https://doi.org/10.46861/bmp.33.251 PŮVODNÍ PRÁCE/ORIGINAL PAPER

Brianyoungit z Plavna v jáchymovském rudním revíru (Česká republika)

Brianyoungite from Plavno in the Jáchymov ore district (Czech Republic)

Bohuslav Bureš

Plevenská 3111, 143 00 Praha 4; e-mail: bohuslav.bures@seznam.cz

Bureš B (2025) Brianyoungit z Plavna v jáchymovském rudním revíru (Česká republika). Bull Mineral Petrolog 33(2): 251-258. ISSN 2570-7337

Abstract

Rare zinc hydroxyl carbonate sulfate, mineral brianyoungite, was found in the area of skarn body near the hydrothermal vein No. 13 (2nd level of the shaft Vladimír), Plavno deposit, the Jáchymov ore district, Krušné hory Mountains, Czech Republic. Brianyoungite occurs as very thin white crystalline coatings on an area of up to several cm^2 on altered skarn or more rarely it forms irregular crystalline aggregates up to 2 mm in size or spherical to hemispherical aggregates composed of small thin tabular crystals. Associated minerals are gypsum, hexahydrite, hydromagnesite, nesquehonite, serpierite, smithsonite, šlikite, Zn-rich malachite and ktenasite-like mineral. Brianyoungite is probably monoclinic, the unit-cell parameters refined from X-ray powder diffraction data are: *a* 15.747(4), *b* 6.254(2), *c* 5.482(2) Å, β 90.63(4)°, and *V* 539.8(4) $Å^3$. Its chemical analyses (mean of 4 points) correspond to the empirical formula $Zn_{3.00}[(CO_3)_{0.74}(SO_4)_{0.23}(SiO_4)_{0.03}]_{\Sigma 1.00}(OH)_{3.95}$ on the basis of 3 *apfu* Zn. Raman and infrared spectroscopy confirm presence of $(OH)^-$, $(CO_3)^{2-}$ and $(SO_4)^{2-}$ groups in its crystal structure. The origin of brianyoungite is interpreted as product of (sub) recent supergene alteration of primary sphalerite and other minerals in skarn rock in environment of abandoned mine corridors.

Key words: *brianyoungite, carbonates, supergene mineralization, X-ray powder data, unit-cell parameters, chemical composition, Raman spectroscopy, Plavno, Jáchymov ore district, Czech Republic*

Obdrženo 13. 10. 2025; přijato 12. 12. 2025

Úvod

Brianyoungit s chemickým vzorcem $Zn_3(CO_3SO_4)(OH)_4$ byl jako nový minerál popsán z oxidační zóny na dole Brownley Hill, Nenthead, Cumbria v Anglii (Livingstone, Champness 1993), kde vytváří bílé růžicovité agregáty o velikosti do 0.1 mm na vápenci v asociaci se sádrovcem. Přestože byl později nalezen na celé řadě lokalit na světě (mindat.org), nebyla dosud zjištěna jeho krystalová struktura a ani potvrzeno, zda je uváděný (Livingstone, Champness 1993) poměr CO_3 a SO_4 (cca 3:1) charakteristický pro jeho chemické složení. V původní práci je symetrie brianyoungitu uváděna jako ortorombická nebo monoklinická s úhlem β blízkým 90°; Cho, Koo (2022) se na základě zpracování rentgenových práškových dat tohoto minerálu z několika lokalit přiklánějí spíše k jeho monoklinické základní cele.

V České republiky jsou zmiňovány výskyty minerálu blízkého brianyoungitu v podobě bělavých povlaků na zvětralé rudní žilovině z haldy dolu Lill v Příbrami (Ondruš et al. 1990) a výskyt bělavých krystalů brianyoungitu v hutních struskách po zpracování olověných rud ve Lhotě u Příbrami (Rüsenberg, Pauliš 1996). Pauliš (2021) uvádí, že brianyougitu odpovídá patrně i část bílých povlaků na zrudněném materiálu z Horní Malé Úpy v Krkonoších. Pro žádný z těchto výskytů ale nebyla publikována analytická data. Výskyt brianyoungitu z jáchymovském revíru je zmiňován v knize Hlouška (2016), později je ale uváděno, že tento výskyt nebyl potvrzen (Škácha et al. 2019). Nález brianyoungitu v asociaci se šlikitem (Sejkora et al. 2019) a dalšími supergenními karbonáty na druhém patře dolu Vladimír na ložisku Plavno u Jáchymova je přehledně zmíněn v popularizační práci Bureše, Sejkory (2019) a jeho podrobné mineralogické zpracování je námětem tohoto příspěvku.

Historie těžby a ložiskově - geologické poměry

Historicky velmi významný rudní revír Jáchymov v Krušných horách (Česká republika) je klasickým příkladem Ag + As + Co + Ni + Bi + U hydrotermální žilné mineralizace. Rudní žíly jsou zde lokalizovány v komplexu středně metamorfovaných sedimentárních hornin kambrického až ordovického stáří v kontaktní aureole variských granitoidů. Většina primárních rudních minerálů vznikla z mezotermálních až epitermálních fluid variského stáří (Ondruš et al. 2003a,b,d).

Primární i supergenní mineralizace jáchymovského rudního revíru je vzhledem k jejímu světově unikátnímu charakteru (více než 440 známých druhů) v posledních třiceti letech velmi intenzívně studována (viz souhrnné práce Ondruš et al. 1997a,b, 2003c,d; Hloušek et al. 2014; Škácha et al. 2019). Extrémně pestré jsou zde zejména supergenní minerální asociace vázané na (sub)recentní zvětrávání v prostředí opuštěných důlních chodeb (Ondruš et al. 1997a,b; Škácha et al. 2019).

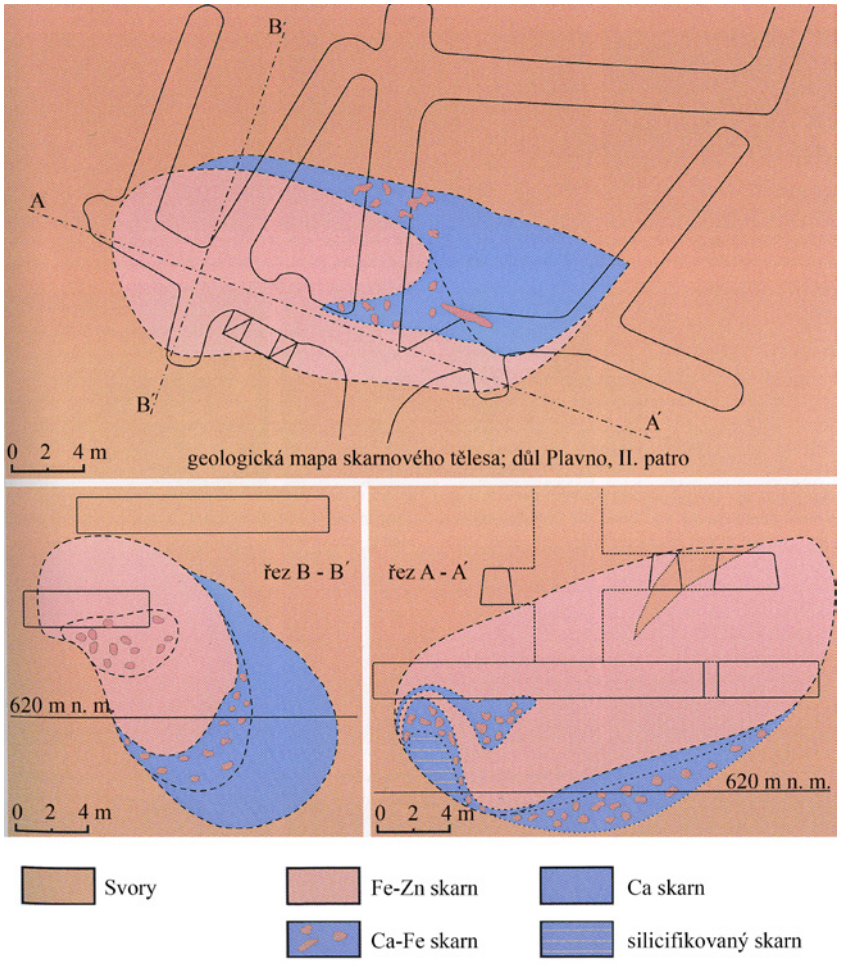
Ložisko Plavno leží v jv. části jáchymovského rudního revíru na katastru obcí Horní Žďár a Arnoldov. Hornické

práce prováděné v této oblasti před rokem 1945 byly nevýznamné. V první polovině 19. století je zde uváděn pouze jeden důl Graf Friedrich s několika málo zaměstnanci a občasnou těžbou stříbrných a železných rud. Z počátku 20. století se pak dochovala mapa dolu „Urania“, který sice patřil pod železnorudné doly hraběte Silva-Tarouca, ale z názvu dolu je zřejmé, co bylo předmětem těžby a jakým směrem se vývoj zdejšího hornictví ubíral.

Průzkum na uranovou rudu zde byl zahájen v roce 1945 revizí starých důlních děl a jejich odvalů. Současně s tím byla prováděna ražba nových štol sloužících k průzkumu nově zjištěných žil. V letech 1949 - 1951 byly vyraženy štoly č. 9, č. 5, v roce 1950 štoly č. 12 a č. 8. Většina z nich byla postupně propojena do důlních prací jámy Vladimír, popřípadě Severní Plavno. Hloubení jámy Vladimír bylo zahájeno v roce 1950 a jáma byla vyhloubena do hloubky 333 m. Jáma byla rozražena na šesti patrech, z toho páté patro bylo raženo již v žulách. Proto byla v roce 1959 a 1960 východně od jámy Vladimír vyhloubena 96 m hluboká slepá jáma ze šestého na osmé patro. Severní část ložiska byla nejprve prozkoumána důlními pracemi z druhého patra jámy Vladimír a po ověření pozitivních výsledků na žilách 1A, 13, 7B aj. byla v této části s. od panoramské poruchy vyhloubena slepá jáma Severní Plavno. Byla hluboká 420 m a od druhého patra, na kterém se nacházela, otevírala dalších devět pater. Poslední, jedenácté patro, se nacházelo 580 m pod povrchem. Se sousedícím dolem Panoráma bylo Plavno propojeno na čtvrtém patře jámy Vladimír, východní překop na druhém patře vyústil na povrch jako štola č. 8 (obr. 1) - Nový Holzbach (Veselý 1983).



Obr. 1 *Štola č. 8 (Nový Holzbach), důl Vladimír, ložisko Plavno. Foto M. Bělohoubek.*



Obr. 2 *Geologické schéma skarnového tělesa na 2. patře dolu Vladimír, ložisko Plavno (podle Hlouška 2016).*

Hornickými průzkumnými i těžebními pracemi vedenými na uranové zrudnění bylo v letech 1948 - 1962 prozkoumáno celkem 62 odžilků a žil, z nichž na 21 byly provedeny dobývací práce různého rozsahu. K nejvýznamnějším žilám tohoto uzlu patřily žíly č. 13, č. 1A, č. 5, č. 7B, č. 2 a č. 11, na nichž bylo vytěženo přes devět desetin z celkové těžby žilného uzlu (Trvala 1962). Nejbohatší mineralizovanou strukturou ložiska Plavno byla žíla č. 13; její podíl na celkové těžbě ložiska tvořil více než jednu třetinu. Důlními pracemi byla prozkoumána v s. i j. části ložiska a v nejdelším intervalu 1.1 km byla sledována na druhém a čtvrtém patře. Ve vertikálním rozsahu byla známa od povrchu až na jedenácté patro, kde byla již bez uranové mineralizace. Dobývací práce byly vedeny pouze v severní části. Žíla č. 13 je mineralizovaná struktura s řadou odžilků, má směr 360 - 15° s úklonem okolo 60° k Z. Mocnost žíly se pohybovala od 20 do 50 cm, výplň tvořila převážně drcená hornina, tektonický jíl, místy s křemenem a karbonáty. Uranové zrudnění bylo představováno uraninitem a uranovými černěmi a bylo lokalizováno do jednotlivých rudních čoček protažených ve vertikálním směru. Rozměry

největších z nich dosahovaly až prvních stovek plošných metrů, s mocností ojediněle do 20 cm. Druhou nejvýznamnější žilou ložiska Plavno byla žíla č. 1A, která se na celkové těžbě podílela jednou pětinou. Je to složitá struktura s řadou odžilků, která má směr 5 - 20° s úklonem v průměru 60° k Z a mocnost se pohybuje od 15 do 40 cm. Výplň tvořil převážně tektonický jíl, v některých místech byly přítomny křemen, karbonáty a pyrit. Uranové zrudnění tvořené uraninitem a uranovými černěmi bylo soustředěno do jednoho rudního sloupu, vymezeného na severní průsečík se žilou č. 11 a na jižní litologickou hranicí mezi druhým a třetím horizontem jáchymovského souvrství. Litologická hranice na vrchních horizontech sledovala průběh křemito-hematitové zóny, na spodních patrech linii kontaktu se žilou č. 5. Žíla 1A byla v největší délce 600 m otevřena na druhém a šestém patře. Propojení přes poruchové zóny ve střední části důlního pole nebylo provedeno. Na severu je žíla ukončena plavenským zlomem, na jihu vykliňuje v žulovém masívu. I tato žíla byla otevřena na všech patrech dolu (Mrňa, Pavlů 1959).

Neuranové zrudnění na ložisku Plavno bylo zjištěno hlavně na žilách sv. směru. Patřilo téměř výhradně Bi paragenezi a společný výskyt těchto rud s uranovou mineralizací byl ojedinělý. V některých případech bylo neuranové zrudnění tvořeno galenitem v čočkách o délce do 1 m s malým množstvím sfaleritu a vzácně chalkopyritu. Na rozdíl od ostatních částí jáchymovského rudního revíru byl průvodním minerálem místo kalcitu křemen (Veselý 1983).

Výskyty skarnů na ložisku Plavno

Na ložisku Plavno byla věnována pozornost i zrudnění skarnových těles zjištěných na druhém, čtvrtém a šestém patře dolu Vladimír. Na druhém patře byly po žíle 13, v blízkosti křemito-hematitové zóny, provedeny hornické práce na ověření rozsahu neuranového zrudnění ve skarnovém tělese. Zjištěny byly sice plošně nevelké, ale zajímavé koncentrace Co, Ni, Bi, As, Zn, Sn, Cu a Cd. Kromě sledných chodeb vedených na ověření skarnů byly hornické práce vedeny na pátém a šestém patře po žíle č. 36 se zrudněním Bi a sulfoarzenidy Ni, Co (Veselý 1983).

Pravá mocnost skarnového tělesa dosahuje přibližně 9 - 10 m. Makroskopicky lze ve skarnu rozlišit tři základní horninové typy a jeden podtyp, které se kromě vzhledu od sebe výrazně odlišují i chemickým složením (obr. 2). Prvním typem je Ca-skarn s nízkým obsahem Fe a Zn a nízkým obsahem Sn a Cu, který má zeleno-bělavou barvu. Mineralogicky v něm převládají karbonáty Ca, v podřadnějším množství se uplatňuje epidot. Zrudnění tvoří sporadický sfalerit s magnetitem ve tvaru drobných nahloučenin nebo slabě impregnovaných pruhů. Druhým typem je Ca-Fe skarn s vyšším obsahem Fe, nízkým obsahem Zn a nižším obsahem Sn a Cu. Tento typ skarnu má tmavou barvu, jeho páskovaná textura ustupuje nepravidelné textuře shluků a hnízd různé velikosti a nepravidelného tvaru. V jeho složení ustupují karbonáty Ca do pozadí, zato jsou hojné zejména chlorit, aktinolit a epidot. Mezi jednotlivými minerály je častá jemnozrnná výplň hematitu. Rudní minerály, kromě hematitu, zastupují makroskopicky rozeznatelné - magnetit, sfalerit, pyrit, chalkopyrit a kasiterit. Třetím typem je Fe-skarn s vysokým obsahem Sn a vyšším obsahem Cu. Skarn tohoto typu působí dojmem kompaktního agregátu rudních složek s podstatně podřadnějším zastoupením nerudních minerálů (amfiboly, křemen, případně epidot). Barva skarnu je černá s fialově nahnědlým odstínem, jeho podstatnou součást tvoří magnetit se sfaleritem a maghemitem s převážně hrubě až středně zrnitou strukturou. V podobě vtroušených zrn se zde často vyskytuje pyrit, chalkopyrit je vzácnější. Od tohoto typu byl rozlišen pyritový podtyp, který je charakterizován velkou převahou pyritu, zejména na úkor magnetitu (Solnický 1962).

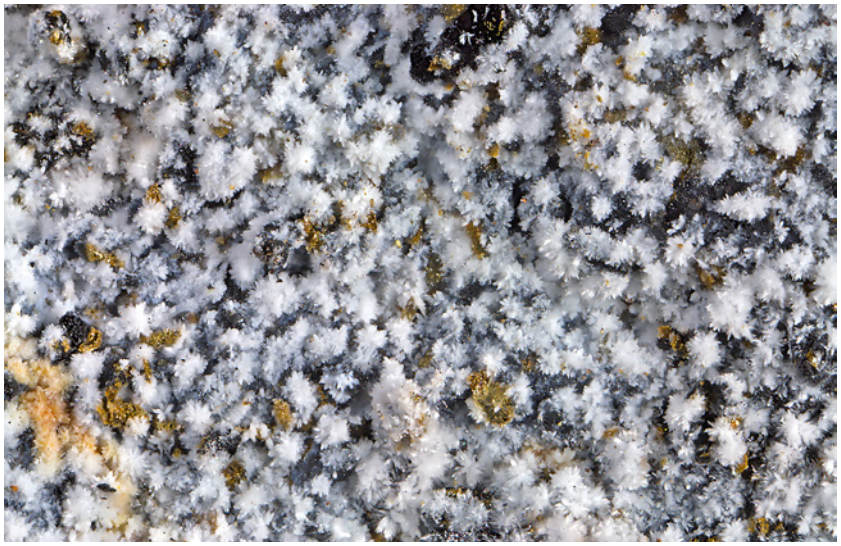
Metodika výzkumu

Rentgenová prášková difrakční data byla získána pomocí práškového difraktometru Bruker D8 Advance DaVinci s polovodičovým pozičně citlivým detektorem LynxEye XE-T za užití Cu*K*α záření (40 kV, 40 mA). Práškový preparát byl nanesen v acetonové 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. Vzhledem k tomu, že krystalová struktura brianyoungitu dosud není známa, byla zjištěná rentgenová prášková data indexována na základě teoretických hodnot d_{calc} vypočtených programem Lazy Pulverix (Yvon et al. 1977) z monoklinické cely navržené pro brianyoungit (Livingstone, Champness 1993), parametry jeho základní cely byly následně zpřesněny pomocí programu Burnhama (1962).

Chemické složení bylo kvantitativně studováno pomocí elektronového mikroanalyzátoru Cameca SX100 za podmínek: vlnově disperzní analýza, napětí 15 kV, proud 5 nA, průměr svazku 10 μm, standardy a použité vlnové délky: celestin (S*K*α), sanidin (Si*K*α) a ZnO (Zn*K*α). Obsahy ostatních kvantitativně měřených prvků (Al, As, Ba, Bi, Ca, Cl, Co, Cr, Cu, F, Fe, K, Mg, Mn, Mo, N, Na, Ni, P, Pb, Sb, Sr, V, W, Y) byly pod mezí detekce přístroje (cca 0.03 - 0.05 hm. %, pro N 0.25 hm. %). Získaná data byla korigována za použití algoritmu PAP (Pouchou, Pichoir 1985).



Obr. 3 *Hornické práce na skarnové čočce na úrovni 2. patra dolu Vladimír, ložisko Plavno. Foto M. Bělohoubek.*



Obr. 4 *Velmi slabé bílé krystalické povlaky brianyoungitu na alterovaném skarnu, 2. patro dolu Vladimír, ložisko Plavno. Šířka záběru 4 mm, foto B. Bureš.*



Obr. 5 *Drobně krystalické kulovité až polokulovité agregáty brianyoungitu na alterovaném skarnu, 2. patro dolu Vladimír, ložisko Plavno. Šířka záběru 3.4 mm, foto J. Sejkora.*



Obr. 6 *Bílé agregáty brianyoungitu složené z drobných tabulkovitých krystalů na alterovaném skarnu, 2. patro dolu Vladimír, ložisko Plavno. Šířka záběru 1.6 mm, foto J. Sejkora.*

Ramanova spektra byla pořízena na disperzním spektrometru DXR (Thermo Scientific) spojeném s konfokálním mikroskopem Olympus. Podmínky měření: rozsah 45 - 4000 cm^{-1}, zvětšení objektivu 100×, použitý laser 633 nm, doba expozice 10 s, celkový počet expozic: 300, nastavený výkon laseru 8 mW, použitá apertura 50 μm pinhole, velikost analyzované plochy 0.7 μm. Reprezentativní spektrum bylo vybráno ze setu spekter měřených na různých fragmentech pro získání nejlepšího odstupu signálu od pozadí a nejmenšího rozsahu fluorescence. Možné termické poškození měřených bodů sledované pomocí vizuální kontroly povrchu vzorku po měření a případných změn spektra v průběhu měření, nebylo zjištěno. Spektrometr byl kalibrován pomocí softwarově řízené procedury za využití emisních linií neonu (kalibrace vlnočtu), Ramanových pásů polystyrenu (kalibrace frekvence laseru) a standardizovaného zdroje bílého světle (kalibrace intenzity). Zpracování spektra bylo provedeno pomocí software Omnic 9 (Thermo Scientific).

Infračervené spektrum bylo pořízeno metodou ATR (attenuated total reflection) na spektrometru Nicolet iS5 (Thermo Scientific) s diamantovou celou. Spektrum bylo měřeno v rozsahu 4000 - 400 cm^{-1} za využití 32 skenů s rozlišením 4 cm^{-1} a rychlostí zrcadla 0.4747 cm/s. Získané spektrum bylo zpracováno pomocí programu Omnic 9 (Thermo Scientific).

Výsledky

Studované vzorky s brianyoungitem byly nalezeny na druhém patře dolu Vladimír ložiska Plavno v oblasti výskytu skarnů (obr. 3) nedaleko hydrotermální uranové žíly č. 13. Brianyoungit vystupuje na povrchu alterovaných skarnů se sfaleritem, magnetitem, maghemitem a chalkopyritem buď samostatně nebo v blízké asociaci se šlikitem (Sejkora et al. 2019), na vzorcích byly dále zjištěny výskyty hexahydritu, hydromagnesitu, nesquehonitu, sádrovce, serpieritu, smithsonitu, Zn-bohatého malachitu a minerálu blízkého ktenasitu.

Brianyoungit vytváří nejčastěji velmi slabé bílé krystalické povlaky na ploše až několika cm^2 na alterovaném skarnu (obr. 4), vzácněji vytváří nepravidelné, drobně krystalické agregáty o velikosti do 2 mm nebo kulovité až polokulovité agregáty (obr. 5) složené z drobných krystalů (obr. 6). Jednotlivé krystaly jsou průsvitné až

Tabulka 1 *Rentgenová prášková data brianyoungitu z Plavna v porovnání s publikovanými údaji pro tento minerál z Brownley Hill mine (Livingstone, Champness 1993)*

Plavno						Brownley Hill		Plavno						Brownley Hill	
h	*k*	*l*	I_{obs}	$d_{obs.}$	$d_{calc.}$	$d_{obs.}$	I_{obs}	*h*	*k*	*l*	I_{obs}	$d_{obs.}$	$d_{calc.}$	$d_{obs.}$	I_{obs}
1	0	0	29.9	15.734	15.746	15.44	100	1	1	-2	0.1	2.4868	2.4830	2.478	5
2	0	0	100.0	7.870	7.873	7.88	100	2	1	-2	0.3	2.3990	2.3989	2.397	20
3	0	0	14.1	5.249	5.249	5.25	20							2.336	5
						4.13	5	7	0	0	0.3	2.2518	2.2495	2.253	10
4	0	0	4.9	3.936	3.937	3.944	5	7	1	0	0.1	2.1158	2.1167		
3	0	-1	0.2	3.800	3.813			1	2	-2	0.2	2.0456	2.0459	2.034	10
0	2	0	0.4	3.126	3.127	3.128	10	8	0	0	0.1	1.9682	1.9683		
1	2	0	0.1	3.064	3.067	2.976	10	3	3	0	0.1	1.9382	1.9373		
2	2	0	0.5	2.902	2.906	2.907	10	9	0	0	1.4	1.7496	1.7496	1.748	15
5	1	0	0.4	2.811	2.813	2.802	10	2	1	3	0.1	1.7085	1.7080		
0	2	1	2.2	2.715	2.716	2.714	40	10	0	0	0.5	1.5740	1.5746		
1	2	1	0.5	2.673	2.674	2.661	10	0	4	0	0.3	1.5649	1.5634	1.565	30
2	0	2	0.4	2.581	2.579	2.577	20	1	4	0	0.3	1.5562	1.5558		
2	2	1	0.4	2.556	2.563			8	1	2	0.2	1.5417	1.5412	1.547	10
0	1	2	0.1	2.505	2.510			9	0	-2	0.2	1.4832	1.4824	1.484	10
								11	0	0	0.2	1.4314	1.4315		

Tabulka 2 *Parametry základní cely brianyoungitu (indexované v monoklinické prostorové grupě $P2_1/m$) a jejich porovnání s publikovanými údaji*

		a [Å]	*b* [Å]	*c* [Å]	β [°]	*V* [Å^3]
Plavno	tato práce	15.747(4)	6.254(2)	5.482(2)	90.63(4)	539.8(4)
Brownley Hill mine	Livingstone, Champness (1993)	15.724	6.256	5.427	90	533.9
Elgar mine	Cotterell et al. (2003)	15.730	6.278	5.546	89.095	538.76
Čavoj	Števko et al. (2015)	15.710(8)	6.273(7)	5.45(1)	89.7(2)	537(1)
Banská Štiavnica	Števko et al. (2018)	15.714(10)	6.242(8)	5.422(9)	89.2(1)	532(1)
Gukjeon mine	Cho, Koo (2022)	15.776	6.252	5.447	89.397	537.28

průhledné a velmi slabě tabulkovité na rozdíl od podobného šlikitu, který vytváří zploštělé dlouze jehlicovité krystaly.

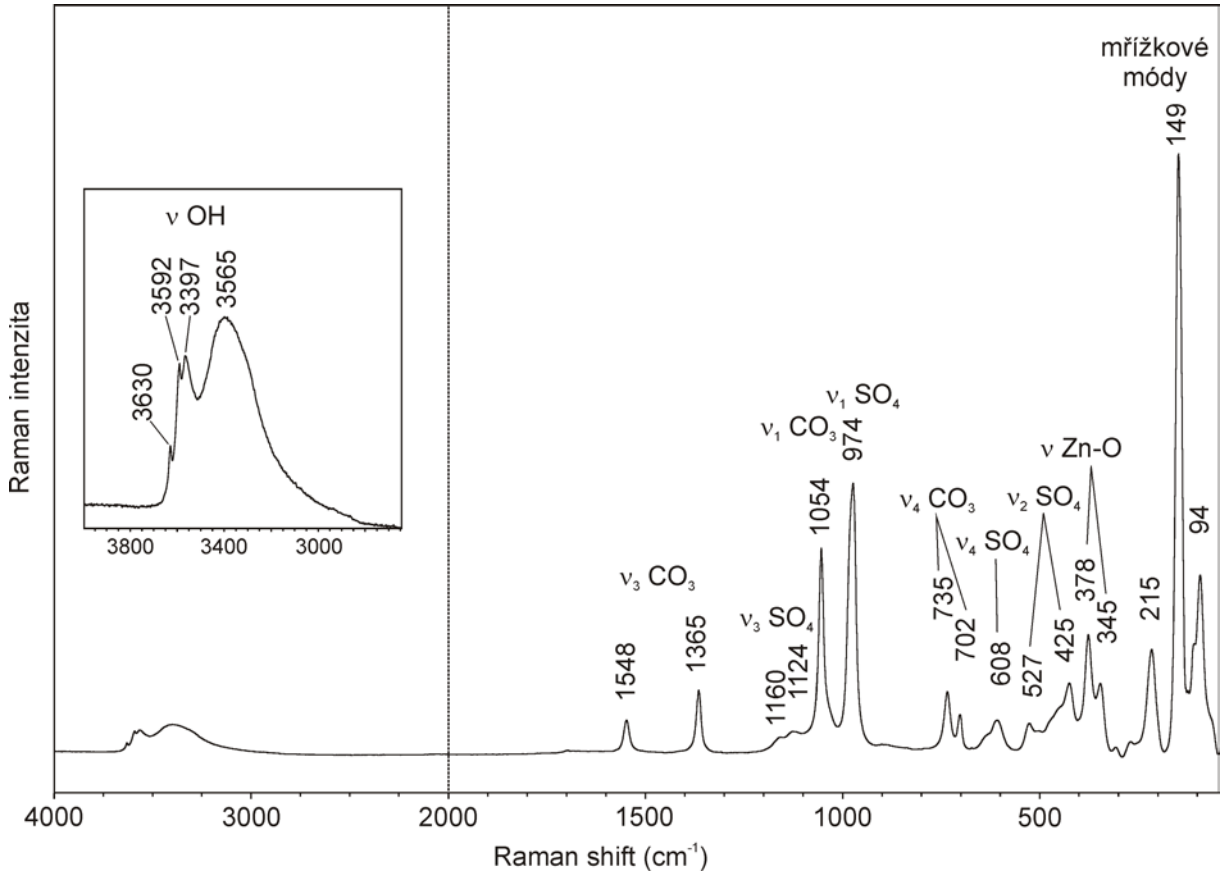
Rentgenová prášková data brianyoungitu z Plavna dobře odpovídají údajům, které publikovali Livingstone, Champness (1993) pro tento minerál z typové lokality Brownley Hill mine ve Velké Británii (tab. 1). Zjištěné rozdíly v hodnotách intenzit jednotlivých difrakčních maxim jsou vyvolané velmi výraznou přednostní orientací preparátu vyplývající z dokonalé štěpnosti podle {100}; podobný jev pozorovali i Števko et al. (2015, 2018) v případě brianyoungitu z Čavoje a Banské Štiavnice na Slovensku. Zpřesněné parametry základní cely studovaného brianyoungitu jsou v tabulce 2 porovnány s publikovanými údaji pro tento minerální druh.

Chemické složení studované fáze je jednoduché a velmi dobře odpovídá stechiometrii vzorce navrženého v původní práci (Livingstone, Champness 1993) včetně poměru CO_3 a SO_4 (tab. 3). V kationtu bylo zjištěno pouze zastoupení Zn, v aniontu jsou obsahy S (0.20 - 0.24 *apfu*) a C (dopočtené 0.72 - 0.77 *apfu*) doprovázeny minoritní přítomností Si v rozsahu 0.01 - 0.05 *apfu*. Empirický vzorec brianyoungitu z Plavna (průměr čtyř bodových analýz) lze na bázi 3 Zn *apfu* vyjádřit jako $Zn_{3.00}[(CO_3)_{0.74}(SO_4)_{0.23}(SiO_4)_{0.03}]_{\Sigma 1.00}(OH)_{3.95}$.

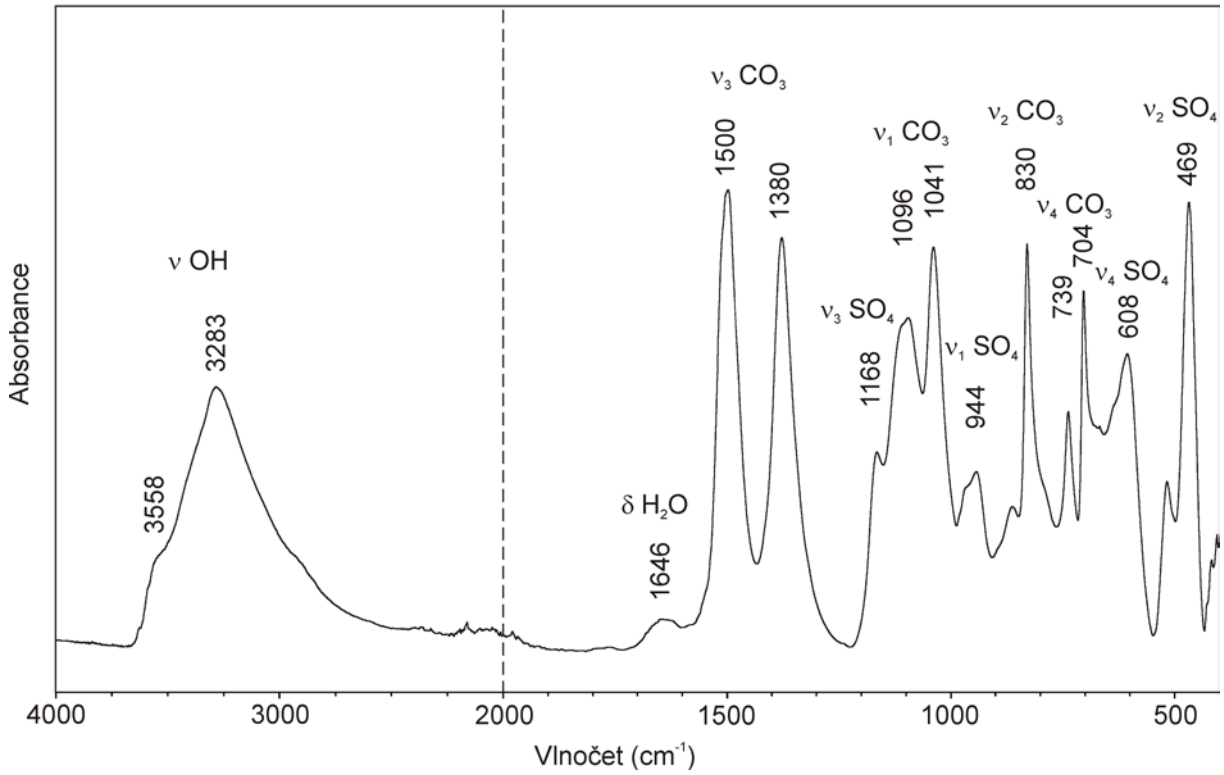
Tabulka 3 *Chemické složení brianyoungitu z Plavna (hm. %)*

	mean	1	2	3	4
ZnO	73.09	73.90	73.53	73.54	71.41
SiO_2	0.45	0.38	0.22	0.40	0.80
CO_2*	9.81	10.32	9.86	9.84	9.23
SO_3	5.52	4.96	5.88	5.69	5.56
H_2O*	10.65	10.79	10.79	10.73	10.30
total	99.53	100.35	100.28	100.21	97.30
Zn	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000
SiO_4	0.025	0.021	0.012	0.022	0.046
CO_3	0.745	0.774	0.744	0.742	0.717
SO_4	0.230	0.205	0.244	0.236	0.237
OH	3.950	3.958	3.976	3.956	3.909

Mean - průměr čtyř bodových analýz, koeficienty empirického vzorce počítány na bázi Zn = 3 *apfu*; CO_2* - dopočtený obsah na základě C+S+Si = 1 *apfu*; H_2O* - dopočtený obsah na základě vyrovnání náboje.



Obr. 7 *Ramanovo spektrum brianyoungitu z Plavna (split u 2000 cm-1).*



Obr. 8 *Infračervené spektrum brianyoungitu z Plavna (split u 2000 cm-1).*

Ramanovo spektrum brianyoungitu z Plavna (obr. 7) je v dobré shodě s publikovanými spektry tohoto minerálu z lokalit Esperanza mine v Řecku (Frost et al. 2015) a Gukjeon mine v Koreji (Cho, Koo 2022), stejně jako se spektrem vzorku z Brownley Hill mine v Anglii obsaženém v databázi RRUFF (R060431, Lafuente et al. 2015). V experimentálním spektru (obr. 7) se zřetelně projevují vibrace vazeb ve skupinách $(OH)^-$, $(CO_3)^{2-}$, $(SO_4)^{2-}$, valenční vibrace Zn-O vazeb a mřížkové módy (Nakamoto 2009; Frost et al. 2015; Pavlíček, Špalek 2024). Infračervené spektrum brianyoungitu z Plavna (obr. 8) velmi dobře odpovídá publikovaným spektrům tohoto minerálního druhu z typové lokality Brownley Hill mine v Anglii (Livingstone, Champness 1993) a Esperanza mine v Řecku (Chukanov et al. 2014; Frost et al. 2015); spektrum uváděné pro vzorek z haldy dolu Lill v Příbrami (Chukanov et al. 2014) se vyznačuje nižším zastoupením sulfátové komponenty. Stejně jako v Ramanově spektru byly v infračerveném spektru zjištěny vibrace vazeb ve skupinách $(OH)^-$, $(CO_3)^{2-}$ a $(SO_4)^{2-}$; přítomnost jen velmi nevýrazného pásu s maximem 1646 cm^{-1} (deformační vibrace v molekulách H_2O) potvrzuje jen minimální přítomnost vody ve studovaném vzorku, která může být i adsorbovaného charakteru.

Závěr

V materiálu z 2. patra jámy Vladimír na ložisku Plavno v jihovýchodní části jáchymovského rudního revíru byl v asociaci se šlikitem a dalšími minerály jednoznačně určen vzácný Zn karbonát a sulfát - brianyoungit. Jeho výskyt je sice čtvrtým zmiňovaným nálezem tohoto minerálu v České republice, ale prvním, pro který jsou publikována analytická data. Vznik asociace karbonátů a sulfátů Zn, Ca a Mg s brianyoungitem je vázán na (sub)recentní zvětrávání sfaleritu a dalších komponent skarnových těles v podmínkách opuštěných důlních chodeb.

Poděkování

Milou povinností autora je poděkovat kolegům z České geologické služby a Národního muzea za pomoc při laboratorním zpracování studovaného materiálu.

Literatura

Bureš B, Sejkora J (2019) Supergenní karbonáty skarnového tělesa na uranovém ložisku Plavno u Jáchymova. Minerál 27(5): 460-465

Burnham ChW (1962) Lattice constant refinement. Carnegie Inst Washington Year Book 61: 132-135

Cotterell TE, Mason S, Green DI (2003) Brianyoungite from Elgar mine and Frongoch mine, Ceredigion, Wales. J Russell Soc 8: 33-34

Frost RL, López A, Wang L, Scholz R, Sampaio NP (2015) SEM, EDX and Raman and infrared spectroscopic study of brianyoungite $Zn_3(CO_3,SO_4)(OH)_4$ from Esperanza Mine, Laurion District, Greece. Spectrochim Acta Part A: Molecul Biomolec Spectrosc 149: 279-284

Hloušek J (2016) Jáchymov. Joachimsthal, díl II. Kateřina Hloušková, Jáchymov 539 s.

Hloušek J, Plášil J, Sejkora J, Škácha P (2014) Novinky a nové minerály z Jáchymova, (2003 - 2014). Bull mineral-petrolog Odd Nár Muz (Praha) 22: 155-181

Cho HG, Koo HJ (2022) First report for brianyoungite in the Korea. J Geol Soc Korea 58(2): 167-177

Chukanov NV (2014) Infrared spectra of mineral species: extended library. Springer Dordrecht

Lafuente B, Downs RT, Yang H, Stone N (2015) The power of databases: the RRUFF project. In: Armbruster T, Danisi RM, eds, Highlights in Mineralogical Crystallography, Berlin, Germany, W. De Gruyter: 1-30

Livingstone A, Champness PE (1993) Brianyoungite, a new mineral related to hydrozincite, from the north of England orefield. Mineral Mag 57: 665-670

Mrňa F, Pavlů D (1959) Geologicko – montanistické posouzení šachty Plavno v Jáchymově, Geofond ÚÚG Praha, 17-26

Nakamoto K (2009) Infrared and Raman spectra of inorganic and coordination compounds Part A: Theory and applications in inorganic chemistry. John Wiley and Sons Inc. Hoboken, New Jersey

Ondruš P (1993) ZDS - A computer program for analysis of X-ray powder diffraction patterns. Materials Science Forum, 133-136, 297-300, EPDIC-2. Enschede

Ondruš P, Veselovský F, Rybka R (1990) Znucalite, $Zn_{12}(UO_2)Ca(CO_3)_3(OH)_{22}.4H_2O$, a new mineral from Příbram, Czechoslovakia. Neu Jb Mineral, Mh 1990(9): 393-400

Ondruš P, Veselovský F, Hloušek J, Skála R, Frýda J, Čejka J, Gabašová A (1997a) Secondary minerals of the Jáchymov (Joachimsthal) ore district. J Czech Geol Soc 42: 3-76

Ondruš P, Veselovský F, Skála R, Císařová I, Hloušek J, Frýda J, Vavřín I, Čejka J, Gabašová A (1997b) New naturally occurring phases of secondary origin from Jáchymov (Joachimsthal*)*. J Czech Geol Soc 42: 77-107

Ondruš P, Veselovský F, Gabašová A, Drábek M, Dobeš P, Malý K, Hloušek J, Sejkora J **(**2003a) Ore-forming processes and mineral parageneses of the Jáchymov ore district. J Czech Geol Soc 48: 157-192

Ondruš P, Veselovský F, Gabašová A, Hloušek J, Šrein V **(**2003b**)** Geology and hydrothermal vein system of the Jáchymov (Joachimsthal) ore district. J Czech Geol Soc 48: 3-18

Ondruš P, Veselovský F, Gabašová A, Hloušek J, Šrein V (2003c) Supplement to secondary and rock-forming minerals of the Jáchymov ore district. J Czech Geol Soc 48: 149-155

Ondruš P, Veselovský F, Gabašová A, Hloušek J, Šrein V, Vavřín I, Skála R, Sejkora J, Drábek M (2003d) Primary minerals of the Jáchymov ore district. J Czech Geol Soc 48: 19-147

Pauliš P (2021) Nový přehled minerálů České republiky a jejich lokalit. 1.,2.,3. díl. Kuttna Kutná Hora

Pavlíček R, Špalek J (2024) Rapidcreekit z haldy dolu Mayrau ve Vinařicích u Kladna - první nález v České republice. Bull Mineral Petrolog 32(2): 199-205

Pouchou JL, Pichoir F (1985) "PAP" (φρZ) procedure for improved quantitative microanalysis. In: Microbeam Analysis (Armstrong JT, ed.). San Francisco Press, San Francisco: 104-106

Rüsenberg KA, Pauliš P (1996) Umbildungen und Neubildungen in den Schlackehalden der Blei- und Silberhütte von Příbram/ČR. Aufschluss 47: 267-287

Sejkora J, Grey IE, Kampf AR, Mumme WG, Bureš B, Čejka J (2019) Šlikite, $Zn_2Mg(CO_3)_2(OH)_2{\cdot}4H_2O$, a new Zn–Mg carbonate from Plavno, Jáchymov ore district, Czech Republic. Eur J Mineral 31(5-6): 1047-1054

Solnický J (1962) Závěrečná zpráva šachty Plavno, Geologický průzkum Praha, úsek Jáchymov, Geofond Praha, 25-28

Škácha P, Plášil J, Horák V (2019) Jáchymov: mineralogická perla Krušnohoří. Academia, Praha 682 s.

Števko M, Gramblička R, Malíková R (2015) Nové údaje o supergénnych mineráloch z polymetalického ložiska Čavoj, Strážovské vrchy (Slovenská republika). Bull Mineral-Petrolog Odd Nár Muz (Praha) 23(1): 63-74

Števko M, Sejkora J, Malíková R (2018) Nové údaje o supergénnych mineráloch z ložiska Banská Štiavnica (Slovenská republika). Bull Mineral Petrolog 26(1): 90-101

Trvala C (1962) Geologická zpráva k likvidaci šachty Plavno v Jáchymově, Jáchymovské doly - Závod pro likvidaci, 13-15, 19-20

Veselý T (1983) Stavba a význam jednotlivých žilných uzlů uranového ložiska Jáchymov. Sbor geol Věd, ložisk geol mineral 27: 76-84

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

mindat.org: https://www.mindat.org/min-772.html#autoanchor21; přístup 1. 9. 2025