

Sulfidická mineralizace z vápencového lomu Prachovice, Česká republika

Sulfide mineralization from the limestone quarry Prachovice, Czech Republic

JIŘÍ SEJKORA^{1)*}, DANIEL SMUTEK²⁾ A RADANA MALÍKOVÁ¹⁾

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

²⁾Vodní zdroje Chrudim, spol. s r. o., U Vodárny 137, 537 01 Chrudim

SEJKORA J, SMUTEK D, MALÍKOVÁ R (2017) Sulfidická mineralizace z vápencového lomu Prachovice, Česká republika. Bull Mineral Petrolog 25(2): 260-272 ISSN 2570-7337

Abstract

The results of new mineralogical study of sulfide mineralization found at III. level of active limestone quarry Prachovice (eastern Bohemia, Czech Republic) in 1980 year are given in this paper. The published occurrence of geocronite was confirmed but this mineral phase is only rare in the studied association. It is monoclinic, space group $P2_1/m$ with following refined unit-cell parameters: a 8.978(1), b 31.975(4), c 8.507(1) Å, β 118.02(1)°, V 2156.0(9) Å³. Its chemical composition correspond to the empirical formula $Pb_{13.84}(Sb_{4.05}As_{2.08}S_{22.89}Se_{0.08}Cl_{0.05})_{\Sigma 23.02}$. Previously undescribed sulfosalt, boulangerite, is very abundant there, it forms fibrous aggregates up to 2 cm in size. Boulangerite is monoclinic, space group $P2_1/a$ with refined unit-cell parameters: a 21.612(2), b 23.540(3), c 8.0844(9) Å, β 100.70(8)° and V 4041.3(8) Å³. Its chemical composition is possible to express by empirical formula $Pb_{4.94}(Sb_{3.93}As_{0.08}S_{11.00}Se_{0.03}Cl_{0.03})_{\Sigma 11.06}$. The quantitative chemical data are also given for abundant galena and sphalerite and rare arsenopyrite and pyrite. The description and mineralogical data of determined supergene phases - anglesite, cerussite, smithsonite and bindhemite are also given in the paper.

Keywords: geocronite, boulangerite, X-ray powder diffraction data, chemical composition, Prachovice, Czech Republic

Obdrženo: 20. 11. 2017; přijato: 22. 12. 2017

Úvod

Rozsáhlý etážový činný lom Prachovice založený v paleozoických vápencích je jednou z nejzajímavějších mineralogických lokalit východočeského regionu. Je lokalizován mezi obcemi Prachovice a Vápenný Podol, zhruba 20 km jihozápadně od Pardubic v oblasti, kde již v 19. století probíhala rozsáhlá lomová těžba vápenců (obr. 1). Jednotlivé etáže činného lomu o současných rozměrech 1200 × 500 m jsou číslovány od I. - nejsvrchnější po VI. - nejnižší, přičemž je v současné době otevírána již VII. etáž.

V masivních světlých vápenopodolských vápencích jsou vyvinuty nepravidelné žíly hrubozrného kalcitu s četnými drúzovými dutinami (šířka od 10 cm do 2 m) s výplní krystalovaného kalcitu a jílových minerálů. Bílé, nažloutlé nebo narůžovělé krystaly někdy s povlaky limonitu dosahují velikosti až několika decimetrů a vytvářejí řadu krystalových tvarů a jejich spojek. Nejčastější jsou skalenoedry, spojky prizmatu s nízkým záporným klenecem nebo nízké klenče. Některé čiré partie výplně kalcitových žil mají charakter dvojlomného kalcitu (Pauliš 1998; Pařízek 2005). V roce 2000 byl při těžbě na VI. etáži otevřen systém krasových dutin o rozměrech prvních desítek metrů s masivní krystalovou kalcitovou výplní, některé krystaly dosahovaly velikosti až 0.5 m

Z ploch břidličnatosti černých grafitických břidlic na I. etáži lomu pocházely ojedinělé nálezy plochých trsů mo-

sazně žlutého milleritu (Horylová, Janák 1990). Vedle výskytu rutilu, záhněd, malachitu byl v asociaci s galenitem a sfaleritem ve vzorcích z VI. etáže zaznamenán i ojedinělý výskyt drátkovitého ryzího stříbra o velikosti pod 0.5 mm (Pauliš et al. 2008). Na hydrotermálních strukturách mezi III. a VI. etáží lomu byla zjištěna pozoruhodná V-U mineralizace (Sejkora et al. 2013), představovaná výskyt (para)montroseitu, sherwooditu, rossitu, metarossitu, pascoitu, melanovanaditu, tujamunitu, uraninitu, clausthalitu a nové Ca-Fe-V fáze. Na jediné puklině v mléčné bílých vápencích na V. etáži lomu byly zjištěny agregáty meneghinitu a boulangeritu v asociaci s galenitem a supergenním mimititem a cerusitem (Venclík et al. 2011).

Pravděpodobně nejvýznamnější výskyt sulfidické mineralizace na popisované lokalitě pochází z roku 1980, kdy byl na III. etáži lomu v hnízdech křemene v silně tektonicky postižených dolomitických vápencích zjištěn výskyt vzácného geokronitu v asociaci s galenitem, sfaleritem, hessitem, pyritem, arsenopyritem a supergenním cerusitem, bindheimitem a mimititem (Rezek, 1982; Rezek, Megarskaja 1986). Získání většího množství sulfidické mineralizace do sbírek Národního geoparku Železné hory z pozůstalosti pana M. Plocka, pocházejícího z nálezu v roce 1980, poskytlo možnost přistoupit k jejímu obsáhlejšímu výzkumu. Po zjištění převažujícího zastoupení dříve nepopisovaného (Rezek, 1982; Rezek, Megarskaja 1986) boulangeritu v mineralizaci, bylo do revizního



Obr. 1 Celkový pohled z letadla na lom Prachovice od severozápadu na jihovýchod; foto D. Smutek, 2012.

výzkumu zahrnuto i pět vzorků uložených jako „geokronit Prachovice“ ve sbírkách mineralogicko-petrologického oddělení Národního muzea (P1N 64822, 64823a,b, 66941, 111086), z nichž tři byly do sbírek předány K. Rezkem.

Geologická situace

Vápencové ložisko Prachovice o rozloze cca 3 × 0.3 km se nachází v úzké vápenopodolské synklinále přibližně v. - z. směru, která je součástí chrudimského staršího paleozoika (ordovik - spodní devon) (Mísař et al. 1983; Cháb et al. 2008; Chlupáč et al. 2011). Mezi hlavní zastoupené horniny patří černé fylitické břidlice s polohami siltových břidlic až siltovců ordovického stáří. Nejnižší část silurského souvrství tvoří slabě regionálně metamorfované anoxické graptolitové břidlice, konkordantně uložené na ordovických sedimentech, pak následují břidlice s vápencovými konkracemi a vložkami. Silurský sedimentační cy-



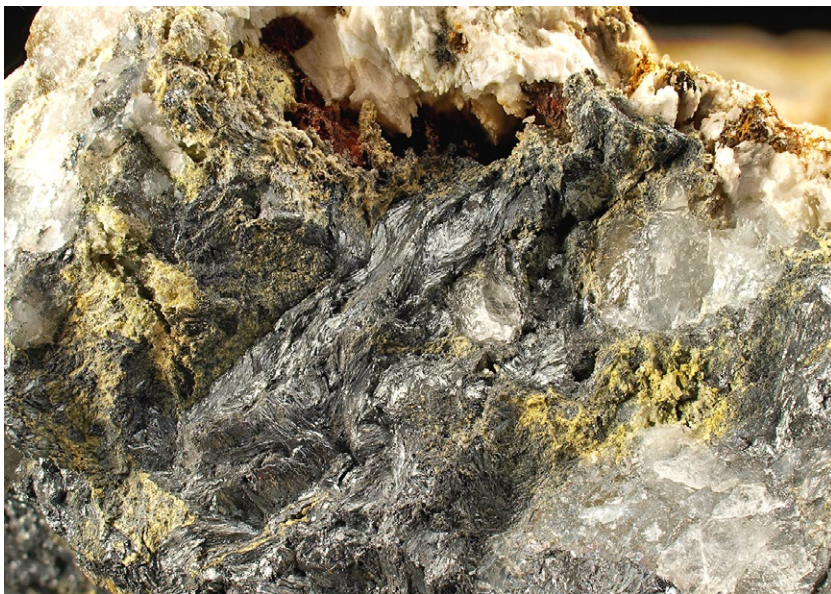
Obr. 2 Aproximovaný průběh polohy s lokálními výskyty akumulací křemene v lomu Prachovice v leteckém pohledu (D. Smutek) z roku 2017; v době nálezů sulfidické mineralizace v roce 1980 byl samozřejmě stupeň odkrytí ložiska výrazně nižší.



Obr. 3 Aproximovaný průběh polohy s lokálními výskyty akumulací křemene v lomu Prachovice v pohledu na VI. až IV. etáž lomu; foto D. Smutek (2017); v době nálezů sulfidické mineralizace v roce 1980 byl samozřejmě stupeň odkrytí ložiska výrazně nižší.



Obr. 4 Žilky a agregáty sulfidů (boulangerit s minoritním galenitem) v křemenné žilovině, Prachovice, šířka záběru 3.5 cm, foto V. Macháček.



klus zakončují tmavé, pyritem bohaté bitumenózní krinoidové vápence a břidlice prachovického souvrství (Chlupáč et al. 2002). V jejich nadloží vystupují spodnodedovské, světle krystalické vápenopodolské vápence o mocnosti do 200 m, které vyplňují jádro synklinály a jsou předmětem lomové těžby.

Horniny staršího paleozoika jsou postiženy epizonální regionální metamorfózou, silnou vrásovou a disjunktivní deformací. Vápenopodolská synklinála je překocena k jihu a její jižní křídlo je v tektonickém styku s lukavickou skupinou pláště železnohorského (nasavrckého) plutonického komplexu. Kromě směrných dislokací je sedimentární výplň synklinály porušena mladšími příčnými až kosými poruchami. Ve vápenopodolských vápencích byly při těžbě v lomu Prachovice místy zastíženy až 0.5 m mocné lamprofyrové žíly. Železnohorský plutonický komplex, vystupující jižně od vápenopodolské synklinály, je zastoupen nejmladším diferenciatem - křižanovickým granitem, patrně svrchnokarbonského stáří (Mísař et al. 1983; Cháb et al. 2008; Chlupáč et al. 2011). S magmatickou činností a pronikáním fluid do exokontaktní zóny mohou souviset i projevy rudní mineralizace, zjištěné v prachovickém lomu.

Metodika výzkumu

Nábrusy studovaných vzorků byly pro výzkum v odraženém světle a následné chemické analýzy připraveny standardním leštěním pomocí diamantové suspenze. Optické vlastnosti v odraženém světle byly studovány pomocí mikroskopu Nikon Eclipse ME600 s digitální kamerou Nikon DXM1200F.

Rentgenová prášková difrakční data byla získána pomocí práškového difraktometru Bruker D8 Advance

Obr. 5 Částečně zprohýbané vláknité agregáty boulangeritu v křemenné žilovině, Prachovice, šířka záběru 16 mm, foto V. Macháček.



Obr. 6 Jehlicovitě agregáty boulangeritu v křemenné žilovině, v pravé části obrázku srůstají agregáty boulangeritu s hnědým sfaleritem, Prachovice, šířka záběru 8 mm, foto V. Macháček.

(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-scan-

ning režimu (záznamy pro fázovou analýzu: krok 0.02°, načítací čas 1 s/krok detektoru; záznamy pro zpřesnění parametrů základní cely: krok 0.01°, načítací čas 8 s/krok detektoru, celkový čas experimentu cca 15 hod.). Pozice jednotlivých difrakčních maxim byly popsány profilovou

Tabulka 1 Rentgenová prášková data geokronitu z Prachovic

<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}	<i>h</i>	<i>k</i>	<i>l</i>	d_{obs}	I_{obs}	d_{calc}
1	3	0	6.363	7	6.360	2	5	-2	3.228	12	3.229	2	0	-4	2.1266	52	2.1267
0	3	1	6.140	6	6.139	0	10	0	3.197	100	3.198	2	13	0	2.0905	12	2.0899
0	4	1	5.478	6	5.473	2	6	0	3.180	53	3.180	0	13	2	2.0563	19	2.0575
1	0	1	4.496	6	4.498	0	6	2	3.069	69	3.070	3	10	0	2.0369	17	2.0367
2	0	-1	4.478	11	4.479	2	6	-2	3.061	93	3.062	2	14	0	1.9790	18	1.9789
1	1	1	4.444	5	4.454	2	7	0	2.993	86	2.993	0	14	2	1.9506	38	1.9513
1	6	-1	4.337	3	4.341	0	7	2	2.900	55	2.901	4	4	0	1.9234	9	1.9233
1	1	-2	4.214	9	4.216	2	7	-2	2.894	93	2.894	4	5	0	1.8932	21	1.8928
1	3	-2	3.956	8	3.950	2	8	0	2.814	41	2.814	4	6	0	1.8570	4	1.8573
1	7	-1	3.901	6	3.899	1	3	2	2.804	17	2.804	2	15	-2	1.8534	13	1.8521
2	2	0	3.846	28	3.847	1	9	1	2.791	15	2.788	2	10	2	1.8398	41	1.8395
0	0	2	3.752	4	3.755	0	8	2	2.737	15	2.737	4	10	-2	1.8350	34	1.8345
0	1	2	3.724	11	3.729	2	8	-2	2.731	33	2.731	0	4	4	1.8286	20	1.8277
2	3	0	3.714	76	3.715	2	9	0	2.645	12	2.645	4	4	-4	1.8212	13	1.8212
0	2	2	3.658	4	3.655	3	1	0	2.634	7	2.633	2	10	-4	1.7707	59	1.7708
2	2	-2	3.640	7	3.642	2	10	-1	2.602	4	2.603	0	7	4	1.7377	9	1.7365
2	4	0	3.546	79	3.551	2	10	0	2.4885	4	2.4885	4	7	-4	1.7310	17	1.7309
2	3	-2	3.528	48	3.530	0	10	2	2.4325	5	2.4345	2	17	0	1.6996	13	1.6992
0	4	2	3.397	72	3.399	1	11	-2	2.3995	19	2.3999	4	8	-4	1.6941	8	1.6941
2	4	-2	3.387	55	3.388	2	0	2	2.2490	83	2.2489	0	17	2	1.6814	8	1.6817
0	5	2	3.237	11	3.238	4	0	-2	2.2401	79	2.2397						

Tabulka 2 Parametry základní cely geokronitu (pro monoklinickou prostorovou grupu P2 $_1$ /m)

	tato práce	Birnie, Burnham (1976)	Biagioni et al. (2016)	Biagioni et al. (2016)	Biagioni et al. (2016)
<i>a</i> [Å]	8.978(1)	8.963(2)	8.9720(6)	8.9554(3)	8.9338(6)
<i>b</i> [Å]	31.975(4)	30.93(2)	31.954(2)	31.923(1)	31.891(3)
<i>c</i> [Å]	8.507(1)	8.500(2)	8.4886(6)	8.4937(3)	8.4720(8)
β [°]	118.02(1)	118.02(1)	117.964(4)	117.981(1)	117.943(1)
<i>V</i> [Å ³]	2156.0(9)	2147.5	2149.5(3)	2144.3(1)	2132.3(3)
As/(As+Sb)	0.34	0.46	0.42	0.53	0.63

Tabulka 3 Chemické složení geokronitu z Prachovic (hm. %)

	mean	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Pb	67.59	67.86	67.45	67.09	66.73	67.57	68.03	67.58	67.57	68.05	67.92	67.43	67.87	67.55
Sb	11.64	11.58	11.73	11.46	11.46	11.74	11.75	11.75	11.77	11.53	11.57	11.57	11.68	11.68
As	3.67	3.63	3.66	3.70	3.80	3.55	3.66	3.63	3.64	3.60	3.71	3.76	3.73	3.68
Se	0.16	0.15	0.15	0.17	0.15	0.10	0.18	0.19	0.14	0.16	0.18	0.19	0.12	0.15
S	17.30	17.30	17.26	17.19	17.19	17.19	17.43	17.36	17.59	17.45	17.17	17.35	17.28	17.18
Cl	0.04	0.03	0.04	0.03	0.05	0.04	0.04	0.02	0.07	0.04	0.06	0.05	0.04	0.04
total	100.40	100.55	100.29	99.64	99.38	100.19	101.09	100.53	100.78	100.83	100.61	100.35	100.72	100.28
Pb	13.839	13.898	13.832	13.835	13.762	13.906	13.832	13.811	13.698	13.865	13.931	13.780	13.879	13.882
Sb	4.054	4.036	4.093	4.022	4.022	4.112	4.066	4.086	4.061	3.998	4.039	4.024	4.065	4.085
As	2.080	2.056	2.076	2.110	2.167	2.020	2.058	2.052	2.041	2.028	2.104	2.125	2.109	2.091
Sb+As	6.134	6.092	6.169	6.132	6.189	6.132	6.124	6.138	6.101	6.026	6.143	6.148	6.174	6.176
Se	0.084	0.081	0.081	0.092	0.081	0.054	0.096	0.102	0.074	0.086	0.097	0.102	0.064	0.081
S	22.892	22.894	22.871	22.906	22.908	22.860	22.900	22.925	23.043	22.975	22.757	22.910	22.834	22.813
Cl	0.051	0.036	0.048	0.036	0.060	0.048	0.048	0.024	0.083	0.048	0.072	0.060	0.048	0.048
Σ	23.027	23.011	22.999	23.034	23.049	22.962	23.044	23.051	23.200	23.108	22.926	23.072	22.946	22.942
As/(As+Sb)	0.34	0.34	0.34	0.34	0.35	0.33	0.34	0.33	0.33	0.34	0.34	0.35	0.34	0.34

Mean - průměr 13 bodových analýz; koeficienty empirického vzorce počítány na bázi 43 apfu.

funkcí Pseudo-Voigt a upřesněny profilovým fitováním v programu HighScore Plus. Mřížkové parametry byly vy-
přesněny metodou nejmenších čtverců pomocí programu
Celref (Laugier, Bochu 2004).

Chemické složení primárních minerálů bylo kvanti-
tativně studováno pomocí elektronového mikroanalyzá-
toru Cameca SX100 (Národní muzeum, Praha, analytik
J. Sejkora) za podmínek: vlnově disperzní analýza, na-
pětí 25 kV, proud 20 nA, průměr svazku 2 μ m, použité
standarty: Ag (AgLa), Au (AuMa), Bi₂Se₃ (BiM β), CdTe
(CdLa), Co (CoKa), CuFeS₂ (CuKa, SKa), FeS₂ (FeKa),
HgTe (HgLa), InAs (InLa), Mn (MnKa), NaCl (ClKa),
NiAs (AsL β), Ni (NiKa), PbS (PbMa), PbSe (SeL β), PbTe
(TeLa), Sb₂S₃ (SbLa), Sn (SnLa) a ZnS (ZnKa). Chemické
složení smithsonitu a bindheimitu bylo kvantitativně stu-
dováno pomocí elektronového mikroanalyzátoru Cameca
SX100 (Masarykova univerzita, Brno, analytik J. Sejkora,
R. Škoda) za podmínek: vlnově disperzní analýza, na-
pětí 15 kV, proud 4 nA, průměr svazku 10 μ m, použité
standarty: albit (NaKa), almandin (FeKa), Cd (CdLa),
fluorapatit (PKa, Ca Ka), gahnit (ZnKa), lammerit (CuKa),
Mg₂SiO₄ (MgKa), sanidin (SiKa, KKa, AlKa), spessartin
(MnKa), SrSO₄ (SKa) a vanadinit (PBMa, ClKa). Obsahy
analyzovaných prvků, které nejsou zahrnuty v tabulkách,
byly kvantitativně stanoveny, ale zjištěné obsahy byly pod
detekčním limitem (cca 0.03 - 0.08 hm. % pro jednotlivé
prvky). Získaná data byla korigována za použití software
PAP (Pouchou, Pichoir 1985).

Charakteristika sulfidické mineralizace

Sulfidická mineralizace byla v roce 1980 odkryta na
III. etáži lomu v akumulacích křemene, které jsou ulo-
ženy v dolomitických vápencích (Rezek, Megarskaja
1986). Růžově zbarvené dolomitické vápence až do-
lomity jsou vázány na silně tektonicky postižené partie
světlych vápenců. Podle Röhlich a Cmuntové (1967) je
pravděpodobné, že dolomitizace probíhala v návaznosti
na tektonických pochodech. V místech výskytu sulfidické
mineralizace bylo možné dolomitizaci vápenců sledovat
v délce několika metrů a měla směr zhruba Z - V (Re-
zek, Megarskaja 1986). Akumulace křemene jsou místy
lemovány vrstvou tmavošedých vápenných břidelic s brek-
ciovitou texturou. Sulfidické zrudnění bylo pozorováno
jen v malé části křemenných akumulací, převážná část
akumulací zrudněna nebyla (Rezek, Megarskaja 1986).
Vzhledem k tomu, že výskytu křemene představují vysoce
nežádoucí příměs při těžbě cementárenských vápenců,
jsou při plánování a přípravě těžby detailně vyhledáva-
ny a dokumentovány. Podle této dokumentace se oblast
s výskytu nepravidelných akumulací křemene vyskytuje
v severozápadní části lomu (obr. 2), má šířku cca 1 - 3 m
a zachycena byla v rozmezí III. až VI. etáže lomu (obr. 3).

Sulfidická mineralizace vystupuje na trhlinách a po-
ruchách křemene v lokálně bohatých agregátech s žilko-
vitou až síťovitou texturou. Mocnost žilek sulfidů je obvyk-
le kolem 1 cm, v místech jejich křížení mohou být vyvinuty
agregáty sulfidů (obr. 4) o velikosti až 4 × 4 cm.

Tabulka 4 Rentgenová prášková data boulangeritu z Prachovic

<i>h</i>	<i>k</i>	<i>l</i>	<i>d_{obs}</i>	<i>l_{obs}</i>	<i>d_{calc}</i>	<i>h</i>	<i>k</i>	<i>l</i>	<i>d_{obs}</i>	<i>l_{obs}</i>	<i>d_{calc}</i>	<i>h</i>	<i>k</i>	<i>l</i>	<i>d_{obs}</i>	<i>l_{obs}</i>	<i>d_{calc}</i>
2	2	0	7.874	<1	7.884	0	5	3	2.3084	6	2.3079	12	2	0	1.7500	5	1.7500
3	1	0	6.766	3	6.779	3	9	1	2.3034	1	2.3028	9	5	2	1.7465	1	1.7467
1	2	1	6.052	7	6.032	6	7	1	2.2511	1	2.2512	-11	5	2	1.7448	3	1.7451
4	2	0	4.829	3	4.839	-2	6	3	2.2181	1	2.2181	1	6	4	1.7416	1	1.7420
1	5	0	4.588	2	4.596	-9	2	2	2.1779	2	2.1791	-4	10	3	1.7354	1	1.7352
4	3	0	4.389	6	4.397	-4	6	3	2.1482	13	2.1485	-3	13	1	1.7291	7	1.7299
5	1	0	4.172	1	4.180	9	2	1	2.1196	6	2.1200	10	2	2	1.7249	1	1.7241
-4	3	1	4.125	1	4.125	10	1	0	2.1148	1	2.1150	4	13	0	1.7143	2	1.7138
-1	1	2	3.986	5	3.984	-2	7	3	2.1000	7	2.1002	-9	9	2	1.6918	1	1.6914
1	5	1	3.912	24	3.911	-6	5	3	2.0951	1	2.0946	11	7	0	1.6729	2	1.6743
-5	2	1	3.851	15	3.849	10	3	0	2.0510	7	2.0498	-13	1	1	1.6578	2	1.6580
-3	1	2	3.727	100	3.728	-8	2	3	2.0451	1	2.0459	-7	6	4	1.6536	2	1.6540
2	5	1	3.674	23	3.670	2	7	3	1.9874	<1	1.9876	9	1	3	1.6145	<1	1.6148
-3	5	1	3.667	1	3.668	-8	8	1	1.9774	<1	1.9778	0	0	5	1.5887	<1	1.5887
4	5	0	3.523	5	3.522	-8	7	2	1.9672	1	1.9668	10	9	1	1.5701	1	1.5698
3	6	0	3.436	17	3.432	10	0	1	1.9623	1	1.9626	4	13	2	1.5404	1	1.5404
-5	4	1	3.350	<1	3.349	10	1	1	1.9559	1	1.9558	2	0	5	1.5303	<1	1.5302
1	7	0	3.316	23	3.322	7	6	2	1.9325	2	1.9322	5	14	1	1.5146	1	1.5145
6	3	0	3.219	53	3.226	4	6	3	1.9260	4	1.9263	-11	8	3	1.4853	2	1.4845
6	0	1	3.026	44	3.030	-6	7	3	1.9207	8	1.9201	2	4	5	1.4814	1	1.4810
-5	3	2	2.969	38	2.974	-5	2	4	1.9162	1	1.9168	-7	12	3	1.4666	3	1.4666
-7	3	1	2.824	49	2.825	8	5	2	1.8710	5	1.8710	3	3	5	1.4655	1	1.4658
-7	4	1	2.692	24	2.692	-6	2	4	1.8648	9	1.8642	2	5	5	1.4550	<1	1.4553
-2	2	3	2.621	<1	2.622	8	9	0	1.8628	1	1.8631	-1	16	1	1.4467	<1	1.4466
-1	7	2	2.584	10	2.585	7	10	0	1.8599	<1	1.8598	-12	3	4	1.4382	1	1.4383
1	2	3	2.510	3	2.510	-9	4	3	1.8522	<1	1.8516	-14	1	3	1.4342	1	1.4336
2	1	3	2.4504	2	2.4506	5	6	3	1.8376	1	1.8379	-14	2	3	1.4257	1	1.4257
-8	0	2	2.4237	1	2.4248	-1	6	4	1.7903	3	1.7905	14	6	0	1.4150	1	1.4148
-8	2	2	2.3750	2	2.3749	3	11	2	1.7825	1	1.7820	-4	8	5	1.4099	1	1.4098
8	2	1	2.3422	15	2.3402	7	10	1	1.7666	14	1.7667	1	8	5	1.3802	1	1.3803
-9	2	1	2.3376	2	2.3385	-12	3	1	1.7540	4	1.7541	15	4	0	1.3770	1	1.3764
-8	3	2	2.3173	3	2.3167	9	9	0	1.7519	1	1.7520	7	8	4	1.3621	1	1.3616

Geokronit byl popisován (Rezek, Megarskaja 1986) spolu s galenitem jako převažující součást sulfidické mineralizace. Nové výzkumy tento závěr nepotvrdily, jako zcela převažující součást mineralizace byl vedle galenitu určen boulangerit. Výskyt geokronitu byl potvrzen pouze na jediném muzejním vzorku (P1N 64823a), na kterém vystupuje také boulangerit bez přímého kontaktu s geokronitem. Geokronit vytváří kovově šedé agregáty o velikosti do 1 cm bez zřetelně vláknitého charakteru, které lokálně zatlačují starší galenit. V odraženém světle je anizotropní, bez patrných vnitřních reflexů a vykazuje charakteristické polysyntetické lamelování. Rentgenová prášková data geokronitu (tab. 1) dobře odpovídají publikovaným údajům pro tuto minerální fázi i teoretickému záznamu vypočtenému z krystalových strukturálních dat (Birnie, Burnham 1976). Při porovnání hodnot zpřesněných parametrů minerálů izomorfní řady geokronit - jordanit (tab. 2) je zřejmé snižování objemu základní cely se vzrůstajícím obsahem As. Chemické složení nově studovaného vzorku geokronitu je uvedeno v tabulce 3. Zjištěné obsahy As (poměr As/(As+Sb) v rozmezí 0.33 - 0.35) jsou zřetelně vyšší než hodnoty 0.24 - 0.27 vypočtené z dat publikovaných v práci Rezek, Megarskaja (1986) a odpovídají analýzám uváděným pro členy izomorfní řady geokronit - jordanit (Birnie, Burnham 1976; Biagioni et al. 2016). V aniontové části vzorce je síra minoritně zastupována Se (do 0.10 apfu) a Cl (do 0.09 apfu). Průměrné složení (13 bodových analýz) nově studovaného vzorku lze na bázi 43 apfu vyjádřit empirickým vzorcem $Pb_{13.84}(Sb_{4.05}As_{2.08})_{26.13}(S_{22.89}Se_{0.08}Cl_{0.05})_{23.02}$.

Boulangerit byl v nově studovaném materiálu odebraném v roce 1980 panem M. Plockem zjištěn jako velmi hojná část mineralizace. Vytváří samostatné, zřetelně vláknité a místy zprohýbané agregáty o velikosti až 2 × 2 cm (obr. 5), vzácněji byly pozorovány i agregáty jehlicovitých krystalů boulangeritu v křemenné žilovině o délce do 5 mm (obr. 6). Boulangerit také často vystupuje ve srůstech s mladším galenitem a sfaleritem jako součást až 4 × 4 cm velkých agregátů. V analogické formě byl boulangerit ověřen i na všech pěti vzorcích z muzejních sbírek (P1N 64822, 64823a,b, 66941, 111086). V odraženém světle je výrazně anizotropní, bez pozorovatelných vnitřních reflexů. Rentgenová prášková data boulangeritu (tab. 4) velmi dobře odpovídají publikovaným údajům pro tuto minerální fázi i teoretickému záznamu vypočtenému z krystalové struktury (Mumme 1989), zpřesněné parametry jeho základní cely jsou v tabulce 5 porovnány s publikovanými údaji. Při studiu chemického složení boulangeritu

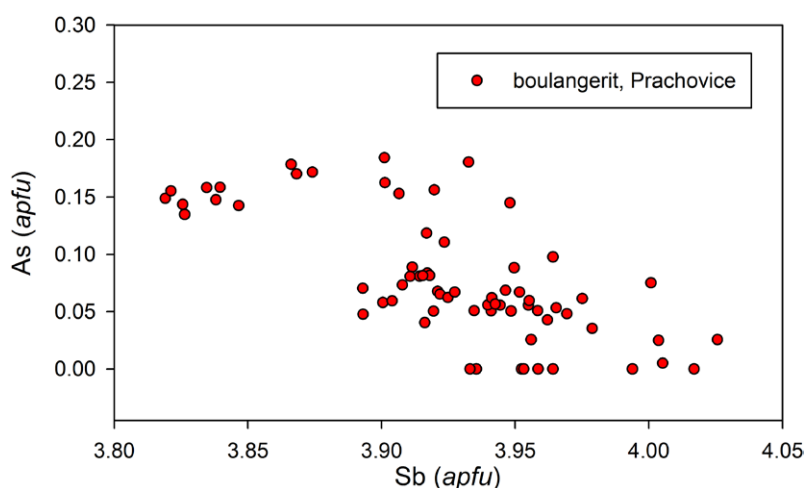
Tabulka 5 Parametry základní cely boulangeritu (pro monoklinickou prostorovou grupu P2₁/a)

	tato práce	Mumme (1989)
a [Å]	21.612(2)	21.612(7)
b [Å]	23.540(3)	23.543(8)
c [Å]	8.0844(9)	8.084(3)
β [°]	100.70(8)	100.71(2)
V [Å ³]	4041.3(8)	4041.58

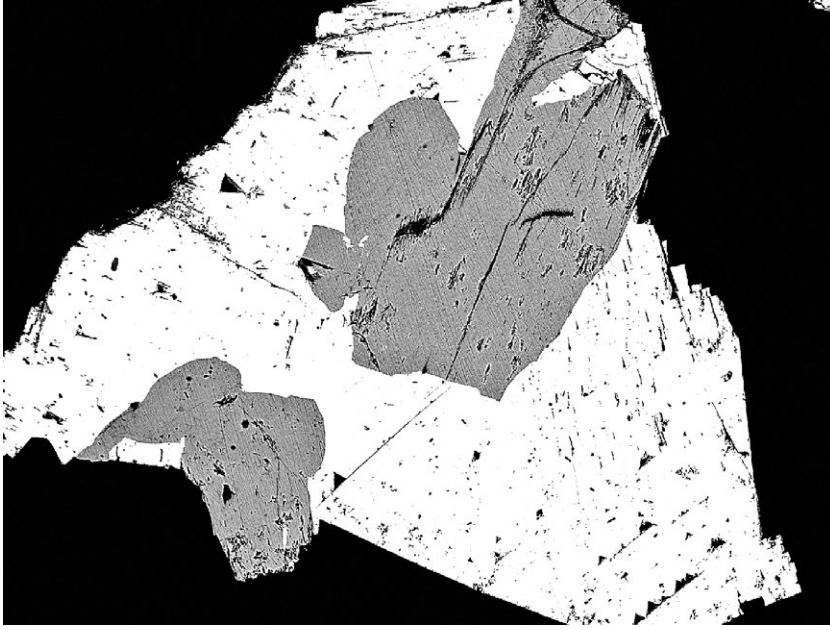
Tabulka 6 Chemické složení boulangeritu z Prachovic (hm. %)

	mean	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Pb	54.51	55.13	55.06	54.95	55.44	55.27	54.48	55.02	55.34	54.85	54.53	55.36	54.96	55.00
Sb	25.48	26.04	26.05	26.17	26.15	26.02	25.65	25.91	25.36	25.24	25.03	25.31	25.17	25.10
As	0.31	0.00	0.00	0.00	0.10	0.23	0.24	0.27	0.44	0.47	0.60	0.61	0.63	0.68
Se	0.13	0.10	0.15	0.19	0.12	0.18	0.13	0.14	0.00	0.14	0.14	0.11	0.11	0.27
S	18.80	19.37	18.68	19.34	18.80	19.14	19.22	18.98	18.56	18.53	19.14	18.56	19.21	18.61
Cl	0.05	0.08	0.04	0.07	0.05	0.05	0.05	0.05	0.06	0.02	0.04	0.03	0.04	0.05
total	99.29	100.72	99.98	100.72	100.66	100.89	99.77	100.37	99.76	99.25	99.48	99.98	100.12	99.71
Pb	4.936	4.893	4.989	4.877	4.988	4.921	4.872	4.931	5.031	5.002	4.889	5.021	4.903	4.981
Sb	3.925	3.933	4.017	3.952	4.004	3.943	3.904	3.952	3.923	3.917	3.819	3.907	3.821	3.868
As	0.079	0.000	0.000	0.000	0.025	0.057	0.059	0.067	0.111	0.119	0.149	0.153	0.155	0.170
Se	0.031	0.023	0.036	0.044	0.028	0.042	0.031	0.033	0.000	0.033	0.033	0.026	0.026	0.064
S	11.001	11.109	10.937	11.091	10.929	11.012	11.108	10.991	10.903	10.919	11.089	10.877	11.074	10.890
Cl	0.028	0.041	0.021	0.036	0.026	0.026	0.026	0.026	0.032	0.011	0.021	0.016	0.021	0.026

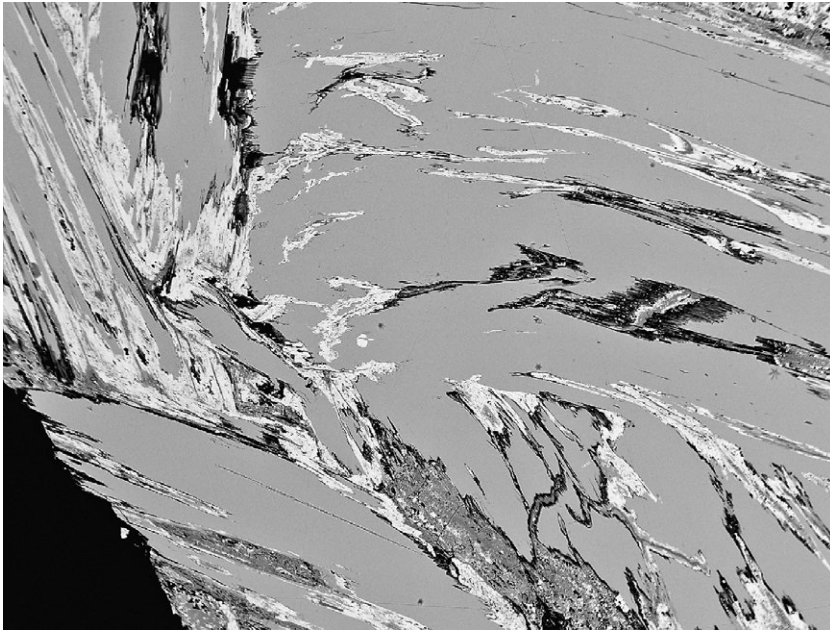
Mean - průměr 68 bodových analýz; 1- 13 reprezentativní bodové analýzy; koeficienty empirického vzorce počítány na bázi 20 apfu.



Obr. 7 Graf obsahu Sb vs As (apfu) pro boulangerit z Prachovic.



Obr. 8 Krystaly boulangeritu (šedý) obrůstané mladším galenitem, Prachovice, šířka záběru 800 µm, BSE foto J. Sejkora.

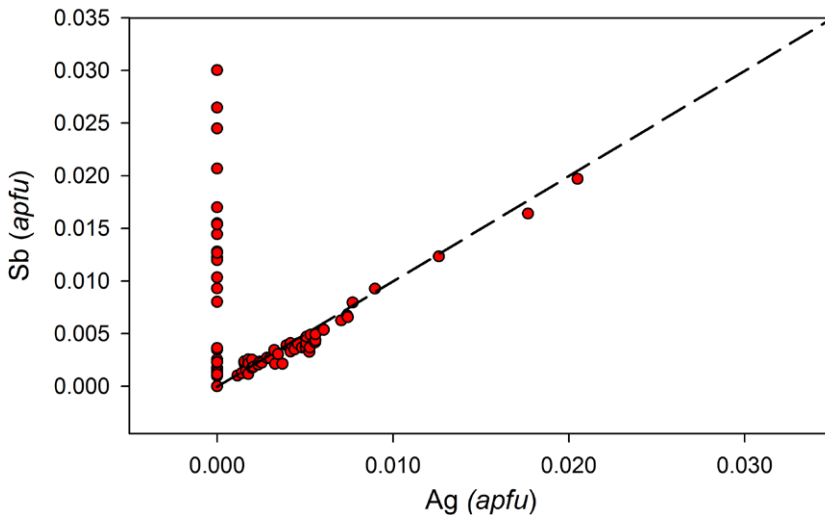


(tab. 6) byly zjištěny minoritní obsahy As (do 0.18 *apfu*), který jen nevýrazně negativně koreluje s obsahy Sb (obr. 7). V aniontu vedle síry vystupují i minoritní obsahy Se (do 0.06 *apfu*) a Cl (do 0.05 *apfu*). Průměrné složení boulangeritu (68 bodových analýz) lze na bázi 20 *apfu* vyjádřit empirickým vzorcem $Pb_{4.94}(Sb_{3.93}As_{0.08})_{\Sigma 4.01}(S_{11.00}Se_{0.03}Cl_{0.03})_{\Sigma 11.06}$.

Galenit je ve studované asociaci nejhojnějším rudním minerálem, vytváří až několik cm velké, drobně zrnité agregáty v asociaci se boulangeritem (obr. 8) a sfaleritem. Místy byl zjištěn i jako zrna mezi tektonicky deformovanými staršími jehlicemi boulangeritu (obr. 9). V odraženém světle je bělošedý, izotropní. Podle zjištěných minoritních obsahů Ag a Sb (tab. 7, obr. 10) je možno vyčlenit dva typy galenitu. V hojnějším typu je dominantní substituce $(Ag+Sb) \rightarrow 2Pb$ se zjištěnými obsahy Ag a Sb do 0.02 *apfu*. Pro vzácnější typ galenitu bez obsahu Ag je pravděpodobně dominantním typem substituce $2Sb+\square \rightarrow 3Pb$ (George et al. 2015) s obsahy Sb do 0.03 *apfu* (obr. 10). V aniontu obou typů galenitu pak minoritně vystupuje Se a Cl (do 0.01 *apfu*).

Sfalerit vytváří hojná hnědočervená štěpná až několik cm velká zrna v asociaci s boulangeritem a galenitem. V odraženém světle je izotropní a vykazuje velmi výrazné hnědočervené vnitřní reflexy. Při studiu jeho chemického složení (tab. 8) byly zjištěny pravidelné minoritní obsahy Fe (0.04 - 0.09 *apfu*) a Cd (0.01 - 0.02 *apfu*), jeho empirický vzorec (průměr 27 bodových analýz) lze vyjádřit na bázi 2 *apfu* jako $(Zn_{0.90}Fe_{0.08}Cd_{0.01})_{\Sigma 0.99}S_{1.01}$.

Arsenopyrit byl ve studované asociaci zjištěn jen ojediněle jako mikroskopická idiomorfne omezená zrna o velikosti do 150 µm v asociaci se sfaleritem a galenitem.



Obr. 9 Galenit (bílý) obrůstající tektonicky deformované krystaly boulangeritu (šedý), galenit je částečně alterovaný supergenním cerusitem (tmavě šedý), Prachovice, šířka záběru 1200 µm, BSE foto J. Sejkora.

Obr. 10 Graf obsahu Ag vs Sb (*apfu*) v galenitu z Prachovic, přerušovaná čarou vyznačena ideální izomorfie $(Ag+Sb) \rightarrow 2Pb$.

Tabulka 7 Chemické složení galenitu z Prachovic (hm. %)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Ag	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.07	0.09	0.17	0.19	0.24	0.33	0.58	0.94
Pb	86.13	84.90	87.31	85.99	84.96	84.90	86.71	85.75	86.23	85.61	86.19	85.29	85.93	83.30
Sb	0.05	0.41	0.49	1.07	1.36	0.05	0.11	0.09	0.11	0.21	0.17	0.33	0.64	1.02
Se	0.00	0.40	0.19	0.24	0.13	0.34	0.24	0.37	0.30	0.34	0.33	0.14	0.49	0.30
S	13.87	13.40	13.99	13.47	13.42	13.73	13.26	13.89	13.64	13.51	13.59	13.94	13.51	13.65
Cl	0.07	0.08	0.06	0.11	0.09	0.03	0.04	0.06	0.06	0.08	0.06	0.03	0.00	0.07
total	100.12	99.19	102.04	100.88	99.96	99.11	100.43	100.26	100.51	99.94	100.58	100.05	101.15	99.28
Ag	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.002	0.002	0.004	0.004	0.005	0.007	0.013	0.020
Pb	0.977	0.978	0.973	0.976	0.972	0.971	0.999	0.968	0.980	0.978	0.980	0.963	0.973	0.945
Sb	0.001	0.008	0.009	0.021	0.026	0.001	0.002	0.002	0.002	0.004	0.003	0.006	0.012	0.020
Se	0.000	0.012	0.006	0.007	0.004	0.010	0.007	0.011	0.009	0.010	0.010	0.004	0.015	0.009
S	1.017	0.997	1.008	0.988	0.992	1.015	0.987	1.013	1.001	0.998	0.998	1.017	0.988	1.001
Cl	0.005	0.005	0.004	0.007	0.006	0.002	0.003	0.004	0.004	0.005	0.004	0.002	0.000	0.005

1 - 14 reprezentativních bodových analýz z celkem 77 změřených; koeficienty empirického vzorce počítány na bázi 2 apfu.

Tabulka 8 Chemické složení sfaleritu z Prachovic (hm. %)

	mean	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Fe	4.66	2.38	3.90	3.98	3.96	4.01	4.04	4.71	4.72	4.78	4.75	5.06	5.14	5.15
Cd	1.50	1.30	1.27	1.28	1.30	1.31	1.27	1.89	1.83	1.89	1.89	1.20	1.31	1.22
Zn	60.31	62.82	61.27	61.68	61.34	61.42	60.59	61.32	61.21	61.21	61.01	59.07	58.95	59.11
S	33.38	33.06	33.19	33.18	32.92	33.39	32.90	34.03	33.85	34.05	33.60	33.25	33.33	32.90
total	99.85	99.56	99.63	100.12	99.52	100.13	98.80	101.95	101.61	101.93	101.25	98.58	98.73	98.38
Fe	0.081	0.042	0.068	0.069	0.069	0.070	0.071	0.080	0.081	0.081	0.082	0.089	0.090	0.091
Cd	0.013	0.011	0.011	0.011	0.011	0.011	0.011	0.016	0.016	0.016	0.016	0.010	0.011	0.011
Zn	0.896	0.939	0.913	0.916	0.917	0.910	0.910	0.893	0.895	0.891	0.896	0.885	0.882	0.889
Σ	0.989	0.992	0.992	0.996	0.997	0.991	0.992	0.989	0.991	0.989	0.994	0.984	0.983	0.991
S	1.011	1.008	1.008	1.004	1.003	1.009	1.008	1.011	1.009	1.011	1.006	1.016	1.017	1.009

Mean - průměr 27 bodových analýz, 1 - 13 vybrané bodové analýzy; koeficienty empirického vzorce počítány na bázi 2 apfu.

Tabulka 9 Chemické složení arzenopyritu z Prachovic (hm. %)

	mean	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Fe	34.98	35.26	34.11	35.24	35.37	34.61	34.48	35.74	35.18	35.19	34.51	34.76	35.35
Co	0.30	0.55	0.42	0.19	0.26	0.23	0.70	0.11	0.07	0.06	0.74	0.15	0.07
Zn	0.43	0.45	0.33	0.08	0.29	0.79	0.46	0.08	0.27	0.41	0.47	0.98	0.49
As	42.43	41.61	41.78	42.00	42.08	42.24	42.45	42.46	42.62	42.65	42.75	43.12	43.40
Te	0.79	0.48	1.37	0.40	0.47	1.36	1.17	0.40	0.42	0.35	1.18	1.50	0.32
S	21.64	22.38	20.85	22.14	22.08	21.22	21.62	22.28	21.51	21.67	21.30	21.09	21.56
total	100.56	100.73	98.86	100.05	100.55	100.45	100.88	101.07	100.07	100.33	100.95	101.60	101.19
Fe	0.997	0.995	0.995	1.002	1.002	0.993	0.982	1.006	1.006	1.003	0.986	0.991	1.002
Co	0.007	0.014	0.011	0.005	0.006	0.006	0.018	0.003	0.002	0.002	0.019	0.004	0.002
Zn	0.010	0.011	0.008	0.002	0.007	0.019	0.011	0.002	0.007	0.010	0.011	0.024	0.012
Σ	1.015	1.019	1.014	1.009	1.016	1.018	1.011	1.011	1.015	1.014	1.016	1.018	1.015
As	0.901	0.875	0.909	0.890	0.889	0.904	0.902	0.891	0.909	0.906	0.910	0.916	0.917
Te	0.010	0.006	0.017	0.005	0.006	0.017	0.015	0.005	0.005	0.004	0.015	0.019	0.004
S	1.074	1.100	1.060	1.096	1.090	1.061	1.073	1.093	1.072	1.076	1.060	1.047	1.064

Mean - průměr 12 bodových analýz; koeficienty empirického vzorce počítány na bázi 3 apfu.

Tabulka 10 Chemické složení pyritu z Prachovic (hm. %)

	mean	1	2	3	4	5	6
Fe	47.07	47.05	47.01	47.28	47.10	47.13	46.86
As	0.66	0.39	0.59	0.71	0.71	0.73	0.84
S	52.62	53.06	52.83	52.50	52.58	52.56	52.19
total	100.35	100.50	100.43	100.49	100.39	100.42	99.89
Fe	1.014	1.010	1.011	1.019	1.015	1.016	1.016
As	0.011	0.006	0.009	0.011	0.011	0.012	0.014
S	1.975	1.984	1.979	1.970	1.974	1.973	1.971

Mean - průměr 6 bodových analýz; koeficienty empirického vzorce počítány na bázi 3 *apfu*.

Tabulka 11 Rentgenová prášková data anglesitu z Prachovic

<i>h</i>	<i>k</i>	<i>l</i>	<i>d_{obs}</i>	<i>I_{obs}</i>	<i>d_{calc}</i>	<i>h</i>	<i>k</i>	<i>l</i>	<i>d_{obs}</i>	<i>I_{obs}</i>	<i>d_{calc}</i>	<i>h</i>	<i>k</i>	<i>l</i>	<i>d_{obs}</i>	<i>I_{obs}</i>	<i>d_{calc}</i>
0	1	1	4.265	67	4.265	0	2	0	2.700	36	2.699	4	1	0	1.9717	12	1.9727
2	0	0	4.235	33	4.239	3	0	1	2.615	10	2.618	3	0	3	1.7908	15	1.7926
1	1	1	3.810	44	3.810	2	1	2	2.4057	11	2.4068	0	3	1	1.7417	4	1.7420
2	0	1	3.618	20	3.620	2	2	0	2.2762	16	2.2767	1	0	4	1.7047	7	1.7037
0	0	2	3.479	35	3.478	2	2	1	2.1640	16	2.1637	5	1	1	1.5765	6	1.5755
2	1	0	3.333	76	3.334	1	1	3	2.0670	55	2.0664	3	2	3	1.4930	7	1.4933
1	0	2	3.217	63	3.218	3	1	2	2.0314	26	2.0319	1	2	4	1.4410	4	1.4407
2	1	1	3.007	100	3.006	4	0	1	2.0271	35	2.0273	6	1	0	1.3675	3	1.3668
1	1	2	2.763	28	2.764												

Tabulka 12 Parametry základní cely anglesitu (pro ortorombickou prostorovou grupu *Pnma*)

	tato práce	Karanović et al. (1999)	Downs (2006)	Števková, Malíková (2014)
<i>a</i> [Å]	8.4773(16)	8.48040(8)	8.4739(4)	8.477(1)
<i>b</i> [Å]	5.3980(9)	5.39864(5)	5.3958(2)	5.3863(10)
<i>c</i> [Å]	6.9568(14)	6.96023(7)	6.9543(4)	6.9563(9)
<i>V</i> [Å ³]	318.4(1)	318.66	317.98(2)	317.63(9)

Tabulka 13 Rentgenová prášková data cerusitu z Prachovic

<i>h</i>	<i>k</i>	<i>l</i>	<i>d_{obs}</i>	<i>I_{obs}</i>	<i>d_{calc}</i>	<i>h</i>	<i>k</i>	<i>l</i>	<i>d_{obs}</i>	<i>I_{obs}</i>	<i>d_{calc}</i>	<i>h</i>	<i>k</i>	<i>l</i>	<i>d_{obs}</i>	<i>I_{obs}</i>	<i>d_{calc}</i>
1	1	0	4.425	16	4.425	0	4	1	2.0074	11	2.0078	1	5	1	1.5614	5	1.5619
0	2	0	4.250	13	4.249	2	0	2	1.9818	14	1.9803	0	0	4	1.5357	4	1.5351
1	1	1	3.592	100	3.590	1	3	2	1.9332	20	1.9319	3	0	2	1.5038	3	1.5057
0	2	1	3.495	58	3.494	2	1	2	1.9285	5	1.9287	3	1	2	1.4831	2	1.4826
0	0	2	3.071	27	3.070	1	1	3	1.8596	14	1.8577	1	0	4	1.4718	4	1.4719
0	1	2	2.890	12	2.887	0	2	3	1.8448	7	1.8440	1	1	4	1.4495	2	1.4503
1	0	2	2.643	2	2.642	2	2	2	1.7962	3	1.7950	1	4	3	1.4165	1	1.4178
2	0	0	2.592	16	2.592	0	4	2	1.7479	2	1.7471	2	5	1	1.3838	1	1.3847
0	3	1	2.573	10	2.572	3	1	0	1.6937	2	1.6930	0	6	1	1.3804	1	1.3802
1	1	2	2.524	18	2.522	2	4	0	1.6429	1	1.6430	3	3	2	1.3302	3	1.3295
0	2	2	2.4862	28	2.4885	0	5	1	1.6385	1	1.6381	0	5	3	1.3068	3	1.3076
1	3	1	2.3082	<1	2.3041	3	1	1	1.6330	6	1.6321	1	3	4	1.3056	3	1.3061
2	2	0	2.2126	8	2.2125	2	3	2	1.6225	1	1.6231	3	1	3	1.3039	1	1.3046
0	4	0	2.1249	4	2.1246	1	5	0	1.6153	1	1.6151	0	6	2	1.2867	1	1.2861
0	3	2	2.0817	29	2.0820	2	4	1	1.5850	5	1.5872	1	5	3	1.2685	2	1.2679

Tabulka 14 Parametry základní cely cerusitu (pro ortorombickou prostorovou grupu *Pmca*)

	tato práce	Chevrier et al. (1992)	Števková, Malíková (2014)	Števková et al. (2015)
<i>a</i> [Å]	5.1830(9)	5.179(1)	5.174(1)	5.189(1)
<i>b</i> [Å]	8.4984(14)	8.492(3)	8.478(2)	8.507(2)
<i>c</i> [Å]	6.1403(10)	6.141(2)	6.135(1)	6.152(1)
<i>V</i> [Å ³]	270.5(1)	270.08	269.1(1)	271.56(9)

Pro jeho chemické složení (tab. 9) jsou charakteristické minoritní obsahy Co a Zn (do 0.02 *apfu*), v aniontu se projevuje mírný deficit As (0.88 - 0.92 *apfu*) doprovázený zvýšenými obsahy S (1.05 - 1.10 *apfu*) a velmi neobvyklým minoritním zastoupením Te (do 0.02 *apfu*). Empirický vzorec arzenopyritu (průměr 12 bodových analýz) lze na bázi 3 *apfu* vyjádřit jako $(\text{Fe}_{0.99}\text{Co}_{0.01}\text{Zn}_{0.01})_{\Sigma 1.01}\text{As}_{0.90}(\text{S}_{1.07}\text{Te}_{0.01})_{\Sigma 1.08}$.

K relativně vzácným minerálům v asociaci náleží **pyrit**, který vytváří nepravidelná až částečně omezená zrna o velikosti do 70 μm . Jeho chemické složení (tab. 10) je jednoduché, zjištěny byly jen minoritní obsahy As v rozmezí 0.006 - 0.014 *apfu*; jeho chemické složení (průměr šesti bodových analýz) lze na bázi 2 *apfu* vyjádřit empirickým vzorcem $\text{Fe}_{1.01}(\text{S}_{1.98}\text{As}_{0.01})_{\Sigma 1.99}$.

Zjištěná supergenní mineralizace

Nově studované vzorky odebrané v roce 1980 panem M. Plockem jsou lokálně velmi výrazně postiženy supergenní přeměnou; zvětváním jsou nejvíce narušeny agregáty sfaleritu za vzniku dutin o velikosti až 2 × 2 cm a menší míře i galenitu; agregáty boulangeritu jsou supergenními přeměnami postiženy relativně nejméně.

Anglesit spolu s cerusitem zatlačuje zrnité agregáty galenitu, zjištěn byl také samostatně nebo ve směsi s cerusitem a *limonitem* jako součást rezavě zbarvených agregátů v dutinách po vyvětralých primárních sulfidech (obr. 11). Rentgenová prášková data anglesitu (tab. 11) dobře odpovídají publikovaným údajům pro tuto minerální fázi i teoretickému záznamu vypočtenému z krystalových strukturálních dat (Karanović et al. 1999). Zpřesněné parametry jeho základní cely jsou v tabulce 12 porovnány s publikovanými údaji pro anglesit.

Obr. 12 Šedobílý idiomorfni krystal cerusitu o velikosti 1.5 mm narůstající na boulangerit v dutině po vyvětralém galenitu, Prachovice, foto V. Macháček.

Obr. 13 Rezavě zbarvené agregáty tvořené směsí smithsonitu a cerusitu v dutině po vyvětralých sulfidech, Prachovice, šířka záběru 6 cm, foto V. Macháček.



Obr. 11 Rezavě zbarvené agregáty tvořené směsí limonitu a anglesitu v dutině po vyvětralém galenitu, Prachovice, šířka záběru 22 mm, foto V. Macháček.



Tabulka 15 Rentgenová prášková data smithsonitu z Prachovic

<i>h</i>	<i>k</i>	<i>l</i>	<i>d</i> _{obs}	<i>I</i> _{obs}	<i>d</i> _{calc}	<i>h</i>	<i>k</i>	<i>l</i>	<i>d</i> _{obs}	<i>I</i> _{obs}	<i>d</i> _{calc}	<i>h</i>	<i>k</i>	<i>l</i>	<i>d</i> _{obs}	<i>I</i> _{obs}	<i>d</i> _{calc}
0	1	2	3.564	18	3.558	0	2	4	1.7814	3	1.7792	2	1	4	1.4132	5	1.4145
1	0	4	2.758	100	2.753	1	1	6	1.7070	17	1.7078	2	0	8	1.3761	2	1.3765
1	1	0	2.3341	8	2.3317	2	1	1	1.5185	<1	1.5186	1	2	5	1.3623	1	1.3614
1	1	3	2.1122	6	2.1144	1	2	2	1.4942	4	1.4960	3	0	0	1.3475	<1	1.3462
2	0	2	1.9483	7	1.9503												

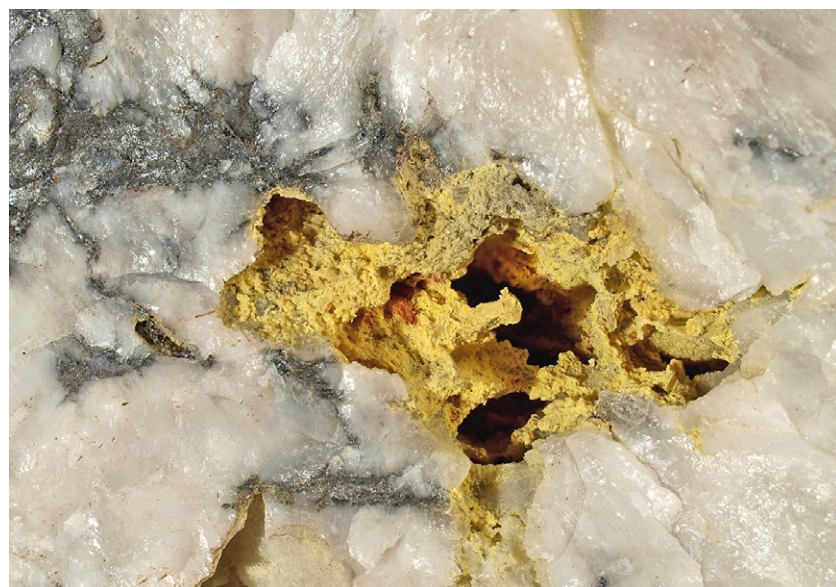
Tabulka 16 Parametry základní cely smithsonitu (pro trigonální prostorovou grupu R-3c)

	tato práce	Effenberger et al. (1981)	Štefko et al. (2016)	Sejkora, Šrein (2012)
<i>a</i> [Å]	4.663(2)	4.6526(7)	4.655(4)	4.6687(3)
<i>c</i> [Å]	15.050(2)	15.0257(22)	15.088(4)	15.098(1)
<i>V</i> [Å ³]	283.4(1)	281.68	283.1(2)	285.00(4)

Tabulka 17 Chemické složení smithsonitu z Prachovic (hm. %)

	mean	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
CaO	0.66	0.89	0.84	0.97	0.39	1.09	0.88	0.79	0.19	0.75	0.29	0.22
FeO	0.71	1.58	1.58	0.46	0.97	1.69	0.63	0.51	0.05	0.07	0.17	0.12
PbO	0.78	0.90	1.19	0.83	1.02	0.80	0.76	0.96	0.46	0.76	0.51	0.37
CuO	0.12	0.00	0.00	0.23	0.82	0.00	0.00	0.23	0.00	0.00	0.00	0.00
CdO	1.10	1.60	0.83	1.71	1.42	1.63	1.44	1.77	0.27	1.00	0.24	0.20
ZnO	57.91	55.43	56.31	56.55	56.89	56.98	57.06	57.24	59.66	60.18	60.28	60.46
CO ₂ *	32.87	32.37	32.60	32.50	32.81	33.43	32.58	32.81	32.64	33.67	33.12	33.09
total	94.15	92.76	93.35	93.24	94.32	95.61	93.34	94.31	93.27	96.42	94.61	94.45
Ca	0.016	0.021	0.020	0.023	0.009	0.026	0.021	0.019	0.005	0.017	0.007	0.005
Fe	0.013	0.030	0.030	0.009	0.018	0.031	0.012	0.009	0.001	0.001	0.003	0.002
Pb	0.005	0.006	0.007	0.005	0.006	0.005	0.005	0.006	0.003	0.004	0.003	0.002
Cu	0.002	0.000	0.000	0.004	0.014	0.000	0.000	0.004	0.000	0.000	0.000	0.000
Cd	0.011	0.017	0.009	0.018	0.015	0.017	0.015	0.018	0.003	0.010	0.002	0.002
Zn	0.953	0.926	0.934	0.941	0.938	0.922	0.947	0.944	0.989	0.967	0.984	0.988
Σ	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
CO ₃	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Mean - průměr 11 bodových analýz; obsahy CO₂ dopočteny na základě stechiometrie; koeficienty empirického vzorce spočítány na bázi Ca+Fe+Pb+Cu+Cd+Zn = 1 apfu.



Obr. 14 Slabé, žlutě zbarvené povlaky bindheimitu narůstající na agregáty cerusitu v dutině po vyvětralých sulfidech, Prachovice, šířka záběru 29 mm, foto V. Macháček.

Cerisit spolu s anglesitem intenzívně zatlačuje zrnité agregáty galenitu; zjištěn byl i jako šedé pseudomorfozy po galenitu a boulangeritu nebo vytváří součást žlutých (spolu s bindhemitem) nebo rezavých (spolu s anglesitem a smithsonitem) agregátů v dutinách křemenné žiloviny a reliktů sulfidické mineralizace. Ojedinele byly v dutinách pozorovány i idiomorfni šedobílé krystaly cerusitu o velikosti do 1.5 mm s charakteristickým mastným leskem (obr. 12). Rentgenová prášková data cerusitu (tab. 13) dobře odpovídají publikovaným údajům pro tuto minerální fázi i teoretickému záznamu vypočtenému z krystalových strukturních dat (Chevrier et al. 1992). Zpřesněné parametry jeho základní cely jsou v tabulce 14 porovnány s publikovanými údaji.

Smithsonit vytváří nenápadné šedé až světle okrové, velmi drobně krystalické kůry na ploše až několika cm² v dutinách po vyvětralém primárním sfaleritu; zjištěn byl i jako součást bělavých až nápadně rezavě zbarvených výplní a voštinatých agregátů v dutinách po vyvětralých sulfidech (obr. 13); zde vystupuje i ve směsích s cerusitem. Rentgenová prášková data smithsonitu (tab. 15) dobře odpovídají publikovaným údajům pro tuto minerální fázi i teoretickému záznamu vypočtenému z krystalových strukturních dat (Effenberger et al. 1981). Zpřesněné parametry jeho základní cely jsou v tabulce 16 porovnány s publikovanými údaji. Při studiu chemického složení smithsonitu (tab. 17) byly vedle dominantního Zn zjištěny i minoritní obsahy Ca, Fe (do 0.03 *apfu*), Cd (do 0.02 *apfu*) a Pb, Cu (do 0.01 *apfu*). Empirický vzorec smithsonitu (průměr 11 bodových analýz) lze na bázi Σkatiónů = 1 *apfu* vyjádřit jako $(\text{Zn}_{0.95}\text{Ca}_{0.02}\text{Fe}_{0.01}\text{Cd}_{0.01})_{\Sigma 0.99}(\text{CO}_3)$.

Bindhemit byl nalezen jako slabé, světle žluté práškovité povlaky na cerusitu (obr. 14) nebo v dutinách po vyvětralých sulfidech i na trhlinách křemenné žiloviny. Při studiu pomocí rentgenové práškové difrakce byl zjištěn jeho relativně nedokonalý krystalický stav - pozorováno bylo jen několik difrakcí (3.024/100; 2.618/50; 1.851/40; 1.577/20) s velkou pološířkou, takže nebylo možné přistoupit ke zpřesnění parametru jeho základní cely. Jeho chemické složení vykazuje molární poměr Pb:Sb cca 1:1, získání úplných kvantitativních dat nebylo možné vzhledem k jeho mikrorůstům s reliktu boulangeritu, křemem, *limonitem* a cerusitem. Statut minerálního druhu bindhemitu je vzhledem k nové klasifikaci superskupiny pyrochloru (Atencio et al. 2010) označován jako problematický až diskreditovaný, vzhledem k jeho pravděpodobné identitě s nově definovaným oxyplumboroméitem nebo možným novým druhem hydroxyplumboroméitem (Halenius, Bosi 2013; Christy, Atencio 2013).

Závěr

V rámci podrobného revizního výzkumu sulfidické mineralizace, zjištěné v roce 1980 na III. etáži vápencového lomu Prachovice, bylo nově zjištěno zcela dominantní zastoupení dříve neuváděného boulangeritu a výskytu geokronitu byly potvrzeny jen ve velmi omezené míře. Minoritní obsahy selenu v geokronitu, boulangeritu i galenitu korespondují s analogickými obsahy Se zjištěnými v meneghinitu, boulangeritu a galenitu v sulfidické mineralizaci na V. etáži lomu (Venclík et al. 2011); z uran-vanadové mineralizace lokality jsou popisovány i výskytu clauthalitu (Sejkora et al. 2013). Dříve známé výskytu supergenního bindhemitu, cerusitu a mimetitu byly rozšířeny o nově zjištěný hojný anglesit a smithsonit.

Poděkování

Milou povinností autorů je poděkovat panu V. Macháčkovi za poskytnutí fotografií sulfidické mineralizace a pracovníkům Geoparku Železné hory za poskytnutí fotodokumentace studované lokality. Předložená práce vznikla v rámci smluvního výzkumu mezi Geoparkem Železné hory a společností CEMEX cement, k. s.

Literatura

- ATENCIO D, ANDRADE MB, CHRISTY AG, GIERÉ E, KARTASHOV PM (2010) The pyrochlore supergroup of minerals: nomenclature. *Can Mineral* 48: 673-698
- BIAGIONI C, DINI A, ORLANDI P, MOÉLO Y, PASERO M, ZACCARINI F (2016) Lead-antimony sulfosalts from Tuscany (Italy). XX. Members of the jordanite-geocronite series from the Pollone Mine, Valdicastello Carducci: occurrence and crystal structures. *Minerals* 6(1): 15
- BIRNIE RW, BURNHAM CW (1976) The crystal structure and extent of solid solution of geocronite. *Am Mineral* 61(9-10): 963-970
- DOWNS RT (2006) The RRUFF Project: an integrated study of the chemistry, crystallography, Raman and infrared spectroscopy of minerals. Program and Abstracts of the 19th General Meeting of the International Mineralogical Association in Kobe, Japan, O03-13
- EFFENBERGER H, MERREITER K, ZEMANN J (1981) Crystal structure refinements of magnesite, calcite, rhodochrosite, siderite, smithsonite, and dolomite, with discussion of some aspects of the stereochemistry of calcite type carbonates. *Z Krist* 156: 233-243
- GEORGE L, COOK NJ, CIOBANU CL, EADE BP (2015) Trace and minor elements in galena: A reconnaissance LA-ICP-MS study. *Am Mineral* 100: 548-569
- HALENIUS U, BOSI F (2013) Oxyplumboroméite, Pb₂Sb₂O₇, a new mineral species of the pyrochlore supergroup from Harstingen mine, Värmland, Sweden. *Mineral Mag* 77(7): 2931-2939
- HORYLOVÁ A, JANÁK P (1990) Millerit - nový minerál z Prachovic. *Čas Mineral Geol* 35(1): 105
- CHÁB J, BREITER K, FATKA O, HLADIL J, KALVODA J, ŠIMŮNEK Z, ŠTORCH P, VAŠÍČEK Z, ZAJÍC J, ZAPLETAL J (2008) Stručná geologie základu Českého masívu a jeho karbonátového a permského pokryvu. 283 s, Vyd Čes geol služba, Praha
- CHEVRIER G, GIESTER G, HEGER G, JAROSCH D, WILDNER M, ZEMANN J (1992) Neutron single-crystal refinement of cerussite, PbCO₃, and comparison with other aragonite-type carbonates. *Z Krist* 199: 67-74
- CHLUPÁČ I, BRZOBOHATÝ R, KOVANDA J, STRÁNÍK Z (2002) Geologická minulost České republiky. 393 s, Nakl Academia
- CHLUPÁČ I, BRZOBOHATÝ R, KOVANDA J, STRÁNÍK Z (2011) Geologická minulost České republiky. 436 s, Nakl Academia, 2. vydání
- CHRISTY AG, ATENCIO D (2013) Clarification of status of species in the pyrochlore supergroup. *Mineral Mag* 77(1): 13-20
- KARANOVIĆ L, PETROVIĆ-PRELEVIĆ I, POLETI D (1999) A practical approach to Rietveld analysis. Comparison of some programs running on personal computers. *Powder Diffraction* 14(3): 171-180
- 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

- MISAŘ Z, DUDEK A, HAVLENA V, WEISS J (1983) Geologie ČSSR I. Český masív. 333, SPN Praha
- MUMME WG (1989) The crystal structure of $Pb_{5.05}(Sb_{3.75}Bi_{0.28})S_{10.72}Se_{0.28}$: boulangerite of near ideal composition. N Jb Mineral, Mh 498-512
- PAŘÍZEK J (2005) Prachovické kalcity. Minerál 13(3): 172-175
- PAULIŠ P (1998) Prachovice v Železných horách - nejvýdatnější české naleziště kalcitu. Minerál 6(1): 18-21
- PAULIŠ P, VENCLÍK V, DOUBEK Z (2008) Novinky z vápencového lomu v Prachovicích v Železných horách. Minerál 16(3): 216-218
- POUCHOU JL, PICHOR F (1985) "PAP" (φρZ) procedure for improved quantitative microanalysis. In: Microbeam Analysis (J. T. Armstrong, ed.). San Francisco Press, San Francisco, 104-106.
- REZEK K (1982) Výskyt sulfidického zrudnění v Prachovicích. Čas Mineral Geol 27(2): 207
- REZEK K, MEGARSKAJA L (1986) Mineralogie sulfidického zrudnění u Prachovic v Železných horách. Věst Ústř Úst geol 61(1): 23-28
- RÖHLICH P, CMUNTOVÁ M (1967) Petrografické a stratigrafické zhodnocení lokality Prachovice. MS Geofond, Praha
- SEJKORA J, ŠKÁCHA P, VENCLÍK V, PLÁŠIL J (2013) Vanad-uranová mineralizace v lomu Prachovice (Česká republika). Bull mineral-petrolog Odd Nár Muz (Praha) 21(2): 113-130
- SEJKORA J, ŠREIN V (2012) Supergenní Cu mineralizace z Mědníku na Měděnci, Krušné hory (Česká republika). Bull mineral-petrolog Odd Nár Muz (Praha) 20(2): 255-269
- ŠTEVKO M, GRAMBLIČKA R, MALÍKOVÁ R (2015) Nové údaje o supergenných minerálech z polymetalického ložiska Čavojské vrchy (Slovenská republika). Bull mineral-petrolog Odd Nár Muz (Praha) 23(1): 63-74
- ŠTEVKO M, MALÍKOVÁ R (2014) Supergénne minerály zo štôlne Juraj, Hodruša-Hámre (Slovenská republika). Bull mineral-petrolog Odd Nár Muz (Praha) 22(2): 261-268
- ŠTEVKO M, TUČEK P, SEJKORA J, MALÍKOVÁ R (2016) Supergénne minerály z Novej Anton žily, Hodruša-Hámre, Štiavnické vrchy (Slovenská republika). Bull mineral-petrolog Odd Nár Muz (Praha) 24(2): 183-193
- VENCLÍK V, ŠKÁCHA P, SEJKORA J, LITOHLEB J, PLÁŠIL J (2011) Meneghinit a boulangerit z lomu Prachovice v Železných horách, Česká republika. Bull mineral-petrolog Odd Nár Muz (Praha) 19(1): 35-39