

## PLUMBOJAROSIT Z NOVÉ VSI U RÝMAŘOVA

PLUMBOJAROSITE FROM NOVÁ VES NEAR RÝMAŘOV

EVA KOCOURKOVÁ & JIŘÍ SEJKORA

### Abstract

Kocourková, E., Sejkora, J. (2012): Plumbojarosite from Nová Ves near Rýmařov. – *Acta Mus. Moraviae, Sci. geol.*, 97, 1, 47–54.

#### *Plumbojarosite from Nová Ves near Rýmařov*

A (sub)recent mineral assemblage with plumbojarosite was identified in a waste rock dump material of a former Boží dar mine at Pb-Zn deposit Nová Ves near Rýmařov, Czech Republic. The plumbojarosite forms abundant fine-grained earthy yellow coatings on ore fragments. The mineral was identified by X-ray powder diffraction, the refined unit-cell parameters are  $a = 7.3203(9)$  Å;  $c = 33.773(4)$  Å. Its chemical composition is close to the ideal end-member formula with only minor amounts of K,  $H_3O^+$  and Zn. The plumbojarosite origin in the topmost part of the weathered dump material reflects galena and anglesite reactions with acid solutions derived from pyrite decomposition.

*Key words:* plumbojarosite, (sub)recent, Nová Ves near Rýmařov

Eva Kocourková, Department of Mineralogy and Petrography, Moravian Museum, Zelný trh 6, 659 37 Brno, Czech Republic, ekocourkova@mzm.cz

Jiří Sejkora, Department of Mineralogy and Petrology, National Museum, Cirkusová 1740, 193 00 Praha 9-Horní Počernice, Czech Republic, jiri\_sejkora@nm.cz

### 1. Úvod

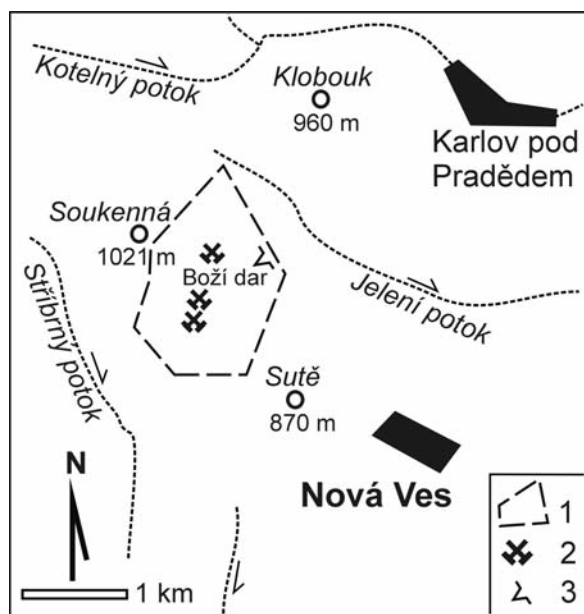
Ložisko olověno-zinkových rud Nová Ves u Rýmařova je významnou mineralogickou lokalitou ve východní části Hrubého Jeseníku. Ložiskové území leží na jv. úbočí hory Soukenná (1 021 m n. m.) na katastrálním území obce Karlov pod Pradědem a zčásti přesahuje do katastru obce Žďárský potok. Těžební prostor má rozměry 2,0×0,8 km. Jižní hranici tvoří Stříbrný potok, severní hranici Jelení potok (povodí řeky Moravice), západní hranici pak hřeben hory Soukenná a východní hranici tvoří lesní silnice z Nové Vsi do Karlova, východně od dědičné štoly (obr. 1).

Z regionálně geologického hlediska se ložisko nachází ve vrbské skupině silezika tvořené devonskými metapsamity, metapelity s acidními i bazickými metavulkanity, metaťufy a metatufity (KOPA 1980). Hypogenní rudní minerály na ložisku zastupuje převážně sfalerit, galenit a chalkopyrit, lokálně je relativně hojný pyrit, vzácnější je tetraedrit, freibergit, bournonit, boulangerit, markazit, pyrotin a zlato. Hlušínový materiál zastupuje siderit, dolomit, ankerit, kalcit, křemen a chlorit, vzácně baryt. Detailnější popis mineralogie a chemismu primárních rudních a hlušínových minerálů ložiska uvádí nejnověji FOJT *et al.* (2004).

Kromě obecných sulfidů a převažující sideritové jaloviny s malým zastoupením křemene je lokalita známá hlavně bohatou asociací supergenních minerálů. V limonitovém gossanu se vyskytovaly i v pěkných drobných krystalech, časté jsou jejich povlaky na stě-

nách štol a úlomcích haldoviny. Dosud byly identifikovány: anglesit, aragonit, aurichalcit, cerusit, corkit, covellin, dundasit, goethit, goslarit, greenockit, hemimorfit, hydrozinkit, chalkantit, chalkozin, kalcit, langit, lepidokrokít, linarit, malachit, plumbogummit, pyromorfit, sádrovec, smithsonit (SEKANINA 1951, JANSÁ 1990, KOCOURKOVÁ a LOSOS 2008, PAULIŠ *et al.* 2009).

V létě v roce 2011 byl nalezen při revizi lokality na povrchu haldy dolu Boží dar žlutý minerál, o němž jsme předběžně předpokládali, že patří některému z minerálů jarosit-alunitové skupiny, které však z této lokality dosud nebyly uváděny. Dalším studiem byl určen jako plumbojarosit.



Obř. 1. Schématická mapa oblasti Nová Ves u Rýmařova: 1 = ložisková oblast, 2 = jámy dolu Nová Ves, 3 = ústí dědičné štol, 4 = rýha Rý 4 a 5 (upraveno podle NOVÁKA *et al.* 1982).

Fig. 1. Schematic map of studied Nová Ves near Rýmařov area: 1 = deposit, 2 = pits of mine Nová Ves, 3 = portal of dědičná štol, 4 = trenches Rý 4 and 5 (modified according to NOVÁK *et al.* 1982).

## 2. Metodika práce

Popisovaný minerál byl studován rentgenometricky a elektronovou mikroskopou. Rentgenová prášková data byla získána pomocí difraktometru Bruker D8 Advance (Národní muzeum, Praha) za podmínek: 40 kV, 40 mA, záření CuK $\alpha$ , detektor LynxEye, krok 0.01°, načítací čas přepočtený na krok 2 s. Pro snížení pozadí záznamu byl práškový preparát nanesen pomocí acetonu na bezdifrakční křemíkový nosič. Pozice jednotlivých difrakčních maxim byly upřesněny za použití profilové funkce Pearson VII pomocí programu ZDS pro DOS (ONDRUŠ 1993). Na základě mezivírovinných vzdáleností  $d_{obs}$  získaných profilovým fitováním a indexů  $hkl$  přiřazených podle publikované krystalové struktury (SZYMANSKI 1985) byly pomocí programu BURNHAMA (1962), pracujícím na bázi nejmenších čtverců, vypřesněny parametry základních cely.

Chemické složení bylo studováno elektronovou mikrosondou Cameca SX 100 (sdružená laboratoř elektronové mikroskopie a mikroanalýzy Ústavu geologických věd Přírodovědecké fakulty Masarykovy univerzity a České geologické služby). Analýzy byly zhotoveny ve vlnově disperzním módu (WDX) za těchto podmínek: urychlovací napětí 15 kV, proud svazku, proud svazku 10 nA, průměr svazku 4  $\mu\text{m}$ , načítací čas 10–30 s. Jako standardy byly použity syntetické fáze a dobře definované minerály (v závorce jsou uvedeny použité linie): vanadinit (PbM $\alpha$ ), SrSO<sub>4</sub> (SK $\alpha$ ), benitoit (BaL $\beta$ ), fluorapatit (CaK $\alpha$ ), hematit (FeK $\alpha$ ), grosular (AlK $\alpha$ ), sanidin (KK $\alpha$ ), almandin (SiK $\alpha$ ), Cu (CuL $\alpha$ ), gahnit (ZnK $\alpha$ ), fluorapatit (PK $\alpha$ ), Mg<sub>2</sub>SiO<sub>4</sub> (MgK $\alpha$ ), lammerit (AsL $\alpha$ ), spessartin (MnK $\alpha$ ) a albit (NaK $\alpha$ ). Změřená data byla upravena PAP korekcí podle POUCHOU a PICHOU (1985). Hodnota *apfu* udává počet atomů na vzorcovou jednotku. Ternární diagramy jarosit-beudantitové skupiny byly vyhotoveny v programu SigmaPlot podle klasifikace SCOTTA (1987).

### 3. Mineralogie a strukturní charakteristika plumbojarositu z Nové Vsi u Rýmařova

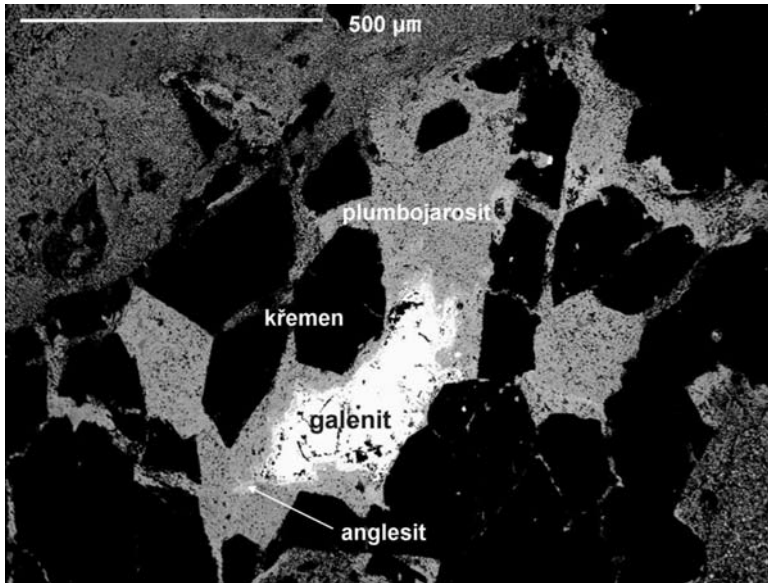
#### 3.1 Minerální asociace

Plumbojarosit vytváří převážně hojně žluté zemité jemnozrnné povlaky na úlomcích okolorudních hornin, které jsou stmeleny blíže neurčenou směsí Fe oxohydroxidů někdy obsahující kolísavý podíl SO<sub>3</sub> (max. 19 hm. %). Vyskytuje se převážně na úlomcích silně zvětřalé žiloviny s relikty pyritu a galenitu (obr. 2). Minerální asociace plumbojarositu je poměrně jednoduchá. Podle mikroskopického pozorování jde o nejmladší supergenní minerál v asociaci, který zatlačuje galenit a především anglesit (obr. 3), případně vyplňuje tenké trhliny v křemeni či jiných minerálech.



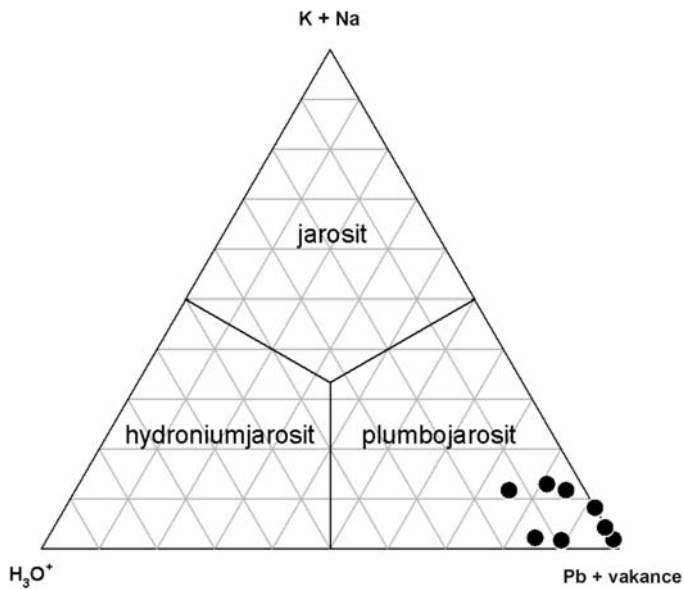
Obr. 2. Žluté zemité jemnozrnné povlaky plumbojarositu na úlomcích okolorudních hornin z Nové Vsi u Rýmařova (velikost vzorku 4 cm, foto: V. Hrazdil).

Fig. 2. Fine-grained earthy yellow coatings of plumbojarosite on ore fragments from Nová Ves near Rýmařov (size of sample 4 cm, foto: V. Hrazdil).



Obr. 3. Galenit s lemem anglesitu a plumbojarosit v obraze BSE (foto: P. Gadas).

Fig. 3. Microprobe BSE-images of galena with anglesite rims and plumbojarosite (foto: P. Gadas).



Obr. 4. Ternární diagram jarosit-beudantitové skupiny  $H_3O^+-(Na+K)-Pb$  diagram, podle SCOTTA (1987).

Fig. 4. Triangular compositional diagrams for jarosite and beudantite subgroup minerals  $H_3O^+-(Na+K)-Pb$  diagram, after SCOTT (1987).

### 3.2 Strukturální charakteristika

Zjištěná rentgenová prášková data plumbojarositu z Nové Vsi u Rýmařova (tab. 1) odpovídají publikovaným údajům pro tento minerální druh i teoretickému záznamu vypočtenému ze strukturálních dat z práce SZYMANSKI (1985). Významné rozdíly ale byly pozorovány v intenzitě jednotlivých difrakčních maxim; tento jev je zřetelně vyvolán výraznou přednostní orientací vzorku typu  $00l=2n$ . Vypřesněné parametry základní cely plumbojarositu pro trigonální prostorovou grupu  $R\bar{3}m$ ,  $a = 7.3203(9)\text{Å}$ ;  $c = 33.773(4)\text{Å}$ ;  $V = 1567.3(3)\text{Å}^3$  dobře odpovídají publikovaným údajům pro tuto minerální fázi (SZYMANSKI 1985; BASCIANO a PETERSON 2010).

Tabulka 1. Rentgenová prášková data plumbojarositu z Nové Vsi u Rýmařova.

Table 1. X-ray powder diffraction analyses of plumbojarosite from Nová Ves near Rýmařov.

$h$	$k$	$l$	$I_{obs.}$	$d_{obs.}$	$d_{calc.}$
0	0	3	1	11,240	11,260
0	1	2	15	5,932	5,935
0	0	6	21	5,625	5,629
1	0	4	7	5,069	5,070
1	1	0	6	3,659	3,660
2	0	2	6	3,114	3,115
1	1	6	23	3,068	3,068
0	2	4	3	2,967	2,968
0	0	12	100	2,813	2,814
2	0	8	8	2,535	2,535
1	2	2	1	2,372	2,372
2	1	4	2	2,305	2,305
0	1	14	10	2,254	2,255
0	0	15	10	2,254	2,252
1	1	12	1	2,230	2,231
3	0	6	4	1,979	1,978
2	1	10	1	1,954	1,954
2	0	14	1	1,920	1,920
1	1	15	1	1,920	1,918
0	0	18	5	1,876	1,876
2	2	0	4	1,830	1,830
1	3	1	1	1,757	1,756
0	2	16	1	1,757	1,757
1	2	14	1	1,700	1,700
1	1	18	1	1,670	1,670
0	1	20	1	1,632	1,632
1	3	10	1	1,559	1,560
2	2	12	2	1,535	1,534
2	0	20	6	1,490	1,490
3	0	18	1	1,403	1,403
1	4	6	1	1,344	1,343

Tabulka 2. Reprezentativní chemické analýzy plumbojarositu z Nové Vsi u Rýmařova.

Table 2. Representative chemical analyses of plumbojarosite from Nová Ves near Rýmařov.

	1	2	3	4	5	6	7	8
	hm. % - wt. %							
PbO	15,10	13,17	12,25	13,54	14,99	14,69	13,77	15,30
K <sub>2</sub> O	0,91	0,91	0,82	0,11	0,26	0,53	0,05	0,11
MgO	b. d. l.	b. d. l.	b. d. l.	b. d. l.	0,02	0,03	0,06	b. d. l.
MnO	b. d. l.	b. d. l.	b. d. l.	0,03	b. d. l.	b. d. l.	b. d. l.	b. d. l.
BaO	b. d. l.	b. d. l.	b. d. l.	0,20	0,11	b. d. l.	b. d. l.	b. d. l.
CaO	b. d. l.	b. d. l.	b. d. l.	b. d. l.	b. d. l.	b. d. l.	b. d. l.	0,08
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	41,42	35,40	36,35	29,06	34,98	35,42	34,26	43,17
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	b. d. l.	b. d. l.	b. d. l.	0,05	b. d. l.	0,04	b. d. l.	b. d. l.
ZnO	0,28	0,25	0,16	0,23	0,24	0,15	0,27	0,36
CuO	0,13	b. d. l.	b. d. l.	0,03	0,08	0,08	0,11	0,13
SO <sub>3</sub>	26,15	23,76	23,69	20,04	23,17	22,98	22,92	27,08
As <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,35	0,24	0,18	b. d. l.	0,18	0,15	0,11	b. d. l.
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,04	b. d. l.	b. d. l.	b. d. l.	b. d. l.	0,08	b. d. l.	0,05
SiO <sub>2</sub>	0,06	0,08	0,08	0,25	0,14	0,14	0,24	0,10
H <sub>2</sub> O	9,07	8,31	8,57	6,77	7,87	7,82	8,12	9,77
suma	93,51	82,12	82,10	70,30	82,05	82,10	79,91	96,15
rozpočet na 6 OH - calculated on 6 OH								
Pb <sup>2+</sup>	0,410	0,395	0,369	0,485	0,462	0,455	0,430	0,404
K <sup>+</sup>	0,118	0,130	0,117	0,019	0,038	0,078	0,007	0,013
Mg <sup>2+</sup>	0,000	0,000	0,000	0,000	0,004	0,006	0,010	0,000
Mn <sup>2+</sup>	0,000	0,000	0,000	0,004	0,000	0,000	0,000	0,000
Ba <sup>2+</sup>	0,000	0,000	0,000	0,010	0,005	0,000	0,000	0,000
Ca <sup>2+</sup>	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,009
□	0,440	0,416	0,382	0,510	0,489	0,474	0,462	0,440
Fe <sup>3+</sup>	3,141	2,968	3,061	2,908	3,011	3,065	2,988	3,190
Al <sup>3+</sup>	0,000	0,000	0,000	0,008	0,000	0,006	0,000	0,000
Zn <sup>2+</sup>	0,021	0,021	0,013	0,022	0,020	0,012	0,023	0,026
Cu <sup>2+</sup>	0,010	0,000	0,000	0,003	0,007	0,007	0,010	0,010
S <sup>6+</sup>	1,978	1,986	1,989	2,000	1,989	1,983	1,994	1,996
As <sup>5+</sup>	0,019	0,014	0,011	0,000	0,011	0,009	0,006	0,000
P <sup>5+</sup>	0,004	0,000	0,000	0,000	0,000	0,008	0,000	0,004
Si <sup>4+</sup>	0,012	0,019	0,019	0,070	0,035	0,033	0,060	0,020
O	11,224	10,962	11,065	11,046	11,099	11,182	11,075	11,278
OH	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000
H <sub>3</sub> O <sup>+</sup>	0,033	0,060	0,132	0,000	0,002	0,000	0,091	0,134
H	6,098	6,179	6,395	6,000	6,007	6,000	6,273	6,402
O	14,273	14,052	14,262	14,046	14,103	14,182	14,211	14,479

### 3.3 Chemické složení plumbojarositu z Nové Vsi u Rýmařova

Obecný vzorec plumbojarositu je  $AB_3(XO_4)_2(OH)_6$ , kdy pozice A je obsazena obvykle pouze  $Pb^{2+}$ , příp. do ní vstupuje i  $Ca^{2+}$ ,  $Ba^{2+}$ , příp. jiné dvojmocné kationty; velmi častý je i  $H_3O^+$  a  $K^+$ . Pozice B je tvořena dominantně  $Fe^{3+}$ , který bývá zastupován  $Al^{3+}$  a do této pozice vstupuje i  $Cu^{2+}$  a  $Zn^{2+}$ , pozice X je obsazena  $S^{2-}$ . Stechiometrický vzorec plumbojarositu je tedy  $Pb_{0,5}\square_{0,5}Fe_3(SO_4)_2(OH)_6$  nebo zjednodušeně  $Pb_{0,5}Fe_3(SO_4)_2(OH)_6$ , někdy je uváděn i  $PbFe_6(SO_4)_4(OH)_{12}$  (BASCIANO a PETERSON 2010).

Plumbojarosit z Nové Vsi je relativně čistý člen bez významných substitucí (obr. 4), Obsah  $Pb^{2+}$  v A-pozici se pohybuje od 0,37–0,49 apfu;  $\square$  je od 0,38 do 0,51 apfu; nepatrný je podíl  $H_3O^+$  ( $\leq 0,13$  apfu),  $K^+$  (0,01–0,13 apfu), obsah  $Ba^{2+}$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$  a  $Mn^{2+}$  je na hranici detekce ( $\leq 0,01$  apfu). V pozici B dominuje výrazně  $Fe^{3+}$  (2,91–3,19 apfu); dále je zastoupen  $Zn^{2+}$  (0,01–0,03 apfu), obsah  $Al^{3+}$  a  $Cu^{2+}$  je  $\leq 0,01$  apfu. Pozice X je obsazena pouze  $(SO_4)^{2-}$  od 1,98 do 2,00 apfu S, bezvýznamné jsou obsahy  $As^{5+}$ ,  $P^{5+}$  a  $Si^{4+}$  (všechny  $\leq 0,01$  apfu). Reprezentativní analýzy jsou uvedeny v tab. 2

## 4. Diskuse

Supergenní mineralizace v Nové Vsi obsahuje minerály, které jsou stabilní většinou v bazických podmínkách (SEKANINA 1951, KOCOURKOVÁ a LOSOS 2008). Tyto podmínky v zóně zvětrávání na ložisku dominovaly, už vzhledem k relativně hojným karbonátům, jejichž neutralizační potenciál je vysoký. Supergenní minerály jsou vázány zejména na typický gossan složený převážně z goethitu, příp. lepidokrokitu (SEKANINA 1951, FOJT *et al.* 2004, KOCOURKOVÁ a LOSOS 2008).

Plumbojarosit je vázán na slabě kyselé až neutrální podmínky roztoků (pH 4–7,5; HOCELLA *et al.*, 1999, FORRAY *et al.* 2010). Vzhledem k tomu, že na lokalitách s podstatným zastoupením galenit-pyritové rudniny jde o relativně hojný minerál, bylo jeho zjištění na odvalu dolu Boží Dar vzhledem k prozkoumanosti této lokality poněkud překvapivé.

Z genetického hlediska jde o (sub)recentní minerál, vzniklý při zvětrávání galenitu v asociaci s pyritem, na něž působily níže temperované roztoky až po uložení na odvalu. Zdrojem Pb pro vznik plumbojarositu byl nepochybně galenit; jeho reakce v supergenní zóně byly již dříve popsány. Předpokládá se působení síranu železitého vzniklého zvětráváním pyritu na galenit:

$$PbS + 3 Fe_2(SO_4)_3 + 12 H_2O \rightarrow PbFe_6(SO_4)_2(OH)_6 + 6H_2SO_4$$

resp. jiné supergenní minerály Pb (SMIRNOV 1956, FORRAY *et al.* 2010).

Ze studia minerální asociace v Nové Vsi vyplývá, že po galenitu s pyritem nejprve vznikal anglesit a „limonit“, plumbojarosit je o něco mladší. Vznik plumbojarositu po anglesitu je častý. Proti jarositu obvykle stabilnímu v kyselých podmínkách (pH  $\leq 3$ ) je plumbojarosit stabilní až do vyšších pH  $\sim 7$  (FORRAY *et al.* 2010). Plumbojarosit byl dosud zjištěn pouze v nejsvrchnější části odvalu neporostlého vegetací. V hlubší zóně cca  $> 20$  cm pod povrchem je naopak charakteristickým recentním minerálem hydrozinkit, stabilní v podmínkách vyššího  $pCO_2$  a pH (PREIS a GAMSJÄGER 2001); v Nové Vsi byly v recentních hydrozinkitových kůrách lokálně zjištěny úzké zóny smithsonitu stabilního při ještě vyšším  $CO_2$  (srov. FROST a HALES 2007).

## 5. Závěr

Na odvalu dolu Boží dar na Soukenné v Nové Vsi u Rýmařova byl zjištěn relativně hojný plumbojarosit, tvořící světle žluté zemité agregáty v „limonitizované“ galenit-pyritové rudnině. Zjištěná rentgenová prášková data a parametry základní cely plumbojarositu dobře odpovídají publikovaným údajům pro tuto minerální fázi. Na základě chemického složení se jedná o Pb-, Fe- a S- vysoce dominantní člen. Vzniká (sub)recentně v nejsvrchnější

části odvalu reakcemi zvětralého galenitu, respektive anglesitu, s kyselými roztoky vzniklými rozkladem pyritu.

## Poděkování

Práce byla podpořena finančními prostředky Moravského zemského muzea, výzkumné organizace MK 000094862.

## LITERATURA

- BASCIANO, L. C., PETERSON, R. C., 2010: A crystallographic study of the incomplete solid-solution between plumbojarosite - jarosite. *Can. Mineral.* 48, 651-659.
- BURNHAM, CH. W., 1962: Lattice constant refinement. - *Carnegie Inst. Washington Year Book* 61, 132-135.
- FOJT, B., ČERMÁK, F., ĎURIŠOVÁ, J., HLADÍKOVÁ, J., HOFFMAN, V., KOPA, D., TRDLÍČKA, Z., ZEMAN, J., 2004: Nová Ves u Rýmařova - ložisko oloveno-zinkových rud. - *Acta Mus. Moraviae, Sci. geol.*, 89: 3-44, Brno.
- FORRAY, F. L., SMITH, A. M. L., DROUET, C., NAVROTSKY, A., WRIGHT, K., HUDSON-EDWARDS, K. A., DUBBIN, W. E., 2010: Synthesis, characterization and thermochemistry of a Pb-jarosite. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 74, 1, 215-224.
- FROST, R., HALES, M., 2007: Synthesis and vibrational spectroscopic characterisation of synthetic hydrozincite and smithsonite. - *Polyhedron*, 26, 17, 4 955-4 962.
- HOCELLA, M. F., MOORE, J. N., GOLLA, U. AND PUTNIS, A., 1999: A TEM study of samples from acid mine drainage systems: metal - mineral association with implications for transport. - *Geochim. Cosmochim. Acta* 63, 3 395-3 406.
- JANSA, J., 1990: „Florencit“ z Nové Vsi u Rýmařova je plumbogumit. - *Čas. Mineral. Geol.*, 35, 3: 305-307, Praha.
- KOCOURKOVÁ, E., LOSOS, Z., 2008: Supergenní minerály na ložisku Pb-Zn rud Nová Ves u Rýmařova. - *Čas. Slez. Muz. Opava*, 57: 193-210.
- KOPA, D., 1980: Petrografie na ložisku barevných kovů Nová Ves u Rýmařova. (Závěrečná zpráva subetapy státního plánu výzkumu), Slezské muzeum, 1980, Opava.
- NOVÁK, J., GOTTWALD, B., CZEDRON, J., 1982: Ložiskové poměry Ag, Pb, Zn rud na ložisku Nová Ves u Rýmařova-Soukenná. - *Sbor. GPO*, 26: 31-58, Ostrava.
- ONDRUŠ, P., 1993: ZDS - A computer program for analysis of X-ray powder diffraction patterns. - *Materials Science Forum*, 133-136, 297-300, EPDIC-2. Enchede.
- PAULIŠ, P., TOEGEL, V., VESELOVSKÝ, F., HAK, J., 2009: Corkit z Nové Vsi u Rýmařova. - *Bull. mineral. - petrolog. Odd. Nár. Muz.*, 17, 2, 87-90.
- POUCHOU, J. L., PICOIR, F., 1985: „PAP“ procedure for improved quantitative microanalysis. *Microbeam Analysis*, 20: 104-105.
- PREIS, W., GAMSJÄGER, H., 2001: (Solid + solute) phase equilibria in aqueous solution. XIII. Thermodynamic properties of hydrozincite and predominance diagrams for (Zn<sup>2+</sup> + H<sub>2</sub>O + CO<sub>2</sub>). - *J. Chem. Thermodynamics*, 33, 803-819.
- SCOTT, K. M., 1987: Solid solution in, and classification of, gossan-derived members of the alunite-jarosite family, Northwest Queensland, Australia. - *Am. Mineral.* 72, 178-187.
- SEKANINA, J., 1951: Nerosty železného klobouku od Nové Vsi na severní Moravě. - *Práce Moravskoslez. akad. věd přír.*, 23: 5, 117-145, Brno.
- SMIRNOV, S. S., 1956: Oxydační pásmo sulfidických ložisek. - *Nakl. ČSAV*, 304 s., Praha.
- SZYMANSKI, J. T., 1985: The crystal structure of plumbojarosite Pb[Fe<sub>3</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>(OH)<sub>6</sub>]<sub>2</sub>. - *Can. Mineral.* 23, 659-668.