) přes asociaci cementační zóny (kuprit, Cu-arsenidy aj.).

O měděných rudách na této lokalitě se prvně zmiňují Petrascheck (1903) a Rosický (1905). První mineralogický a petrografický výzkum potom uveřejnil Rosický (1906), který z lokality zmiňuje výskyt primárních i sekundárních minerálů mědi: kupritu, chalkozínu, malachitu, olivenitu, tyrolitu a chryzokolu. Z ostatních minerálů potom uvádí aragonit, ankerit, grafit, hematit, kalcit, pyrit a pyrhotin. Petrascheck (1909) rovněž shrnuje výčet zdejších minerálů a zmiňuje navíc vzácně se vyskytující azurit. K nejvýznamnějším minerálům s obsahem mědi na této lokalitě patří zejména jemně zrnitý červenohnědý až černý kuprit, který zde tvoří převážně celistvé agregáty na puklinách spolu s hematitem, chryzokolem a *Mn-oxidy* (Rosický 1906; Petrascheck 1909; Tuček 1943). Rosický (1906) odsud popisuje masivní ukázky kupritu o velikosti až 75 cm. Kujal (1924 - 1925) zmiňuje agregáty celistvého kupritu o hmotnosti až 50 kg. Méně častý je pak výskyt vzácných krystalů kupritu do velikosti 1.5 mm (Rosický 1906; Janota, Kraus 1938), či tenkých jehličkovitých agregátů kupritu tzv. *chalkotrichitů* (Paděra 1947). Kupritové agregáty jsou vzácněji prorůstány stříbřitě šedým, do žlutohněda nabíhajícím arsenidem mědi α -domeykitem a opticky podobným vzácnějším mikroskopickým algodonitem. O těchto minerálech se prvně zmiňují Janota a Kraus (1938) a podrobnější studii přináší Kašpar (1942) a Paděra (1951). Kašpar (1942) ve své práci dále mikroskopicky zjistil ryzí měď. Tuček (1943) zmiňuje zajímavý výskyt erytrínu, který tvoří práškovité povlaky a jemně vláknité agregáty v dutinách celistvého kupritu spolu s malachitem, a zároveň uvádí jako pravděpodobný zdroj kobaltu pro vznik erytrínu minerály algodonit-whitneyitové řady (algodonit, domeykit). Paděra (1953) však za zdroj kobaltu předpokládá



Obr. 1 Srostlice krystalů zelenomodrého gilmaritu s malachitem z Bělouš, šířka záběru 2.1 mm, foto P. Škacha.



Obr. 2 Gilmarit s malachitem z Bělouš, šířka záběru 1.3 mm, BSE foto L. Vrtiška.

Tabulka 1 Rentgenová prášková data gilmaritu z Bělouš

<i>h</i>	<i>k</i>	<i>l</i>	$d_{obs.}$	$I_{obs.}$	$d_{calc.}$	<i>h</i>	<i>k</i>	<i>l</i>	$d_{obs.}$	$I_{obs.}$	$d_{calc.}$
-1	0	0	5.434	4	5.431	1	-2	0	2.4457	10	2.4443
0	1	0	5.320	20	5.310	-2	-1	0	2.3573	3	2.3606
0	0	1	4.617	100	4.617	0	0	2	2.3089	2	2.3086
0	-1	1	4.580	32	4.580	0	-2	2	2.2897	2	2.2898
-1	-1	0	3.693	10	3.687	2	0	1	2.2678	9	2.2681
-1	0	1	3.656	9	3.654	-1	0	2	2.1837	<1	2.1839
-1	-1	1	3.540	7	3.539	-1	-2	2	2.1269	5	2.1265
1	-1	1	3.461	3	3.464	1	0	2	2.0703	1	2.0700
1	0	1	3.395	59	3.395	-1	2	1	1.8960	<1	1.8975
0	1	1	2.926	1	2.923	2	-1	2	1.8108	2	1.8117
-2	0	0	2.716	35	2.715	2	0	2	1.6981	4	1.6977
-1	1	1	2.663	5	2.665	-3	1	1	1.5969	<1	1.5975
1	-2	1	2.575	3	2.575	-3	2	0	1.5406	1	1.5396
-1	-2	1	2.538	7	2.534	0	0	3	1.5389	6	1.5391
1	1	1	2.4944	4	2.4916	-1	-4	1	1.3856	<1	1.3864

mikroskopický, kobaltem bohatý arzenopyrit (případně glaukodot). Slánský (1961) ve své zprávě o průzkumu uvádí mikroskopický covellín a tenorit. Spektrální analýzu tenoritu zhotovil Bradna (Bradna, Doubek 1963). K dalším minerálům zjištěným na lokalitě patří například mikro-

skopické ryzí stříbro a plíšky a drátky stříbra s obsahem 1 - 10 hm. % Hg (tzv. *amalgamu*), do velikosti 1 mm nebo blankytně modré jehlicovité krystaly connellitů o velikosti do 2 mm (Doubek 1996; Černý et al. 2003). Černý et al. (2003) ve své souhrnné práci o doposud zjištěných minerálech na lokalitě Běloves dále uvádějí výskyt práškovitého, citronově žlutého beyeritu, až 1 mm velká zrna bismutu, žluté kulovité agregáty bismutitu a partie trávově zeleného drobně krystalického konichalcitu v malachitu. Autoři se dále zmiňují o recentním akantitu na ryzím stříbru, pravděpodobně vzniklém v době uložení vzorku ve sbírkovém depozitáři. Nepotvrzený je potom výskyt nováků (Doubek 1999) a euchroitů (Černý et al. 2003).

Tabulka 2 Parametry základní cely gilmaritu pro triklinickou prostorovou grupu P1

	tato práce	Sarp, Černý (1999)
a [Å]	5.449(2)	5.445(4)
b [Å]	5.870(4)	5.873(3)
c [Å]	5.109(3)	5.104(3)
α [°]	115.00(3)	114.95(3)
β [°]	93.09(5)	93.05(5)
γ [°]	91.83(5)	91.92(4)
V [Å ³]	147.6(1)	147.49

Tabulka 3 Chemické složení gilmaritu z Bělovesi (hm. %)

	mean	1	2	3	4	5	6	7	8
CuO	59.71	59.87	59.61	59.72	59.65	59.68	59.84	59.70	59.63
SiO ₂	0.07	0.08	0.07	0.08	0.09	0.08	0.00	0.06	0.07
As ₂ O ₅	28.38	28.34	28.29	28.33	28.48	28.53	28.44	28.38	28.25
P ₂ O ₅	0.20	0.24	0.18	0.19	0.21	0.15	0.23	0.17	0.20
H ₂ O*	6.74	6.75	6.74	6.75	6.68	6.70	6.78	6.75	6.74
total	95.09	95.29	94.89	95.06	95.10	95.15	95.29	95.06	94.90
Cu	2.993	2.994	2.998	2.998	2.973	2.980	3.001	2.998	2.999
Si	0.004	0.005	0.005	0.005	0.006	0.005	0.000	0.004	0.005
As	0.984	0.981	0.985	0.984	0.982	0.986	0.987	0.986	0.984
P	0.011	0.014	0.010	0.011	0.012	0.009	0.013	0.009	0.011
Σ	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
OH	2.981	2.983	2.992	2.990	2.940	2.955	3.002	2.992	2.994

Mean - průměr osmi bodových analýz, koeficienty empirických vzorců počítány na bázi aniontů (As+P+Si) = 1 *apfu*, obsah H₂O* dopočítán na základě vyrovnání nábojových bilancí.

Tabulka 4 Chemické složení olivenitu z Bělovesi (hm. %)

	mean	1	2	3	4
CuO	54.47	54.16	54.80	54.63	54.31
SiO ₂	0.06	0.00	0.08	0.09	0.06
As ₂ O ₅	40.98	40.87	41.53	39.76	41.76
P ₂ O ₅	0.09	0.06	0.07	0.11	0.11
V ₂ O ₅	0.03	0.07	0.06	0.00	0.00
H ₂ O*	2.62	2.61	2.56	2.93	2.40
total	98.25	97.77	99.09	97.52	98.64
Cu	1.907	1.906	1.891	1.968	1.866
Si	0.003	0.000	0.004	0.004	0.003
As	0.993	0.996	0.992	0.991	0.993
P	0.003	0.002	0.003	0.004	0.004
V	0.001	0.002	0.002	0.000	0.000
Σ	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
OH	0.811	0.812	0.779	0.931	0.729

Mean - průměr čtyř bodových analýz, koeficienty empirických vzorců počítány na bázi aniontů (As+P+Si+V) = 1 *apfu*, obsah H₂O* dopočítán na základě vyrovnání nábojových bilancí.

Metodika výzkumu

Povrchová morfologie vzorků byla sledována v dopadajícím světle pomocí optického mikroskopu Nikon SMZ 1000 (Národní muzeum Praha); tento mikroskop byl použit také pro separaci jednotlivých fází pro další výzkum. Makrofotografie gilmaritu byly zhotoveny pomocí fotoaparátu Canon 5DSR a mikroobjektivu Zeiss (Hornické muzeum Příbram). Fotografie gilmaritu v zpětně rozptýlených elektronech (BSE) byly pořízeny na elektronovém skenovacím mikroskopu Hitachi S3700-N (Národní muzeum, Praha).

Rentgenová prášková difrakční data gilmaritu byla získána pomocí práškového difraktometru Bruker D8 Advance (Národní muzeum, Praha) s polovodičovým pozičně citlivým detektorem LynxEye za užití CuK α záření (40 kV, 40 mA). Práškové preparáty byly nanášeny v acetonové suspenzi na nosič zhotovený z monokrystalu křemíku a následně pak byla pořízena difrakční data ve step-scanning režimu (krok 0.01°, načítací čas 8 s/krok detektoru, celkový čas experimentu cca 15 hod.).

Pozice jednotlivých difrakčních maxim byly popsány profilovou funkcí Pseudo-Voigt a upřesněny profilovým fitováním v programu HighScore Plus. Mřížkové parametry byly zpřesněny metodou nejmenších čtverců pomocí programu Celref (Laugier, Bochu 2011).

Chemické složení jednotlivých fází bylo kvantitativně studováno pomocí elektronového mikroanalýzátoru Cameca SX100 (Přírodovědecká fakulta, MU Brno, analytik R. Škoda a M. Števků) za podmínek: WD analýza, 15 kV, 10 nA, průměr svazku elektronů 5 μ m, použité standardy: almandin (FeK α), albit (NaK α), sanidin (AlK α , SiK α , KK α), Mg₂SiO₄ (MgK α), spessartin (MnK α), fluorapatit (PK α , CaK α), topaz (FK α), SrSO₄ (SrL α), gahnit (ZnK α), vanadinit (ClK α , PbK α), lammerit (AsL α , CuK α), ScVO₄ (VK α), Ni₂SiO₄ (NiK α), Sb (SbL β), Bi (BiM β), Co (CoK α). Obsahy výše uvedených prvků, které nejsou zahrnuty v tabulkách, byly kvantitativně analyzovány, ale zjištěné obsahy byly pod detekčním limitem (cca 0.01 - 0.05 hm. % pro jednotlivé prvky). Získaná data byla korigována za použití software PAP (Pouchou, Pichoir 1985).

Charakteristika mineralizace

Gilmarit z Bělovsí byl zjištěn na puklině vzorku celistvého jemně zrnitého červenohnědého kupritu původně pocházejícího ze sbírky Zdeňka Doubka z Hradce Králové. Při bližším zkoumání této ukázky kupritu a jejím formátování byly získány pouze dva vzorky s gilmaritem o rozměrech 117 × 84 mm a 85 × 55 mm. **Gilmarit** tvoří vzácné růžicovité rostlice průsvitných skelně lesklých plochých protáhlých kopinatých krystalů zelenomodré barvy dosahujících velikosti do 1 mm (obr. 1 - 2). Krystaly gilmaritu nasedají spolu s hojnými polokulovitými agregáty světle zeleného **malachitu** o velikosti do 0.3 mm na puklinu celistvého červenohnědého až hnědočerného **kupritu**. V kupritu byla dále zjištěna olivově zelená skelně lesklá nepravidelně omezená zrna **olivenitu** do velikosti 2 mm. Vzorky kupritu jsou dále částečně prostoupeny až 1 mm mocnými žilkami modrozeleného až modrého amorfního blíže nezkoumaného minerálu, pravděpodobně **chryzokolu**.

Rentgenová prášková data gilmaritu z Bělovsí (tab. 1) odpovídají údajům publikovaným pro tento minerální druh. Zpřesněné parametry jeho základní cely (tab. 2) jsou v dobré shodě s publikovanými údaji uvedenými v práci Sarpa a Černého (1999).

Při studiu chemického složení gilmaritu (tab. 3) bylo v kationtové pozici zjištěno pouze zastoupení Cu v rozmezí 2.97 - 3.00 *apfu*. V aniontové části byly vedle dominantního zastoupení As v rozmezí 0.98 - 0.99 *apfu* zjištěny nevelké obsahy Si a P do 0.01 *apfu*. Empirický vzorec gilmaritu z Bělovsí (průměr osmi bodových analýz) lze na bázi $(\text{As}+\text{P}+\text{Si}) = 1 \text{ apfu}$ vyjádřit jako $(\text{Cu})_{2.99}[(\text{AsO}_4)_{0.98}(\text{PO}_4)_{0.01}]_{\Sigma 0.99}(\text{OH})_{2.98}$. Studium chemického složení olivenitu vystupujícího v asociaci s gilmaritem (tab. 4) bylo v kationtové pozici zjištěno zastoupení Cu v rozmezí 2.97 - 3.00 *apfu*. V aniontové části byly vedle dominantního zastoupení As v rozmezí 0.99 - 1.00 *apfu* zjištěny velmi malé obsahy Si, P a V do 0.01 *apfu*. Empirický vzorec olivenitu z Bělovsí (průměr čtyř bodových analýz) lze na bázi $(\text{As}+\text{P}+\text{Si}+\text{V}) = 1 \text{ apfu}$ vyjádřit jako $(\text{Cu})_{1.91}(\text{AsO}_4)_{0.99}(\text{OH})_{0.81}$.

Závěr

Nález gilmaritu v opuštěném Jiráskově lomu nedaleko Bělovsí u Náchoda je prvním výskytem tohoto ve světě velmi vzácného arseničnanu mědi v České republice. Jeho vznik je pravděpodobně vázán na výskyt na lokalitě známých arsenidů mědi domeykitu a algodonitu, které často prostupují celistvé agregáty jemně zrnitého kupritu. Tyto arsenidy nebyly na studovaných vzorcích s gilmaritem pozorovány, avšak studovány byly pouze fragmenty původně pravděpodobně větší ukázky kupritu. Tato práce přispívá k rozšíření dosavadních poznatků v oblasti regionální mineralogie České republiky. Dokumentační materiál je uložen v mineralogické sbírce Národního muzea v Praze a v soukromé sbírce Petra a Pavla Černých.

Poděkování

Milou povinností autorů je poděkovat Mgr. Ing. Petru Černému za poskytnutí vzorků gilmaritu. Dále pak Mgr. Radku Škodovi PhD. z Přírodovědecké fakulty Masarykovy univerzity (Brno) za spolupráci při laboratorním studiu a Mgr. Pavlu Škáchovi PhD. za zhotovení některých fotografií. Předložená práce vznikla za finanční podpory Ministerstva kultury ČR v rámci institucionálního financování dlouhodobého koncepčního rozvoje výzkumné organizace Národní muzeum (00023272 - cíl DKRVO 2016/02).

Literatura

- Baudiss J. (1974) Dolování na Náchodsku. *Národohospodářská propagace Československa, řada C 11.*, 32-34.
- Bradna J., Doubek Z. (1963) Měďnaté nerosty z Bělovsí u Náchoda. *MS archiv Z. Doubka*.
- Černý P., Doubek Z., Veselovský F. (2003) Nerosty z Bělovsí u Náchoda - Jiráskova lomu. *Minerál 11*, 6, 406-418. Brno.
- Doubek Z. (1996) Jiráskův lom a Dračí díra v Bělovsí u Náchoda. *Minerál 4*, 6, 381-384. Brno.
- Doubek Z. (1999) Příspěvek k poznání některých hornin a nerostů z Jiráskova lomu v Bělovsí u Náchoda. *Minerál 7*, 2, 123-125.
- Fajst M., Holásek O. (1961) Soupis lomů ČSSR. Náchod 3856. 55, 57-59. NČSAV, Praha.
- Hošek M. (1964) K výskytům Cu-zrudnění v magmatitech Podkrkonoší. *Čas. Mineral. Geol.* 9, 3, 261-266.
- Hraše J. K. (1994) Dějiny Náchoda 1620-1740. 454 s. *Náchod, rukopis z roku 1898 vydán 1994*.
- Janota L., Kraus S. (1938) Nerost ze skupiny domeykitové. *Věda přírodní 14*, 152.
- Kašpar J. (1942) Kuprit z Bělovsí u Náchoda. *Zprávy Geologického ústavu pro Čechy a Moravu 18*, 24-27.
- Kujal J. (1924-1925) Jiráskův lom v Bělovsí. *Od Kladského pomezí*, 2, 63-64. N. Město n. Met.
- Laugier J., Bochu B. (2004) LMGP-Suite of Programs for the interpretation of X-ray experiments. *ENSP/Laboratoire des Matériaux et du Génie Physique, Grenoble, France*.
- Paděra K. (1947) Nerosty z Jiráskova lomu v Bělovsí. *Národohospodářská propagace Československa, řada C, 11*, 34-34.
- Paděra K. (1951) Revise nerostů ze skupiny domeykitu a algodonitu. *Rozpr. Čes. Akad. Věd. Umění, Tř. II*, 61, 4, 1-22. Praha.
- Paděra K. (1953) Arsenopyrit, obsahující kobalt, z Bělovsí u Náchoda. *Věst. Král. Čes. Společ. Nauk, Tř. mat.-přírodověd.* 12, 1-8. Praha.
- Petrascheck W. (1903) Die Mineralquellen der Gegend von Náchod und Cudowa. *Jb. Geol. Reichsanstalt* 459-472.
- Petrascheck W. (1909) Über permische Kupfererze Nordostböhmens. *Verhdl. K. K. geol. Reichsanstalt* 185. Wien.
- Pouchou J. L., Pichoir F. (1985) "PAP" (ppZ) procedure for improved quantitative microanalysis. In: *Microbeam Analysis (J. T. Armstrong, ed.)*. 104-106, San Francisco Press, San Francisco.
- Rosický V. (1905) O rudonosných břidlách českého severovýchodu. *Živa 15*, 157-158.
- Rosický V. (1906) Úvahy o vzniku měďnatých rud českého Podkrkonoší. *Rozpr. Čes. Akad. Vědy Slovesn. Umění, tř. mat.-přir.* 15, 37, 1-60. Praha.
- Sarp H., Černý R. (1999) Gilmarite, $\text{Cu}_3(\text{AsO}_4)(\text{OH})_3$, a new mineral: its description and crystal structure. *Eur. J. Mineral.* 11, 549-555.
- Slánský E. (1961) Mineralogický posudek z lokality Bělovsí u Náchoda. *MS, archiv Geofond Praha*.
- Tuček K. (1943) Erythrin z Bělovsí u Náchoda. *Rozpr. Čes. Akad. Věd Umění, Tř. II*, 53, 11, 1-5.
- Vejupek M. 1990: Geologická mapa ČR, 1 : 50 000, list 04-33 Náchod, ÚÚG, Praha.