

Vivianit z lomu Pohled u Havlíčkova Brodu (Česká republika)

Vivianite from the quarry Pohled near Havlíčkův Brod (Czech Republic)

VIKTOR VENCLÍK¹⁾, JIŘÍ SEJKORA^{2)*}, PAVEL ŠKÁCHA^{2,3)}, PETR PAULIŠ^{2,4)} A ONDŘEJ STÍSKAL⁵⁾

¹⁾ Na drážce 1501, 530 03 Pardubice

²⁾ Mineralogicko-petrologické oddělení, Národní muzeum, Cirkusová 1740, 193 00 Praha 9 - Horní Počernice; *e-mail jiri_sejkora@nm.cz

³⁾ Hornické muzeum Příbram, náměstí Hynka Kličky 293, 261 01 Příbram VI

⁴⁾ Smíškova 564, 284 01 Kutná Hora

⁵⁾ Kosmonautů 167, 530 09 Pardubice

VENCLÍK V., SEJKORA J., ŠKÁCHA P., PAULIŠ P., STÍSKAL O. (2013) Vivianit z lomu Pohled u Havlíčkova Brodu (Česká republika). *Bull. mineral.-petrolog. Odd. Nár. Muz. (Praha) 21, 2, 191-194. ISSN 1211-0329.*

Abstract

A hydrated Fe²⁺ phosphate, mineral vivianite, was found in active quarry Pohled near Havlíčkův Brod, Českomoravská vrchovina Mountains, Czech Republic. Vivianite forms transparent blue prismatic crystals up to 5 mm in length in association with quartz crystals, Mg-siderite and Fe-chlorite at fissures of metamorphic rocks. Vivianite is monoclinic, space group *C2/m*, the unit-cell parameters refined from X-ray powder diffraction data are: *a* 10.117(4), *b* 13.446(2), *c* 4.689(1) Å, β 104.63(2)° and *V* 617.1(3) Å³. Chemical analyses of vivianite correspond to the empirical formula Fe_{2.99}(PO₄)_{2.01}·8H₂O on the basis of 5 apfu. The origin of studied mineral association with vivianite is interpreted as product of crystallization from late low-temperature solutions.

Key words: vivianite, powder X-ray diffraction data, unit-cell parameters, chemical composition, Pohled near Havlíčkův Brod, Czech Republic

Obdrženo: 23. 10. 2013; přijato: 19. 11. 2013

Úvod

Činný etážový lom Pohled (obr. 1) je lokalizován cca 1 km jihovýchodně od obce Pohled, která se nachází 5 km východně od Havlíčkova Brodu (Českomoravská vrchovina, Česká republika). Lom těžící silně migmatitizované ruly, granity a amfibolity pro výrobu drceného kameniva pro silniční a drážní stavby byl založen již v roce 1939. V současné době je lom přístupný po asfaltové komunikaci, která odbočuje vlevo ze silnice Pohled - Dlouhá Ves; pro vstup do lomu je nezbytný souhlas jeho provozovatele (Českomoravský štěrk, a. s.).

V roce 2013 byla ve východní části nejspodnější etáže lomu (obr. 2) zjištěna pozoruhodná mineralizace s hojným výskytem vivianitu, která je námětem tohoto článku. Trhliny s vivianitem byly zjištěny v těsné blízkosti a na kontaktu hydrotermální žíly o mocnosti do 20 cm s hojným výskytem sfaleritu a pyritu.



Obr. 1 Celkový pohled na etážový lom Pohled u Havlíčkova Brodu, foto V. Venclík, červenec 2013.

Obr. 2 Lomová stěna s výskytem vivianitu, Pohled u Havlíčkova Brodu, foto V. Venclík, červenec 2013.

Charakteristika lokality

Po geologické stránce náleží širší okolí lokality k monotónní skupině moravského moldanubika blízko východního okraje moldanubického plutonu. Charakteristické jsou silně migmatizované pararuly, které vznikly přeměnou drobových břidlic, zčásti i drob a jílovitých břidlic (Cháb, Suk 1977), místy prostoupené až několik metrů širokými mylonitovými pásy. Přítomna jsou tělesa serpentinitů, amfibolitů, granitoidů a aplitové a pegmatitové žíly. Amfibolitová tělesa tvoří vložky o mocnosti do 10 m, hornina je tmavě šedá s paralelní texturou. Magmatické horniny jsou zastoupeny dvojslídovým granitem typu Eisgarn („pohledská žula“). Jeho geneze je spojována s melechovským masivem moldanubického plutonu (Beneš 1963). Méně zastoupené jsou pegmatitové žíly, jejichž mocnost dosahuje až 1.5 m. Mocnější pegmatity jsou zonální (od okraje aplitický lem, granitická a bloková jednotka). Pegmatity tvoří K-živce a biotit, křemen je zastoupen podružně. V některých pegmatitových žilách byly nalezeny až centimetrová zrna nebo sloupcovité krystaly světle zeleného až modrozeleného fluorapatitu (Welser, Záruba 2004). Poměrně časté jsou xenolity ultrabazických hornin (dunit a hornblendit), jejichž přítomnost je zvýrazněna antofylitovým reakčním lemem s biotitem (Turek 2006).

V lomu bylo zjištěno polymetalické zrudnění obdobného charakteru jako na dalších výskytech v havlíčkobrodském rudním revíru. Hydrotermální rudní žíly o mocnosti od několika mm do 30 cm se vyskytují ve všech typech hornin, kontakt žil s okolní horninou je zpravidla ostrý a hydrotermální alterace se projevuje do vzdálenosti jen několika cm. Přednostní směr žil je SZ - JV s úklonem od 20° do 90° k JZ nebo SV (Mastíková 2011). V rudní mineralizaci převažují Fe-bohatý sfalerit a pyrit, méně jsou zastoupeny galenit, arsenopyrit a pyrhotin; žilovinu tvoří křemen, kalcit, ojediněle chlorit a muskovit; v některých žilách byla pozorována zrna scheelitu (Mastíková 2009, 2011). V stříbrnosném galenitu (0.22 - 2.20 hm. % Ag) byly zjištěny mikroskopické inkluze chalkopyritu, bismutu, gustavitu a joséitu A i B. Vedle polymetalické žilné mineralizace popisuje Mastíková (2011) z lomu i sterilní křemenné a kalcitové žíly, žíly alpského typu, žíly s palygorskitem a vtroušeninové Mo-zrudnění. Ojedinělé žíly alpského typu jsou tvořeny křemenem, kalcitem, pyritem a chloritem. Vzácněji byly přítomny pyrhotin, molybdenit, muskovit, živec, allanit-(Ce), titanit, markazit, scheelit, churchit a rabdofán.

Ze supergenních minerálů jsou zde známy práškovité nálety a bradavičnaté agregáty rozenitu (Dobeš, Malý 2001), bělavé až našedlé jehličkovité agregáty mimetitů, agregáty a drobné krystaly cerusitu, zelené povlaky malachitu (Pauliš et al. 2013a), drobné agregáty akantitu, tence lupínkovité krystaly devillínu a blankytně modré tenké povlaky linaritu (Pauliš et al. 2013b).

Metodika výzkumu

Povrchová morfologie vzorků byla sledována v dopadajícím světle pomocí optického mikroskopu Nikon SMZ1500 (Národní muzeum, Praha); tento mikroskop byl použit i pro separaci monominerálních fází pro další podrobný výzkum. Pro pořízení mikrofotografií byl použit fotoaparát Canon s mikroobjektivem Zeiss (Hornické muzeum, Příbram).

Rentgenová difrakční data byla získána pomocí práškového difraktometru Bruker D8 Advance (Národní muze-

um, 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 byl pořízen difrakční záznam ve step-scanning režimu



Obr. 3 Modré dlouze prizmatické krystaly vivianitu narůstající na krystaly křemene v asociaci s Fe-chloritem, Pohled u Havlíčkova Brodu. Šířka obrázku 3 mm, foto P. Škácha.



Obr. 4 Modrý prizmatický krystal vivianitu srůstající s agregáty Mg-sideritu, Pohled u Havlíčkova Brodu. Šířka obrázku 2.8 mm, foto P. Škácha.

(krok 0.01°, načitací čas 8 s/krok detektoru, celkový čas experimentu cca 15 hod.). Získaná data byla vyhodnocena pomocí softwaru ZDS pro DOS (Ondruš 1993) za použití profilové funkce Pearson VII. Zjištěná rentgenová prášková data byla indexována na základě teoretického záznamu vypočteného programem Lazy Pulverix (Yvon et al. 1977) z krystalových strukturálních dat vivianitu publikovaných Fejdim et al. (1980), parametry základní cely pak byly zpřesněny pomocí programu Burnhama (1962).

Chemické složení vivianitu bylo kvantitativně studováno pomocí elektronového mikroanalýzátoru Cameca SX100 (Přírodovědecká fakulta, MU Brno, analytik J. Sejkora) za podmínek: vlnově disperzní analýza, napětí 15 kV, proud 5 nA, průměr svazku 10 µm, standardy: baryt (BaLα), albit (NaKα), sanidin (AlKα), spessartin (SiKα, MnKα), MgAl₂O₄ (MgKα), fluorapatit (PKα, CaKα), almandin (FeKα), gahnit (ZnKα) a topaz (FKα). Obsahy prvků Ba, Na, Al, Si, Mn, Mg, Ca, Zn a F byly pod mezí detekce přístroje (cca 0.03 - 0.05 hm. %). Získaná data byla korigována za použití softwaru PAP (Pouchou, Pichoir 1985).

Charakteristika vivianitu

Vivianit byl na lokalitě zjištěn na kontaktu rudní žíly s okoložilnou, tektonicky silně postiženou horninou, dutiny s krystaly vivianitu se vyskytují často přímo v plochách tzv. tektonických zrcadel. Nalezen byl v relativně velkém množství (více než 30 vzorků) v drúzové výplni nepřilíživých mocných (1 - 10 mm) trhlin v asociaci s čirými, mléčně zakalenými až bílými krystaly křemene (do 3 mm), čočkovitými krystaly a agregáty bělošedého až nažloutlého Mg-sideritu (do 2 mm), hojnými povlaky a agregáty jemně krystalického černohnědého Fe-chloritu a drobnými zrny supergenně nealterovaného pyritu. Vivianit vytváří dokonale vyvinuté, zploštělé a protažené prizmatické krystaly o délce do 5 mm narůstající na chlorit, krystaly křemene (obr. 3) nebo agregáty Mg-sideritu (obr. 4). Krystaly vivianitu jsou většinou zcela průhledné, nápadně modré a vykazují intenzivní skelný lesk a dokonalou štěpnost rovnoběžnou se zploštěním krystalů.

Rentgenová prášková data vivianitu z Pohledu (tab. 1) odpovídají teoretickému záznamu vypočtenému ze strukturálních dat (Fejdi et al. 1980), významnější rozdíly byly zjištěny v intenzitách jednotlivých difrakčních maxim; tento jev je zřetelně vyvolán přednostní orientací preparátu vyplývající z dokonalé štěpnosti (0k0) typu. V experimentálním záznamu nebyla zjištěna přítomnost difrakcí

Tabulka 1 Rentgenová prášková data vivianitu z Pohledu

<i>h</i>	<i>k</i>	<i>l</i>	<i>d</i> _{obs.}	<i>I</i> _{obs.}	<i>d</i> _{calc.}
1	1	0	7.921	0.4	7.914
0	2	0	6.720	100.0	6.723
2	0	0	4.894	0.8	4.894
0	0	1	4.528	0.3	4.537
1	3	0	4.073	1.0	4.075
2	0	-1	3.850	0.3	3.847
0	4	0	3.362	0.2	3.361
1	3	-1	3.204	1.0	3.204
2	0	1	2.974	0.4	2.974
3	1	-1	2.963	0.1	2.963
2	4	0	2.769	0.3	2.771
2	2	1	2.720	0.1	2.719
0	4	1	2.701	0.8	2.701
3	3	0	2.638	0.2	2.638
1	5	0	2.5923	0.7	2.5930
2	4	-1	2.5297	0.4	2.5312
3	3	-1	2.5146	0.1	2.5145
1	5	-1	2.3192	0.7	2.3191
2	4	1	2.2269	0.2	2.2272
1	5	1	2.1877	0.3	2.1890
3	5	0	2.0749	0.4	2.0752
0	6	1	2.0103	0.3	2.0091
2	0	2	1.8849	0.6	1.8844
0	8	0	1.6811	6.0	1.6807

Tabulka 2 Parametry základní cely vivianitu (pro monoklinickou prostorovou grupu C2/m)

		<i>a</i> [Å]	<i>b</i> [Å]	<i>c</i> [Å]	<i>β</i> [°]	<i>V</i> [Å ³]
Pohled	tato práce	10.117(4)	13.446(2)	4.689(1)	104.63(2)	617.1(3)
synt.	Fejdi et al. (1980)	10.086	13.441	4.703	104.27	617.9
Capeni	Martincea et al. (1997)	10.11	13.464	4.723	104.38	622.8
Catavi	Rodgers et al. (1993)	10.030	13.434	4.714	102.73	619.6
Ashio	Mori, Ito (1950)	10.08	13.43	4.7	104.5	616

Tabulka 3 Chemické složení vivianitu z Pohledu (hm. %)

	mean	1	2	3	4	5
FeO	44.24	44.06	44.34	44.35	44.30	44.17
P ₂ O ₅	29.42	29.65	29.26	29.29	29.91	28.98
H ₂ O*	29.70	29.72	29.67	29.69	29.92	29.49
total	103.36	103.42	103.27	103.32	104.13	102.64
Fe ²⁺	2.989	2.974	2.997	2.997	2.970	3.005
P ⁵⁺	2.011	2.026	2.003	2.003	2.030	1.995
H ₂ O	8.001	8.001	7.999	8.001	8.000	8.000

H₂O* - dopočtený obsah na základě teoretického obsahu 8 H₂O; koeficienty empirických vzorců počítány na bázi 5 apfu.

triklinického metavivianitu, který obvykle vzniká oxidací vivianitu (Sameshima et al. 1985). Zpřesněné mřížkové parametry studovaného vivianitu dobře odpovídají publikovaným údajům pro tuto minerální fázi (tab. 2)

V BSE obraze je studovaný vivianit chemicky zcela homogenní, lokálně jeho krystaly obsahují uzavřeniny Fe-chloritu a Mg-sideritu. Při studiu jeho chemického složení (tab. 3) byly zjištěny obsahy pouze Fe a P; ostatní měřené prvky byly pod mezí detekce. Vyšší sumy bodových analýz po dopočtu teoretického obsahu H₂O jsou vyvolány částečnou dehydratací studovaných vzorků ve vakuu komory elektronového mikroanalýzátoru. Empirický vzorec vivianitu z Pohledu (průměr 5 bodových analýz) je na bázi 5 apfu možno vyjádřit jako Fe_{2,99}(PO₄)_{2,01}·8H₂O.

Diskuse a závěr

Vznik minerální asociace s vivianitem na lokalitě Pohled u Havlíčkova Brodu je pravděpodobně vázán na pozdní, relativně níže temperované roztoky; podmínky jejího vzniku tak mohou být obdobné paragenezi tzv. „alpských“ žil nebo se může jednat o produkt závěrečné nízkoteplotní fáze hydrotermálního procesu. Alternativní možnost vzniku v rámci supergenních procesů je velmi nepravděpodobná a to jak vzhledem k charakteru zjištěného vivianitu (dokonale vyvinuté průhledné krystaly modré barvy, nepřítomnost metavivianitu), tak zejména k přítomnosti hojného zcela nealterovaného Mg-sideritu v přímé asociaci s vivianitem.

Poděkování

Milou povinností autorů je poděkovat za spolupráci při laboratorním studiu R. Škodovi (Přírodovědecká fakulta, Masarykova univerzita Brno). Předložená práce vznikla za finanční podpory Ministerstva kultury ČR v rámci institucionálního financování dlouhodobého koncepčního rozvoje výzkumné organizace Národní muzeum (DKRVO 2013/01, 00023272).

Literatura

- Beneš K. (1963) Vysvětlivky k přehledné geologické mapě ČSSR 1:200 000, list M-33-XXII. *ÚÚG, Praha*.
- Burnham Ch. W. (1962) Lattice constant refinement. *Carnegie Inst. Washington Year Book* 61, 132-135.
- Dobeš P., Malý K. (2001) Mineralogie polymetalických rudních výskytů ve střední části havlíckobrodského revíru. *Vlastivěd. Sbor. Vysočiny* 15, 51-85.
- Fejdi P., Poullen J.-F., Gasperin M. (1980) Affinement de la structure de la vivianite Fe₃(PO₄)₂·8H₂O. *Bull. Minéral.* 103, 135-138.
- Cháb J., Suk M. (1977) Regionální metamorfóza na území Čech a Moravy. *ÚÚG, Praha*.
- Martinea S., Constantinescu E., Ladriere J. (1997) Relatively unoxidized vivianite in limnic coal from Capeni, Baraolt Basin, Romania. *Can. Mineral.* 35, 713-722.
- Mastíková E. (2009) Geologická dokumentace lomu Pohled (moldanubikum). *MS, bakalářská práce, Univerzita Palackého, Olomouc*.
- Mastíková E. (2011) Mineralogie a podmínky vzniku vybraných mineralizací v lomu Pohled (moldanubikum). *MS, diplomová práce, Univerzita Palackého, Olomouc*.
- Mori H., Ito T. (1950) The structure of vivianite and symplectite. *Acta Cryst.* 3, 1-6.
- 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., Havlíček J., Kopecký S., Jebavá I. (2013a) Mimetit z kamenolomu Pohled u Havlíčkova Brodu (Česká republika). *Acta rerum naturalium (Jihlava)*, 13, 1-3.
- Pauliš P., Kopecký S., Jebavá I., Havlíček J. (2013b) Nové mineralogické nálezy z kamenolomu Pohled u Havlíčkova Brodu. *Minerál* 21, 4, 317-322.
- Pouchou J. L., Pichoir F. (1985) "PAP" (φρZ) procedure for improved quantitative microanalysis. In: *Microbeam Analysis (J. T. Armstrong, ed.)*, 104-106. *San Francisco Press, San Francisco*.
- Rodgers K. A., Kobe H. W., Childs C. W. (1993) Characterization of vivianite from Catavi, Llalagua, Bolivia. *Mineral. Petrol.* 47, 193-208.
- Sameshima T., Henderson G. S., Black P. M., Rodgers K. A. (1985) X-ray diffraction study of vivianite, metavivianite and baricite. *Mineral. Mag.* 49, 81-85.
- Turek K. (2006) Charakteristika ultrabazických uzavřenin v horninách moldanubika na lokalitách Polnička a Pohled. *MS, bakalářská práce, PŘF MU Brno*.
- Welsch P., Záruba J. (2004) Biotitický pegmatit s fluorapatitem od Pohledu u Havlíčkova Brodu. *Bull. mineral.-petrolog. Odd. Nár. Muz. (Praha)* 12, 216-219.
- Yvon K., Jeitschko W., Parthé E. (1977) Lazy Pulverix, a computer program for calculation X-ray and neutron diffraction powder patterns. *J. Appl. Cryst.* 10, 73-74.