

Recentní vznik rozenitu na fosilní uhelné hmotě z lokality Pecínov u Nového Strašecí (Česká republika)

Recent formation of rozenite on fossil coal mass from locality Pecínov near Nové Strašecí (Czech Republic)

JIŘÍ SEJKORA^{1)*}, JAN SKLENÁŘ²⁾, BORIS EKRT²⁾ A IVO MACEK^{1,3)}

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

*e-mail jiri_sejkora@nm.cz

²⁾Paleontologické oddělení, Národní muzeum, Cirkusová 1740, 193 00 Praha 9 - Horní Počernice

³⁾Ústav geologických věd, Přírodovědecká fakulta, Masarykova univerzita, Kotlářská 2, 611 37 Brno

SEJKORA J., SKLENÁŘ J., EKRT B., MACEK I. (2014) Recentní vznik rozenitu na fosilní uhelné hmotě z lokality Pecínov u Nového Strašecí (Česká republika). *Bull. mineral.-petrol. Odd. Nár. Muz. (Praha) 22, 2, 356-362. ISSN 1211-0329.*

Abstract

Recently formed hydrated Fe^{2+} sulfate, rozenite, was determined at samples from the locality Pecínov near Nové Strašecí (central Bohemia, Czech Republic). It occurs as rich irregular crusts at the area about 5 x 10 cm with thickness up to 1.5 cm formed by bend to twisted fibres with diameter up to 2 mm and length to 0.5 - 1 cm. Fresh rozenite is fully transparent, colorless some with bluish or greenish tint; in course of some weeks, while the climatic conditions changed due to disruption of the enclosure, the aggregates turned white and became translucent to opaque. Rozenite is monoclinic, space group $P2_1/n$, with unit-cell parameters refined from X-ray powder diffraction data: a 5.9651(2), b 13.6104(5), c 7.9653(2) Å, β 90.488(3)° and V 646.65(3) Å³. Chemical analyses of rozenite, CaO 0.01, FeO 31.64, CuO 0.11, Al₂O₃ 0.01, P₂O₅ 0.02, SO₃ 35.92, H₂O_(calc.) 32.11, total 99.82 wt. % yielded to the empirical formula $\text{Fe}_{0.99}(\text{SO}_4)_{1.01} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$. Rozenite from Pecínov is recent product of rapid weathering of pyrite finely dispersed in the coal mass. It imerges under stable rH (< 55%) conditions following abrupt exsiccation and short-term deoxidisation.

Key words: rozenite, powder X-ray diffraction data, unit-cell parameters, chemical composition, pyrite degradation, Late Cretaceous, Pecínov Member, Czech Republic

Obdrženo: 31. 10. 2014; přijato: 5. 12. 2014

Úvod

Povrchový důl na keramické lupky v Pecínově u Nového Strašecí (obr. 1) je významnou lokalitou pro poznání vývoje Českého masivu v období cenomanu až raného turonu. Paleontologická a sedimentologická data získaná z rozsáhlých, pravidelně obnovovaných výchozů posloužila pro interpretace vývoje kontinentální pánve ovlivňované lokálními tektonickými událostmi, ale i globálními eustatickými ději (Uličný, Špičáková 1996; Uličný et al.

1997a,b). V roce 2012 odkryla postupující těžba na katastru obce Rynholec téměř 200 m dlouhý profil (obr. 2 a 3), který v průběhu skrývky dokumentovali pracovníci paleontologického oddělení Národního muzea (NM), Ústavu geologie a paleontologie Přírodovědecké fakulty Univerzity Karlovy i České geologické služby. Dokumentace přinesla velké množství nových biostratigrafických dat a upřesnění zoopaleontologických údajů ze sedimentů zón *Metoicoceras geslinianum* - *Mammites nodosoides* (Košťák et al. 2013). Primárním úkolem týmu NM bylo ovšem stanovení rozsahu pyritizace, distribuce pyritu v jednotlivých vrstvách a především zjištění jeho vlivu na degradabilitu vzorků během transportu i při navazujícím zpracování a uložení.



Obr. 1 Geografická pozice lokality Pecínov u Nového Strašecí (hvězdička) ve vztahu k dnešnímu rozsahu mořských sedimentů české křídlové pánve (zeleně).

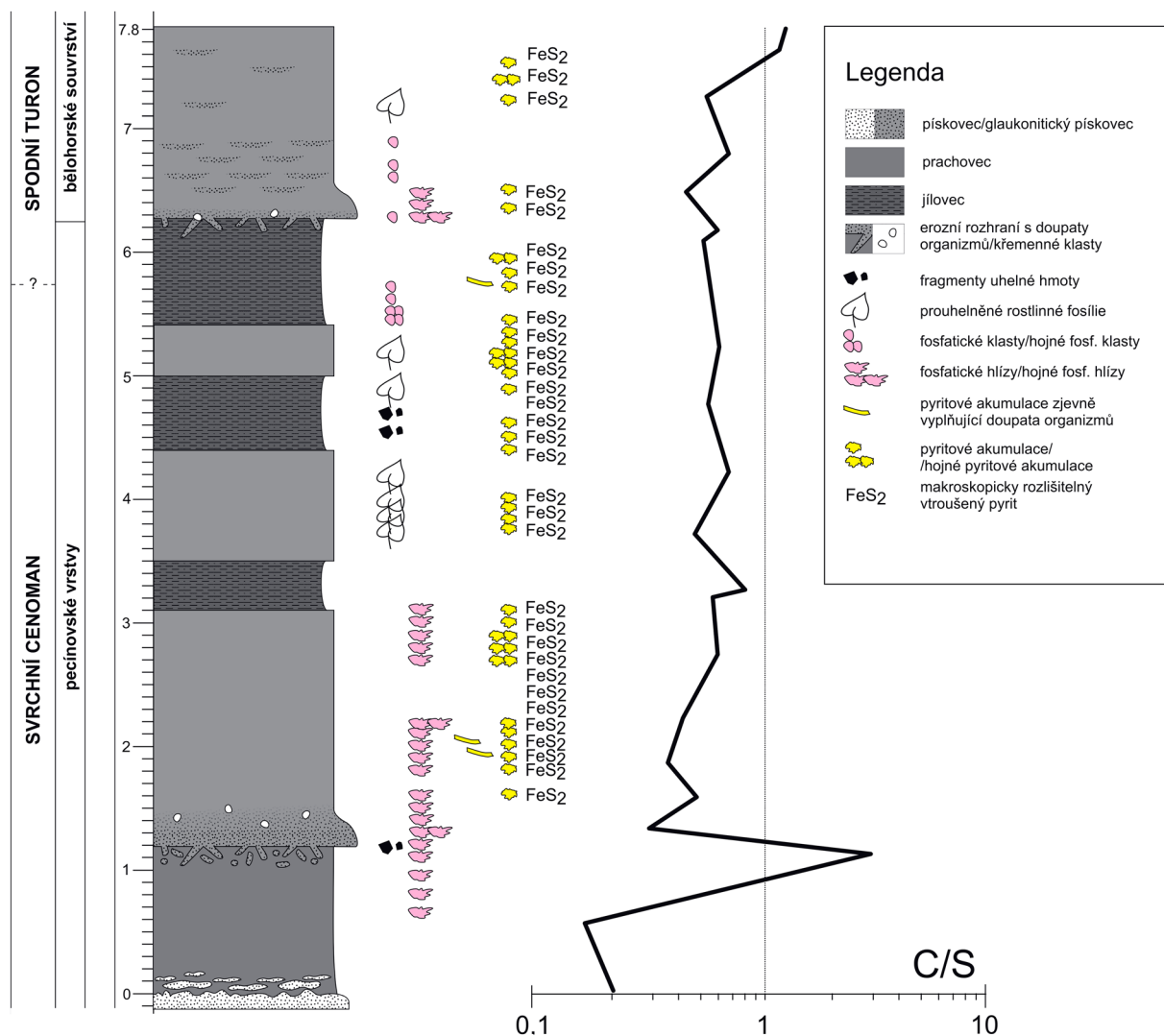
Geografická pozice a geologie lokality

Lokalita Pecínov nese jméno těžbou zaniklé obce. Těžebna Českých lupkových závodů a.s., která se dnes nachází na katastru obcí Rynholetc a Nové Strašecí (cca 13 km sv. od Rakovníka), slouží k dobývání dobře vytříděných karbonských jílovců, tzv. „žáruvdorných lupků“. Na sedimenty karbonského podloží (střední Pennsylvan - „Westphal C“) nasedá sled sladkovodních říčních, estuarinních až tidálních sedimentů cenomanského stáří (Uličný, Špičáková 1996). Pískovce s vložkami jílovců s hojnými zkamenělinami flóry (Uličný et al. 1997b) přecházejí poměrně náhle v prachovce a jílovce amonitové zóny *Metoicoceras geslinianum* (Uličný et al. 1997a; Košťák et al. 2013) uložené v podmínkách mělkého moře (pecínovské vrstvy).

Sedimentologické a paleontologické interpretace dat z pecínovských vrstev (obr. 3) vykazují při hranici cenoman/turon nástup dysoxických až anoxických podmínek, které se projevily ve spodních částech vodního sloupce i v sedimentech dna. Změna podmí-



Obr. 2 Východní okraj těžebny Pecínov - pohled k jihovýchodu; bílou úsečkou je vyznačen rozsah sedimentů pecínovského členu a bělohorského souvrství zanesených v profilu na obrázku 3, foto J. Sklenář, květen 2012.



Obr. 3 Schematizovaný profil sedimenty pecínovského členu a nejspodnější části bělohorského souvrství s vyznačenými výskyty prouhelněných rostlinných pozůstatků, fosfátů a pyritu. Křivka C/S (převzato z Uličný et al. 1997a) ukazuje poměr zastoupení celkového organického uhlíku vůči celkovému obsahu redukované síry (škála osy x je logaritmická). Hodnoty C/S pozitivně korelují s mírou prokysličení mořského dna.



Obr. 4 Dokonale vyvinuté, prakticky nealterované oktaedrické krystaly pyritu ve výplni doupěte vyhloubeného v sedimentu mořského dna, Pecínov, vzorek z úrovně 5.75 m (viz obr. 3); snímek B. Ekrt, SEM Hitachi S-3700N, šířka obrázku 1.2 mm.

nek je spojená s prohloubením pánve, respektive změnami výšky mořské hladiny (Uličný, Špičáková 1996; Uličný et al. 1997a).

S poklesem obsahu kyslíku ve vodě a s posunem redoxního rozhraní do povrchových úrovní sedimentu mořského dna souvisí nárůst obsahu organického uhlíku a synsedimentární tvorba Fe-sulfidů doprovázená v některých úrovních fosfatizací. V jílovcích při hranici cenoman/turon, ukládaných za podmínek vrcholící dysoxie a extrémně chudých na zkameněliny fauny, se relativně hojně vyskytují prouhelněné rostlinné fosílie (obr. 3). Právě z této úrovně pochází materiál, na kterém je založen tento článek. Horní hranice biostratigrafické zóny *Metoicoceras geslinianum* je nejasná; jednoznačná není pro nedostatek stratigrafických ukazatelů ani přesná pozice hranice cenoman/turon, kladená dříve do výrazného erozního rozhraní zhruba 6.5 m nad bází mořské sedimentace (Uličný et al. 1997a). Vyšší část pecínovského profilu, odpovídající spodnoturonské amonitové zóně *Mammites nodosoides*, je již vyvinuta ve vápnitých spongilitických jílovcích typických pro bělohorské souvrství.

Pyrit, jeho vznik a degradace

V mořských jílovcích a prachovcích lokality Pecínov je pyrit hojně zastoupen v podobě vyrostlic, které na studovaných vzorcích dosahují velikosti 20 - 150 μm (obr. 4). Ty obvykle vytvářejí drobné, nesoudržné shluky (do velikosti prvních centimetrů), obvykle s neostřým ohraničením. Rozmístění útvarů v sedimentu není rovnoměrné, často zjevně sleduje struktury vytvořené ve dně činností organismů. Méně často se tvoří drobné drúzy a pevné konkrece. Obsah pyritu v sedimentu i jeho distribuce se s výškou v profilu mění (obr. 3). K fosilizaci makrokrytalickým pyritem, vytváření souvislých pyritových povlaků nebo povrchových drúz typu „overpyrit“ na fosiliích v Pecínově nedochází. To podle práce Brett, Baird (1986) odpovídá podmínkám anoxie až dysoxie při nižší rychlosti sedimentace. Takové podmínky při sedimentaci pecínovských vrstev předpokládají i Uličný et al. (1997a) na základě poměru celkového obsahu organického uhlíku a síry obsažené v pyritu (*sensu* Raiswell, Berner 1985). Shluky pyritu ve stopách a vtroušený pyrit v sedimentu vznikaly zřejmě během rané diagenese, nejspíše v něko-

lika fázích přes greigit a framboidální pyrit (Wilkin, Barnes 1997). V žádném ze studovaných vzorků však nebyly zaznamenány dochované framboidální agregáty. Je dosti pravděpodobné, že se vzácněji nalézané pevné pyritové konkrece mohly dotvářet v rámci pozdní diagenese, jak uvádí Uličný et al. (1997a).

Pyrit, stejně jako některé další sulfidy železa (především markazit), jsou značně nestabilní. Jejich degradabilita závisí na řadě vnitřních i vnějších faktorů (přehled udává např. Newman 1998; Kolesar 1998). Z vnitřních faktorů je zásadní především struktura pyritu, kdy vtroušený, zvláště framboidální pyrit, je zpravidla výrazně méně stabilní, než makrokrytalické uzavřené agregáty bez inkorporovaného sedimentu. Důležitý je rovněž chemismus a fyzikální vlastnosti okolní horniny. Vysoce stabilní je např. pyrit ve vápencích s vysokým podílem CaCO_3 , naproti tomu pyrit v sedimentech obsahujících uhelnou hmotu bývá značně degradabilní (Khawaja 1975). Z vnějších faktorů je to především přístup kyslíku a na probíhající degradaci má značný vliv i relativní vlhkost prostředí. Kinetika degradačních procesů i rH jsou závislé na teplotě při které je materiál skladován. Při snaze ochránit sbírkový materiál se zpravidla dbá pouze na regulování vlhkosti, která bývá považována za rozhodující faktor.

Vznikající degradační produkty představují zásadní problém pro sbírky geovědní povahy. Primární riziko představují síranové anionty uvolňující se při oxidaci sulfidů, které s vodou tvoří kyselinu sírovou s korozivními účinky a silnými hygroskopickými vlastnostmi. Reakcí s horninovým prostředím vzniká poměrně široké spektrum druhotných sulfátů (Newman 1998), které dále degradují uchovávané vzorky díky objemovým změnám, hygroskopickým vlastnostem a v případě Fe^{2+} sulfátů i výraznému redoxnímu působení přechodu $\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}^{3+}$.

Charakteristika rozenitu

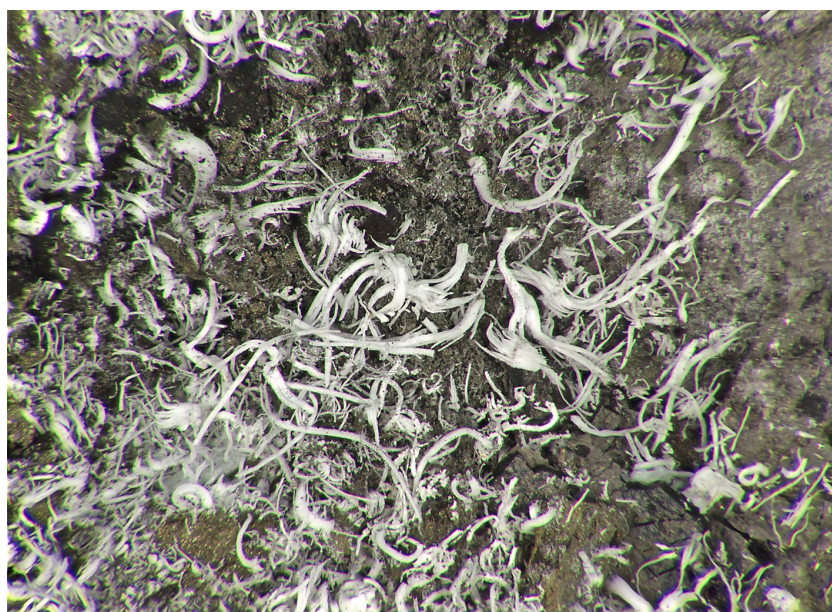
Vzorky byly během výzkumu a sběrů na lokalitě Pecínov pořizovány za různých klimatických poměrů a z experimentálních důvodů transportovány a uchovávány v rozličných podmínkách. U podstatné části vzorků docházelo ke krystalizaci drobných vyrostlic sádrovice na povrchu vzorků či těsně pod ním. Při dlouhém vysoušení vzorků uskladněných ve foliích nebo polyetylenových sáčcích docházelo k tvorbě větších vyrostlic přímo na povrchu vzorků. Naopak při rychlém vysoušení nebalených vzorků na slunci dochází ke krystalizaci síranů často těsně pod povrchem jílovce. Důvodem je zřejmě posunutí hladiny kapilárního sloupce pod povrch vzorku vlivem vysokého výparu. Kapilární voda i skalní vlhkost obsahuje značný podíl SO_4^{2-} iontů uvolněných rozpadem pyritu v horninovém tělese pecínovského členu. Přímá rychlá degradace pyritu obsaženého ve vzorcích je spíše vzácná a výrazně se projevuje jen u vzorků obsahujících uhelnou hmotu. K tvorbě rozenitu došlo v případě extrémně rychlé degradace v prostředí s uměle sníženou relativní vlhkostí, do něhož byl zvodnělý vzorek umístěn hned po odebrání z horninového prostředí během povrchového sběru v čerstvě odtěžené hornině. Jako obal byl použit běžný polyetylenový sáček opatřený zipovým uzávěrem - tedy bariéra zamezující rychlému úniku vodních par, ovšem nedostatečná pro zamezení přístupu kyslíku. Objem použitého sorbentu vody a kyslíku (Mitsubishi RP-20A určeného pro

2000 ml vzduchu) napomáhal rychlému povrchovému vysoušení vzorku, nedostačoval však k jeho úplnému vysušení a po nasycení sorbovanou vodou udržoval stabilně vlhké prostředí. Vzorek byl v tomto mikroklimatu uchováván po dobu zhruba jednoho měsíce při stabilní teplotě $20(\pm 1)$ °C. Po jeho vyjmutí z přepravního boxu byly zjištěny vláknité krusty rozenitu pokrývající povrch vzorku. Rozsáhlé objemové změny způsobily úplný rozpad prouhelněné rostlinné hmoty. Zároveň však ve vzorku zůstaly téměř nedegradované enklávy pyritu tvořícího drobné, tenké drůzové agregáty mikroskopických krystalů.

Rozenit po vyjmutí vzorků z přepravního boxu vytvářel na vzorcích bohaté nepravidelné vláknité krusty na ploše až 5×10 cm o síle do 1.5 cm tvořené náhodně srůstajícími prohnutými až zatočenými vlákny o průměru do 2 mm a délce do 0.5 - 1 cm; vzácněji i paralelně uspořádané krápníčkové agregáty o velikosti do 1 cm. Bezprostředně po vyjmutí vzorků byly agregáty rozenitu zcela průhledné, bezbarvé nebo s velmi slabým namodralým až nazelenalým odstínem (obr. 5), po několika týdnech uložení vzorků v běžných laboratorních podmínkách došlo k intenzivnímu bělavému zakalení agregátů rozenitu, které se tak staly průsvitnými až neprůhlednými (obr. 6 - 9). Popisovaná změna charakteru vzorků se však nijak neodrazila v jejich fázovém složení (viz dále). Oba typy agregátů rozenitu jsou ohebné až křehké a velmi dobře rozpustné ve studené vodě.

Rentgenový difrakční výzkum rozenitu

Rentgenová difrakční data byla získána pomocí práškového difraktometru Bruker D8 Advance (Národní muzeum, Praha) s polovodičovým pozičně citlivým detektorem LynxEye za užití CuK α záření (40 kV, 40 mA). Práškový preparát byl nanesen v ace-



Obr. 5 Čiré vláknité agregáty rozenitu, Pecínov, foto M. Nohejlová; šířka obrázku 10 mm.

Obr. 6 Zakalené bělavé vláknité agregáty rozenitu na lupku, Pecínov, foto J. Sejkora; šířka obrázku 2 cm.

Obr. 7 Zakalená bělavá stočená vlákna rozenitu na lupku, Pecínov, foto J. Sejkora; šířka obrázku 5 mm.

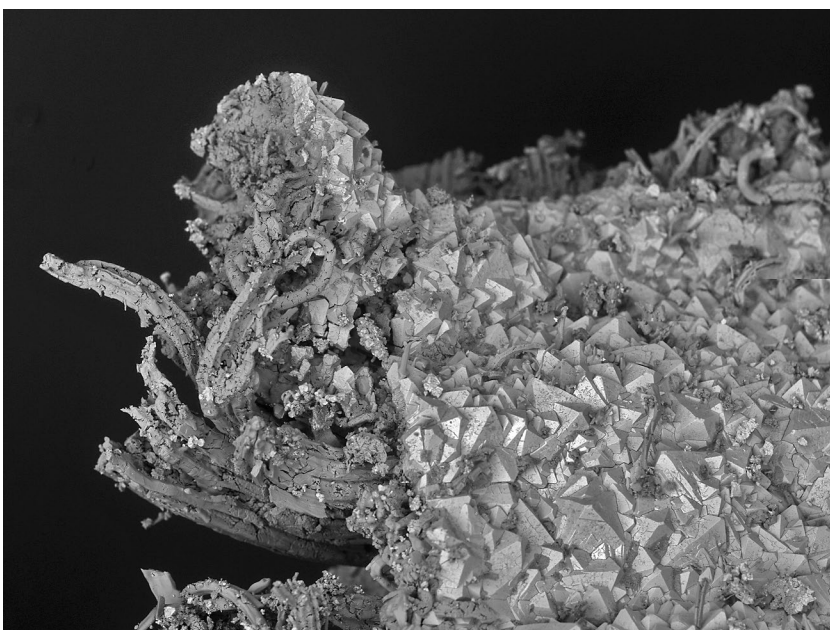


tonové suspenzi na nosič zhotovený z monokrystalu křemíku a následně pak byla pořízena difrakční data ve step-scanning režimu (krok 0.01° , načítací čas 8 s/krok detektoru, celkový čas experimentu cca 15 hod.). Získaná data byla vyhodnocena pomocí softwaru ZDS pro DOS (Ondruš 1993) za použití profilové funkce Pearson VII. Zjištěná rentgenová prášková data byla indexována na základě teoretického záznamu vypočteného programem Lazy Pulverix (Yvon et al. 1977) z publikovaných krystalových strukturních dat rozenitu (Baur 1962), parametry základní cely pak byly zpřesněny pomocí programu Burnhama (1962).

Rentgenová prášková data obou typů rozenitu (čirý a bělavý) jsou identická a velmi dobře odpovídají publikovaným údajům pro tuto minerální fázi i teoretickému záznamu vypočtenému z krystalové struktury syntetického $\text{FeSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ (Baur 1962), možné příměsi výše (melanterit, siderotil, ferrohexasulfát) nebo níže (szomolnokit) hydratovaných Fe-sulfátů nebyly zjištěny. Experimentální rentgenová data bělavého rozenitu (tab.1) byla použita pro zpřesnění parametrů základní cely, zjištěné hodnoty jsou v tabulce 2 porovnány s publikovanými údaji.

Chemické složení rozenitu

Chemické složení bylo kvantitativně studováno pomocí elektronového mikroanalyzátoru Cameca SX100 (Přírodovědecká fakulta, MU Brno, analytik J. Sejkora) za podmínek: vlnové disperzní analýza, napětí 15 kV, proud 4 nA, průměr svazku 10 μm , standardy a použité vlnové délky: sanidin (AlK α , SiK α , KK α), MgSiO $_4$



Obr. 8 Zakalená bělavá stočená vlákna rozenitu na lupku, Pecínov, foto J. Sejkora; šířka obrázku 4 mm.

Obr. 9 Zakalené bělavé krápníkovité agregáty rozenitu na lupku, Pecínov, foto J. Sejkora; šířka obrázku 7 mm.

Obr. 10 Vlákenné agregáty rozenitu (vlevo) vyrůstající na uhelné hmotě skryté pod drúzou téměř nealterovaných oktaedrických krystalů pyritu (vpravo), Pecínov, snímek L. Váchové, SEM Hitachi S-3700N, šířka obrázku 1.3 mm.

(MgK α), fluorapatit (PK α , CaK α), almadin (FeK α), gahnit (ZnK α), lammerit (CuK α), vanadinit (ClK α , PbM α), ScVO $_4$ (VK α), albit (NaK α), spessartin (MnK α), baryt (BaL β) a SrSO $_4$ (SK α). 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 software PAP (Pouchou, Pichoir 1985).

Zjištěná chemická data (tab. 3) odpovídají stechiometrii rozenitu, výrazné rozpětí sum chemických analýz

po dopočtu teoretického obsahu vody je pravděpodobně způsobeno dehydratací studovaných vzorků ve vakuu elektronového mikroanalyzátoru a částečnou nestabilitou pod elektronovým svazkem. Z minoritních prvků byly lokálně zjištěny obsahy Ca (do 0.006 *apfu*), Al a P (do 0.003 *apfu*), zajímavé jsou pravidelnější obsahy Cu (do 0.37 hm. %, tj. 0.01 *apfu*). Průměrný empirický vzorec rozenitu vznikajícího na materiálu z Pecínova lze vyjádřit na bázi 2 *apfu* jako Fe $_{0.99}$ (SO $_4$) $_{1.01}$ ·4H $_2$ O.

Tabulka 1 Rentgenová prášková data pro rozenit z Pecínova

<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	1	6.871	21.8	6.874	2	2	1	2.577	21.9	2.578	3	2	0	1.9083	1.7	1.9085
0	2	0	6.802	12.6	6.805	1	5	0	2.4758	5.5	2.4764	2	2	3	1.8964	9.2	1.8965
1	1	0	5.461	76.3	5.463	1	0	-3	2.4333	18.1	2.4333	1	1	-4	1.8757	2.8	1.8756
0	2	1	5.172	5.3	5.174	1	0	3	2.4181	3.0	2.4179	1	6	2	1.8694	1.6	1.8692
1	0	1	4.753	15.0	4.755	2	0	-2	2.3970	1.8	2.3970	1	2	-4	1.8243	3.3	1.8243
1	2	0	4.485	100.0	4.486	1	1	3	2.3805	5.8	2.3807	1	7	1	1.7999	7.0	1.7997
0	0	2	3.982	65.6	3.983	2	0	2	2.3776	6.3	2.3775	2	6	1	1.7586	4.8	1.7589
0	3	1	3.941	3.0	3.942	1	5	-1	2.3672	5.3	2.3671	3	2	-2	1.7268	4.4	1.7266
0	1	2	3.822	3.9	3.822	2	1	-2	2.3607	9.0	2.3607	3	4	-1	1.6807	2.1	1.6807
1	3	0	3.610	11.0	3.611	2	1	2	2.3421	4.8	2.3421	3	4	1	1.6757	3.5	1.6756
0	4	0	3.402	48.1	3.403	0	3	3	2.2914	6.8	2.2915	1	6	-3	1.6594	1.7	1.6592
1	3	-1	3.294	2.0	3.295	0	6	0	2.2683	17.1	2.2684	1	6	3	1.6547	1.1	1.6543
1	3	1	3.282	19.4	3.282	2	2	2	2.2445	6.0	2.2445	2	1	-4	1.6504	1.5	1.6504
1	1	-2	3.230	33.9	3.230	0	6	1	2.1819	3.8	2.1817	1	8	0	1.6360	2.7	1.6361
1	2	-2	2.987	19.4	2.988	1	3	-3	2.1443	2.7	2.1443	2	7	0	1.6289	1.1	1.6288
1	2	2	2.968	18.2	2.969	2	3	-2	2.1194	4.3	2.1194	2	5	-3	1.6074	2.2	1.6073
1	4	0	2.955	19.6	2.956	1	5	-2	2.1064	2.3	2.1063	2	5	3	1.5984	0.9	1.5984
2	1	0	2.913	7.2	2.913	1	6	-1	2.0506	2.1	2.0505	0	1	5	1.5818	1.5	1.5822
1	4	-1	2.775	5.1	2.775	0	0	4	1.9914	2.2	1.9913	3	4	2	1.5722	1.7	1.5723
1	4	1	2.767	4.9	2.767	1	4	-3	1.9794	3.7	1.9793	2	3	-4	1.5611	1.7	1.5611
2	1	-1	2.744	0.7	2.743	0	6	2	1.9710	10.2	1.9711	0	2	5	1.5508	1.0	1.5511
2	1	1	2.729	6.3	2.729	2	1	3	1.9545	1.6	1.9543	1	0	-5	1.5426	1.4	1.5423
1	3	-2	2.681	2.2	2.682	2	4	2	1.9493	2.3	1.9489	1	1	5	1.5263	3.1	1.5261
0	1	3	2.606	2.5	2.606	2	5	1	1.9468	4.1	1.9468						
0	4	2	2.587	2.0	2.587	3	0	1	1.9252	1.7	1.9252						

Tabulka 2 Parametry základní cely rozenitu (pro monoklinickou prostorovou grupu P2 $_1$ /n)

		<i>a</i> [Å]	<i>b</i> [Å]	<i>c</i> [Å]	β [°]	<i>V</i> [Å 3]
Pecínov	tato práce	5.9651(2)	13.6104(5)	7.9653(2)	90.488(3)	646.65(3)
synt.	Baur (1962)	5.979(4)	13.648(4)	7.977(3)	90.4(1)	650.9

Tabulka 3 Chemické složení rozenitu z Pecínova (hm. %)

	mean	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
CaO	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
FeO	31.64	28.53	29.20	29.30	29.54	29.72	29.88	29.73	29.56	33.87	36.07	36.90	37.37
CuO	0.11	0.00	0.10	0.22	0.08	0.00	0.12	0.21	0.37	0.07	0.14	0.00	0.00
Al $_2$ O $_3$	0.01	0.00	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
P $_2$ O $_5$	0.02	0.07	0.09	0.09	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SO $_3$	35.92	32.71	33.74	33.77	33.76	34.05	34.29	34.39	34.81	37.67	40.54	40.42	40.96
H $_2$ O*	32.11	29.06	29.96	30.04	30.04	30.23	30.47	30.61	30.66	33.97	36.39	36.70	37.17
total	99.82	90.37	93.15	93.42	93.42	94.00	94.77	95.13	95.40	105.58	113.13	114.02	115.50
Ca	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.006	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Fe	0.988	0.985	0.978	0.978	0.986	0.986	0.984	0.974	0.967	1.000	0.994	1.009	1.008
Cu	0.003	0.000	0.003	0.007	0.002	0.000	0.004	0.006	0.011	0.002	0.003	0.000	0.000
Al	0.000	0.000	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Σ M	0.992	0.985	0.983	0.985	0.989	0.986	0.987	0.989	0.978	1.002	0.997	1.009	1.008
P	0.001	0.002	0.003	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
S	1.007	1.013	1.013	1.012	1.011	1.014	1.013	1.011	1.022	0.998	1.003	0.991	0.992
Σ T	1.008	1.015	1.017	1.015	1.011	1.014	1.013	1.011	1.022	0.998	1.003	0.991	0.992
H $_2$ O	4.000	4.000	4.000	4.001	4.000	4.000	4.000	4.001	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000

H $_2$ O* - obsah vypočtený na základě ideálního vzorce FeSO $_4$ ·4H $_2$ O; koeficienty empirických vzorců počítány na bázi 2 *apfu*.

Diskuse a závěr

Všechny dosud známé výskyty rozenitu v České republice jsou popisované jako bílé povlaky na melanteritu, jehož dehydratací vzniká - Kaňk u Kutné Hory (Harapát, Med 1984), Chvaletice u Přelouče (Harapát 1986), Jáchymov (Ondruš et al. 1997) a Pohled u Havlíčkova Brodu (Dobeš, Malý 2001).

Vznik rozenitu přímou krystalizací je i ve světovém měřítku relativně vzácný - podobné typy výskytu jsou popisovány například ze zvětrávání lignitových vrstev v pohoří Voras v Řecku (Baltatzis et al. 1986) nebo z uhelných sedimentů v Novém Skotsku v Austrálii (Zodrow et al. 1979); vždy je ale zmiňován vznik rozenitu jen v podmínkách s nižší relativní vlhkostí (za vyšší vlhkosti je vysoce preferována krystalizace melanteritu). Výsledky podrobného termodynamického studia systému melanterit-rozenit (Chou et al. 2002) vymezují maximální relativní vlhkost pro vznik rozenitu při 20 °C na cca 55 %, při vyšší vlhkosti již vzniká melanterit. Výsledky toho studia byla později potvrzeny za využití odlišné metodiky (Peterson, Grant 2005).

Recentní vznik studovaných velmi bohatých agregátů rozenitu na vzorcích z Pecínova je tedy evidentně vázán na extrémně rychlou krystalizaci (vláknitý charakter agregátů) v podmínkách snížené vzdušné vlhkosti (pod 55 rel. %). Zdrojem Fe²⁺ a sulfátových iontů nezbytných pro vznik rozenitu byl pravděpodobně jemně dispergovaný pyrit v uhelné hmotě, koeexistující agregáty drobně krystalického pyritu nebyly zvětrávacími procesy prakticky zasaženy (obr. 10).

Poděkování

Milou povinností autorů je poděkovat za spolupráci při laboratorním studiu R. Škodovi (Přírodovědecká fakulta, Masarykova univerzita, Brno); za pomoc při terénních pracích autoři vděčí především P. Danešovi, R. Labuťovi (Palais o.s.) a T. Kočímu, dík za mikroskopické snímky patří M. Nohejlové a L. Váchové. Firmě České lupkové závody, a.s., Nové Strašecí autoři děkují za příkladnou vstřícnost při sjednávání vstupu na lokalitu. Předložená práce vznikla za finanční podpory Ministerstva kultury ČR v rámci projektu NAKI-DF12P01OVV031.

Literatura

- Baltatzis E., Stamatakis M. G., Kyriakopoulos K. G. (1986) Rozenite and melanterite in lignitic layers from the Voras mountain, western Macedonia, Greece. *Mineral. Mag.* 50, 737-739.
- Baur W. H. (1962) Zur Kristallchemie der Salzhydrate. Die Kristallstrukturen von MgSO₄·4H₂O (Leonhardtit) und FeSO₄·4H₂O. *Acta Cryst.* 15, 815-826.
- Brett C. E., Baird G. C. (1986) Comparative taphonomy: a key to paleoenvironmental interpretation based on fossil preservation. *Palaios*, 207-227.
- 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 havlíčkobrodského rudního revíru. *Vlastivěd. Sbor. Vysočiny, Odd. Věd přír.* 15, 51-85.
- Harapát L. (1986) Sírany železa z Chvaletic II. *Čas. Mineral. Geol.* 31, 1, 99.
- Harapát L., Med L. (1984) Rozenit - nový minerál z hald na Kaňku. *Čas. Mineral. Geol.* 29, 2, 213.
- Chou I-M., Seal II R. R., Hemingway B. S. (2002) Determination of melanterite-rozenite nad chalcantite-bonattite equilibria by humidity measurement at 0.1 MPa. *Am. Mineral.* 87, 108-114.
- Khawaja I. U. (1975) Pyrite in the Springfield Coal Member (V), Petersburg Formation, Sullivan County, Indiana. *Geol. surv. spec. report 9, Department of natural resources*, 1-24.
- Košťák M., Sklenář J., Čech S., Frank J., Ekrť B., Cápová A., Kubajko M., Mazuch M., Kvaček J. (2013) Ammonites, biostratigraphy and bio-events of the Pecínov Member (Upper Cenomanian, Bohemian Cretaceous Basin). In: Žák J., Zulauf G., Röhling H.-G (ed.): *Schriftenreihe der Deutschen Gesellschaft für Geowissenschaften SDGG, svazek 82. s. 45, Schweizerbart, Stuttgart.*
- Kolesar P. (1998) Rozklad pyritu a markasitu ve sbírkách a možnosti konzervace. *Bull. mineral.-petrolog. Odd. Nár. Muz. (Praha)* 6, 307-310.
- 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.
- Ondruš P., Veselovský F., Hloušek J., Skála R., Vavřín I., Frýda J., Čejka J., Gabašová A. (1997) Secondary minerals of the Jáchymov (Joachimsthal) ore district. *J. Czech Geol. Soc.* 42, 3-76.
- Peterson R. C., Grant A. H. (2005) Dehydration and crystallization reactions of secondary sulfate minerals found in mine waste: *in situ* powder-diffraction experiments. *Can. Mineral.* 43, 1171-1181.
- 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.
- Raiswell R., Berner R. A. (1985) Pyrite formation in euxinic and semi-euxinic sediments. *Amer. J. Sci.* 285(8), 710-724.
- Uličný D., Hladíková J., Attrep M. J. jr., Čech S., Hradecká L., Svobodová M. (1997a) Sea-level changes and geochemical anomalies across the Cenomanian-Turonian boundary: Pecínov quarry, Bohemia. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 132(1), 265-285.
- Uličný D., Kvaček J., Svobodová M., Špičáková, L. (1997b) High-frequency sea-level fluctuations and plant habitats in Cenomanian fluvial to estuarine succession: Pecínov quarry, Bohemia. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 136(1), 165-197.
- Uličný D., Špičáková L. (1996) Response to high frequency sea-level change in a fluvial to estuarine succession: Cenomanian palaeovalley fill, Bohemian Cretaceous Basin. *Geol. Soc., London, Spec. Publ.* 104(1), 247-268.
- Wilkin R. T., Barnes H. L. (1997) Formation processes of framboidal pyrite. *Geochim. Cosmochim. Acta* 61(2), 323-339.
- 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 K., 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.