

Výskyt tetradymitu a telurobismutitu pri Pukaneci, Štiavnické vrchy (Slovenská republika)

The occurrence of tetradymite and tellurobismuthite near Pukanec, Štiavnické vrchy Mts. (Slovak Republic)

MARTIN ŠTEVKO¹⁾, JIŘÍ SEJKORA²⁾, IVO MACEK^{2,3)}, PETER TUČEK⁴⁾ A PETER ŽITŇAN⁵⁾

¹⁾Univerzita Komenského v Bratislave, Prírodovedecká fakulta, Katedra mineralógie a petrológie, Mlynská dolina, 842 15 Bratislava 4, Slovenská republika, e-mail: stevko@fns.uniba.sk

²⁾Mineralogicko-petrologické oddelení, Národní muzeum, Cirkusová 1740, 193 00 Praha 9 - Horní Počernice, Česká republika

³⁾Ústav geologických věd, Masarykova univerzita, Kotlářská 2, 611 37 Brno, Česká republika

⁴⁾Velký Klíž 80, 958 45 Velký Klíž, Slovenská republika

⁵⁾Slovenská banská spol. s.r.o., Hodruša-Hámre 388, 966 61 Hodruša-Hámre, Slovenská republika

ŠTEVKO M., SEJKORA J., MACEK I., TUČEK P., ŽITŇAN P. (2014) Výskyt tetradymitu a telurobismutitu pri Pukaneci, Štiavnické vrchy (Slovenská republika). *Bull. mineral.-petrolog. Odd. Nár. Muz. (Praha) 22, 1, 115-119. ISSN: 1211-0329.*

Abstract

Bismuth tellurides (tetradymite and tellurobismuthite) were identified in the heavy mineral fraction of alluvial placers from Pukanec brook near Pukanec, Štiavnické vrchy Mountains, Slovak Republic. They form only very slightly rounded aggregates up to 5 mm in size with typical perfect cleavage. Aggregates of bismuth tellurides from Pukanec are mostly represented by tetradymite, which has a uniform chemical composition and only minor contents of Se (up to 0.10 *apfu*) and Sb (0.01 *apfu*) were detected. Its empirical formula is $(\text{Bi}_{2.00}\text{Sb}_{0.01})_{\Sigma 2.01}\text{Te}_{1.99}(\text{S}_{0.92}\text{Se}_{0.08})_{\Sigma 1.00}$ on basis of 5 *apfu*. Tellurobismuthite was observed as microscopic oval or irregular elongated inclusions in tetradymite. Only rarely aggregates of tellurobismuthite up to 3 mm in size with thin tetradymite rim were observed. The chemical composition of tellurobismuthite is nearly close to the end member, it has only minor contents of Se (0.02 *apfu*) and Sb (0.02 *apfu*) and its empirical formula is $(\text{Bi}_{2.01}\text{Sb}_{0.02})_{\Sigma 2.03}(\text{Te}_{2.96}\text{Se}_{0.01})_{\Sigma 2.97}$ on basis of 5 *apfu*. This find of bismuth tellurides indicates the existence of previously unknown primary Bi-Te mineralization near Pukanec, but its connection to the epithermal Au-Ag mineralization is not clear.

Key words: Bi-tellurides, tetradymite, tellurobismuthite, chemical composition, Pukanec, Slovak Republic

Obdrženo: 25. 5. 2014; přijato: 30. 6. 2014

Úvod

V rámci systematického odberu šlichových vzoriek z riečnych sedimentov v oblasti Pukanca (P. Tuček a P. Žitňan) boli v ťažkej frakcii šlichov z Pukanecského potoka lokálne zistené agregáty Bi teluridov, ktoré boli identifikované ako tetradymit a telurobismutit. Prejav Bi-Te mineralizácie neboli v oblasti Pukanca doteraz zistené, preto tento krátky príspevok venujeme mineralogickej charakteristike zistených Bi teluridov.

Predložená práca je súčasťou systematického mineralogického výskumu sulfidov, sulfosolí, selenidov a teluridov z lokalít v Českom masíve a v Západných Karpatoch (Jeleň et al. 2012; Sejkora et al. 2013; Škácha, Sejkora 2013; Škácha et al. 2012; Števko et al. 2013; Topa et al. 2012).

Lokalizácia a geologická situácia výskytu

Vzorky s Bi-Te minerálmi boli získané šlichovaním priamo zo sedimentov Pukanecského potoka, v údolí približne 1 km na SSZ od obce Pukanec. GPS súradnice výskytu sú: 48° 21' 37.45" severnej šírky, 18° 42' 45.94" východnej dĺžky, nadmorská výška 423 m n. m. V tesnej blízkosti miesta odberu šlichových vzoriek sa nachádzajú aj pozostatky po starých banských prácach (štôľňa Budačka).

Na geologickej stavbe okolia výskytu sa podieľajú neovulkanity štiavnického stratovulkánu, konkrétne propylitizované andezity a intrúzie granodioritových až kremito-dioritových porfýrov Tatarskeho komplexu (Konečný et al. 1998). V širšom okolí výskytu sú vyvinuté aj argility až metasomatity a zóny intenzívnej argilitizácie (Štohl et al. 1994; Konečný et al. 1998) a systém nízkosulfidačných epitermálnych žíl s Au-Ag mineralizáciou (Štohl et al. 1994; Bahna, Chovan 2001). Okrem toho bola v prístore Tatarskeho intruzívneho komplexu potvrdená aj Cu porfýrová a žilníková polymetalická mineralizácia (Smolka et al. 1987; Smolka et al. 1988; Štohl et al. 1994).

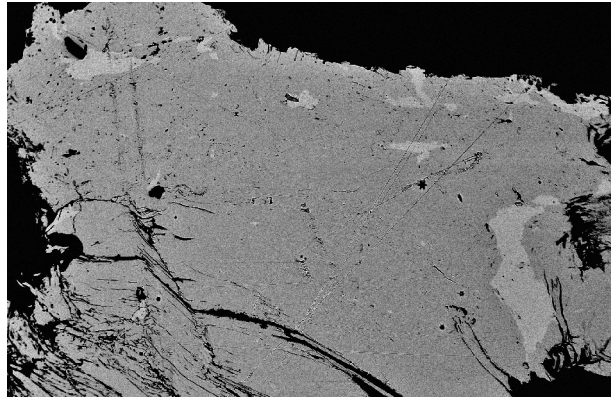
Metodika

Nábrusy študovaných vzoriek boli pre výskum v odrazenom svetle a následné chemické analýzy pripravené štandardným leštením pomocou diamantovej suspenzie. Optické vlastnosti v odrazenom svetle boli študované pomocou mikroskopu Nikon Eclipse ME600.

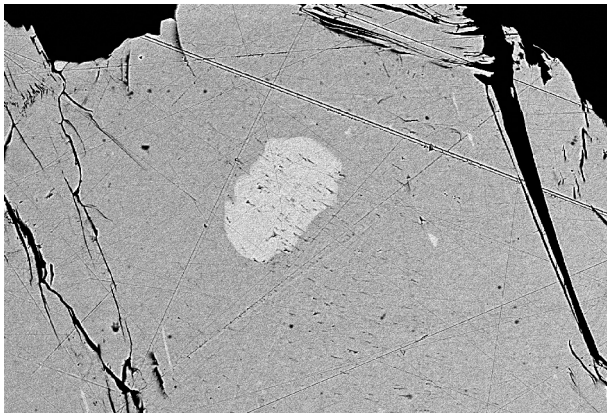
Chemické zloženie Bi teluridov bolo kvantitatívne študované pomocou elektrónového mikroanalýzátora Cameca SX100 (Národní muzeum, Praha, analytik I. Macek a J. Sejkora) za týchto podmienok: WD analýza, 25 kV, 20 nA, priemer elektrónového lúča 1 μm, použité štandardy: Ag (AgLα), Bi (BiLα), Co (CoKα), CuFeS₂ (CuKα),



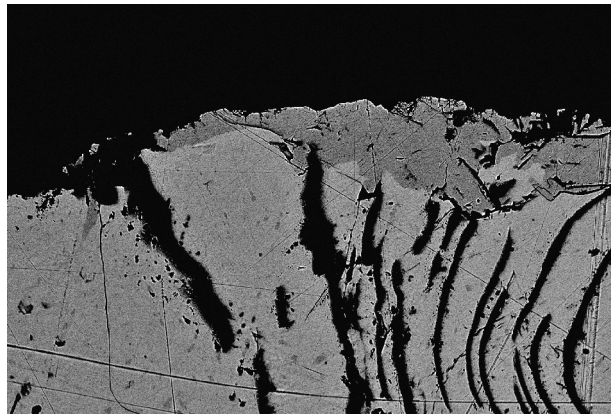
Obr. 1 Agregáty Bi teluridov z Pukanca. Foto M. Števko, najväčší agregát má 5 mm.



Obr. 3 Hojné nepravidelné predĺžené inklúzie telurobizmutitu (svetlejší) zarastajú do agregátu tetradymitu, Pukanec. BSE foto J. Sejkora, šírka obrázku 1500 μm .



Obr. 2 Okrúhla inklúzia telurobizmutitu (svetlejší) zarastá do agregátu tetradymitu, Pukanec. BSE foto J. Sejkora, šírka obrázku 400 μm .



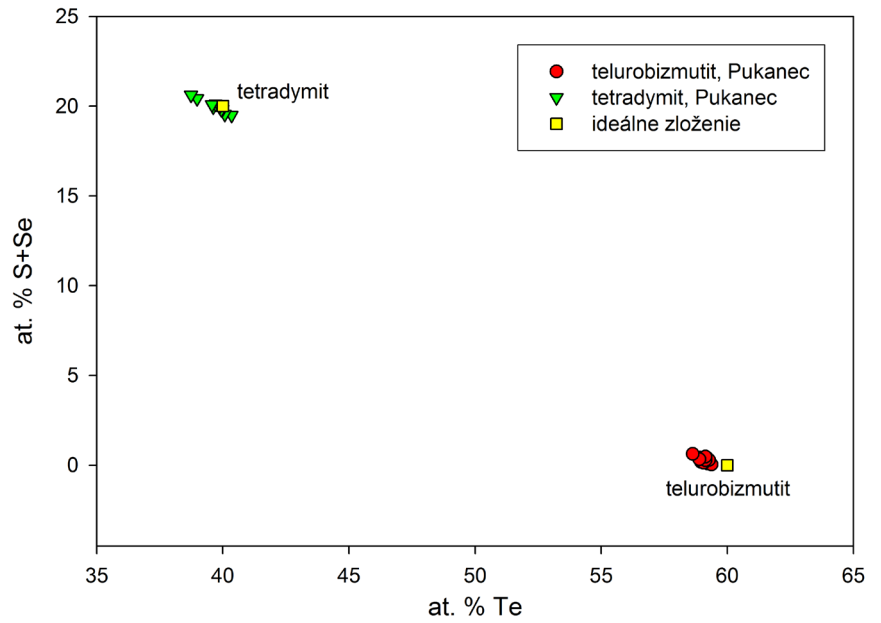
Obr. 4 Tetradymit (tmavší) narastá na agregát telurobizmutitu (svetlejší), Pukanec. BSE foto J. Sejkora, šírka obrázku 600 μm .

Tabuľka 1 Chemické zloženie tetradymitu z Pukanca (hm. %)

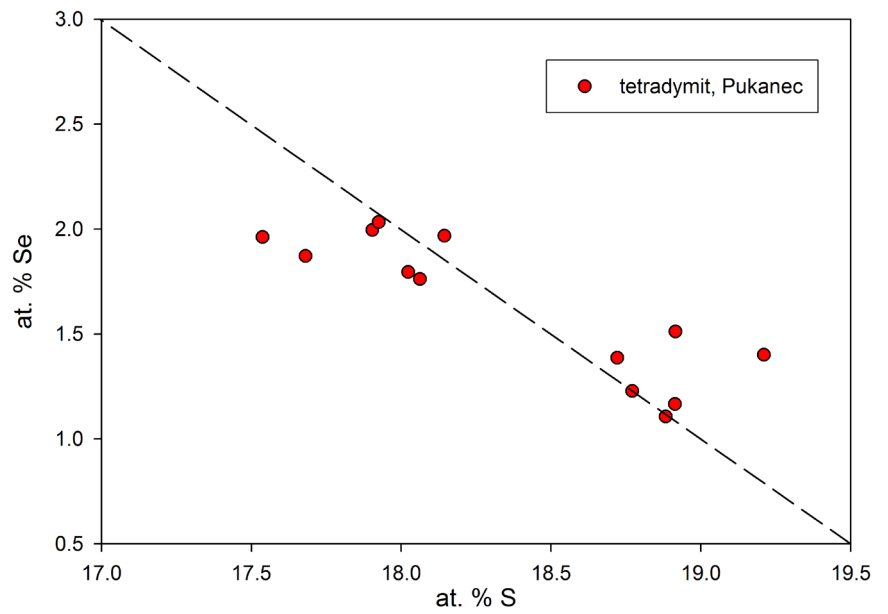
	mean	1	1	1	2	2	2	2	3	3	5	5	5	5
Pb	0.07	0.00	0.00	0.20	0.16	0.08	0.18	0.06	0.06	0.07	0.07	0.00	0.00	0.00
Sb	0.25	0.23	0.22	0.25	0.23	0.27	0.24	0.29	0.25	0.26	0.25	0.31	0.26	0.24
Bi	59.29	59.26	58.78	59.12	58.96	58.81	59.07	59.64	59.88	59.97	59.44	59.71	58.89	59.29
Se	0.91	1.05	1.09	1.11	0.98	1.00	1.12	1.14	0.79	0.85	0.62	0.66	0.69	0.78
Te	35.99	36.15	36.29	36.08	36.07	36.03	36.15	36.03	35.11	35.45	36.35	36.08	35.99	36.03
S	4.18	4.01	3.96	4.14	4.10	4.08	4.08	4.10	4.38	4.32	4.33	4.33	4.26	4.27
total	100.69	100.69	100.35	100.89	100.50	100.27	100.84	101.26	100.46	100.93	101.06	101.09	100.08	100.61
Pb	0.002	0.000	0.000	0.007	0.005	0.003	0.006	0.002	0.002	0.002	0.002	0.000	0.000	0.000
Sb	0.015	0.013	0.013	0.014	0.013	0.015	0.014	0.017	0.014	0.015	0.015	0.018	0.015	0.014
Bi	1.998	2.006	1.995	1.987	1.993	1.992	1.990	2.002	2.016	2.013	1.990	2.000	1.992	1.995
Σ	2.015	2.019	2.008	2.008	2.012	2.010	2.010	2.021	2.033	2.030	2.007	2.017	2.006	2.009
Se	0.081	0.094	0.098	0.098	0.088	0.090	0.100	0.102	0.070	0.076	0.055	0.058	0.061	0.069
Te	1.986	2.004	2.017	1.986	1.997	1.999	1.995	1.981	1.937	1.949	1.993	1.979	1.994	1.986
S	0.918	0.884	0.877	0.907	0.903	0.901	0.895	0.896	0.961	0.946	0.944	0.946	0.939	0.936
Σ	2.985	2.981	2.992	2.992	2.988	2.990	2.990	2.979	2.967	2.970	2.993	2.983	2.994	2.991

Koeficienty empirických vzorcov vypočítané na bázu 5 apfu.

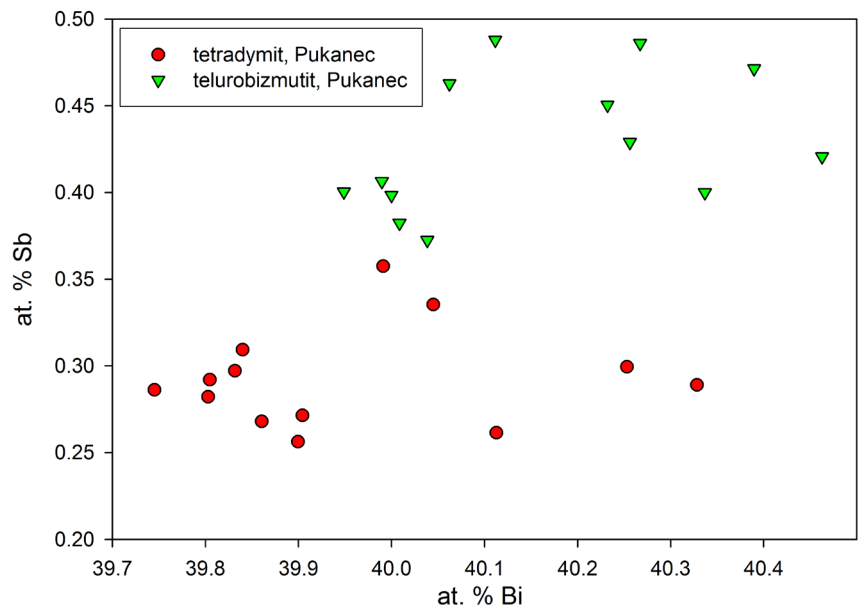
Obr. 5 Graf at. % Te vs. at. % S+Se pre telurobismutit a tetradymit z Pukanca.



Obr. 6 Obsahy Se korelujúce zo zastúpením S v tetradymite z Pukanca; čiarkovane je vyznačený priebeh ideálnej korelácie.



Obr. 7 Graf obsahu Bi vs. Sb (at. %) pre Bi-teluridy z Pukanca.



Tabuľka 2 Chemické zloženie telurobismutitu z Pukanca (hm. %)

	mean	1	1	1	1	2	2	2	2	5	5	5	5	5
Pb	0.04	0.00	0.05	0.07	0.06	0.00	0.05	0.09	0.16	0.00	0.00	0.00	0.06	0.00
Sb	0.33	0.31	0.29	0.28	0.31	0.33	0.31	0.35	0.31	0.36	0.34	0.37	0.37	0.32
Bi	52.74	52.57	52.79	52.39	52.41	52.99	52.52	52.61	52.97	53.22	52.58	52.50	52.90	53.17
Se	0.13	0.21	0.20	0.20	0.24	0.21	0.15	0.14	0.17	0.09	0.05	0.00	0.07	0.03
Te	47.39	47.49	47.68	47.24	47.37	47.33	47.53	47.41	47.14	47.44	47.26	47.47	47.38	47.39
total	100.64	100.57	101.01	100.19	100.38	100.86	100.56	100.60	100.76	101.11	100.23	100.35	100.78	100.90
Pb	0.002	0.000	0.002	0.003	0.002	0.000	0.002	0.003	0.006	0.000	0.000	0.000	0.002	0.000
Sb	0.021	0.020	0.019	0.019	0.020	0.021	0.020	0.023	0.020	0.024	0.023	0.024	0.024	0.021
Bi	2.008	2.000	2.000	2.002	1.997	2.013	1.999	2.003	2.017	2.019	2.012	2.006	2.013	2.023
Σ	2.031	2.020	2.022	2.023	2.020	2.034	2.022	2.030	2.043	2.043	2.034	2.030	2.040	2.044
Se	0.013	0.021	0.020	0.020	0.024	0.021	0.015	0.014	0.017	0.009	0.005	0.000	0.007	0.003
Te	2.955	2.959	2.959	2.956	2.957	2.945	2.963	2.957	2.939	2.948	2.961	2.970	2.953	2.953
Σ	2.969	2.980	2.978	2.977	2.980	2.966	2.978	2.970	2.957	2.957	2.966	2.970	2.960	2.956

Koeficienty empirických vzorcov vypočítané na bázu 5 apfu.

FeS₂ (FeKα, SKα), HgTe (HgMβ), NiAs (NiKα, AsLα), PbS (PbMα), PbSe (SeLβ), PbTe (TeLα) a Sb₂S₃ (SbLα). Obsahy vyššie uvedených prvkov, ktoré nie sú zahrnuté v tabuľkách, boli kvantitatívne analyzované, ale zistené koncentrácie boli pod detekčným limitom elektrónovej mikroanalýzy (cca 0.03 - 0.05 hm. % pre jednotlivé prvky). Získané údaje boli korigované pomocou softvéru PAP (Pouchou, Pichoir 1985).

Charakteristika Bi teluridov a ich chemického zloženia

Tetradymit vytvára slabo opracované zrná až agregáty s charakteristickou výbornou štiepatelnosťou a veľkosťou do 5 mm (obr. 1), ktoré sú homogénne bez zrastov s ďalšími fázami (vz. 3) alebo obsahujú okrúhle inklúzie telurobismutitu do 80 μm (vz. 1, obr. 2) prípadne hojné inklúzie telurobismutitu s nepravidelnými predĺženým tvarom do 400 μm (vz. 2, obr. 3). Vzácnejšie bol tetradymit pozorovaný v podobe lemov s hrúbkou do 50 - 80 μm okolo agregátov telurobismutitu (vz. 5, obr. 4).

Chemické zloženie tetradymitu z Pukanca (tab. 1) zodpovedá základnej stechiometrii tejto minerálnej fázy (obr. 5). V aniónovej pozícii boli zistené zaujímavé obsahy Se (do 0.10 apfu), ktoré korelujú s obsahmi S (obr. 6). V kationovej pozícii vystupujú minoritné obsahy Sb (do 0.01 apfu), ktoré sú zreteľne nižšie ako v prípade koexistujúceho telurobismutitu (obr. 7). Empirický vzorec tetradymitu (priemer 13 bodových analýz) je možné na bázu 5 apfu vyjadriť ako $(\text{Bi}_{2.01}\text{Sb}_{0.01})_{\Sigma 2.01}(\text{Te}_{1.99}\text{Se}_{0.08})_{\Sigma 1.00}$.

Telurobismutit bol zistený v podobe okrúhlych (do 80 μm) alebo nepravidelných predĺžených (do 400 μm) inklúzií, ktoré zarastajú do zŕn a agregátov tetradymitu. Zriedkavejšie bol pozorovaný aj neopracovaný pozhýbaný štiepny agregát telurobismutitu (vz. 5) s veľkosťou 3 mm na okraji s vyvinutým lemom tetradymitu (obr. 4).

Chemické zloženie telurobismutitu z Pukanca (tab. 2) je v dobrej zhode so základnou stechiometriou tohto minerálu (obr. 5), zistené obsahy Se (do 0.02 apfu) sú zreteľne nižšie ako v prípade tetradymitu. Minoritné obsahy Sb (do 0.02 apfu) sú naopak vyššie než v tetradymite

(obr. 7). Empirický vzorec telurobismutitu (priemer 13 bodových analýz) je možné na bázu 5 apfu vyjadriť ako $(\text{Bi}_{2.01}\text{Sb}_{0.02})_{\Sigma 2.03}(\text{Te}_{2.96}\text{Se}_{0.01})_{\Sigma 2.97}$.

Okrem Bi teluridov boli v koncentrácii ťažkých minerálov zo šlichu zistené aj hojné agregáty zlata s vysokým obsahom Ag (priemerne 36.7 hm. % Ag) a zriedkavo aj nepravidelné hrubokryštalické agregáty galenitu bez obsahu Te, Se, Sb a Ag a len minoritným obsahom Bi (do 0.6 hm. %).

Diskusia a záver

V ťažkej frakcii šlichov z údolia Pukanského potoka pri obci Pukanec boli identifikované Bi teluridy (tetradymit, telurobismutit). Ich prítomnosť a nízky stupeň ich opracovania svedčí o existencii primárnej Bi-Te mineralizácie v tejto oblasti avšak forma ich vystupovania (fragmenty v šlichoch) nedovoľuje jednoznačne priradiť ich výskyt k známym typom mineralizácie a nie je jasné či sú viazané na argilitizované zóny a metasomatity alebo predstavujú súčasť epitermalnej žilnej mineralizácie.

Bi teluridy boli v oblasti štiavnického stratovulkánu zistené v mikroskopickej forme na viacerých lokalitách. Tetradymit v asociácii spolu s hessitom boli zistené na žilách v Banskej Belej (Lexa et al. 1989) a spolu s galenitom, sfaleritom a bismutinitom aj vo vrte v oblasti Kopaníc (Konečný et al. 1990). Tetradymit v paragenéze s ikunolitom bol identifikovaný aj vo vrtoch v masíve Bukovca (Onačila et al. 1994). Tetradymit s telurobismutitom, hessitom a petzitom boli tiež zistené v epitermalnej mineralizácii, ktorá vystupuje vo vrte na lokalite Vyhne - Klokoč (Maťo et al. 1996). Výskyt tetradymitu a telurobismutitu v Pukaneci rozširuje doterajšie poznatky o výskyte Bi-Te minerálov v štiavnickom stratovulkáne a zároveň ide o prvý makroskopický výskyt Bi teluridov v tejto oblasti.

PodĎakovanie

Predložená práca vznikla vďaka finančnej podpore Ministerstva kultúry ČR v rámci inštitucionálneho financovania dlhodobého koncepčného rozvoja výskumnej organizácie Národní muzeum (DKRVO 2014/01, 00023272).

Literatúra

- Bahna B., Chovan M. (2001) Low-sulfidation type of epithermal Au-Ag mineralization near Pukanec (Central Slovakia neogene volcanic fields). *GeoLines* 13, 11-17.
- Jeleň S., Pršek J., Kovalenker V. A., Topa D., Sejkora J., Števkó M., Ozdín D. (2012) Bismuth sulfosalts of cuprobismutite, pavonite and aikinite series from the Rozália mine, Hodruša-Hámre, Slovakia. *Can. Mineral.* 50, 325-340.
- Konečný V., Lexa J., Halouzka R., Dublan L., Šimon L., Stolár M., Nagy A., Polák M., Vozár J., Havrila M., Pristaš J. (1998) Geologická mapa Štiavnických vrchov a Pohronského Inovca. *GS SR, Bratislava*.
- Konečný V., Miháliková A., Onačila D., Rojkovičová Ľ., Vozárová A. (1990) Litologicko-petrografické, mineralogické a geochemické zhodnotenie mapovacích vrstov A-14 a A-15. *MS, archív Geofond, Bratislava*.
- Lexa J., Štohl J., Brlay A., Marsina K., Miháliková A., Rojkovičová Ľ., Žáková E., Panáček A., Onačila D. (1989) Vyhodnotenie vrtu B-2 a prognózne zhodnotenie okolia Banskej Belej. *MS, archív Geofond, Bratislava, 70045*.
- Maťo Ľ., Knésl J., Rojkovičová Ľ. (1996) Teluridy v sz. časti hodrušského rudného poľa, neovulkanity stredného Slovenska. *Miner. Slov.* 28, 259-264.
- Onačila D., Hojstričová E., Havrila M., Káčer Š., Marsina K., Rojkovičová Ľ., Žáková E., Repčok I. (1994) Metalogenetický model Bukoveckej hráste (vyhodnotenie vrstov A-22, A-23, A-26, A-27). *MS, archív Geofond, Bratislava, 79614*.
- 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.
- Sejkora J., Števkó M., Macek I. (2013) Príspevek k chemickému složeniu tetraedritu z Cu ložiska Piesky, rudní revír Špania Dolina, stredné Slovensko. *Bull. mineral.-petrolog. Odd. Nár. Muz. (Praha)* 21, 1, 89-103.
- Smolka J., Daubner J., Kámen M., Petr K., Gwerk E. (1987) Perspektívnosť rudného rajónu Pukanec z pohľadu realizovaných prieskumných prác. *Miner. Slov.* 19, 523-540.
- Smolka J., Skaviniak M., Valko P., Kámen M., Petr K., Daubner J., Gwerk E., Novák P., Kováč P., Ružiaková B. (1988) Rudno - Brehy - Pukanec, Záverečná správa, surovina: olovo, zinok, Cu-rudy, vyhľadávací prieskum, stav k 31.8.1988. *MS, archív Geofond, Bratislava, 77518*.
- Škácha P., Sejkora J. (2013) Výskyt cinabaritu s mikroskopickým gortdrumitem na ložisku Vrančice u Příbrami (Česká republika). *Bull. mineral.-petrolog. Odd. Nár. Muz. (Praha)* 21, 1, 57-61.
- Škácha P., Sejkora J., Knížek F., Slepíčka V., Litochleb J., Jebavá I. (2012) Výskyty unikátného monometalického stříbrného zrudnění na žíly H14F3 mezi 7. a 9. patrem šachty č. 21 Háje, příbramský uran-polymetalický revír (Česká republika). *Bull. mineral.-petrolog. Odd. Nár. Muz. (Praha)* 20, 2, 230-254.
- Števkó M., Sejkora J., Litochleb J., Macek I., Bačík P. (2013) Krutovit a sprievodné minerály z lokality Dobšiná-Teliatko (Slovenská republika). *Bull. mineral.-petrolog. Odd. Nár. Muz. (Praha)* 21, 1, 1-14.
- Štohl J., Lexa J., Kaličiak M., Bacsó Z. (1994) Metalogenéza žilníkových polymetalických mineralizácií v neovulkanitoch Západných Karpát. *Miner. Slov.* 26, 75-117.
- Topa D., Sejkora J., Makovický E., Pršek J., Ozdín D., Putz H., Dittrich H., Karup-Moller S. (2012) Chovanite, $Pb_{15-2x}Sb_{14+2x}S_{36}O_x$ ($x=0.2$), a new sulphosalt species from the Low Tatra Mountains, western Carpathians, Slovakia. *Eur. J. Mineral.* 24, 727-740.