PYROMORFIT Z LOŽISKA OLOVĚNO-ZINKOVÝCH RUD NOVÁ VES U RÝMAŘOVA

PYROMORPHITE FROM Pb-Zn ORE DEPOSIT AT NOVÁ VES NEAR RÝMAŘOV (JESENÍKY MTS., CZECH REPUBLIC)

EVA KOCOURKOVÁ, ZDENĚK LOSOS, VÁCLAV VÁVRA

Abstract:

Kocourková, E., Losos, Z., Vávra, V., 2007: Pyromorfit z ložiska olověno-zinkových rud Nová Ves u Rýmařova. Acta Musei Moraviae, Sci. geol., 92, 93-102.

Pyromorphite from Pb-Zn ore deposit at Nová Ves near Rýmařov (Jeseníky Mts., Czech Republic)

Pyromorphite samples from weathering zone of the vein deposit Nová Ves at Rýmařov are identified and studied with respect to their origin. Pyromorphite was found in assemblage with limonite and plumbogumite. Pyromorphite crystals have zonality, lighter zones (in BSE image) with higher Pb alternate darker zones with higher Ca. Changes in fluids composition and pH during crystallization of pyromorphite are in connection with described zonality. Two independent substitution in pyromorphite were detected: pyromorphite – mimetite (P-As) and pyromorphite – apatite (Pb-Ca). Second type of pyromorphite zonality is represented by changing of compact and porous zones in crystal. It can be in connection with partial dissolution of pyromorphite roystals or with rapid grow stages of crystals. Source of Pb in supergeneous waters (solutions) is galena and source of Ca are vein carbonates, pyrite is primary mineral for traces of As. Phosphorus in water solutions is derived probably from phyllites. The similar situation is described from Zlaté Hory sulphidic deposit.

Key words: pyromorphite, chemical composition, crystal zonality, Pb-Zn deposit, Nová Ves at Rýmařov, Silesicum, Vrbno Unit

Eva Kocourková, Institute of Geological Sciences, Masaryk University, Kotlářská 2, 611 37 Brno, Czech Republic; e-mail: retty@centrum.cz

Zdeněk Losos, Institute of Geological Sciences, Masaryk University, Kotlářská 2, 611 37 Brno, Czech Republic; e-mail: losos@sci.muni.cz

Václav Vávra, Institute of Geological Sciences, Masaryk University, Kotlářská 2, 611 37 Brno, Czech Republic; e-mail: vavra@mail.muni.cz

Úvod

Ložisko Pb-Zn rud Nová Ves u Rýmařova je zajímavou mineralogickou lokalitou. Kromě obecných sulfidů a křemen-karbonátové jaloviny je známé bohatou asociací minerálů gossanu (SEKANINA 1951, BERNARD 2000). Jedním z mála dnes ještě nacházeným supergenním minerálem v Nové Vsi je pyromorfit, jehož podrobný výzkum je předmětem předložené práce.

V okolí Nové Vsi byly patrně od 13. století těženy stříbrné rudy, avšak nejstarší písemné údaje pocházejí z konce 17. století (z let 1690 a 1695). Pb-Zn rudy se naposledy těžily v letech 1954-1959 (Novák a ŠTĚPÁN 1983). Ložiskové území se nachází na jv. svahu



Obr. 1. Schématická mapa oblasti Nová Ves u Rýmařova: 1 = ložisková oblast, 2 = jámy dolu Nová Ves, 3 = ústí dědičné štoly, 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 = mineNová Ves, 3= portal of gallery, 4 = trenches Rý 4 and 5 (modified according to NOVÁK et al. 1982).

hory Soukenná (1022 m n. m.) na katastrálním území obce Karlov pod Pradědem (Malá Morávka, okres Bruntál) a z části přesahuje do katastru obce Žďárský potok (Rýmařov). 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 Soukenné (1022 m) a východní hranici tvoří lesní silnice z Nové Vsi do Karlova, v. od dědičné štoly (obr. 1). Celé území leží na východním úbočí Hrubého Jeseníku, v Chráněné krajinné oblasti Jeseníky.

Z regionálně-geologického hlediska leží ložisko Nová Ves ve vrbenské skupině silezika. Horniny vrbenské skupiny (zastižené ve štolách historického ložiska i ve vrtech úseku Nová Ves-sever), je možno rozčlenit na devonské metapsamity, metapelity s acidními i bazickými metavulkanity, metatufy a metatufity (MIKUŠ 1975, MIKUŠOVÁ in MIKUŠ 1975, Ko-PA 1980). Tyto horniny jsou epizonálně metamorfované se směrem foliace SV-JZ, s převládajícím úklonem k JV v jižní části a k SZ v severní části a v dílčích úsecích (ČERMÁK *et al.* 1980).

Detailnější popis mineralogie a chemismu primárních a hlušinových minerálů ložiska uvádí FOJT *et al.* (2004). V rudních žilách, žilnících, stratiformních polohách a v podobě vtroušenin i v okolních horninách se nacházejí tyto hypogenní rudní minerály: pyrit, sfalerit, galenit, chalkopyrit, tetraedrit, freibergit, bournonit, boulangerit, markazit, pyrhotin, zlato, rutil a titanit. Doprovodné nerudní složky tvoří: siderit, dolomit, ankerit, kalcit, křemen, baryt a chlorit. První zmínka o pyromorfitu na Nové Vsi u Rýmařova pochází od SLAVÍKA (1923), který našel malé drúzy zelených sloupečkovitých krystalů na stěnách dutinek "rozežraného" křemene v okolí tzv. Pruské šachty.

K podrobnější práci, zabývající se supergenními minerály na ložisku patří monografie SEKANINY (1951). V případě pyromorfitu se převážně věnoval studiu jednotlivých krystalových tvarů pomocí optického goniometru a makroskopickému pozorování krystalů. Chemickými zkouškami v něm dokázal Pb a P. V topografické mineralogii Moravy BUR-KART (1953) uvádí z Nové Vsi pyromorfit v asociaci supergenních minerálů vedle anglesitu, hydrozinkitu, limonitu a malachitu.

Pyromorfitem z gossanu z Nové Vsi se zabýval v rámci státního výzkumného úkolu II-4-1/2 KRAČMAR (1986), výsledky však nebyly publikovány. Provedl zejména optický výzkum jeho krystalů a dále uvádí spektrální analýzy, rentgenová prášková data s vypočtenými mřížkovými parametry. K detailnímu studiu pyromorfitu a jeho možné mísivosti s arzeničnanovým analogem mimetitem užil rovněž infračerveného spektra. Zajímavý byl nález dutých krystalů pyromorfitu, u nichž byla dokázána rentgenometrickým výzkumem a spektrální analýzou jeho vysoká čistota; příměs As byla pouze v desetinách procenta. V poslední době byl pyromorfit z Nové Vsi studován v rámci diplomové práce KOCOURKOVÉ (2006).

Metodika práce

Vzorky pyromorfitu č. 1 a 2 pocházejí z vlastních sběrů v letech 2004–2005 z bývalé průzkumné rýhy na svahu Soukenné, další vzorky jsou ze sbírek M. Nepejchala (vzorek 3), J. Běluši (vzorek 4) a Mineralogicko-petrografického odd. Moravského zemského muzea v Brně (vzorky 5 a 6). Vzorky s pyromorfity byly studovány na Ústavu geologických věd PřF MU následujícími metodami:

- a) mikroskopie nábrusů a výbrusů za použití polarizačního mikroskopu Zeiss Jenalab pol, mikroskopické preparáty zhotovil J. Povolný.
- sledování morfologického vývoje jednotlivých minerálních individuí binokulárním mikroskopem Nikon SMZ 1500 a fotodokumentace fotoaparátem Nikon Coolpix 950.
- c) chemismus jednotlivých supergenních fází byl stanoven elektronovou mikrosondou Cameca SX 100 (operátor R. Škoda). Vzorky před analýzou na mikrosondě byly nejprve napařeny uhlíkem. Analýzy byly zhotoveny ve vlnově disperzním módu (WDX) za těchto podmínek: urychlovací napětí 15 kV, proud svazku 10 nA a 20 nA, průměr svazku 5-10 μm, syntetické fáze a dobře definované minerály byly použity jako standardy (FKα - fluorapatit, SiKα - sanidin, AsLα - InAs, PKα - apatit, ClKα - vanadinit, SKα - baryt, CaKα - andradit, PbMα - vanadinit, ZnKα - ZnO, FeKα andradit, MnKα - rhodonit), změřená data byla upravena PAP korekcí podle POU-CHOU a PICHOIR (1972). K vyjádření obsahu jednotlivých komponent minerálů byly použity ternární diagramy zkonstruované v programu Tridraw.
- d) RTG-prášková difrakční analýza separovaného pyromorfitu (transmisní difraktometr STOE, typ STADI-P, podmínky záznamu: záření CoKα₁, napětí 40 kV, proud 25 mA, primární Ge (111) monochromátor, PSD lineární detektor. Měřeno bylo v transmisním módu v rozsahu 5-80° (2Θ), 600 s na 1 krok detektoru. Analýzy načetl V. Vávra. Výsledky byly vyhodnoceny programem WIN XPOW, bylo odečteno pozadí, vyhledána difrakční maxima, zpřesněny polohy a intenzity difrakčních maxim funkcí Pearson. Výpočet mřížkových parametrů byl proveden algoritmem podle BOULTIFA a LOUERA (2004). Difrakční spektra byla porovnána s databází JSPDS (1994) PDF-2 (set 46).

Mineralogie a strukturní charakteristika pyromorfitu z Nové Vsi

Pyromorfity na všech studovaných vzorcích tvoří hexagonálně omezené krystaly, narůstající na limonit^{*} gossanových partií ložiska. Jejich omezení plochami odpovídá většinou hexagonálnímu prizmatu ukončenému bází (obr. 2), místy se na krystalech vyskytují i hexagonální dipyramidy (obr. 3), ojedinělé je i ukončení krystalů dipyramidou, která nad bází převládá. Délka krystalů dosahuje maximálně 3 mm, tloušťka 1 mm. Zbarvení jednotlivých krystalových individuí se pohybuje od žlutozelené po olivově zelenou. Tmavě zelené variety se vyskytují u pyromorfitu z dutin limonitu, v asociaci s žilným křemenem bývají krystaly spíše žluté. Pyromorfit na vzorku č. 3 se nachází v asociaci s plumbogumitem, který na pyromorfitu tvoří mladší lemy.



- Obr. 2. Hexagonální prizmatické krystaly pyromorfitu, ukončené bází, vzorek č. 2.
- Fig. 2. Hexagonal prismatic crystals of pyromorphite with basal pinacoid, sample 2.



- Obr. 4. Porézní zóny podél růstových zón krystalu pyromorfitu v PPL, vzorek č. 4.
- Fig. 4. Porous zones along grow zones of pyromorphite crystal in PPL, sample 4.



- Obr. 3. Spojka hexagonální dipyramidy a báze, vzorek č. 1.
- Fig. 3. Combination of hexagonal dipyramid and basal pinacoid, sample 1.



- Obr. 5. Sektorově zonální porézní pyromorfit v PPL, vzorek č. 4.
- Fig. 5. Sector zonal porous pyromorphite crystal in PPL, sample 4.

V odraženém světle byly v nábrusech u všech studovaných pyromorfitů pozorovány zonální stavby krystalů. Kompaktní růstové zóny se střídají s porézními zónami (obr. 4). Porézní zóny bývají vyvinuty převážně při okrajích krystalů a to v těch částech, kde se kombinují báze s prizmatickými plochami a naopak chybí v případech kombinace priz-

* Termín "limonit" označuje v práci blíže neidentifikovanou směs oxyhydroxidů a hydroxidů železa.

Tabulka 1.	RTG -	prášková	difrakční	analýza	pyromorfitů	z Nové	Vsi ve	srovnání	s tabelovanými	hodnotami
	z datab	áze PDF	- 1.							

Table 1.	X-ray powder	diffraction	analyses	of	pyromorphites	from	Nová	Ves in	comparison	with	PDF-1
	database.										

	TAB. HODNOTY	VZOR	EK/SAMPLE	VZOF	REK/SAMPLE	VZOREK/SAMPLE			
KARTA 1	9-0701/TAB.VOLUE CARD 19-0701	Č	. 1/NO. 1	Č	2. 2/NO. 2	Č. 4/NO. 4			
d(Å)	I(rel)	d(Å)	I(rel)	d(Å)	I(rel)	d(Å)	I (rel)		
4,99	8	4,99	9	4,98	10	4,99	12		
4,33	20	4,32	32	4,32	24	4,32	30		
4,13	45	4,13	48	4,12	51	4,13	52		
3,73	2	3,72	3	-	-	3,73	3		
3,67	8	3,67	4	3,67	8	3,67	5		
3,38	25	3,38	25	3,38	25	3,38	25		
3,27	35	3,27	39	3,27	40	3,27	41		
2,985	100	2,986	100	2,986	100	2,987	100		
2,959	100	2,956	88	2,956	99	2,960	35		
2,885	60	2,883	58	2,883	61	2,883	50		
2,497	2	2,498	2	2,496	3	2,498	3		
2,44	2	2,44	1	2,449	3	2,443	2		
2,266	6	2,268	5	2,267	7	2,269	5		
2,195	16	2,197	10	2,197	11	2,200	8		
2,162	8	2,163	6	2,163	7	2,163	5		
2,063	35	2,065	28	2,065	31	2,066	33		
2,007	18	2,009	15	2,009	19	2,010	17		
1,983	10	1,985	8	1,985	8	1,985	8		
1,957	20	1,958	8	1,960	19	1,961	18		
1,915	25	1,916	21	1,917	19	1,917	20		
1,886	20	1,889	19	1,888	19	1,888	18		
1,861	25	1,864	20	1,864	27	1,864	22		
1,833	10	1,836	6	1,835	8	1,838	4		
1,721	2	1,724	1	-	-	1,725	1		
1,711	2	1,715	1	-	-	1,692	2		
1,688	2	1,690	2	1,690	2	1,680	3		
1,678	4	1,680	3	1,679	4	1,666	1		
1,633	8	1,636	4	1,636	5	1,636	4		
1,623	6	1,624	5	1,624	5	1,624	4		
1,599	6	1,601	5	1,601	5	1,603	5		
1,564	4	1,566	3	1,565	4	1,566	4		
1,553	4	-	-	-	-	1,554	2		
1,547	8	-	-	-	-	1,550	5		
1,540	6	-	-	-	-	1,543	6		
1,519	8	-	-	-	-	1,521	7		
1,515	10		-	-	-	1,517	7		

matu a dipyramidy. Ve směru osy z je pak krystal ukončen kompaktní zónou (srv. obr. 10). Byla zjištěna i sektorová distribuce porézních a kompaktních zón (obr. 5).

Relativní intenzity a d-hodnoty difrakcí separovaných vzorků jsou uvedeny v tab. 1 a porovnány s tabelovanými hodnotami pyromorfitu (PDF-1). Mřížkové parametry a objem základní buňky studovaného pyromorfitu uvádí tab. 2.

vzorek/sample	mřížkové parametry (Å) a objem základní buňky/unit cell parameters
č. 1	a = 9,991(+/- 0,001); c = 7,346(+/- 0,001); V = 635,03
č. 2	a = 9,990(+/- 0,001); c = 7,343(+/- 0,001); V = 634,59
č. 3	a = 9,995(+/- 0,001); c = 7,351(+/- 0,001); V = 635,95
č. 4	a = 9,991(+/- 0,001); c = 7,351(+/- 0,001); V = 635,44
č. 5	a = 9,992(+/- 0,001); c = 7,345(+/- 0,001); V = 634,99
č. 6	a = 9,991(+/- 0,001); c = 7,343(+/- 0,001); V = 634,69

Tabulka 2.Mřížkové parametry a objem elementární buňky pyromorfitů z Nové Vsi.Table 2.Unit cell parameters and volume of pyromorphite from Nová Ves.

Chemismus pyromorfitu z Nové Vsi

Pyromorfit má obecný vzorec $A_5(XO_4)_3Z$, v němž do pozice A vedle dominujícího Pb²⁺ může vstupovat také Ca²⁺, Zn²⁺ a Fe²⁺ do pozice X kromě převládajícího P⁵⁺ rovněž As⁵⁺ a V⁵⁺, Si⁴⁺ a S⁶⁺ do pozice Z zejména Cl⁻, příp. OH⁻ (STRUNZ a NICKEL 2001).

Ze zhodnocení 43 analýz (rozpočet na 13 aniontů) vyplývá, že se studované vzorky blíží koncovému členu – pyromorfitu (obr. 6). Do pozice A vstupuje hlavně Pb²⁺ v množství od 4,42 do 5,14 apfu; velmi nízký je podíl Ca²⁺ (0,01–0,58 apfu) a Zn²⁺ \leq 0,03 (apfu), Fe²⁺ je pod mezí detekce. Pozice X je obsazena hlavně P⁵⁺ (2,84–3,24 apfu); nízký je obsah As⁵⁺ \leq 0,11 apfu, Si⁴⁺ \leq 0,07 apfu a S⁶⁺ \leq 0,01 apfu, V⁵⁺ je pod hranicí stanovení. Substituce v pozicích A (obr. 7) a X (obr. 8) jsou na sobě nezávislé, jak ukazuje obr. 9. Dominantním prvkem v pozici Z je ve všech studovaných vzorcích Cl⁻, (0,95–1,05 apfu), obsahy F⁻ jsou pod mezí detekce. Dopočtené obsahy OH⁻ dosahují u části vzorků maximálně 0,05 apfu. Reprezentativní analýzy pyromorfitů jsou uvedeny v tab. 3. Na základě substi-

Table 3.	Representative	chemical	analyses	of pyr	omorphite

vzorek / anal. bod	hm. % - wt. %																		
sample/anal. point	1/16.	1/17.	2/3.	2/4.	2/5.	2/6.	2/7.	3/4.	3/5.	3/6.	3/7.	4/17.	4/18.	4/19.	4/20.	4/21.	4/22.	5/40.	6/34.
PbO	82,20	82,07	81,32	81,21	81,71	78,37	81,35	81,78	81,44	81,59	81,52	80,77	80,22	81,25	81,09	81,10	79,44	83,04	82,82
CaO	0,20	0,08	0,64	1,21	0,33	2,59	0,03	0,14	0,10	0,12	0,15	0,35	0,78	0,47	0,07	0,09	0,24	0,05	0,00
ZnO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,16	0,00	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
P_2O_5	15,55	14,70	16,09	16,34	15,69	16,63	15,55	15,56	15,60	15,25	15,37	15,69	16,01	15,86	15,62	15,69	15,70	14,77	15,20
As ₂ O ₅	0,44	0,94	0,00	0,00	0,00	0,00	0,12	0,37	0,39	0,40	0,35	0,00	0,00	0,04	0,00	0,05	0,00	0,37	0,07
SiO ₂	0,00	0,05	0,12	0,06	0,29	0,28	0,19	0,06	0,05	0,04	0,05	0,04	0,01	0,02	0,05	0,05	0,03	0,15	0,04
SO ₃	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,00
Cl	2,69	2,70	2,72	2,76	2,77	2,83	2,69	2,52	2,55	2,54	2,57	2,59	2,63	2,61	2,55	2,52	2,56	2,51	2,65
Cl=O	-0,61	-0,61	-0,61	-0,62	-0,63	-0,64	-0,61	-0,57	-0,57	-0,57	-0,58	-0,58	-0,59	-0,59	-0,57	-0,57	-0,58	-0,57	-0,60
H ₂ O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01	0,00
Σ	100,5	99,9	100,3	101,0	100,2	100,1	99,3	99,9	99,7	99,4	99,5	98,9	99,1	99,7	98,8	98,9	97,4	100,4	100,2
	rozpočet na 13 O+Cl - calculated on 13 O+Cl																		
Pb ²⁺	4,951	5,049	4,809	4,722	4,889	4,421	4,937	4,950	4,914	4,995	4,958	4,907	4,790	4,879	4,955	4,935	4,867	5,137	5,096
Ca ²⁺	0,047	0,018	0,151	0,279	0,078	0,582	0,008	0,033	0,024	0,028	0,036	0,084	0,186	0,112	0,017	0,022	0,058	0,012	0,000
Zn ²⁺	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,026	0,000	0,009	0,000	0,000	0,00	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Σ	4,999	5,067	4,960	5,000	4,967	5,003	4,945	4,982	4,965	5,023	5,002	4,991	4,976	4,991	4,972	4,957	4,925	5,149	5,096
P ⁵⁺	2,945	2,843	2,993	2,988	2,952	2,951	2,968	2,961	2,960	2,936	2,939	2,997	3,007	2,996	3,002	3,003	3,024	2,873	2,942
As ⁵⁺	0,051	0,112	0,000	0,000	0,000	0,000	0,014	0,044	0,045	0,048	0,041	0,000	0,000	0,004	0,000	0,006	0,000	0,045	0,008
Si ⁴⁺	0,000	0,011	0,025	0,013	0,065	0,058	0,043	0,014	0,011	0,008	0,012	0,008	0,003	0,005	0,012	0,010	0,007	0,033	0,008
S ⁶⁺	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,008	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,008	0,000
Σ	2,997	2,966	3,019	3,000	3,018	3,009	3,025	3,018	3,016	2,992	3,000	3,005	3,010	3,005	3,014	3,019	3,031	2,959	2,958
Cl	1,020	1,046	1,013	1,010	1,043	1,005	1,028	0,958	0,967	0,980	0,984	0,991	0,987	0,988	0,980	0,964	0,986	0,978	1,027
H^+	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,042	0,033	0,020	0,016	0,009	0,013	0,012	0,020	0,036	0,014	0,022	0,000
Σ	1,020	1,046	1,013	1,010	1,043	1,005	1,028	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,027



Obr. 6. Ternární diagram apatitové skupiny s vyznačením chemismu pyromorfitu z Nové Vsi.

Fig. 6. Ternary diagram of apatite group with chemistry of pyromorphite from Nová Ves.



- Obr. 7. Substituce Ca²⁺ za Pb²⁺, přímka znázorňuje ideální závislost substituce PbCa⁻¹.
- Fig. 7. Ca²⁺ Pb²⁺ substitution in pyromorphite from Nová Ves, line represents ideal PbCa⁻¹. substitution.
- Obr. 10. Dva typy zonality u pyromorfitu č. 4, první typ – porézní a kompaktní zóny, druhý typ – tmavé a světlé zóny, analyzované body viz. tab. 3.
- Fig. 10. Two types of crystal zoning of pyromorphite. First type porous and compact zones, second type dark and light zone, anal. points see above tab. 3.



- Obr. 8. Substituce As⁵⁺ za P⁵⁺, přímka znázorňuje ideální závislost substituce PAs⁻¹.
- Fig. 8. As⁵⁺ P⁵⁺ substitution in pyromorphite from Nová Ves, line represents ideal PAs⁻¹ substitution.



- Obr. 9. Znázornění nezávislosti substitucí v pyromorfitu.
- Fig. 9. Independent substitutions in pyromorphite.



tuce kationtů Pb^{2+} – Ca^{2+} a v aniontové části skupiny PO_4^{3-} – AsO_4^{3-} , byly pro vyjádření chemismu pyromorfitů v ternárním diagramu použity tři přítomné koncové členy dvou izomorfních řad minerálů apatitové skupiny (obr. 6).

Na základě mikroskopického studia byly zjištěny dva typy zonální stavby krystalů. První z nich, se projevuje střídáním kompaktních a porézních zón (obr. 10), které se však z chemického hlediska se od sebe neliší (tab. 3). Druhý typ odpovídá růstové zonálnosti, kdy dochází nejen ke změně v zastoupení krystalových tvarů (jádra krystalů vykazují kombinaci prizmatu a dipyramidy, zatímco okraje představují spojky prizmatu s bází – obr. 10), ale i ke změnám v chemickém složení pyromorfitu. V BSE je patrné střídání tmavých a světlých zón, které mají většinou ostré hranice; místy jde o oscilační zonálnost. Tmavé zóny jsou charakteristické zvýšeným obsahem Ca²⁺ vzhledem k Pb²⁺; maximální poměr těchto prvků je 0,58 : 4,42 (apfu), v případě světlých zón je množství Pb²⁺ ~5 apfu (obr. 11).

Diskuse a závěr

Krystaly pyromorfitu jsou hexagonálně omezené a ukončené bází nebo se jedná o spojky báze s hexagonální dipyramidou. Touto morfologií se vyznačují i pyromorfity z dalších ložisek Pb-Zn rud ve vrbenské skupině, např. v Horním Benešově (POHANKA 1965) a ve Zlatých Horách (FOJT 1973). Duté krystaly pyromorfitu, zjištěné v Nové Vsi KRAČMAREM (1986) se nepodařilo naším výzkumem potvrdit. Určitým náznakem podobného vývoje je kostrovité ukončení krystalů, kdy prizma, resp. spojky prizmatu s dipyramidou, přerůstají na okrajích bázi.

Naopak v dostupné literatuře jsme nezjistili případ pórézních zón, které se v Nové Vsi vyskytují při okrajích krystalů pyromorfitu. Zatímco jádra krystalů ve směru osy z mají vyvinuté plochy dipyramid, tak v okrajových zónách krystalu je vyvinut pouze bazální pinakoid. Popsaný jev tedy nejspíše souvisí se změnou podmínek krystalizace. Vysvětlení by mohlo být takové, že se během růstu krystalu měnily podmínky tak, že po vyčerpání hlavních složek docházelo k parciálnímu rozpouštění pyromorfitu. Krystaly opět dorůstaly po nasycení roztoku, avšak pouze ve směru osy z. Do procesu krystalizace však nevstupovaly jiné složky kromě Pb a P, neboť chemické složení kompaktních a pórovitých zón je stejné. Jinou příčinou mohl být rychlý růst krystalů v závěru krystalizace. Teprve později se v roztocích uplatnil Al³⁺, jak dokazuje obrůstání pyromorfitu mladším plumbogumitem (viz též JANSA 1990).

Mřížkové parametry pyromorfitu odpovídají tabelovaným hodnotám. STRYCHARCZYK et al. (2005) ve své práci zjistili, že mřížkové parametry rostou přímo úměrně s nárůstem As v pyromorfitech. Z důvodu, že mimetitová komponenta v pyromorfitech z Nové Vsi je



Obr. 11. Nárůst obsahu Ca²⁺ na úkor Pb²⁺ v případě tmavých zón pyromorfitu, vzorek č. 2, analyzované body viz. tab. 3.

Fig. 11. Dark pyromorphite zones are richer in Ca^{2+} and poorer in Pb^{2+} , sample 2 anal. points see above tab. 3.

jen minimálně zastoupena (≤ 4 mol. %), nelze údaje STRYCHARCZYKA *et al.* (2005) potvrdit.

Z chemického hlediska jsou pyromorfity zajímavé svojí zonalitou, kdy dochází ke střídání Ca-bohatších a Ca-chudších zón. Podle RAADLEHO (2005) je tato oscilační zonalita způsobena měnícím se složením fluid během krystalizace včetně kolísání pH. U pyromorfitu bylo pozorováno, že k substituci dochází jak mezi Ca a Pb, tak i mezi As a P. RA-ADLE (2005) se domnívá, že tyto dvě substituce spolu souvisí, popisuje, že zóny s vyššími obsahy Ca mají nižší obsahy As. U pyromorfitů z Nové Vsi jsou sice obě substituce doloženy, avšak jsou na sobě nezávislé. FÖRTSCH a FREIBURG (1970) upozorňují, že u fází apatitové skupiny obvykle probíhají substituce mezi pyromorfitem a mimetitem, ostatní substituce jsou limitovány, což zjištěná data potvrzují.

Zdrojem Pb, podstatné komponenty chemismu pyromorfitu, byl pravděpodobně galenit a/nebo dříve vykrystalované sekundární minerály Pb, na něž působily nízce temperované supergenní roztoky. Původ P a Cl není zcela jasný. Jejich zdrojem byly pravděpodobně metapelity (např. muskoviticko-chloritické břidlice), lokálně obsahující hojněji akcesorický apatit (srv. KOPA 1980, FOJT et al. 2004). Výskyt pyromorfitu v Nové Vsi je vázán na omezený prostor - patrně související s poruchovou zónou ve fylitech. Fojt (1973) v případě pyromorfitu ze Zlatých Hor uvádí, že jeho vznik je výsledkem reakcí roztoků obsahujících Pb s "výluhy" fylitů se zvýšenými obsahy P a Cl. Obě ložiska jsou podobná asociací primárních sulfidů. V Nové Vsi musely existovat výrazné rozdíly v distribuci, resp. aktivitě P, CO₂ a S, neboť pyromorfit nebyl zjištěn v přímém kontaktu ani s anglesitem, ani s cerusitem (srv. SEKANINA 1951), které v rámci sekundárních minerálů Pb na lokalitě převládají. Vzhledem k tomu, že se na studované lokalitě nenachází arzenopyrit ani tennantit, byl pravděpodobným zdrojem malého podílu As v pyromorfitech pyrit (obsahuje ≤6000 ppm As) popř. tetraedrit nebo bournonit s podílem As $\leq 0,28$ apfu, jenž z Nové Vsi uvádí FOJT *et. al.* (2004). Zdrojem Ca budou nejspíš hlušinové karbonáty žil (kalcit, ankerit, Fe-dolomit) nebo metamorfované horniny (např. karbonát-muskovitické břidlice).

Poděkování

Autoři děkují prof. B. Fojtovi za uvedení do terénní situace rudního ložiska Nová Ves u Rýmařova. Za provedení analýz na elektronové mikrosondě děkujeme Mgr. R. Škodovi. Dále bychom chtěli poděkovat v textu jmenovaným sběratelům za poskytnutí vzorků na výzkum, dr. K. Malému za recenzní připomínky a dr. S. Houzarovi za umožnění studia pyromorfitů z depozitáře Moravského zemského muzea.

Studie byla financována výzkumným záměrem MSM 002 1622412.

LITERATURA

BERNARD, J. H., 2000: Minerály České republiky, stručný přehled. - Academia, Praha, 186 s.

BOULTIF, A., LOUER, D., 2004: Powder pattern indexing with the dichotomy method. - J. Appl. Crystallogr., 37, 714-731.

BURKART, E., 1953: Moravské nerosty a jejich literatura. Mährens Minerále und ihre Literatur. - Nakl. ČSAV, 1004 s.

- ČERMÁK, F., FOJT, B., KOPA, D., ZEMAN, J., 1980: Paragenetická studie ložiskové oblasti Nová Ves u Rýmařova.
 Závěrečná zpráva výzkumného úkolu: Studium vztahu mezi stratiformním a žilným typem zrudnění II. část. MS. Kat. mineral. petr., Universita J. E. Purkyně, Brno.
- FOJT, B., ČERMÁK, F., ĎURIŠOVÁ, J., HLADÍKOVÁ, J., HOFFMAN, V., KOPA, D., TRDLIČKA, Z., ZEMAN, J., 2004: Nová Ves u Rýmařova – ložisko olověno-zinkových rud. – Acta Mus. Moraviae, Sci. geol., 89: 3-44.

FOJT, B., 1973: Mineralogie supergenních produktů zlatohorských sulfidických ložisek. - MS, Stručná etapová zpráva, Kat. mineral. petr., Universita J. E. Purkyně, Brno.

- FÖRTSCH, E., FREIBURG, I. B., 1970: Untersuchungen an Mineralien der Pyromorphit Truple. Neu. Jb. Mineral. Abh. – 113: 219–250.
- JANSA, J., 1990: "Florencit" z Nové Vsi u Rýmařova je plumbogumit. Čas. Mineral. Geol., 35, 3: 305-307.
- KOPA, D., 1980: Petrografie na ložisku barevných kovů Nová Ves u Rýmařova. Závěrečná zpráva subetapy státního plánu výzkumu. - MS, Slezské muzeum. Opava.
- KOCOURKOVÁ, E., 2006: Supergenní mineralizace na ložisku Nová Ves u Rýmařova. MS, diplomová práce, Ústav geol. věd Masaryk. Univ. v Brně, 63 s.
- KRAČMAR, L., 1986: Pyromorfity z gossanu ložiska Nová Ves u Rýmařova. MS. dílčí zpráva SVÚ II-4-1/2, Kat. mineral. petr., Universita J. E. Purkyně, Brno.
- MIKUŠ, M., 1975: Projekt průzkumu rud Nová Ves štola. MS, Geologický průzkum n. p. Ostrava.
- NOVÁK, J., ŠTĚPÁN, V., 1983: Historie dolování Ag, Pb, Zn rud na ložisku Nová Ves u Rýmařova. Geol. Průzk., 8-9: 257-259.
- 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.
- POHANKA, J., 1965: Pyromorfit z Horního Benešova ve Slezsku. Čas. Slez. Muz., Vědy přír. 14, 2: 177-181.
- POUCHOU, J. L., PICHOIR, F., 1985: "PAP" procedure for improved quantitative microanalysis. Microbeam Analysis, 20: 104-105.
- RAADLE, G., 2005: Ca-reicher und zonierter Pyromorphit von Berg Aukas, Namibia. Mineralien Welt, 16, 6: 58-59.
- SEKANINA, J., 1951: Nerosty železného klobouku od Nové Vsi na severní Moravě. Práce Moravskoslez. akad. věd přír., 23, 5: 117-145.
- SLAVík, F., 1923: Příspěvek k poznání rudních žil v Jeseníku. Čas. Vlast. muz. spol. v Olomouci, 34, 1-2: 1-8.
- STRUNZ, H., NICKEL, E., 2001: Strunz Mineralogical Tables. Ninth Edition. E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart, 870 pp.
- STRYCHARCZYK, M., MANECKY, M., BAJDA, T., MORGAWA, W., GAMEL, A., 2005: Synthesis of pyromorphitemimetite solid solutions-preliminary results. - *Polskie Towarzystwo Mineralogiczne*, Krakow: Mineralogical Society of Poland, 25.