

Příspěvek k poznání chemismu rtuťových tetraedritů: lokality Jedová hora (Česko), Rudňany, Rožňava, Nižná Slaná, Slovinky (Slovensko) a Maškara (Bosna a Hercegovina)

A contribution to knowledge of chemistry of mercurian tetrahedrites: localities Jedová hora (Czech Republic), Rudňany, Rožňava, Nižná Slaná, Slovinky (Slovakia) and Maškara (Bosnia and Herzegovina)

DALIBOR VELEBIL

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

VELEBIL D. (2014) Příspěvek k poznání chemismu rtuťových tetraedritů: lokality Jedová hora (Česko), Rudňany, Rožňava, Nižná Slaná, Slovinky (Slovensko) a Maškara (Bosna a Hercegovina). *Bull. mineral.-petrolog. Odd. Nár. Muz. (Praha) 22, 1, 131-143. ISSN 1211-0329.*

Abstract

In this research 18 samples of tetrahedrite containing mercury were collected from six localities in the Czech Republic, Slovakia and Bosnia. The samples were subjected to detail microprobe and x-ray diffraction analyses and subsequent refinement of unit-cell parameters. Tetrahedrites from the Jedová Hora locality (Czech Republic) are rich in mercury (1.46 - 1.73 *apfu*); tetrahedrites from the Rudňany deposit (Slovakia) have a variable content of Hg, Fe and Zn (Hg rich samples with 1.47 - 1.79 *apfu* of Hg; Fe rich sample with 1.06 *apfu* of Fe and Zn rich sample with 1.79 *apfu* of Zn); tetrahedrites for the Rožňava deposit (Slovakia) are mostly Fe rich (1.53 - 1.75 *apfu*); Hg rich sample from Rožňava contains 1.65 *apfu* of Hg. Two samples of tetrahedrites from the Nižná Slaná deposit (Slovakia) are rich in Hg (1.07 and 1.39 *apfu*); analyzed sample from the Slovinky deposit (Slovakia) is rich in Zn (1.13 *apfu*). Samples from the Maškara deposit (Bosnia) contain more Fe than Hg (Fe: 0.93 - 1.33 *apfu*; Hg: 0.19 - 0.76 *apfu*). The mercury content in the samples showed a positive linear correlation to the unit cell parameters (0.19 *apfu* ~ 10.32 Å to 1.79 *apfu* ~ 10.46 Å).

Key words: *cinnabar, mercury, mercurian tetrahedrite, chemical composition, unit-cell parameters*

Obdrženo: 1. 4. 2014; přijato: 17. 6. 2014

Úvod

Během studia českých historických ložisek cinabaritu byl v roce 2008 zjištěn rtuť bohatý makroskopický tetraedrit z lokality Jedová hora (též Dědova hora, dříve Giftberg) s konstantním obsahem okolo 18 hm. % (~1.7 *apfu*) rtuť (Velebil, Losos 2008). Následně byly podle literatury vytipovány další lokality výskytu tetraedritů s obsahem rtuť, shromážděny dostupné vzorky z těchto lokalit a studováno jejich chemické složení s cílem doplnit a zpřesnit starší údaje o složení rtuťových tetraedritů z lokalit v bývalém Československu a z lokality Maškara v Bosně a Hercegovině a ověřit dosavadní poznatky o tetraedritech obsahujících rtuť.

Shromážděno bylo celkem 18 vzorků tetraedritu, z toho dva vzorky z Jedové hory (Česká republika), 13 vzorků ze slovenských lokalit (Rudňany 6 vzorků, Rožňava 3, Rudná 1, Nižná Slaná 2) a tři vzorky z lokality Maškara v Bosně a Hercegovině (tab. 1). Většina (15) studovaných vzorků pochází ze sbírky Národního muzea v Praze, tři vzorky jsou z privátních sbírek. Ve většině případů se jedná o bohaté masivní ukázky tetraedritu (obr. 1 a 2), v některých případech vyvinuté v podobě velkých automorfne omezených krystalů (obr. 3).

Skupina tetraedritu, přehled výzkumů Hg-tetraedritů

Krystalovou strukturu tetraedritu vyřešil Wuensch (1964). Podle tohoto autora lze strukturu interpretovat jako derivát sfaleritové struktury s rozsáhlými změnami, které zahrnují substituce, vynechání některých původních pozic a vložení nových strukturních pozic. Již předtím Bouška (1955, 1957a, 1957b) zjistil, že velikost základní buňky krystalové struktury tetraedritu závisí na obsahu rtuť. Kalbskopf (1971) prokázal, že rtuť vystupuje v tetraedritové struktuře v tetraedrické pozici.

Nejnověji se chemickým složením a krystalovou strukturou Hg-obsahujících tetraedritů zabývali Karanović et al. (2003) a Foit, Hughes (2004). Podle Karanović et al. (2003) je krystalová struktura Hg-tetraedritů tvořena mírně deformovanými tetraedry (Cu, Hg)₄S₄, trojúhelníky CuS₃ a trigonálními pyramidami (Sb, As)₃S₃ s (Sb, As) ve vrcholech. Substituce Hg za Cu a As za Sb má podle Karanović et al. (2003) vliv na vzdálenost polyedrů a velikost základní buňky. Foit a Hughes (2004) konstatovali, že velikost základní buňky tetraedritu je přímo úměrná obsahu rtuť v jeho struktuře a že stupeň deformace strukturních tetraedrů závisí na délce vazeb mezi kovem a sírou v těchto tetraedrech.

Tabulka 1 Přehled zkoumaných vzorků

č. vzorku	inv. č. Nár. muzea	lokalita	stát	popis makrovzorku
D1	P1N 5583	Jedová hora	Česko	4 × 4 × 2.5 cm; až 1 cm nedokonalé krystaly na barytu
D2	P1N 9961	Jedová hora	Česko	8 × 4.5 × 2.5 cm; až 4 mm shluky drobných krystalů na barytu
D5	P1N 10020	Maškara	Bosna	9 × 6 × 3 cm; až 6 cm agregáty s křemenem a sideritem
D6	P1N 10021	Maškara	Bosna	9 × 6 × 4 cm; 4 cm mocná vrstva zakončená 0.5cm krystaly
D7	P1N 10022	Maškara	Bosna	6 × 5 × 4.5 cm; dokonalý krystal 3 × 2.5 × 2 cm na sideritu
D12	P1N 26591	Rudňany	Slovensko	7 × 5 × 3 cm; 3 × 1.5cm agregát v sideritu
D13	P1N 33539	Rudňany	Slovensko	8 × 5 × 4 cm; masivní zrnitý agregát
D14	P1N 33540	Rudňany	Slovensko	5 × 4 × 2.5 cm; až 3cm agregáty se sideritem
D15	P1N 41682	Rudňany	Slovensko	5 × 5 × 5 cm; až 2cm zrnité agregáty v barytu
D16	P1N 42031	Rudňany	Slovensko	11 × 9 × 5 cm; až 3cm agregáty s křemenem a sideritem
D17	P1N 42551	Rudňany	Slovensko	8 × 4.5 × 3 cm; 3 × 2 cm agregát v barytu
D18	P1N 33538	Rožňava	Slovensko	11 × 6 × 7 cm; masivní agregát s křemenem
D19	soukromá sbírka	Rožňava - Nadabula	Slovensko	12 × 7 × 6 cm; masivní zrnité agregáty se sideritem
D20	soukromá sbírka	Rožňava - Mária baňa	Slovensko	7.5 × 3.5 × 3.5 cm; masivní zrnitý agregát se sideritem
D21	P1N 36092	Rudná, z. Rožňavy	Slovensko	9.5 × 6 × 5 cm; 8 × 5 cm navětralý agregát s limonitem
D22	P1N 33541	Nižná Slaná	Slovensko	6 × 6 × 3.5 cm; až 4cm agregáty v kalcitu
D23	P1N 25360	Slovinky	Slovensko	8 × 5.5 × 4 cm; až 1cm zrna v křemeni se sideritem
D24	soukromá sbírka	Nižná Slaná	Slovensko	6 × 5 × 3 cm; masivní zrnitý agregát se sideritem



Obr. 1 Tetradrit z Rudňan na Slovensku s obsahem okolo 5 hm. % rtuťi (D13, Národní muzeum P1N 33539); 8 × 5 × 4 cm velký masivní agregát. Foto D. Velebil.



Obr. 2 Tetradrit z Rožňavy na Slovensku obsahující více než 17 hm. % rtuťi (D18, Národní muzeum P1N 33538); masivní agregát velikosti 11 × 6 × 7 cm s křemenem. Foto D. Velebil.



Obr. 3 Tetraedrit z Maškary v Bosně s obsahem okolo 9 hm. % rtuti (D5, Národní muzeum P1N 10022); dokonalý $3 \times 2.5 \times 2$ cm velký krystal povlečený chalkopyritem na sideritu, velikost vzorku $6 \times 5 \times 4.5$ cm. Foto D. Velebil.



Obr. 4 Tetraedrit s obsahem okolo 15 hm. % rtuti z Jevdové hory, ČR (D1, Národní muzeum P1N 5583); až 1 cm velké nedokonalé krystaly na barytu, velikost vzorku $4 \times 4 \times 2.5$ cm. Foto D. Velebil.

Karup-Møller a Makovicky (2003, 2004) studovali zastupování prvků ve struktuře syntetických Hg-tetraedritů a vztah mezi obsahem rtuti (a dalších kovů) a geometrickými parametry krystalové struktury minerálů tetraedritové skupiny.

Krystalochemii skupiny tetraedritu shrnuli Makovicky (2006) a Moëlo et al. (2008). Ve struktuře tetraedritu jsou rozlišovány čtyři strukturální pozice, v nichž se vyskytují různé prvky. Obecný vzorec minerálů skupiny tetraedritu je uváděn v následující podobě (Arlt, Diamond 1998; Moëlo et al. 2008): $A_6[B_4C_2]_{26}D_4X_{13}$.

V první pozici (A; trigonální koordinace) se zastupuje Cu s Ag, ve druhé (tetraedrické) jednak Cu s Ag (B) a jednak Fe, Zn, Hg, Cd, Mn (C) (v přírodních fázích obvykle $4B+2C$), ve třetí (D; trigonálně pyramidální) Sb, As, Bi, Te a ve čtvrté (X) S a Se. V posledním případě (X) jde vlastně o dvě samostatné pozice - tetraedrickou (12 *apfu*) a oktaedrickou (1 *apfu*) (Foit, Ulbricht 2001; Moëlo et al. 2008). Podle Mozgovy (1985) vstupuje do struktury tetraedritů ještě Sn, Co, Pb, Au. Jsou známé také syntetické tetraedrity s obsahem Ge (Klunder-Hansen et al. 2003) a Ni (Makovicky, Karup-Møller 1994). Moëlo et al. (2008) uvádějí ideální strukturální vzorec minerálu tetraedritu v této podobě: $Cu_6[Cu_4(Fe, Zn)_2]Sb_4S_{13}$.

Tetraedrity s obsahem rtuti jsou mineralogům známé již od první poloviny 19. století. Hg-tetraedrit z tyrolského Schwazu označil v roce 1849 mineralog H. Weidenbusch jako „schwazit“ (Arlt, Diamond 1998; Karup-Møller, Makovicky 2003); Hg-tetraedrit ze slovenského ložiska Rudňany (dříve Kotrbach) označil v roce 1853 mineralog F. von Kobell jako „spaniolit“ (Moravec 2007). Tetraedrity ze Schwazu obsahují průměrně 1.8 (max. 9.4 ~ 0.82 *apfu*) hm. % Hg (Arlt, Diamond 1998; 1167 analýz), tetraedrity z Rudňan až 16.4 hm. % Hg (Nováček 1942), resp. 17.5 hm. % (Hak 1961). Hg-bohaté tetraedrity se vyskytují i na dalších lokalitách. Tak například tetraedrity z Rožňavy obsahují podle Nováčka (1942) až 17.2 hm. % Hg (Novák 1959 uvádí pro tetraedrity ze stejné lokality obsahy Hg pouze 0.2 - 2.2 hm. % ~ 0.02 - 0.19 *apfu*), tetraedrity z Maškary v Bosně obsahují 9 - 15 hm. % (Nováček 1942; J. Frána 2008 - nepublikováno).

Nejvyšší obsahy rtuti v minerálech skupiny tetraedritu byly zjištěny na ruských lokalitách Kulpolněj na Čukotce

(až 21.49 hm. % ~ 1.83 *apfu*; tennantit $As \gg Sb$) a Terlig-Chaja v Tuvě (20.99 hm. % ~ 1.96 *apfu*; $Sb > As$) (Mozgova et al. 1977). Foit a Ulbricht (2001) zjistili v mikroskopických zrnech minerálů tetraedrit-tennantitové série z důlního revíru Steens-Pueblo v Oregonu (USA) proměnlivé obsahy Hg; nejvyšší činil 21.3 hm. % Hg (~ 2 *apfu*). Ferenc et al. (2014) zjistili velmi vysoké obsahy Hg v tetraedritech z lokality Uderiná - Viničky na Slovensku (Hg 1.98 - 2.03 *apfu*). Litochleb et al. (2000) zjistili na vzorku z lokality Mníšek pod Brdy - Skalka zonální zrna Zn-tetraedritu; okraje zrn obsahovaly až 7.31 hm. % Hg (~0.63 *apfu*). Karanović et al. (2003) popsali tetraedrit z lokality Dragodol v Srbsku, který obsahuje až 17.63 hm. % Hg (~ 1.64 *apfu*). Foit a Hughes (2004) popsali čtyři vzorky Hg-tetraedritů ze Spring Creek Claims v Oregonu, USA s obsahem od 0.32 hm. % Hg (~0.32 *apfu*) do 13.18 hm. % Hg (~1.15 *apfu*). Grammatikopoulos et al. (2005) popsali tři chemicky zonální vzorky tetraedritu z ložiska Eskay Creek v Kanadě s proměnlivým obsahem Hg od 1.31 hm. % (~0.11 *apfu*) do 15.63 hm. % (~1.47 *apfu*). Chemické složení velkého množství vzorků přírodních i syntetických tetraedritů, včetně Hg-tetraedritu studovali Johnson et al. (1986).

Metodika výzkumu

Chemické složení tetraedritů (celkem 93 bodových analýz) bylo stanoveno pomocí elektronového mikroanalýzátoru Cameca SX 100 v Brně (Laborator elektronové mikroskopie a mikroanalýzy, společné pracoviště ÚGV PŘF MU a ČGS, analytik Radek Škoda). Analýzy byly provedeny za těchto podmínek: vlnově disperzní mód (WDS), urychlovací napětí 25 kV, proud 20 nA, průměr svazku cca 0.8 μm (maximální zaostření). Bylo použito těchto standardů: Ag (Ag L α), chalkopyrit (S K α), Sb (Sb L β), galenit (Pb M α), Bi (Bi M β), CdTe (Cd L β), HgTe (Hg M α), pyrit (Fe K α), Co (Co K α), parammelsbergit (Ni K α , As L β), Cu (Cu K α), PbSe (Se L β), ZnS (Zn K α) a PbCl₂ (Cl K α). Načítací časy na peaku (CT) byly 20 s, CT pro obě pozadí byla 10 s. Naměřené intenzity byly přepočteny na koncentrace za použití automatického PAP programu (Pouchou, Pichoir 1985). Jako první v pořadí byly detekovány obsahy S, Ag, Cu a As.

Tabulka 2 Parametry základní buňky tetraedritů pro kubickou prostorovou grupu I-43m

vzorek	a [Å]	V [Å ³]
Kaplunnik et al. (1980)	10.453(3)	1142,15
D1 Jedová hora	10.430(4)	1134.7(4)
D2 Jedová hora	10.448(4)	1140.5(4)
D5 Maškara	10.372(7)	1115.9(7)
D6 Maškara	10.367(6)	1114.2(6)
D7 Maškara	10.316(5)	1098.0(6)
D12 Rudňany	10.363(7)	1113.2(8)
D13 Rudňany	10.35(1)	1109(1)
D14 Rudňany	10.460(8)	1144.6(9)
D15 Rudňany	10.422(4)	1132.1(4)
D16 Rudňany	10.447(2)	1140.2(3)
D17 Rudňany	10.358(6)	1111.3(7)
D18 Rožňava	10.452(8)	1141.9(9)
D19 Rožňava-Nadabula	10.384(7)	1119.7(8)
D20 Mária Baňa	10.392(9)	1122(1)
D21 Rudná u Rožňavy	10.380(5)	1118.3(6)
D22 Nižná Slaná	10.432(6)	1135.3(6)
D23 Slovinky	10.372(5)	1116.0(6)
D24 Nižná Slaná	10.453(6)	1127.7(6)

Vzorky tetraedritů byly analyzovány na rentgenovém práškovém difraktometru Bruker D8 Advance (Národní muzeum) za následujících podmínek: záření CuK α , 40 kV/40 mA, pozičně citlivý detektor LynxEye, krok 0.01°2 θ , načítací čas 6 s/krok. 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). Vypřesněné parametry základní cely analyzovaných vzorků jsou v tabulce 2.

Charakteristika vzorků a výsledky studia jejich chemického složení

Jedová hora, Česko

Železnorudné ložisko Jedová hora představují dvě mírně ukloněné polohy sideritu a hematitu uložené v ordovických tufech. Spodní horizont je mocný jeden až dva metry, svrchní okolo půl metru; odděleny jsou dvěma až třemi metry tufu. Ložisko železných rud je protnuto systémem vertikálních severojižních poruch mineralizovaných zejména křemenem, sideritem a ankeritem. Lokálně je v křemen-karbonátových žilách přítomen cinabarit, pyrit, baryt, hematit a nepříliš hojné sulfidy mědi. Délka hydrotermálních žil dosahuje několika metrů, jejich mocnost se pohybuje od dvou do deseti centimetrů. Cinabarit byl v 16. až 19. století těžen jako vedlejší produkt těžby železné rudy (Velebil 2003).

Tabulka 3 Chemické analýzy tetraedritu z Jedové hory a přísl. hodnoty apfu (vzorek D1, NM P1N 5583)

	Ag	Cu	Hg	Zn	Fe	Sb	As	Bi	Co	Ni	S	Se	Total
1	0.03	34.15	15.74	1.93	0.05	23.46	1.81	0.05	0.03	0.00	22.63	0.00	99.89
2	0.07	34.35	14.56	2.26	0.06	23.62	1.96	0.00	0.02	0.00	22.61	0.00	99.51
3	0.11	34.35	15.31	2.17	0.05	21.39	2.99	0.00	0.01	0.00	22.69	0.00	99.07
4	0.00	34.27	15.57	1.87	0.07	23.99	1.62	0.00	0.03	0.00	22.50	0.00	99.91
5	0.10	33.58	15.79	1.64	0.11	25.53	0.26	0.08	0.04	0.00	22.42	0.05	99.61
průměr	0.06	34.14	15.39	1.99	0.07	23.60	1.73	0.03	0.03	0.00	22.57	0.01	99.60
apfu	0.01	9.95	1.42	0.56	0.02	3.59	0.43	0.00	0.01	0.00	13.04	0.00	

Tabulka 4 Chemické analýzy tetraedritu z Jedové hory a přísl. hodnoty apfu (vzorek D2, NM P1N 9961)

	Ag	Cu	Pb	Cd	Hg	Zn	Fe	Sb	As	Bi	Co	Ni	S	Se	Total
1	0.04	33.04	0.00	0.02	19.59	0.30	0.05	24.58	0.44	0.01	0.01	0.00	21.64	0.00	99.72
2	0.00	34.28	0.00	0.00	18.48	0.82	0.27	18.67	4.67	0.04	0.03	0.00	22.28	0.00	99.55
3	0.03	33.95	0.00	0.01	16.78	1.43	0.10	24.15	1.15	0.03	0.02	0.01	22.25	0.06	99.95
4	0.07	34.28	0.02	0.00	18.43	0.83	0.16	19.87	3.67	0.00	0.02	0.00	22.45	0.00	99.79
5	0.01	34.31	0.00	0.00	18.83	0.73	0.15	18.70	4.49	0.00	0.02	0.00	22.62	0.05	99.91
průměr	0.03	33.97	0.00	0.01	18.42	0.82	0.14	21.19	2.89	0.02	0.02	0.00	22.25	0.02	99.79
apfu	0.01	10.01	0.00	0.00	1.72	0.23	0.05	3.26	0.72	0.00	0.01	0.00	12.99	0.01	

Tabulka 5 Chemické analýzy tetraedritu z Maškary a přísl. hodnoty apfu (vzorek D5, NM P1N 10020)

	Ag	Cu	Cd	Hg	Zn	Fe	Sb	As	Bi	Co	S	Se	Total
1	0.20	37.66	0.00	8.59	0.18	3.09	22.25	3.40	0.30	0.00	24.37	0.00	100.07
2	0.23	37.59	0.00	8.48	0.17	3.09	22.00	3.76	0.43	0.00	24.37	0.00	100.12
3	0.21	37.57	0.00	9.29	0.16	2.88	21.45	3.98	0.35	0.01	24.34	0.01	100.25
4	0.17	37.47	0.00	8.98	0.28	2.90	22.37	3.40	0.36	0.00	24.30	0.01	100.25
5	0.17	37.59	0.02	9.01	0.18	3.04	22.24	3.57	0.36	0.02	24.17	0.02	100.38
průměr	0.20	37.58	0.00	8.87	0.19	3.00	22.06	3.62	0.36	0.00	24.31	0.01	100.21
apfu	0.03	10.23	0.00	0.76	0.05	0.93	3.13	0.84	0.03	0.00	13.11	0.00	

Velebil a Losos (2008) studovali dva vzorky tetraedritu z lokality Jedová hora (Národní muzeum P1N 9960 - zrno 1.5 × 1 mm, šest analýz; P1N 9961 - tři malá zrna při okraji chalkopyritu, tři analýzy). Studované tetraedrity byly podle BSE obrazu i podle chemických analýz homogenní, průměrně obsahovaly 18.26 (17.52 - 18.73) hm. % rtuti. Z průměru devíti analýz byl vypočten empirický vzorec (přepočten na sumu kationtů Cu+Hg+Fe+Zn+Sb+As=16): $Cu_{6.00}[Cu_{4.07}(Hg_{1.73}Zn_{0.08}Fe_{0.07})_{\Sigma 1.88}S_{5.95}]_{3.98}(Sb_{3.98}As_{0.07})_{\Sigma 4.05}S_{13.08}$

Následně byly studovány další dva vzorky tetraedritu z lokality Jedová hora. Vzorek pracovní označený D1 (Národní muzeum P1N 5583; obr. 4) - zrno velikosti 1.8 × 1.4 mm - byl podle BSE obrazu i podle chemických analýz homogenní. Provedeno bylo pět bodových analýz (tab. 3), průměrný obsah rtuti ve vzorku byl 15.39 (14.56 - 15.79) hm. %. Z průměru pěti analýz byl vypočten empirický vzorec (přepočten na sumu kationtů Cu+Hg+Fe+Zn+Sb+As+Co+Bi+Ag=16): $Cu_{6.00}[Cu_{3.95}(Hg_{1.42}Zn_{0.56}Fe_{0.02})_{\Sigma 2.00}S_{5.95}]_{3.59}(Sb_{3.59}As_{0.43})_{\Sigma 4.02}S_{13.04}$

Vzorek D2 (Národní muzeum P1N 9961) - 0.5 mm velké izometrické zrno proniknuté mladším chalkopyritem a nejmladším barytem - byl podle BSE obrazu homogenní (obr. 5). Provedeno bylo pět bodových analýz (tab. 4), které vykazaly mírně kolísavý obsah Sb/As (Sb od 18.67 do 24.58, průměrně 21.19 hm. %; As od 0.44 do 4.67, průměrně 2.89 hm. %). Průměrný obsah rtuti byl 18.42 (16.78 - 19.59) hm. %. Z průměru pěti analýz byl vypočten empirický vzorec (přepočten na sumu kationtů Cu+Hg+Fe+Zn+Sb+As+Co+Bi+Ag=16): $Cu_{6.00}[Cu_{4.01}(Hg_{1.72}Zn_{0.23}Fe_{0.05})_{\Sigma 2.00}S_{6.00}]_{3.26}(Sb_{3.26}As_{0.72})_{\Sigma 3.98}S_{12.99}$

Slovensko (Rudňany, Rožňava, Rudná, Nižná Slaná, Slovinky)

Množství větších či menších žilných, v minulosti těžených ložisek s výskytem Hg-tetraedritů se nachází ve Slovenském rudohoří. Na těchto ložiscích obvykle převládá v žilovině siderit, křemen a baryt, nejrozšířenějším sulfidem je chalkopyrit, méně běžný je tetraedrit, místy se vyskytuje cinabarit. Nejznámějšími a největšími ložisky této oblasti jsou Rožňava a Rudňany. Hlavním těženým kovem byla měď, na některých ložiscích rtuť, na dalších

byla rtuť vedlejším produktem těžby mědi. Podle spektrálních analýz prováděných v 50. až 70. letech 20. století obsahují tetraedrity z ložisek ve Slovenském rudohoří velmi proměnlivé množství rtuti.

Tetraedrity z ložiska Košické Hámre obsahují řádově 0.X - X hm. % Hg, na ložisku Gelnica (úseky Zenderling, Segen Gottes, Robert, Corona, Concordia) obsahují tetraedrity až 10 hm. % Hg, ložisko Žakarovce: okolo 0.5 hm. % Hg v tetraedritech, ložisko Helcmanovce: okolo 14 hm. % Hg v tetraedritech, Slovinky: okolo 0.5 hm. % Hg v tetraedritech, Švedlár: 0.5 - 1 hm. % Hg v tetraedritech. Na ložisku Rudňany se vyskytovaly bohaté masivní akumulace tetraedritů s velmi vysokým obsahem rtuti až 18 hm. %. Ložisko Nálepko: okolo 5 % Hg v tetraedritech, výskyt Závadka: okolo 10 % Hg v tetraedritu, výskyt Bindt: okolo 10 % Hg v tetraedritu, ložisko Gretl: tetraedrity s obsahem do 1 % Hg, ložisko Mlynky: tetraedrity s obsahem 0.5 až 1 % Hg, ložisko Dobšiná: tetraedrity s obsahem 0.5 až 1 % Hg, ložisko Nižná Slaná: do 10 % Hg v tetraedritu, výskyt Vlachovo: okolo 1 % Hg v tetraedritech, ložisko Rákoš: do 0.9 % Hg v tetraedritech, ložisko Rožňava: 5 až 10 % Hg v tetraedritech, ložisko Poproč (žíla Rufus): 10 % Hg v tetraedritu (Orel 1965).

Ložisko Rudňany

Vzorek D12 (Národní muzeum P1N 26591) - 1.2 mm velké zrno - je podle BSE obrazu zonální. V nábrusu lze pozorovat dvě nepravidelně „promíchané, skvrnitě“ domény. Pět bodových analýz (tab. 8) vykazovalo mírně kolísavé obsahy Sb/As (Sb od 22.81 do 28.17, průměrně 26.39 hm. %; As od 0.78 do 4.36, průměrně 2.01 hm. %), průměrný obsah rtuti byl 0.10 (0.07 - 0.14) hm. %. Vysoký je obsah zinku, průměrně 7.15 (6.91 - 7.48) hm. %. Z průměru pěti analýz byl vypočten empirický vzorec (přepočten na sumu kationtů Cu+Hg+Fe+Zn+Sb+As+Ag=16): $Cu_{6.00}[(Cu_{3.92}Ag_{0.03})_{\Sigma 3.95}(Zn_{1.79}Fe_{0.25}Hg_{0.01})_{\Sigma 2.05}S_{6.00}](Sb_{3.56}As_{0.44})_{\Sigma 4.00}S_{12.93}$. Vzorek D12 (P1N 26591) z Rudňan se tak vyznačuje vysokým obsahem zinku a zároveň nízkým obsahem rtuti.

Vzorek D13 (Národní muzeum P1N 33539) byl analyzován již Nováčkem (1942), který v něm zjistil 6.2 hm. %

Tabulka 6 Chemické analýzy tetraedritu z Maškary a přísl. hodnoty apfu (vzorek D6, NM P1N 10021)

	Ag	Cu	Cd	Hg	Zn	Fe	Sb	As	Bi	Co	S	Se	Total
1	0.22	38.06	0.01	8.17	0.21	3.13	20.89	4.51	0.38	0.00	24.76	0.01	100.35
2	0.24	38.11	0.00	7.90	0.21	3.19	21.22	4.34	0.33	0.00	24.63	0.00	100.18
3	0.31	36.96	0.00	11.05	0.20	2.53	20.41	4.43	0.36	0.01	23.93	0.01	100.21
4	0.15	39.02	0.00	6.03	0.21	3.56	21.46	4.55	0.37	0.01	25.08	0.00	100.45
5	0.22	38.06	0.00	8.17	0.22	3.19	20.82	4.49	0.39	0.00	24.68	0.00	100.23
průměr	0.23	38.04	0.02	8.26	0.21	3.12	20.96	4.47	0.37	0.00	24.62	0.00	100.28
apfu	0.04	10.25	0.00	0.71	0.06	0.96	2.95	1.02	0.03	0.00	13.14	0.00	

Tabulka 7 Chemické analýzy tetraedritu z Maškary a přísl. hodnoty apfu (vzorek D7, NM P1N 10022)

	Ag	Cu	Hg	Zn	Fe	Sb	As	Bi	Co	Ni	S	Se	Total
1	0.18	40.78	2.32	0.20	4.66	20.16	6.14	0.17	0.00	0.01	25.67	0.01	100.31
2	0.23	40.69	2.24	0.21	4.59	20.72	6.02	0.19	0.01	0.00	25.74	0.00	100.64
3	0.28	40.86	2.34	0.17	4.65	20.02	6.43	0.11	0.01	0.00	25.80	0.04	100.71
4	0.19	40.69	2.41	0.15	4.55	20.51	6.05	0.15	0.00	0.01	25.68	0.00	100.41
5	0.24	40.63	2.27	0.16	4.52	20.82	5.97	0.09	0.02	0.00	25.79	0.01	100.51
průměr	0.22	40.73	2.32	0.18	4.59	20.45	6.12	0.14	0.01	0.00	25.74	0.01	100.52
apfu	0.03	10.36	0.19	0.04	1.33	2.71	1.32	0.01	0.00	0.00	12.97	0.00	

rtuti a 0.047 hm. % stříbra. V rámci této práce bylo nově provedeno pět bodových analýz stejného vzorku (tab. 9), které vykazaly průměrný obsah rtuti 5.63 (4.83 - 5.98) hm. % a jen mírné variace v obsahu Sb/As. Podle BSE obrazu je vzorek homogenní. Z průměru pěti analýz byl vypočten empirický vzorec (přepočten na sumu kationtů Cu+Hg+Bi+

Fe+Zn+Co+Sb+As+Ag=16): $Cu_{6.00}[(Cu_{4.12}Ag_{0.02})_{\Sigma 4.14}(Fe_{1.06}Hg_{0.47}Zn_{0.29})_{\Sigma 1.82}]_{\Sigma 5.96}(Sb_{2.67}As_{1.28}Bi_{0.09})_{\Sigma 4.04}S_{12.95}$

Také vzorek D14 (Národní muzeum P1N 33540) byla analyzován Nováčkem (1942), který v něm zjistil 16.4 hm. % rtuti a 0.09 hm. % stříbra. Aktuálně bylo provedeno pět bodových analýz (tab. 10), které vykazaly průměrný obsah

Tabulka 8 Chemické analýzy tetraedritu z Rudňan a přisl. hodnoty apfu (vzorek D12, NM P1N 26591)

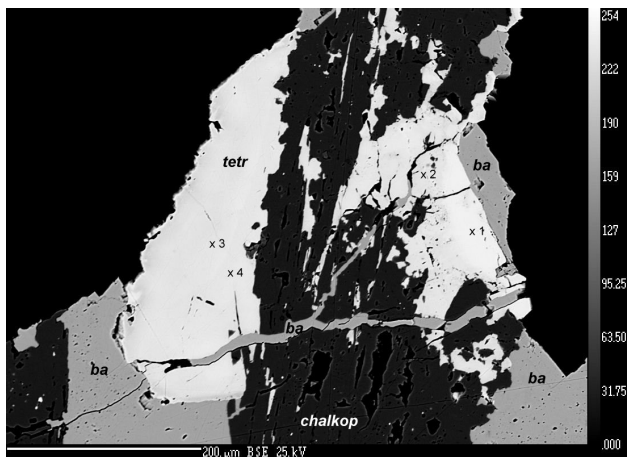
	Ag	Cu	Pb	Cd	Hg	Zn	Fe	Sb	As	Ni	S	Total
1	0.22	38.12	0.00	0.00	0.09	7.48	0.55	28.09	0.78	0.00	25.10	100.44
2	0.27	38.56	0.03	0.04	0.07	7.30	0.76	25.25	2.86	0.00	25.31	100.44
3	0.25	38.14	0.00	0.00	0.10	6.91	0.99	28.17	0.90	0.01	25.16	100.63
4	0.11	39.19	0.00	0.02	0.10	6.91	1.16	22.81	4.36	0.01	25.71	100.38
5	0.14	38.12	0.00	0.00	0.14	7.15	0.78	27.62	1.18	0.00	25.11	100.25
průměr	0.20	38.43	0.01	0.01	0.10	7.15	0.85	26.39	2.01	0.00	25.28	100.43
apfu	0.03	9.92	0.00	0.00	0.01	1.79	0.25	3.56	0.44	0.00	12.93	

Tabulka 9 Chemické analýzy tetraedritu z Rudňan a přisl. hodnoty apfu (vzorek D13, NM P1N 33539)

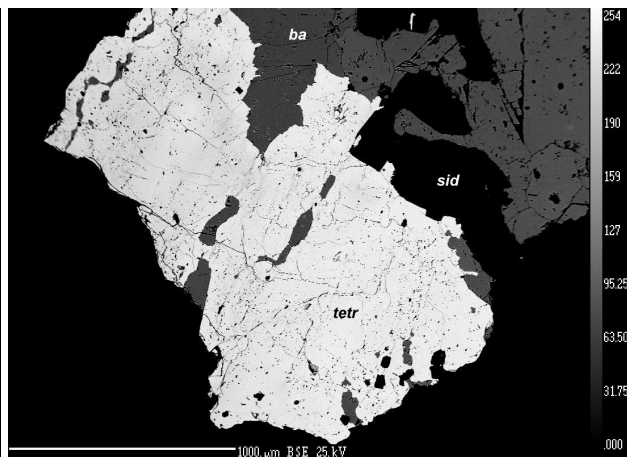
	Ag	Cu	Hg	Zn	Fe	Sb	As	Bi	Co	Ni	S	Total
1	0.12	38.35	5.96	1.18	3.42	20.56	5.04	1.16	0.01	0.00	24.81	100.62
2	0.10	38.85	5.53	1.12	3.71	18.37	6.65	0.94	0.00	0.01	25.04	100.32
3	0.08	38.54	5.98	1.18	3.36	20.68	5.02	1.06	0.02	0.00	24.86	100.78
4	0.11	38.28	5.85	1.18	3.44	20.68	4.87	1.22	0.01	0.00	24.71	100.35
5	0.11	39.16	4.83	1.09	3.91	17.32	7.34	0.96	0.01	0.00	25.31	100.05
průměr	0.11	38.64	5.63	1.15	3.57	19.52	5.78	1.07	0.01	0.00	24.94	100.42
apfu	0.02	10.12	0.47	0.29	1.06	2.67	1.28	0.09	0.00	0.00	12.95	

Tabulka 10 Chemické analýzy tetraedritu z Rudňan a přisl. hodnoty apfu (vzorek D14, NM P1N 33540)

	Ag	Cu	Cd	Hg	Zn	Fe	Sb	As	Bi	Co	Ni	S	Se	Total
1	0.15	33.43	0.01	18.88	0.29	0.27	22.10	1.99	1.61	0.00	0.01	21.81	0.01	100.55
2	0.11	33.41	0.00	18.81	0.29	0.28	22.11	2.00	1.57	0.00	0.00	21.91	0.00	100.49
3	0.17	33.48	0.00	19.17	0.26	0.25	21.80	2.21	1.70	0.01	0.00	21.85	0.00	100.89
4	0.17	33.33	0.00	19.03	0.25	0.23	22.15	1.98	1.53	0.00	0.00	21.94	0.00	100.60
5	0.17	33.35	0.00	19.11	0.25	0.28	22.11	2.03	1.64	0.01	0.00	22.03	0.00	100.95
průměr	0.15	33.40	0.00	19.00	0.26	0.26	22.05	2.04	1.61	0.00	0.00	21.91	0.00	100.69
apfu	0.03	9.93	0.00	1.79	0.08	0.09	3.42	0.51	0.15	0.00	0.00	12.91	0.00	



Obr. 5 BSE obraz tetraedritu z Jedové hory, ČR (vzorek D2); izometrické zrna (tetr) proniknuté mladším chalkopyritem (chalkop) a nejmladším barytem (ba); místa bodových analýz vyznačena křížky. Foto R. Škoda.



Obr. 6 BSE obraz tetraedritu z Rudňan, Slovensko (vzorek D15); 2 mm zrna s barytem (ba) v sideritu (sid). Foto R. Škoda.

rtuti vyšší než uvádí Nováček (1942), a to 19.00 (18.81 - 19.17) hm. %. Podle BSE obrazu i podle chemických analýz je vzorek homogenní. Z průměru pěti analýz byl vypočten empirický vzorec (přepočet na sumu kationtů Cu+Hg+Bi+Fe+Zn+Sb+As+Ag=16): $\text{Cu}_{6.00}[(\text{Cu}_{3.93}\text{Ag}_{0.03})_{\Sigma 3.96}(\text{Hg}_{1.79}\text{Fe}_{0.09}\text{Zn}_{0.08})_{\Sigma 1.96}]_{\Sigma 5.92}(\text{Sb}_{3.42}\text{As}_{0.51}\text{Bi}_{0.15})_{\Sigma 4.08}\text{S}_{12.91}$. Vzorek D14 (P1N 33540) je charakteristický velmi vysokým obsahem rtuti a zároveň velmi nízkým obsahem železa a zinku.

Vzorek D15 (Národní muzeum P1N 41682) - 2 mm velké zrno tetraedritu s barytem v sideritu - je podle BSE obrazu i podle chemických analýz homogenní (obr. 6). Provedeno bylo pět bodových analýz (tab. 11). Vzorek obsahuje průměrně 17.79 (17.55 - 18.07) hm. %. Z průměru pěti analýz byl vypočten empirický vzorec (přepočet na sumu kationtů Cu+Hg+Bi+Cd+Fe+Zn+Co

+Sb+As+Ag=16): $\text{Cu}_{6.00}[(\text{Cu}_{3.96}\text{Ag}_{0.02})_{\Sigma 3.98}(\text{Hg}_{1.64}\text{Fe}_{0.26}\text{Zn}_{0.06}\text{Co}_{0.01})_{\Sigma 1.97}]_{\Sigma 5.95}(\text{Sb}_{3.01}\text{As}_{1.01}\text{Bi}_{0.04})_{\Sigma 4.06}\text{S}_{12.86}$.

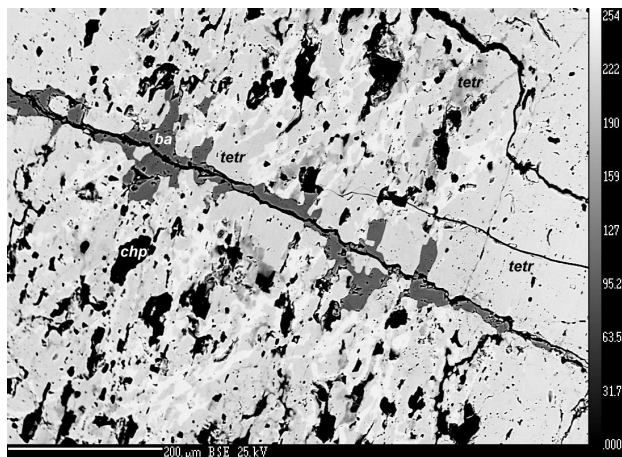
Vzorek D16 (Národní muzeum P1N 42031) je podle BSE obrazu i podle chemického složení zonální (obr. 7). V BSE obraze lze rozlišit tři stupně šedé, které tvoří nepravidelně promíchané skvrnité domény, které, jak ukázalo sedm bodových analýz (tab. 12), odrážejí variace v obsahu Hg, Sb/As a Cu. Tmavá zóna se vyznačuje nejvyšším obsahem Cu a As a nejnižším obsahem Sb a Hg, světlá zóna vykazuje nejnižší obsah Cu a As a nejvyšší obsah Sb. Středně šedá zóna vykazuje střední hodnoty obsahu kovů. Průměrný obsah rtuti ve vzorku je 16.27 (11.27 - 18.38) hm. %, arsenu 4.62 (0.70 - 10.98), mědi 35.28 (33.54 - 39.19) hm. %. Z průměru sedmi analýz byl vypočten empirický vzorec (přepočet na sumu kationtů Cu+Hg+Bi+Fe+Zn+Co+Sb+As+Ag=16):

Tabulka 11 Chemické analýzy tetraedritu z Rudňan a přisl. hodnoty apfu (vzorek D15, NM P1N 41682)

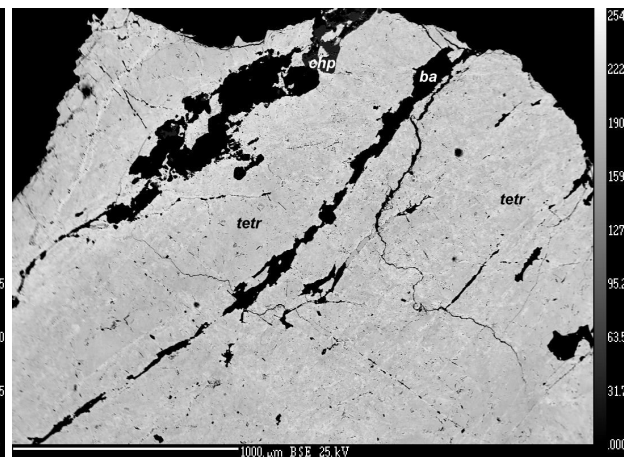
	Ag	Cu	Cd	Hg	Zn	Fe	Sb	As	Bi	Co	Ni	S	Se	Total
1	0.07	34.47	0.00	17.77	0.19	0.82	20.09	4.10	0.36	0.02	0.01	22.46	0.00	100.38
2	0.14	34.28	0.00	17.59	0.20	0.83	20.05	3.91	0.45	0.02	0.00	22.31	0.03	99.81
3	0.18	34.36	0.02	17.55	0.22	0.86	19.60	4.38	0.36	0.03	0.01	22.48	0.00	100.05
4	0.15	34.36	0.04	17.97	0.20	0.74	19.77	4.13	0.37	0.01	0.00	22.28	0.00	100.02
5	0.11	34.16	0.00	18.07	0.20	0.69	19.69	4.06	0.48	0.02	0.01	22.28	0.00	99.77
průměr	0.13	34.33	0.01	17.79	0.20	0.79	19.84	4.12	0.41	0.02	0.01	22.36	0.01	100.00
apfu	0.02	9.96	0.00	1.64	0.06	0.26	3.01	1.01	0.04	0.01	0.00	12.86	0.00	

Tabulka 12 Chemické analýzy tetraedritu z Rudňan a přisl. hodnoty apfu (vzorek D16, NM P1N 42031)

	Ag	Cu	Cd	Hg	Zn	Fe	Sb	As	Bi	Co	Ni	S	Se	Total
1	0.09	34.28	0.00	18.12	0.44	0.44	21.59	3.17	0.30	0.00	0.01	22.30	0.00	100.74
2	0.16	34.85	0.00	16.97	0.48	0.63	19.27	4.75	0.19	0.02	0.00	22.67	0.00	99.99
3	0.12	34.79	0.01	17.36	0.52	0.55	20.25	4.10	0.19	0.03	0.01	22.42	0.01	100.34
4	0.07	36.67	0.00	14.03	0.60	1.07	16.10	7.22	0.00	0.01	0.00	23.51	0.00	99.28
5	0.02	39.19	0.00	11.27	0.52	1.64	11.39	10.98	0.02	0.01	0.01	24.68	0.00	99.73
6	0.15	33.54	0.00	18.38	0.40	0.27	23.82	1.43	0.31	0.01	0.01	21.84	0.03	100.19
7	0.15	33.65	0.00	17.79	0.47	0.40	24.99	0.70	0.42	0.01	0.01	21.71	0.05	100.34
průměr	0.11	35.28	0.00	16.27	0.49	0.71	19.63	4.62	0.21	0.01	0.00	22.73	0.01	100.09
apfu	0.02	10.08	0.00	1.47	0.14	0.23	2.93	1.12	0.02	0.00	0.00	12.87	0.00	



Obr. 7 BSE obraz tetraedritu z Rudňan, Slovensko (vzorek D16); chemicky i opticky zonální tetraedrit (tetr) s chalkopyritem (chp) a barytem (ba). Foto R. Škoda.



Obr. 8 BSE obraz tetraedritu z Rudňan, Slovensko (vzorek D17); chemicky i opticky zonální tetraedrit (tetr) s chalkopyritem (chp) a barytem (ba). Foto R. Škoda.

Tabulka 13 Chemické analýzy tetraedritu z Rudňan a přísl. hodnoty apfu (vzorek D17, NM P1N 42551)

	Ag	Cu	Pb	Cd	Hg	Zn	Fe	Sb	As	Bi	Co	S	Se	Total
1	0.08	38.27	0.00	0.00	7.93	0.50	2.74	20.13	5.17	0.57	0.01	24.30	0.03	99.78
2	0.00	39.94	0.01	0.00	4.42	0.52	3.39	20.94	5.13	0.49	0.01	25.13	0.00	100.00
3	0.05	38.76	0.00	0.00	7.26	0.52	2.96	20.32	5.47	0.53	0.02	24.25	0.00	100.15
4	0.15	36.00	0.00	0.01	13.15	0.47	1.75	19.66	4.84	0.44	0.01	22.98	0.01	99.47
5	0.18	40.15	0.00	0.00	4.38	0.47	3.32	20.84	5.35	0.63	0.01	24.85	0.02	100.20
6	0.06	38.36	0.00	0.00	7.67	0.53	2.80	20.08	5.31	0.60	0.01	24.30	0.00	99.73
průměr	0.09	38.58	0.00	0.00	7.47	0.50	2.83	20.33	5.21	0.54	0.01	24.30	0.01	99.89
apfu	0.01	10.30	0.00	0.00	0.63	0.13	0.86	2.83	1.18	0.04	0.00	12.86	0.00	

Tabulka 14 Chemické analýzy tetraedritu z Rožňavy a přísl. hodnoty apfu (vzorek D18, NM P1N 33538)

	Ag	Cu	Cd	Hg	Zn	Fe	Sb	As	Bi	Co	Ni	S	Se	Total
1	0.20	33.70	0.03	18.01	0.45	0.40	20.90	2.61	2.25	0.02	0.00	21.83	0.00	100.39
2	0.21	34.00	0.01	17.72	0.48	0.56	19.19	3.78	1.98	0.01	0.00	22.31	0.02	100.27
3	0.17	33.40	0.00	17.95	0.48	0.35	21.65	1.92	2.46	0.01	0.01	21.61	0.00	100.00
4	0.18	33.47	0.00	17.45	0.66	0.38	22.19	1.67	2.34	0.01	0.00	21.80	0.00	100.17
5	0.22	34.09	0.00	17.08	0.65	0.58	19.17	3.83	2.04	0.00	0.01	22.14	0.00	99.82
průměr	0.20	33.73	0.01	17.64	0.54	0.45	20.62	2.76	2.21	0.01	0.00	21.94	0.00	100.13
apfu	0.03	9.95	0.00	1.65	0.16	0.15	3.17	0.69	0.20	0.00	0.00	12.82	0.00	

Tabulka 15 Chemické analýzy tetraedritu z Rožňavy - Nadabuly a přísl. hodnoty apfu (vzorek D19)

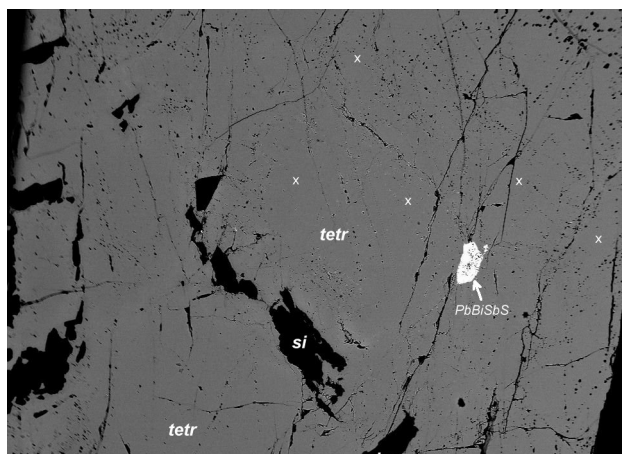
	Ag	Cu	Cd	Hg	Zn	Fe	Sb	As	Bi	Ni	S	Se	Total
1	0.55	37.87	0.00	1.47	1.02	5.19	27.97	0.88	0.44	0.01	24.65	0.00	100.06
2	0.38	37.89	0.00	1.49	1.01	5.06	28.38	0.80	0.43	0.01	24.57	0.03	100.04
3	0.44	38.17	0.00	1.62	1.02	5.14	28.43	0.77	0.37	0.00	24.70	0.00	100.66
4	0.43	37.95	0.00	1.59	1.03	5.11	28.42	1.06	0.44	0.00	24.68	0.00	100.72
5	0.49	37.90	0.01	1.58	1.02	5.14	28.26	0.88	0.46	0.01	24.68	0.00	100.43
průměr	0.46	37.96	0.00	1.55	1.02	5.13	28.29	0.87	0.43	0.00	24.66	0.01	100.38
apfu	0.07	9.93	0.00	0.13	0.26	1.53	3.86	0.19	0.03	0.00	12.78	0.00	

Tabulka 16 Chemické analýzy tetraedritu z Rožňavy - Mária baně a přísl. hodnoty apfu (vzorek D20)

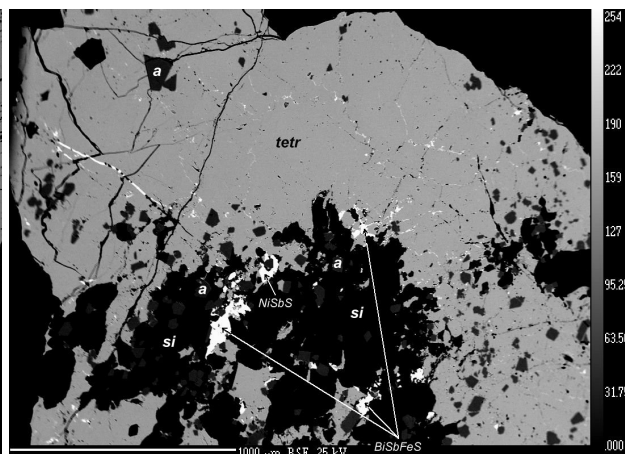
	Ag	Cu	Hg	Zn	Fe	Sb	As	Bi	Co	Ni	S	Total
1	0.88	37.41	0.87	0.58	5.88	29.76	0.12	0.29	0.01	0.00	24.71	100.52
2	1.02	37.30	0.88	0.60	5.92	29.72	0.13	0.24	0.00	0.00	24.58	100.39
3	1.00	37.24	0.88	0.63	5.89	29.71	0.12	0.41	0.00	0.01	24.72	100.60
4	0.80	37.29	0.91	0.58	5.89	29.13	0.35	0.30	0.00	0.00	24.64	99.90
5	1.01	37.34	0.88	0.57	5.86	29.19	0.46	0.27	0.00	0.00	24.79	100.39
průměr	0.94	37.32	0.88	0.59	5.89	29.50	0.24	0.30	0.00	0.00	24.69	100.36
apfu	0.15	9.77	0.07	0.15	1.75	4.03	0.05	0.02	0.00	0.00	12.81	

Tabulka 17 Chemické analýzy tetraedritu z Rudné u Rožňavy a přísl. hodnoty apfu (vzorek D21, NM P1N 36092)

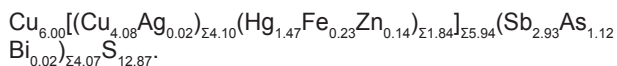
	Ag	Cu	Hg	Zn	Fe	Sb	As	Bi	Ni	S	Se	Total
1	0.61	38.08	0.75	0.87	5.71	27.90	1.32	0.08	0.00	24.57	0.02	99.91
2	0.63	37.92	0.86	0.85	5.69	27.79	1.45	0.10	0.00	24.78	0.00	100.07
3	0.55	38.01	0.86	0.87	5.63	27.94	1.24	0.13	0.01	24.88	0.00	100.12
4	0.65	37.88	0.85	0.84	5.69	27.67	1.44	0.14	0.00	24.69	0.00	99.85
5	0.62	38.05	0.85	0.87	5.71	27.71	1.44	0.09	0.00	24.60	0.00	99.95
průměr	0.61	37.99	0.84	0.86	5.69	27.80	1.38	0.11	0.00	24.70	0.00	99.98
apfu	0.09	9.86	0.07	0.22	1.68	3.77	0.30	0.01	0.00	12.71	0.00	



Obr. 9 BSE obraz tetraedritu z Rožňavy - Nadabuly, Slovensko (vzorek D19); chemicky i opticky homogenní tetraedrit (tetr) s uzavřenými chalkopyritu (chp), sideritu (si) a PbBiSb-sulfosole; křížky vyznačena místa analýz. Foto R. Škoda.



Obr. 10 BSE obraz tetraedritu z Rožňavy - Mária Baňe, Slovensko (vzorek D20); chemicky i opticky homogenní tetraedrit (tetr) se sideritem (si), arsenopyritem a sulfosolemi NiSb a BiSbFe. Foto R. Škoda.



Vzorek D17 (Národní muzeum P1N 42551) je podle BSE obrazu i podle chemického složení zonální (obr. 8). V BSE lze rozlišit dva stupně šedé, převládá tmavší zóna, v níž jsou paralelní pruhy světlých skvrn. Opticky pozorovaná zonálnost odráží variace v obsahu Hg, Fe a Cu, které vykazalo šest provedených bodových analýz (tab. 13). Průměrný obsah rtuti je 7.47 (4.39 - 7.93) hm. %, železa 2.83 (1.75 - 3.39), mědi 38.58 (35.00 - 40.15) hm. %. Z průměru šesti analýz byl vypočten empirický vzorec (přepočten na sumu kationtů Cu+Hg+Bi+Fe+Zn+Co+Sb+As+Ag=16): $\text{Cu}_{6.00}[(\text{Cu}_{4.30}\text{Ag}_{0.01})_{\Sigma 4.31}(\text{Fe}_{0.86}\text{Hg}_{0.63}\text{Zn}_{0.13})_{\Sigma 1.62}\text{I}_{\Sigma 5.93}(\text{Sb}_{2.83}\text{As}_{1.18}\text{Bi}_{0.04})_{\Sigma 4.05}\text{S}_{12.86}]$

Ložisko Rožňava

Vzorek D18 (Národní muzeum P1N 33538) byl analyzován Nováčkem (1942), který v něm zjistil 17.2 hm. % rtuti a 0.104 hm. % stříbra. Aktuálně bylo provedeno pět bodových analýz (tab. 14), které vykazaly průměrný obsah rtuti 17.64 (17.08 - 18.01) hm. %. Podle BSE obrazu je studovaný vzorek zonální. Rozlišit lze dvě zóny různého stupně šedi, které jsou ve vzorku skvrnitě rozloženy. Zóny jsou obrazem analýzami zjištěných variací obsahu Sb/As. Vzorek obsahuje průměrně 20.62 (19.17 - 22.19) hm. % antimonu a 2.76 (1.67 - 3.83) hm. % arsenu. Tmavší zóny v BSE obrazu mají obsahy As = 3.78; 3.83 a Sb = 19.19; 19.17, tzn. že oproti světlejším zónám mají relativně více arsenu a méně antimonu. Z průměru pěti analýz byl vypočten empirický vzorec (přepočten na sumu kationtů Cu+Hg+Bi+Fe+Zn+Sb+As+Ag=16): $\text{Cu}_{6.00}[(\text{Cu}_{3.95}\text{Ag}_{0.03})_{\Sigma 3.98}(\text{Hg}_{1.65}\text{Zn}_{0.16}\text{Fe}_{0.15})_{\Sigma 1.96}\text{I}_{\Sigma 5.94}(\text{Sb}_{3.17}\text{As}_{0.69}\text{Bi}_{0.20})_{\Sigma 4.06}\text{S}_{12.82}]$

Vzorek D19 (lokalita Rožňava - Nadabula) je masivním agregátem tetraedritu s inkluzí PbBiSb-sulfosole o velikosti 0.1 mm. Provedeno bylo pět bodových analýz tetraedritu (tab. 15). Tetraedrit je podle BSE obrazu i chemicky homogenní (obr. 9). Průměrně obsahuje 1.55 (1.47 - 1.62) hm. % rtuti. Z průměru pěti analýz byl vypočten empirický vzorec (přepočten na sumu kationtů Cu+Hg+Bi+Fe+Zn+Sb+As+Ag=16): $\text{Cu}_{6.00}[(\text{Cu}_{3.93}\text{Ag}_{0.07})_{\Sigma 4.00}(\text{Fe}_{1.53}\text{Zn}_{0.26}\text{Hg}_{0.13})_{\Sigma 1.92}\text{I}_{\Sigma 5.92}(\text{Sb}_{3.86}\text{As}_{0.19}\text{Bi}_{0.03})_{\Sigma 4.08}\text{S}_{12.78}]$, z něhož vyplývá, že se jedná o Fe-bohatý tetraedrit.

Vzorek D20 (lokalita Rožňava - Mária baňa) je ma-

sivní, podle BSE obrazu a podle analýz homogenní agregát tetraedritu uzavírající automorfnní zrna arsenopyritu velikosti okolo 0.1 mm a 2mm zrnitý agregát sideritu. Také v sideritu jsou uzavřené krystaly arsenopyritu. Na rozhraní sideritu a tetraedritu jsou agregáty a xenomorfnní zrna NiSbS-minerálu a BiSbFe-sulfosole o velikosti okolo 0.3 mm. Sulfosole vyplňují i trhliny v tetraedritu (obr. 10). Provedeno bylo pět bodových analýz tetraedritu (tab. 16), které vykazaly průměrný obsah rtuti 0.88 (0.72 - 0.91) hm. %. Z průměru pěti analýz byl vypočten empirický vzorec (přepočten na sumu kationtů Cu+Hg+Bi+Fe+Zn+Sb+As+Ag=16): $\text{Cu}_{6.00}[(\text{Cu}_{3.77}\text{Ag}_{0.15})_{\Sigma 3.92}(\text{Fe}_{1.75}\text{Zn}_{0.15}\text{Hg}_{0.07})_{\Sigma 1.97}\text{I}_{\Sigma 5.89}(\text{Sb}_{4.03}\text{As}_{0.05}\text{Bi}_{0.02})_{\Sigma 4.10}\text{S}_{12.81}]$, také vzorek D20 z Rožňavy je tak železem bohatým tetraedritem.

Vzorek D21 z Rudné západně od Rožňavy (Národní muzeum P1N 36092) je masivní, podle BSE obrazu i chemicky homogenní. Provedeno bylo pět bodových analýz (tab. 17). Průměrný obsah rtuti je 0.84 (0.75 - 0.86) hm. %. Z průměru pěti analýz byl vypočten empirický vzorec (přepočten na sumu kationtů Cu+Hg+Bi+Fe+Zn+Sb+As+Ag=16): $\text{Cu}_{6.00}[(\text{Cu}_{3.86}\text{Ag}_{0.09})_{\Sigma 3.95}(\text{Fe}_{1.68}\text{Zn}_{0.22}\text{Hg}_{0.07})_{\Sigma 1.97}\text{I}_{\Sigma 5.92}(\text{Sb}_{3.77}\text{As}_{0.30}\text{Bi}_{0.01})_{\Sigma 4.08}\text{S}_{12.71}]$

Ložisko Nižná Slaná

Vzorek D22 (Národní muzeum P1N 33541) byl analyzován Nováčkem (1942), který v něm zjistil 12.4 hm. % rtuti a 0.262 hm. % stříbra. Aktuálně bylo provedeno pět bodových analýz vzorku (tab. 18) a zjištěno průměrně 12.09 (10.85 - 12.89) hm. % rtuti. Vzorek tetraedritu je masivní, podle BSE obrazu zonální. Rozlišit lze zóny dvou až tří stupňů šedi. Nejtmavší zóny jsou podél trhlín v tetraedritu. Podle chemických analýz vykazuje vzorek jen mírné variace v obsazích rtuti, jinak je chemicky velmi homogenní. Z průměru pěti analýz byl vypočten empirický vzorec (přepočten na sumu kationtů Cu+Hg+Fe+Zn+Co+Sb+As+Ag=16): $\text{Cu}_{6.00}[(\text{Cu}_{3.92}\text{Ag}_{0.07})_{\Sigma 3.99}(\text{Hg}_{1.07}\text{Fe}_{0.48}\text{Zn}_{0.37}\text{Co}_{0.01})_{\Sigma 1.93}\text{I}_{\Sigma 5.92}(\text{Sb}_{3.44}\text{As}_{0.64})_{\Sigma 4.08}\text{S}_{12.79}]$

Vzorek D24 (někdejší sbírka Rudolfa Rosta) představuje 2 mm velké zrno odebrané z masivního vzorku tetraedritu. Při okraji zrna je uzavřen 0.2 mm velký xenomorfnní krystal cinabaritu. Provedeno bylo pět analýz (tab. 20). Vzorek je chemicky i podle BSE obrazu homogenní. Obsahuje průměrně 15.44 (15.09 - 15.71) hm. % rtuti. Z prů-

Tabulka 18 Chemické analýzy tetraedritu z Nižné Slané a přísl. hodnoty apfu (vzorek D22, NM P1N 33541)

	Ag	Cu	Cd	Hg	Zn	Fe	Sb	As	Bi	Co	S	Se	Total
1	0.44	35.63	0.00	11.98	1.37	1.51	23.41	2.82	0.00	0.03	23.15	0.00	100.35
2	0.38	35.30	0.00	12.89	1.28	1.34	23.44	2.61	0.06	0.02	22.94	0.02	100.28
3	0.34	35.34	0.00	12.52	1.29	1.44	23.61	2.55	0.02	0.03	22.95	0.00	100.09
4	0.37	35.51	0.01	12.21	1.34	1.49	24.06	2.51	0.00	0.04	23.12	0.00	100.66
5	0.49	35.99	0.01	10.85	1.47	1.82	23.65	3.01	0.07	0.03	23.46	0.02	100.88
průměr	0.40	35.55	0.00	12.09	1.35	1.52	23.63	2.70	0.03	0.03	23.12	0.01	100.45
apfu	0.07	9.92	0.00	1.07	0.37	0.48	3.44	0.64	0.00	0.01	12.79	0.00	

Tabulka 19 Chemické analýzy tetraedritu ze Slovinek a přísl. hodnoty apfu (vzorek D23, NM P1N 25360)

	Ag	Cu	Cd	Hg	Zn	Fe	Sb	As	Bi	Co	S	Se	Total
1	0.44	38.23	0.04	0.29	4.52	2.80	27.42	1.24	0.65	0.00	24.60	0.00	100.23
2	0.42	37.97	0.01	0.38	4.50	2.74	27.85	1.23	0.44	0.00	24.66	0.00	100.21
3	0.38	38.24	0.03	0.37	4.51	2.73	27.99	1.23	0.26	0.01	24.84	0.04	100.64
4	0.43	37.90	0.05	0.38	4.47	2.77	27.24	1.51	0.25	0.01	24.83	0.00	99.84
5	0.47	37.98	0.00	0.31	4.41	2.70	26.59	1.64	0.27	0.01	24.59	0.00	98.97
průměr	0.43	38.06	0.03	0.34	4.48	2.75	27.42	1.37	0.38	0.00	24.70	0.01	99.98
apfu	0.07	9.90	0.00	0.03	1.13	0.81	3.72	0.30	0.03	0.00	12.74	0.00	

Tabulka 20 Chemické analýzy tetraedritu z Nižné Slané a přísl. hodnoty apfu (vzorek D24)

	Ag	Cu	Hg	Zn	Fe	Sb	As	Bi	Co	Ni	S	Se	Total
1	0.88	34.70	15.71	1.51	0.56	17.52	6.19	0.00	0.01	0.00	22.98	0.00	100.07
2	0.27	35.34	15.09	1.64	0.64	16.99	6.36	0.00	0.01	0.00	23.00	0.02	99.35
3	0.24	34.65	15.49	1.55	0.48	17.79	5.94	0.00	0.02	0.00	22.79	0.00	98.94
4	0.38	34.63	15.62	1.53	0.49	17.60	5.84	0.00	0.01	0.01	22.65	0.00	98.75
5	0.44	35.24	15.31	1.56	0.63	16.48	6.62	0.00	0.01	0.00	22.90	0.00	99.18
průměr	0.44	34.91	15.44	1.56	0.56	17.27	6.19	0.00	0.01	0.00	22.86	0.00	99.26
apfu	0.07	9.89	1.39	0.43	0.18	2.55	1.49	0.00	0.00	0.00	12.83	0.00	

měru pěti analýz byl vypočten empirický vzorec (přepočten na sumu kationtů $\text{Cu}+\text{Hg}+\text{Fe}+\text{Zn}+\text{Sb}+\text{As}+\text{Ag}=16$): $\text{Cu}_{6,00}[(\text{Cu}_{3,89}\text{Ag}_{0,07})_{\Sigma 3,96}(\text{Hg}_{1,39}\text{Zn}_{0,43}\text{Fe}_{0,18})_{\Sigma 2,00}(\text{Sb}_{2,55}\text{As}_{1,49})_{\Sigma 4,04}\text{S}_{12,83}]$

Ložisko Slovineky

Vzorek D23 (Národní muzeum P1N 25360) je masivní, podle BSE obrazu i podle pěti provedených bodových analýz chemicky homogenní (tab. 19). Průměrně obsahuje 0.34 (0.29 - 0.38) hm. % rtuti. Z průměru pěti analýz byl vypočten empirický vzorec (přepočten na sumu kationtů $\text{Cu}+\text{Hg}+\text{Bi}+\text{Cd}+\text{Fe}+\text{Zn}+\text{Sb}+\text{As}+\text{Ag}=16$): $\text{Cu}_{6,00}[(\text{Cu}_{3,90}\text{Ag}_{0,07})_{\Sigma 3,97}(\text{Zn}_{1,13}\text{Fe}_{0,81}\text{Hg}_{0,03})_{\Sigma 1,97}(\text{Sb}_{3,72}\text{As}_{0,30}\text{Bi}_{0,03})_{\Sigma 4,05}\text{S}_{12,74}]$

Maškara, Bosna a Hercegovina

Ložisko rtuti Maškara v Bosně (Federace Bosna a Hercegovina) je tvořeno karbonát-křemen-baryt-sulfidickými žilami pronikajícími silurskými břidlicemi. Převládajícím minerálem žiloviny je siderit, podřadně jsou zastoupeny baryt, kalcit, křemen, pyrit a Hg-tetraedrit.

Vzorek D5 (Národní muzeum P1N 10020) je podle BSE obrazu i podle pěti provedených analýz chemicky homogenní. Obsahuje průměrně 8.87 (8.48 - 9.59) hm. % rtuti. Z průměru pěti analýz (tab. 5) byl vypočten empirický vzorec (přepočten na sumu kationtů $\text{Cu}+\text{Hg}+\text{Fe}+\text{Zn}+\text{Sb}+\text{As}+\text{Bi}+\text{Ag}=16$): $\text{Cu}_{6,00}[(\text{Cu}_{4,23}\text{Ag}_{0,03})_{\Sigma 4,26}(\text{Fe}_{0,93}$

$\text{Hg}_{0,76}\text{Zn}_{0,05})_{\Sigma 1,74}(\text{Sb}_{3,13}\text{As}_{0,84}\text{Bi}_{0,03})_{\Sigma 4,00}\text{S}_{13,11}]$

Vzorek D6 (Národní muzeum P1N 10021) je podle pěti provedených bodových analýz (tab. 6) i podle BSE obrazu zonální. Analýzy ukazují mírně kolísavý poměr Hg/Fe (Hg od 6.03 do 11.05, průměrně 8.26 hm. %; Fe od 2.53 do 3.56, průměrně 3,12 hm. %), analýza s nejvyšším obsahem Hg a Ag a zároveň s nejnižším obsahem Fe odpovídá tenké, relativně světlejší zóně patrné v BSE obrazu. Z průměru pěti analýz byl vypočten empirický vzorec (přepočten na sumu kationtů $\text{Ag}+\text{Hg}+\text{Bi}+\text{Cd}+\text{Cu}+\text{Fe}+\text{Zn}+\text{As}+\text{Sb}=16$): $\text{Cu}_{6,00}[(\text{Cu}_{4,25}\text{Ag}_{0,04})_{\Sigma 4,29}(\text{Fe}_{0,96}\text{Hg}_{0,71}\text{Zn}_{0,05})_{\Sigma 1,72}(\text{Sb}_{2,95}\text{As}_{1,02}\text{Bi}_{0,03})_{\Sigma 4,00}\text{S}_{13,14}]$

Vzorek D7 (Národní muzeum P1N 10022) je podle pěti provedených bodových analýz (tab. 7) i podle BSE obrazu chemicky homogenní. Obsahuje průměrně 2.32 (2.27 - 2.41) hm. % rtuti. Z průměru pěti analýz byl vypočten empirický vzorec (přepočten na sumu kationtů $\text{Ag}+\text{Hg}+\text{Bi}+\text{Cu}+\text{Fe}+\text{Zn}+\text{As}+\text{Sb}=16$): $\text{Cu}_{6,00}[(\text{Cu}_{4,36}\text{Ag}_{0,03})_{\Sigma 4,39}(\text{Fe}_{1,33}\text{Hg}_{0,19}\text{Zn}_{0,04})_{\Sigma 1,56}(\text{Sb}_{2,71}\text{As}_{1,32}\text{Bi}_{0,01})_{\Sigma 4,04}\text{S}_{12,97}]$

Diskuse a závěr

Podrobně bylo studováno 18 vybraných vzorků tetraedritů se zvýšenými obsahy Hg z českých i zahraničních (Slovensko, Bosna a Hercegovina) lokalit, celkem bylo změřeno 93 kvantitativních bodových chemických analýz.

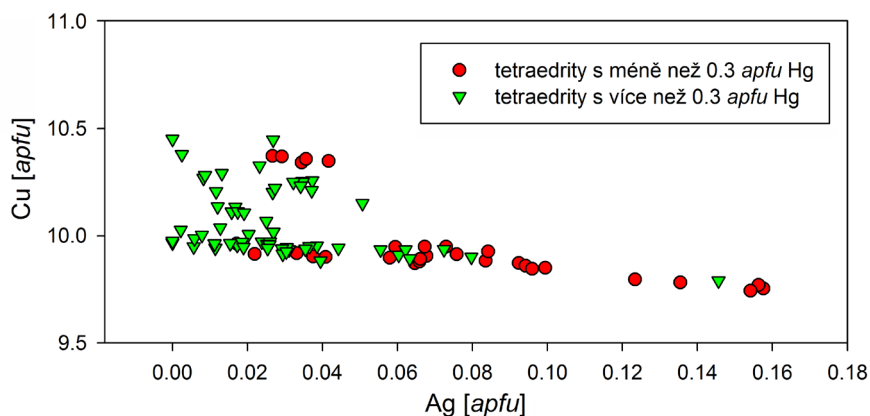
V A+B pozici studovaných tetraedritů vysoce převládá

Cu, zjištěné obsahy Ag jsou jen minimální (obr. 11); u Hg-bohatších vzorků (nad 0.3 *apfu* Hg) dosahují až na ojedinělou bodovou analýzu vzorku D24 jen 0.08 *apfu* Ag; vzorky s nižším obsahem Hg (pod 0.3 *apfu*, D7, D12, D19, D20, D21, D23) vykazují obsahy Ag do 0.16 *apfu*.

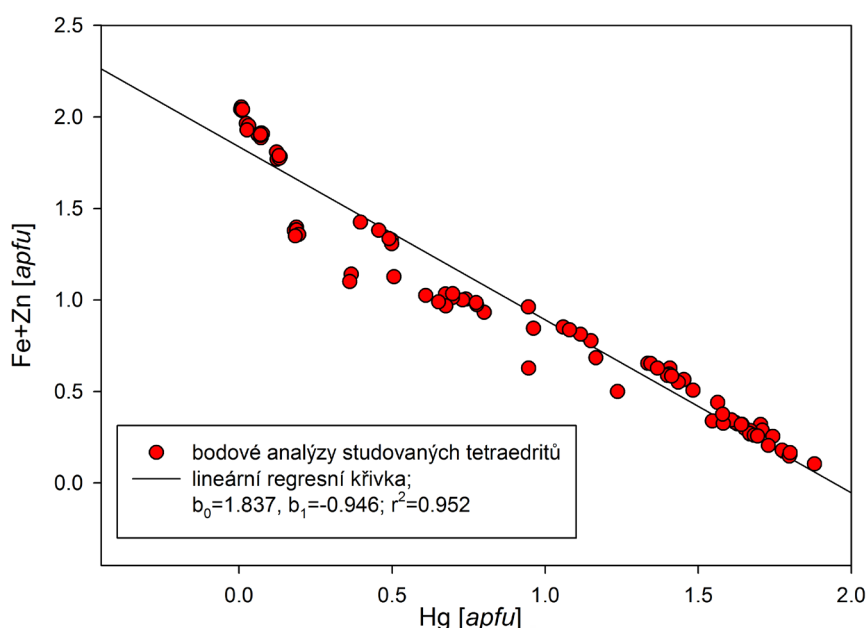
V tetraedrické pozici C zjištěné obsahy Hg ve všech studovaných tetraedritech velmi dobře korelují s obsahy Fe+Zn (obr. 12); nejvyšší obsahy Hg byly zjištěny ve vzorcích z Jedové hory (D2 do 1.88 *apfu*), Rudňan (D14 a D16 do 1.73 - 1.80 *apfu*) a Rožňavy (do 1.69 *apfu*). Vzorky D1, D2, D14, D15, D16, D18, D22 a D24 s obsahy Hg > 1 *apfu* (lokality Jedová hora, Rudňany, Rožňava a Nižná Slaná) lze označit jako rtuť bohaté tetraedrity; vzorky D12 a D23 s obsahy Zn > 1 *apfu* (lokality Rudňany a Slovinky) jako zinkem bohaté tetraedrity a vzorky D7, D13, D19, D20, D21 s obsahy Fe > 1 *apfu* (Maškara, Rudňany, Rožňava) jako železem bohaté tetraedrity. Ve strukturální pozici C se vedle Hg+Fe+Zn zřetelně uplatňuje i Cu^{2+} (obr. 13), nejvyšší vypočtené obsahy byly zjištěny ve vzorcích z lokalit Rudňany (D17 až 0.47, D16 do 0.38 *apfu*) a Maškara (D7 až 0.40, D6 do 0.35 *apfu*).

V trigonálně pyramidální pozici všech studovaných tetraedritů (až na jednu bodovou analýzu vzorku D16 z Rudňan s 2.47 *apfu* As) zřetelně převládá Sb nad As (obr. 14); pozoruhodné jsou zvýšené obsahy Bi zjištěné v případě vzorků D18 (Rožňava do 0.21) a D14 (Rudňany do 0.15 *apfu*). Při testování závislosti obsahů As a Hg (obr. 15) nebyla zjištěna jasná korelace; obrázek naznačuje pro Hg-bohatší tetraedrity možnost existence dvou odlišných trendů vývoje obsahů Hg a As; tyto trendy však nejsou závislé na poměru Fe/Zn ani na konkrétních lokalitách.

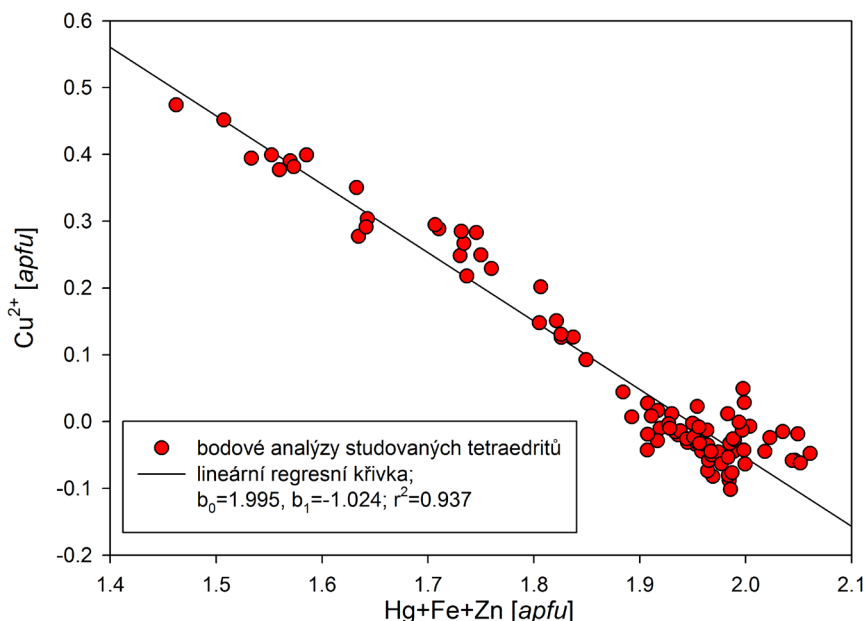
Při studiu závislosti hodnot parametru a základní cely vs. obsahů Hg byla zjištěna pozitivní korelace těchto hodnot (obr. 16), stejně jako byla pro dříve studované přírodní Hg-tetraedrity uváděna Bouškou (1955, 1957a, 1957b) a pro synteticky připravené tetraedrity v pracích Makovicky, Karup-Møller (1994) a



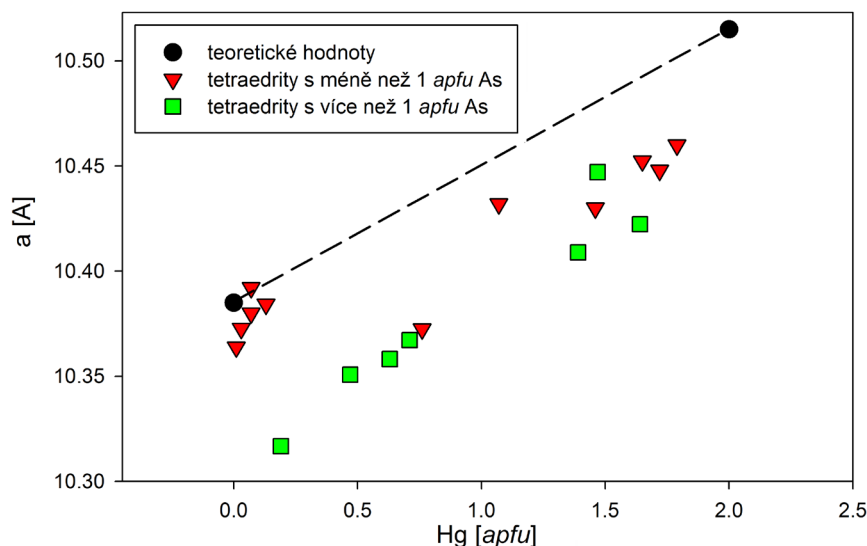
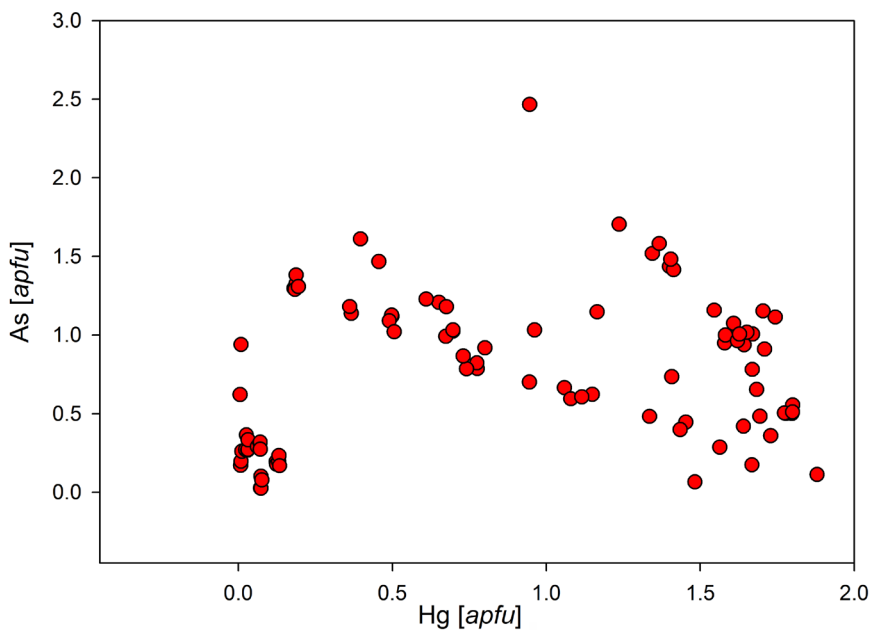
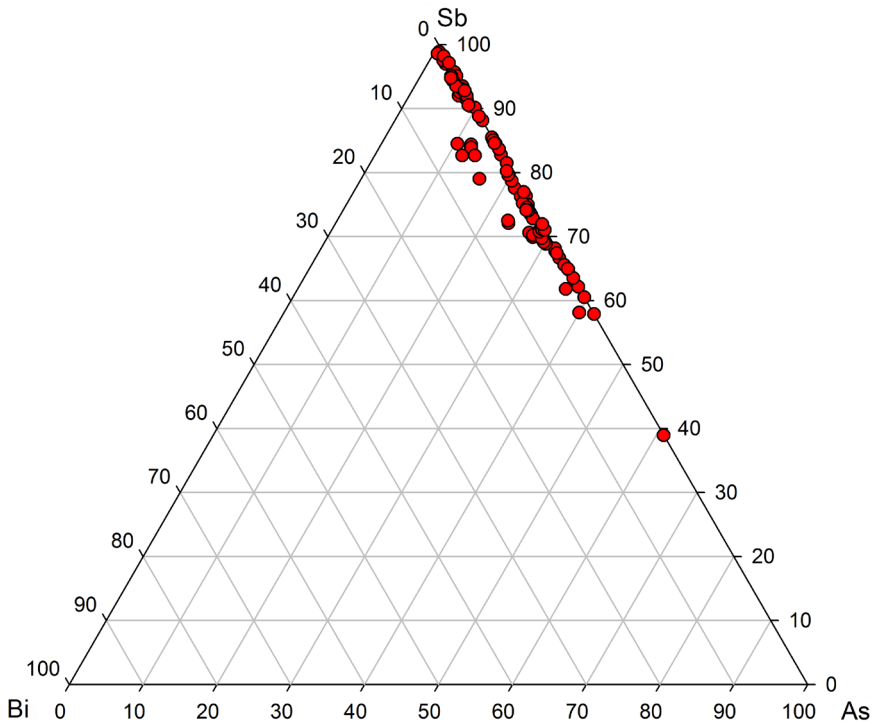
Obr. 11 Graf obsahů Ag vs. celkového obsahu Cu pro zkoumané tetraedrity (všechna bodová měření); obsahy Cu nad 10 *apfu* indikují zastoupení Cu^{2+} v krystalové struktuře tetraedritu.



Obr. 12 Poměr obsahu Fe+Zn (*apfu*) a Hg (*apfu*) ve zkoumaných tetraedritech (všechna bodová měření).



Obr. 13 Poměr obsahu Fe+Zn+Hg (*apfu*) a Cu^{2+} (*apfu*) ve zkoumaných tetraedritech (všechna bodová měření); obsahy Cu^{2+} byly vypočteny na bázi $(\text{Cu}_{\text{tot}} + \text{Ag}) - 10$.



Karup-Møller, Makovicky (2003, 2004). Jednoduchý lineární průběh závislosti je však výrazně ovlivňován zejména obsahy As, které vyvolávají zřetelné snížení hodnot parametru a a v jisté míře i chemickou nehomogenitou (obsahy Fe+Zn/Hg a Sb/As) studovaných vzorků.

Poděkování

Za spolupráci při laboratorním studiu tetraedritů patří poděkování Radku Škodovi z Přírodovědecké fakulty Masarykovy univerzity v Brně, za cenné připomínky oběma recenzentům Emilu Makovickému z Univerzity v Kodani a Františku Laufkovi z České geologické služby a za metodickou pomoc kolegovi Jiřímu Sejkorovi. Předložená práce vznikla za finanční podpory Ministerstva kultury ČR v rámci institucionálního financování dlouhodobého koncepčního rozvoje výzkumné organizace Národní muzeum (DKRVO 2014/02) a interního grantu Národního muzea.

Obr. 14 Graf obsahů Sb-As-Bi (v apfu) pro zkoumané tetraedrity (všechna bodová měření)

Obr. 15 Poměr obsahu Hg (apfu) a As (apfu) ve zkoumaných tetraedritech

Obr. 16 Graf obsahu Hg (apfu) ve zkoumaných tetraedritech a parametru a (Å) základní cely krystalové struktury; obsahy Hg (apfu) jednotlivých vzorků vypočteny z průměru analýz; teoretické hodnoty pro synteticky připravené Zn,Fe-tetraedrity a Hg-tetraedrit byly převzaty z prací Makovicky, Karup-Møller (1994) a Karup-Møller, Makovicky (2003, 2004).

Literatura

- Arlt T., Diamond L. W. (1998) Composition of tetrahedrite-tennantite and "schwazite" in the Schwaz silver mines, North Tyrol, Austria. *Mineral. Mag.* 62, 801-820.
- Bouška V. (1955) Změna mřížkové konstanty Hg tetraedritů vlivem různého chemického složení. Výzkum nerostů tetraedritové skupiny II. *Rozpravy ČSAV* 66, 13, řada MPV, 1-30.
- Bouška V. (1957a) O hodnotách d rtuťnatých tetraedritů. Výzkum nerostů tetraedritové skupiny IV. *Věstník Ustř. Úst. geol.* 32, 130-135.
- Bouška V. (1957b) O chemismu a velikosti mřížkové konstanty a_0 některých slovenských tetraedritů z oblasti Nízkých Tater a z Banské Štiavnice. Výzkum nerostů tetraedritové skupiny VIII. *Sborník k osmdesátinám akademika Františka Slavíka*, 43-51.
- Ferenc Š., Bakos F., Demko R., Koděra P. (2014) Výskyty sideritové (Fe karbonátové) a kremeňovo-sulfidické mineralizácie při Lovinobani a Uderinej (Slovenské rudohorie-veporikum), Slovenská republika. *Bull. mineral.-petrolog. Odd. Nár. Muz. (Praha)* 22, 1, 25-41.
- Foit F. F., Hughes J. M. (2004) Structural variation in mercurian tetraedrite. *Amer. Mineral.* 89, 159-163.
- Foit F. F., Ulbricht M. E. (2001) Compositional variation in mercurian tetraedrite-tennantite from the epithermal deposits of the Steens and Pueblo Mountains, Harney County, Oregon. *Can. Mineral.* 39, 819-830.
- Grammatikopoulos T. A., Roth T., Valeev O. (2005) Compositional variation in Hg-Ag-rich tetraedrite from the polymetallic Eskay Creek deposit, British Columbia, Canada. *N. Jb. Miner. Abh.* 181, 3, 281-292.
- Hak J. (1961) Chemicko-mineralogické studium některých nerostů tetraedritové skupiny. *Geol. Sbor.* 12, 1, 1-13. Bratislava.
- Johnson N. E., Craig J. R., Rimstidt J. D. (1986) Compositional trends in tetraedrite. *Can. Mineral.* 24, 385-397.
- Kalbskopf R. (1971) Die Koordination des Quecksilbers im Schwazite. *Tschermaks Min. Petr. Mitt.* 16, 173-175.
- Kaplunnik L. N., Pobedimskaya E. A., Belov N. V. (1980) The crystal structure of schwazite ($\text{Cu}_{4.4}\text{Hg}_{1.6}\text{Cu}_6\text{Sb}_4\text{S}_{12}$). *Doklady Akademii Nauk SSSR* 253, 105-107.
- Karanović L., Cvetković L., Poleti D., Balić-Žunić T., Makovický E. (2003) Structural and optical properties of schwazite from Dragodol (Serbia). *N. Jb. Mineral., Mh.* 11, 503-520.
- Karup-Møller S., Makovický E. (2003) Exploratory studies of element substitutions in synthetic tetraedrite. Part V. Mercurian tetraedrite. *N. Jb. Mineral., Abh.* 179, 1, 73-83.
- Karup-Møller S., Makovický E. (2004) Exploratory studies of the solubility of minor elements in tetraedrite, VI. Zinc and the combined zinc-mercury and iron-mercury substitutions. *N. Jb. Mineral., Mh.* 11, 508-524.
- Klünder-Hansen M., Makovický E., Karup-Møller S. (2003) Exploratory studies on substitutions in tetraedrite-tennantite solid solution. Part IV. substitution of germanium and tin. *N. Jb. Miner., Abh.* 179, 43-71.
- Laugier J., Bochu B. (2011) LMGP-Suite of Programs for the Interpretation of X-ray Experiments. <http://www.ccp14.ac.uk/tutorial/lmgp>, přístup duben 2011.
- Litochleb J., Šrein V., Langrová A. (2000) Amalgam stříbra - luanheit, mckinstryit a Zn-Hg tetraedrit ze železnorudného ložiska Mníšek pod Brdy - Skalka. *Bull. mineral.-petrolog. Odd. Nár. Muz. (Praha)* 8, 202-207.
- Makovický E. (2006) Crystal structures of sulfides and other chalcogenides. In: *Sulfide Mineralogy and Geochemistry, Reviews in Mineralogy* (ed. Vaughan D. J.), 7 - 107. Mineralogical Society of America, Chantilly, USA.
- Makovický E., Karup-Møller S. K. (1994) Exploratory studies on substitutions of minor elements in synthetic tetraedrite. 1. Substitutions by Fe, Zn, Co, Ni, Mn, Cr, V and Pb - unit cell parameter changes on substitution and structural role of Cu^{2+} . *N. Jb. Miner., Abh.* 167, 89-123.
- Moëlo Y., Makovický 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 Sub-Committee of the IMA Commission on Ore Mineralogy. *E. Journ. Mineral.* 20, 1, 7-46.
- Moravec B. (2007) Nerosty skupiny tetraedritu a jejich výskyt v České a Slovenské republice. *Minerál* 15, 3, 211-216.
- Mozgova N. N. (1985) Sulfosoli so složným sostavom polumetalov i metallov - bloklye rudy (sistéma Me-P-Me-S). In: *Něstěchiometrija i gomologičeskie rjady sulfosolej*, Nauka Moskva, 193-218.
- Mozgova N. N., Cepin A. I., Ozerova N. A., Bortnikov N. S., Troněva N. V. (1977) Rtuťsoděržašie bloklye rudy. *Zap. vsesojuz. miněral. Obšč.* 108, 4, 437-453.
- Nováček R. (1942) Slovenské rtuťnaté tetraedrity. *Zpr. Geol. úst. pro Čechy a Moravu* 18, 107-110.
- Novák F. (1959) Tetraedrit z ložiska Mária u Rožnavy. *Geol. Práce* 56, 217-246.
- Orel P. (1965) Ložiska, výskyty a prognosní oblasti rtuťové mineralizace v ČSSR. *MS Ústřední ústav geologický, Brno*.
- Pouchou J. L., Pichoir F. (1985) "PAP" procedure for improved quantitative microanalysis. *Microbeam Analysis* 20, 104-105.
- Velebil D. (2003) Jedová hora (Dědova hora) u Neřežína. *Bull. mineral.-petrolog. Odd. Nár. Muz. (Praha)* 11, 86-99.
- Velebil D., Losos Z. (2008) Rtuťí bohatý tetraedrit z Jedové hory u Neřežína a jeho doprovodné minerály. *Bull. mineral.-petrolog. Odd. Nár. Muz. (Praha)* 16, 1, 56-60.
- Wuensch B. J. (1964) The crystal structure of tetraedrite, $\text{Cu}_{12}\text{Sb}_4\text{S}_{13}$. *Zeitschrift für Kristallographie* 119, 5/6, 437-453.