

# Fibroferrit z historické lokality Valachov (Skřivaň) u Rakovníka (Česká republika)

## Fibroferrite from the historical locality Valachov (Skřivaň) near Rakovník (Czech Republic)

JIŘÍ SEJKORA<sup>1)\*</sup>, JIŘÍ ŠPALEK<sup>2)</sup>, IVO MACEK<sup>1,3)</sup> A RADANA MALÍKOVÁ<sup>1,3)</sup>

<sup>1)</sup>Mineralogicko-petrologické oddělení, Národní muzeum, Cirkusová 1740, 193 00 Praha 9 - Horní Počernice;

\*e-mail: jiri\_sejkora@nm.cz

<sup>2)</sup>Karlovarská 458, 273 64 Doksy u Kladna

<sup>3)</sup>Ústav geologických věd, Masarykova univerzita, Kotlářská 2, 611 37 Brno

SEJKORA J., ŠPALEK J., MACEK I., MALÍKOVÁ R. (2014) Fibroferrit z historické lokality Valachov (Skřivaň) u Rakovníka (Česká republika). *Bull. mineral.-petrolog. Odd. Nár. Muz. (Praha) 22, 2, 371-375. ISSN 1211-0329.*

### Abstract

A historical locality Valachov (Skřivaň) near Rakovník in the Czech Republic is a type locality of mineral slavikite. During the decades there were described several minerals as alunogen, amoniojarosite, botryogen, epsomite, halotrichite, jarosite, melanterite, natrojarosite, pickeringite, gypsum and minerals of copiapite group. Newly was discovered fibroferrite which forms fine crystalline whitish aggregates at area up to 5 x 10 cm composed by tiny acicular crystals up to 0.2 mm in length. It is trigonal, space group *R*-3 with following unit-cell parameters refined from X-ray powder diffraction data: *a* 24.155(3), *c* 7.633(3) Å and *V* 3857(1) Å<sup>3</sup>. The chemical analyses of fibroferrite (mean of 6 points) Na<sub>2</sub>O 0.17, MgO 1.79, CuO 0.09, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 29.11, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 2.51, SO<sub>3</sub> 37.03, H<sub>2</sub>O<sub>calc.</sub> 45.95, total 116.66 wt. % correspond to the empirical formula (Fe<sub>0.79</sub>Al<sub>0.11</sub>Mg<sub>0.09</sub>Na<sub>0.01</sub>)<sub>Σ1.00</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>1.00</sub>(OH).5H<sub>2</sub>O. Fibroferrite can be defined as a product of crystallization from wet white gel crusts and after several years breaks down to microcrystalline Al-Mg copiapite.

**Key words:** fibroferrite, powder X-ray diffraction data, unit-cell parameters, chemical composition, Valachov hill, Czech Republic

Obdrženo: 5. 11. 2014; přijato: 10. 12. 2014

### Úvod

Přirozené zvětrávání Fe-sulfidů, zejména pyritu a markazitu, představuje výrazný problém pro sbírky v oboru mineralogie, petrologie, ložiskové geologie a paleontologie. Degradabilita Fe-sulfidů záleží na řadě vnitřních i vnějších faktorů (Newman 1998; Kolesar 1998); z vnitřních faktorů je to zejména charakter sulfidů (méně stabilní jsou mikrokrytalické až framboidální agregáty), jejich chemické složení (stabilitu zpravidla snižují izomorfní příměsi) a vliv okolní horniny (stabilitu výrazně snižuje např. přítomnost uhelné hmoty, naopak obvykle působí prostředí s převahou karbonátů). Z vnějších faktorů je to pak relativní vlhkost prostředí, teplota (včetně jejich kolísání) a v neposlední řadě přístup kyslíku ke vzorkům. Při zvětrávání Fe-sulfidů ve sbírkách se vedle primární degradace agregátů sulfidů uplatňují vznikající síranové anionty (až různě koncentrované roztoky kyseliny sírové) se silnými hygroskopickými vlastnostmi a korozivním působením nejen na vlastní agregáty sulfidů, ale i na okolní minerály na vzorcích. Jejich působením vzniká široké spektrum druhotných sulfátů (Newman 1998), které dále degradují uchovávané vzorky díky objemovým změnám, redoxním a hygroskopickým vlastnostem.

Při výzkumu degradace Fe-sulfidů v rámci projektu NAKI-DF12P01OVV031 jsme se vedle sbírkových materiálů a experimentálního studia v laboratoři zaměřili i na

výzkum zvětrávání Fe-sulfidů v přírodních podmínkách. V rámci terénních prací byl jako nejvhodnější modelová lokalita vybrán historický výskyt kyzových břidlic v oblasti vrchu Valachov u Skřivaně na Rakovnicku.

### Charakteristika lokality

Studovaný výskyt je lokalizován na severozápadním svahu vrchu Valachov (413 m), cca 950 m jv. od obce Skřivaň (8 km jv. od Rakovníka, střední Čechy, Česká republika). Jako významná mineralogická lokalita a doklad historické báňské činnosti na Rakovnicku byla v roce 1977 vyhlášena jako chráněný přírodní výtvar (Němec 1983).

Po geologické stránce náleží studovaná lokalita do centrální vulkanické zóny kralupsko-zbraslavské skupiny barrandienského svrchního proterozoika, kde v břidlicích a drobách vystupují hojné submarinní vulkanity tholeiitobazaltového chemismu, tradičně označované jako spility (Fiala 1977). Podle Němce (1983) je svrchní část kóty Valachov tvořena příkrovem spilitu na drobách a břidlicích. Na z. úbočí vrchu je zřetelná dislokace, podle níž se silně zvrásněné a lístkovitě rozpadající se břidlice stýkají s nadložní lavicí drob. Pod nimi je pásmo černých kyzových břidlic, které jsou kontaktně metamorfovány. Směrem vzhůru k JV se pruh drob postupně ztenčuje a nakonec zcela vytrácí a zbývá zde jen kra černých břidlic



**Obr. 1** Historické dobývky na kyzové rudy na úbočí vrchu Valachov u Skřivaně.  
Foto J. Sejkora, duben 2013.



**Obr. 2** Několik metrů vysoká dutina s výskytem fibroferritu v oblasti tzv. dislokačního pásma vpravo od historické dobývky na kyzové rudy, nápadné žluté krusty na stěnách jsou tvořeny zejména natrojarositem ve směsi se sádrovcem (vrch Valachov u Skřivaně). Foto J. Sejkora, duben 2013.

uzavřená mezi dvěma spilitovými proudy. V kontaktní obrubě této kry bylo zjištěno až 14 % S (Němec 1983).

O počátku těžby kyzových břidlic na lokalitě Valachov nejsou bližší zprávy, rozhodně zde ale těžba ve větším rozsahu probíhala v roce 1871, krátce předtím než v následujícím roce velká povodeň zničila stavby i zařízení (včetně parního drtiče), které byly umístěny v údolí potoka pod ložiskem. Po zničení zpracovatelského zařízení v roce 1872 již těžba obnovena nebyla, i vzhledem k přílišné tvrdosti dobývaných hornin a velké vzdálenosti k železnici, tehdy využívané pro dopravu vytěžené rudy (Němec 1983).

Valachovské ložisko kyzových břidlic bylo otevřeno dvěma štolami. Spodní téměř vodorovná štola o původní délce 10 m sloužila k odvodňování horní části ložiska a

zároveň k vyvážení materiálu; v současné době je nedaleko od ústí zavalena sutí. Horní štola je dnes představována vylámanou dobývkou (tzv. valachovská jeskyně), s ústím o šířce 6 m a výšce 4 m, která se prudce svažuje do nitra svahu (obr. 1). Asi 7 m od dnešního vchodu do dobývky je zbytek vydobytého prostoru o původní celkové délce asi 14 m zatopen vodou.

Výskyty recentně vznikajících sulfátů jsou vázány především na portál dobývky a protáhlou dutinu tzv. dislokačního pásma vpravo mírně nad portálem dobývky (Němec 1983), v menší míře pak i na nezatopenou část dobývky a odkryté horniny v okolí jejího portálu (Gabašová et al. 2004). Valachov je typovou lokalitou minerálu slavíkity (Jirkovský, Ulrich 1926) a zjištěny zde byly i výskyty alunogenu, amoniojarositu, botryogenu, epsomitu, halotrichitu, jarositu, melanteritu, natrojarositu, pickeringitu, sádrovce a minerálů skupiny copiapitu (Kratochvíl 1964; Němec 1983; Gabašová et al. 2004). Pozoruhodná je situace ohledně výskytu fibroferritu, který měl vytvářet hedvábně lesklé vláskovité agregáty se žlutozeleným nádechem na malém ostrůvku u vchodu do jeskyně v asociaci s natrojarositem a limonitem (Jirkovský 1930), tento popis je pak převzat i Kratochvílem (1964) a Němcem (1983). V rámci nového podrobného studia Gabašové et al. (2004) fibroferrit ověřen nebyl.

### Metodika výzkumu

Povrchová morfologie vzorků byla sledována v dopadajícím světle pomocí optického mikroskopu Nikon SMZ1500 s digitální kamerou DXM1200F (Národní muzeum, Praha); tento mikroskop byl použit i pro detailní separaci monominerálních fází pro další podrobný výzkum.

Rentgenová difrakční data byla získána pomocí průškového difraktometru Bruker D8 Advance (Národní muzeum, Praha) s polovodičovým pozičně citlivým detektorem LynxEye za užití  $\text{CuK}\alpha$  záření (40 kV, 40 mA). Práškový preparát byl nanesen v acetonové suspenzi na nosič zhotovené z monokrystalu křemíku a následně pak byla pořízena difrakční data ve step-scanning režimu (krok  $0.01^\circ$ , načítací čas 8 s/krok detektoru, celkový čas experimentu

cca 12 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 publikovaných krystalových strukturních dat (Scordari 1981), parametry základní cely pak byly zpřesněny pomocí programu Burnhama (1962).

Chemické složení fibroferritu bylo kvantitativně studováno pomocí elektronového mikroanalýzátoru Cameca SX100 (Přírodovědecká fakulta, MU Brno, analytik J. Sejkora) za podmínek: vlnově disperzní analýza, napětí 15 kV, proud 4 nA, průměr svazku 10  $\mu\text{m}$ , standardy a použité vlnové délky: sanidin ( $\text{AlK}\alpha$ ,  $\text{SiK}\alpha$ ,  $\text{KK}\alpha$ ),  $\text{MgSiO}_4$  ( $\text{MgK}\alpha$ ), fluorapatit ( $\text{PK}\alpha$ ,  $\text{CaK}\alpha$ ), almadin ( $\text{FeK}\alpha$ ), gahnit ( $\text{ZnK}\alpha$ ), lammerit ( $\text{CuK}\alpha$ ), vanadinit ( $\text{ClK}\alpha$ ,  $\text{PbM}\alpha$ ),  $\text{ScVO}_4$  ( $\text{VK}\alpha$ ), albit ( $\text{NaK}\alpha$ ), spessartin ( $\text{MnK}\alpha$ ), baryt ( $\text{BaL}\beta$ ) a  $\text{SrSO}_4$  ( $\text{SK}\alpha$ ). Obsahy měřených prvků, které nejsou uvedeny v tabulce, byly pod mezí detekce přístroje (cca 0.03 - 0.05 hm. %). Získaná data byla korigována za použití softwaru PAP (Pouchou, Pichoir 1985). Vyšší sumy analýz po dopočtu teoretického obsahu vody jsou pravděpodobně vyvolány částečnou dehydratací fibroferritu (cca 1/3 obsahu vody) ve vakuu elektronového mikroanalýzátoru.



**Obr. 3** Bělavé gelovité povlaky na stěně dobývky, prekurzor vzniku agregátů fibroferritu, vrch Valachov u Skřivaně. Šířka obrázku 12 cm, foto J. Sejkora, duben 2013.

**Obr. 4** Agregáty fibroferritu tvořené jemnými jehlicovitými krystaly, vrch Valachov u Skřivaně. Šířka obrázku 1.5 mm, foto J. Sejkora.



**Obr. 5** Bělavé agregáty fibroferritu tvořené jemnými jehlicovitými krystaly, žluté celistvější agregáty náleží Al-Mg copiapitu, vrch Valachov u Skřivaně. Šířka obrázku 16 mm, foto J. Sejkora.

### Charakteristika fibroferritu

Při podrobném studiu mineralogických poměrů v oblasti historické těžby kyzových rud na vrchu Valachov byl v letech 2012 - 2014 několikrát zjištěn výskyt fibroferritu na levé straně úzké dutiny tzv. dislokačního pásma (obr. 2) lokalizovaného vpravo několik metrů nad portálem historické dobovy. Na stěně popisované trhliny byly pozorovány lokálně hojně bělavé gelovité povlaky vystupující na plochách až 8 x 10 cm (obr. 3); *in-situ* jsou tyto povlaky výrazně vlhké s konzistencí gelu až jílovitého bahna a nevykazují žádnou pozorovanou vnitřní stavbu.

V laboratorních podmínkách (teplota kolem 22 °C, rH 40 - 50 %) dochází u popisovaných povlaků během několika dní k úplnému vysušení vzorků a gelovité agregáty krystalizují za vzniku bohatých krystalických agregátů fibroferritu bělavé barvy s olivově zeleným nádechem (obr. 4). Vzniklé agregáty fibroferritu ve výše uvedených podmínkách zůstávají několik měsíců stabilní, po této době začíná docházet k samovolné přeměně jehlicovitých agregátů fibroferritu na žluté mikrokryalické agregáty minerálů skupiny copiapitu (obr. 5) a po 3 letech od odběru původních vzorků je více než 80 objemových %

**Tabulka 1** Chemické složení fibroferritu z Valachova (hm. %)

	mean	1	2	3	4	5	6
Na <sub>2</sub> O	0.17	0.15	0.28	0.30	0.10	0.10	0.11
MgO	1.79	1.62	1.49	1.89	2.17	2.43	1.16
CuO	0.09	0.36	0.00	0.00	0.00	0.00	0.15
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	29.11	31.08	30.30	28.63	28.62	27.56	28.49
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2.51	0.25	1.41	2.31	2.77	3.15	5.20
SO <sub>3</sub>	37.03	38.10	39.53	39.71	34.19	36.33	34.31
H <sub>2</sub> O*	45.95	45.55	46.92	47.37	44.44	45.79	45.65
total	116.66	117.10	119.94	120.20	112.30	115.36	115.06
Na	0.012	0.010	0.019	0.020	0.007	0.007	0.008
Mg	0.096	0.087	0.078	0.098	0.120	0.131	0.063
Fe	0.786	0.847	0.801	0.750	0.799	0.747	0.774
Al	0.106	0.011	0.059	0.095	0.121	0.134	0.221
Σ M	1.000	0.955	0.957	0.962	1.048	1.018	1.066
S	0.997	1.035	1.043	1.038	0.952	0.982	0.930
OH	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
H <sub>2</sub> O	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.001	5.000

H<sub>2</sub>O\* - vypočteno podle teoretického vzorce Fe(SO<sub>4</sub>)(OH).5H<sub>2</sub>O; koeficienty empirického vzorce počítány na bázi 2 apfů.

**Tabulka 2** Rentgenová prášková data fibroferritu z Valachova

<i>h</i>	<i>k</i>	<i>l</i>	<i>d</i> <sub>obs.</sub>	<i>I</i> <sub>obs.</sub>	<i>d</i> <sub>calc.</sub>	<i>h</i>	<i>k</i>	<i>l</i>	<i>d</i> <sub>obs.</sub>	<i>I</i> <sub>obs.</sub>	<i>d</i> <sub>calc.</sub>	<i>h</i>	<i>k</i>	<i>l</i>	<i>d</i> <sub>obs.</sub>	<i>I</i> <sub>obs.</sub>	<i>d</i> <sub>calc.</sub>
1	1	0	12.044	100	12.078	3	3	0	4.025	4	4.026	6	2	1	2.712	4	2.712
3	0	0	6.963	26	6.973	1	0	2	3.756	1	3.754	4	5	1	2.527	2	2.527
2	0	1	6.158	5	6.166	6	0	0	3.484	5	3.486	7	2	1	2.4223	7	2.4234
2	2	0	6.032	7	6.039	1	2	2	3.439	6	3.437	1	8	1	2.3330	3	2.3314
1	2	1	5.489	4	5.491	5	2	0	3.348	20	3.350	7	4	0	2.1704	3	2.1692
1	3	1	4.615	7	4.619	3	4	1	3.134	6	3.135	8	0	2	2.1567	4	2.1571
4	1	0	4.562	26	4.565	2	3	2	2.988	7	2.987	9	2	1	1.9898	1	1.9899
4	0	1	4.312	9	4.314	7	0	1	2.781	11	2.783	1	10	0	1.9870	1	1.9855
3	2	1	4.061	12	4.063	7	1	0	2.772	11	2.771	5	8	0	1.8421	2	1.8418

**Tabulka 3** Parametry základní cely fibroferritu (pro trigonální prostorovou grupu R-3)

		<i>a</i> [Å]	<i>c</i> [Å]	<i>V</i> [Å <sup>3</sup> ]
Valachov	tato práce	24.155(3)	7.633(3)	3857(1)
Saint Felix de Paillères	Scordari (1981)	24.176	7.656	3875
T. Amarilla	Cesbron (1964)	24.14	7.63	3851
Cetine	Sabelli, Santucci (1987)	24.152	7.645	3862
různé lokality*	Lombardo (2010)	24.152-24.195	7.630-7.679	

\* rozmezí uváděné pro 30 analyzovaných vzorků z různých lokalit

původního fibroferritu přeměněno na Al-Mg copiapit místy s velmi jemně dispergovaným limonitem.

Fibroferrit vytváří bohaté agregáty na ploše až 5 x 10 cm složené z velmi jemných jehlicovitých krystalů o délce do 0.2 mm s charakteristickým sametovým až hedvábným leskem. Jednotlivé krystaly fibroferritu jsou průsvitné až průhledné, agregáty průsvitné až neprůhledné. Při studiu jeho chemického složení (tab. 1) byly proti ideálnímu vzorci zjištěny zvýšené obsahy Al dosahující až 0.22 *apfu* (5.20 hm. % Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) a Mg do 0.13 *apfu* (2.43 hm. % MgO). Obsahy Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (7.60 hm. %) uvádí pro fibroferrit z Valachova i Jirkovský (1930). Empirický vzorec studovaného fibroferritu (průměr 6 bodových analýz) lze na bázi 2 *apfu* vyjádřit jako (Fe<sub>0.79</sub>Al<sub>0.11</sub>Mg<sub>0.09</sub>Na<sub>0.01</sub>Σ<sub>1.00</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>1.00</sub>(OH)·5H<sub>2</sub>O.

Rentgenová prášková data fibroferritu z Valachova (tab. 2) velmi dobře odpovídají publikovaným údajům pro tuto minerální fázi i teoretickému záznamu vypočtenému ze strukturních dat v práci Scordari (1981). V tabulce 3 jsou porovnány zpřesněné parametry jeho základní cely s publikovanými údaji.

### Diskuse a závěr

V rámci současného výzkumu byl potvrzen výskyt fibroferritu na lokalitě Valachov u Skřivaně. V sušších obdobích zde fibroferrit pravděpodobně vzniká krystalizací z gelů obsahujících jako převažující komponenty Fe<sup>2+</sup> a (SO<sub>4</sub>)<sup>2-</sup> ionty, v menší míře jsou přítomny i Al<sup>3+</sup> a Mg<sup>2+</sup> ionty, odvozené se zvětrávajících okolních proterozoických kyzových břidlic; krystalizace musí být doprovázena oxidací Fe<sup>2+</sup> na Fe<sup>3+</sup>. Ve vlhčích obdobích jsou popisované vlhké gely v přírodních podmínkách dlouhodoběji (dle pozorování minimálně měsíce) stabilní a ke krystalizaci fibroferritu dochází v odebraných vzorcích až v laboratorních podmínkách. Vzniklé agregáty fibroferritu jsou v laboratorních podmínkách dlouhodobě nestabilní, v řádu let dochází k jeho postupné intenzivní přeměně na mikrokrystalické Al-Mg obsahující členy skupiny copiapitu. Postupnou přeměnu fibroferritu na copiapit při uložení v laboratorních podmínkách popisují i Zodrow et al. (1979) pro vzorky z Nového Skotska v Austrálii.

Ve fibroferritu z Valachova byly zjištěny zvýšené izomorfní obsahy Al a Mg, obdobné obsahy popisuje i Parafinuk ve fibroferritu z lokality Wieściszowice ve Slezsku. Naopak Lombardo (2010) se na základě rozboru krystalové struktury fibroferritu domnívá, že možnost izomorfního zastupování Fe jinými kationty je velmi limitovaná.

### 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 projektu NAKI-DF12P01OVV031.

### Literatura

- Burnham Ch. W. (1962) Lattice constant refinement. *Carnegie Inst. Washington Year Book* 61, 132-135.
- Cesbron F. (1964) Contribution à la minéralogie des sulfates de fer hydratés. *Bull. Soc. Franç. Mineral.* 87, 125-143.
- Fiala F. (1977) Proterozoický vulkanismus Barrandienu a problematika spilitů. *Sb. geol. Věd, G* 30, 1-247.
- Gabašová A., Ondruš P., Veselovský F. (2004) Revize druhotných minerálů na lokalitě Valachov. *MS, zpráva pro CHKO Křivoklátsko*, 1-4.
- Jirkovský R. (1930) Z mineralogie kyzových a kamenečných břidlic západočeského algonkia. *Čas. Nár. Muz., Odd. přírodověd.* 104, 16-28.
- Jirkovský R., Ulrich F. (1926) Slavíkit, nový minerál. *Věst. Stát. geol. Úst.*, 2, 345-351.
- Kolesar P. (1998) Rozklad pyritu a markasitu ve sbírkách a možnosti konzervace. *Bull. mineral.-petrolog. Odd. Nár. Muz. (Praha)* 6, 307-310.
- Kratochvíl J. (1964) Topografická mineralogie Čech VII (U-Ž). *Nakl. Českoslov. akad. Věd, Praha*, 1-356.
- Lombardo M. (2010) Fibroferrite: crystallographic, optical and synthesis experiments. *MSc. thesis, Queen's University, Kingston, Ontario, Canada*, 1-160.
- Němec J. (1983) Geologie chráněného přírodního výtvo-ru Valachov. *Bohemia centralis* 12, 19-34.
- Newman A. (1998) Pyrite oxidation and museum collections: A review of theory and conservation treatments. *Geol. Curator* 6 (10), 363-371.
- 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.
- Parafiniuk J. (1991) Fibroferrite, slavíkit and pickerinite from the oxidation zone of pyrite-bearing schists in Wieściszowice (Lowe Silesia). *Mineral. Polon.* 22, 3-15.
- Pouchou J. L., Pichoir F. (1985) "PAP" (φρZ) procedure for improved quantitative microanalysis. In: *Microbeam Analysis* (J. T. Armstrong, ed.). San Francisco Press, San Francisco, 104-106.
- Sabelli C., Santucci A. (1987) Rare sulfate minerals from the Cetine mine, Tuscany, Italy. *N. Jb. Miner., Mh.* 4, 171-182.
- Scordari F. (1981) Fibroferrite: a mineral with {Fe(OH)(H<sub>2</sub>O)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>} spiral chain and its relationship to Fe(OH)SO<sub>4</sub>, butlerite and parabutlerite. *Tschermaks Mineral. Petrogr. Mitt.* 28, 17-29.
- 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.
- Zodrow E. L., Wiltshire J., McCandlish K. (1979) Hydrated sulfates in the Sydney coalfield of Cape Breton, Nova Scotia. II. Pyrite and its alteration products. *Can. Mineral.* 17, 63-70.