

Dypingit z produktů hořící haldy v Radvanicích u Trutnova (Česká republika)

Dypingite from the burning pile Radvanice near Trutnov (Czech Republic)

ONDŘEJ POUR^{1)*}, PETR RUS²⁾ A RADEK ŠKODA³⁾

¹⁾Česká geologická služba, Geologická 6, 152 00 Praha 5; *email: ondrej.pour@geology.cz

²⁾Mánesova 120, 541 01 Trutnov

³⁾Ústav geologických věd, Přírodovědecká fakulta, Masarykova univerzita, Kotlářská 267/2, 611 37 Brno

POUR O, RUS O, ŠKODA R (2025) Dypingit z produktů hořící haldy v Radvanicích u Trutnova (Česká republika). Bull Mineral Petrolog 33(1): 114-119. ISSN 2570-7337

Abstract

A very rare mineral dypingite, $\text{Mg}_5(\text{CO}_3)_4(\text{OH})_2 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, was determined at samples from the coal burning pile localized 1.5 km S from Radvanice near Trutnov (eastern Bohemia, Czech Republic). This is the first occurrence of this mineral in the Czech Republic. Dypingite occurs as snow-white hemispherical to spherical aggregates up to 1 mm in size formed by tiny acicular crystals on slag material in association with aragonite. Its X-ray powder diffraction data correspond very well with published ones. The results of energy dispersive analysis confirm cation composition of studied dypingite, dominant Mg is accompanied by only traces of Ca. Its formation is associated with low-temperature weathering processes taking place in an already cooled, burnt-out coal dump material.

Key words: dypingite, burning pile, powder X-ray diffraction data, chemical composition, Radvanice, Czech Republic

Obdrženo 29. 4. 2025; přijato 13. 6. 2025

Úvod

Dypingit, monoklinický $\text{Mg}_5(\text{CO}_3)_4(\text{OH})_2 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, byl jako nový minerál popsán ze serpentinit-magnezitového ložiska Dypingdal (Snarum, Modum) v Norsku (Raade 1970). Na typové lokalitě se vyskytuje jako produkt alterace serpentinitu, kde může být zaměněn se vzhledově podobným hydromagnezitem. Přestože jde o poměrně řídký minerál, byl již zjištěn na více než 50 lokalitách v celém světě (<https://www.mindat.org/min-1338.html>). Jeho výskyty jsou vázány na zvětřování ultramafických hornin a haldového materiálu nebo strusek z různých rudních ložisek a na prostředí jeskyní (Raade 2012). Zvláštním případem vzniku dypingitu je jeho precipitace sinicemi v alkalickém močálu u Atlinu v Kanadě (Power et al. 2007). Synteticky připravený dypingit, stejně jako nesquehonit a hydromagnezit, byly poměrně intenzivně studovány vzhledem k tomu, že mohou ovlivňovat dlouhodobé ukládání CO_2 v geologickém prostředí (Ballirano et al. 2013). Dypingit vzniká za běžných teplot a jeho struktura je stabilní do cca 150 - 165 °C, za vyšších teplot přechází do hydromagnezitu (Raade 2012; Ballirano et al. 2013).

V České republice dosud dypingit nebyl popsán, jeho nález v materiálu z vyhořelého odvalu lokalizovaného u Radvanic u Trutnova je námětem tohoto příspěvku.

Charakteristika lokality

Oblast výskytu černého uhlí mezi Žacléřem a Hronovem, známá též jako Žacléřsko-svatoňovická uhelná pánev či Východočeský černouhelný revír, patří k nejstarším černouhelným revírům v Čechách. Nejstarší zmínky o těžbě uhlí u Radvanic (Radowenz) jsou datovány do

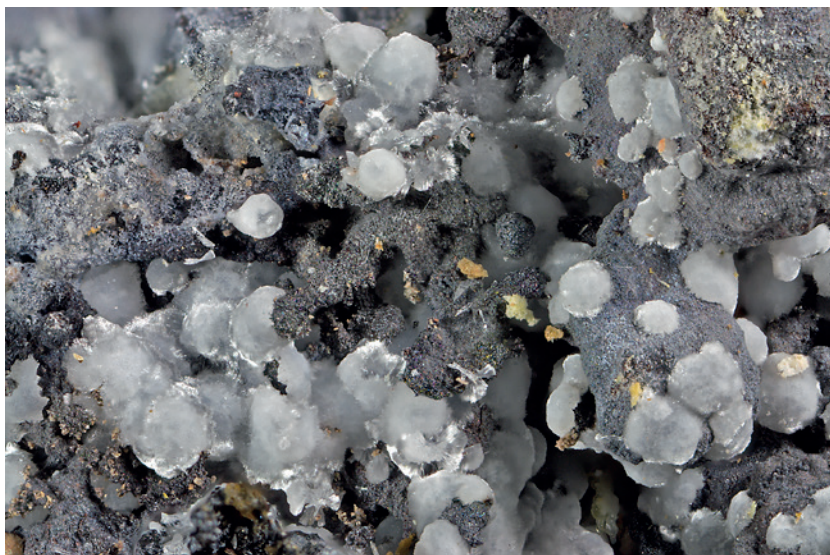
roku 1836. V prostoru dolu Kateřina se v radvanickém sousloží nachází šest uhelných slojí s proplásky jílovců. V posledních letech důlní činnosti byla hlavním předmětem těžby nejspodnější sloj Baltazar o mocnosti kolem 50 cm a jen zřídka 1 m. Po 2. světové válce se pozornost soustředila na zvýšené obsahy některých kovů v uhelných sedimentech. Kromě pokusů o získávání mědi a germania se na dole přejmenovaném na Stachanov těžily v období 1952 - 1957 uranové rudy. Jako uranová ruda bylo vytěženo cca 60 tisíc tun uhlí a okolních sedimentů, dalších 500 tisíc tun uhlí bylo deponováno na odval jako „hlušina“; v období největšího rozmachu těžby radioaktivních surovin zde pracovalo takřka 1 500 zaměstnanců (Cimala 1997). V Radvanicích bylo zejména z 2. sloje a sloje Baltazar získáno 387 tun uranu; na sousedním ložisku Rybníček 171 tun a malé množství se vytěžilo i v Lamperticích u Žacléře (Pluskal 1992; Šuráň, Veselý 1982). Po otevření výkonnějších uranových dolů v Československu ztratil státní podnik Jáchymovské doly o ložisko zájem. Radvanický důl Stachanov (po roce 1990 opět Kateřina) přešel na těžbu černého uhlí. Ta byla ukončena v letech 1993 - 1994, nedlouho po zprovoznění zcela nové těžební jámy Kateřina II (hloubka 1 041.6 m) vybudované nákladem více než 800 milionů Kč. Celkem bylo z ložiska v letech 1840 - 1994 vytěženo cca 13 milionů tun energetického černého uhlí (Spudil et al. 1995). Práce v prostoru uhelného ložiska neustaly, pouze se přesunuly z podzemí na povrch. Vláda ČR v roce 1996 uvolnila finanční prostředky na řešení závažného ekologického postižení obce Radvanice a jejího okolí látkami unikajícími z hořícího odvalu dolu Kateřina. Od roku 1997 se začal realizovat projekt firmy Energie Klad-

no a.s. zaměřený na uhašení haldy a její likvidaci. Podstatou realizovaného projektu bylo postupné zchlazování haldoviny vodou, její odtěžení a uložení do jílem těsněných kazet, které mají obdobné parametry jako skládky nebezpečných odpadů. Hořící odval byl situován v mírném svahu na levém břehu potoka Jívka v jihovýchodní části obce Radvanice. V roce 1999 měl celkové rozměry cca 650 × 350 m, maximální výšku 55 m a obsahoval cca 2.5 milionu m³ materiálu. Vytěžená hlušina byla na haldě ukládána od poloviny 19. století, známky hoření jsou patrné zhruba od druhé poloviny sedmdesátých let 20. století. Hlavním důvodem je uhlí, které bylo z velké části odpadem při dobývání uranových rud a tvořilo více než 20 % uloženého materiálu. V rámci sanace této haldy zde probíhal rozsáhlý mineralogický výzkum, v jehož rámci bylo v převážně recentních sublimátech identifikováno 65 minerálních fází, z toho 44 zjištěných minerálních fází odpovídá známým minerálním druhům, dalších 21 zjištěných sloučenin bylo popsáno jako nepojmenované fáze (Žáček, Ondruš 1997; Žáček in Kupec 1996; Sejkora 2002). Halda dolu Kateřina představovala ojedinělý fenomén, co se týče spektra i druhové bohatosti minerálů, hlavně sublimátů kovů. Pro odval je charakteristické výrazné uplatnění prvků, sulfidů (selenidů, telluridů), halogenidů, oxidů a sulfátů; vedle kationtů obecně charakteristických pro hořící haldy (Ca, K, Al, NH₄) zde bylo zjištěno i výrazné uplatnění řady méně obvyklých prvků – As, Bi, Cd, Ge, In. Identifikované sublimáty zahrnují organické sloučeniny (kratochvilit), ryzí prvky (síra, selen, slitiny As-S, antimon, bismut, olovo), sulfidy (galenit, greenockit, antimonit, realgar aj.), halogenidy (salmiak, kryptohalit, bararit), oxidy (arsenolit, molybdit), sulfáty (letovicit, mascagnit) a řadu dalších. Vedle sublimátů se vyskytovala řada sulfátů, které vznikly rozkladem haldového materiálu působením agresivních kyselých exhalací (alunogen, tschermigit, halotrichit, copiapit, epsomit, sádrovec aj.) (Sejkora et al. 1999; Sejkora, Kotrlý 2001; Sejkora, Tvrdý 1999 aj.). Z hořícího odvalu byly publikovány i tři nové minerály: pertoldit (Žáček et al. 2022), radvaniceit (Sejkora et al. 2022) a stangersit (Sejkora et al. 2001, 2020).

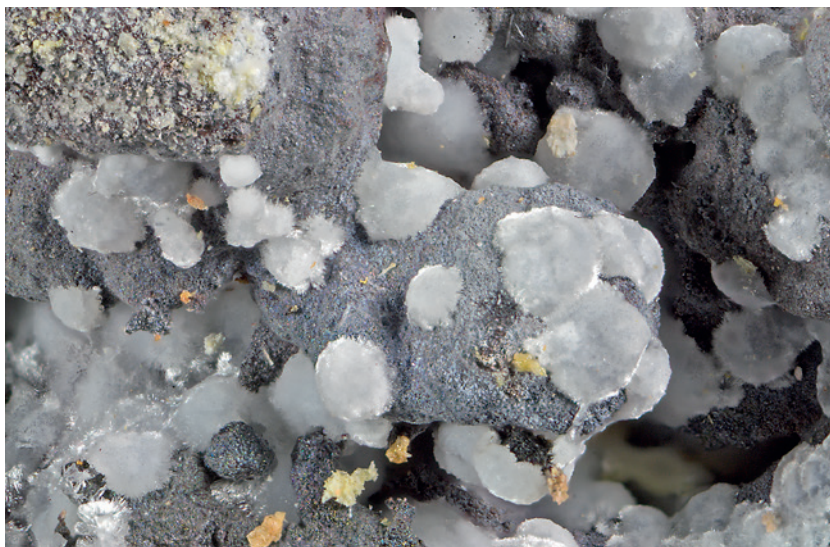
Dypingit spolu s dalšími minerály byl nalezen druhým z autorů (PR) v materiálu z vyhořelého odvalu, který



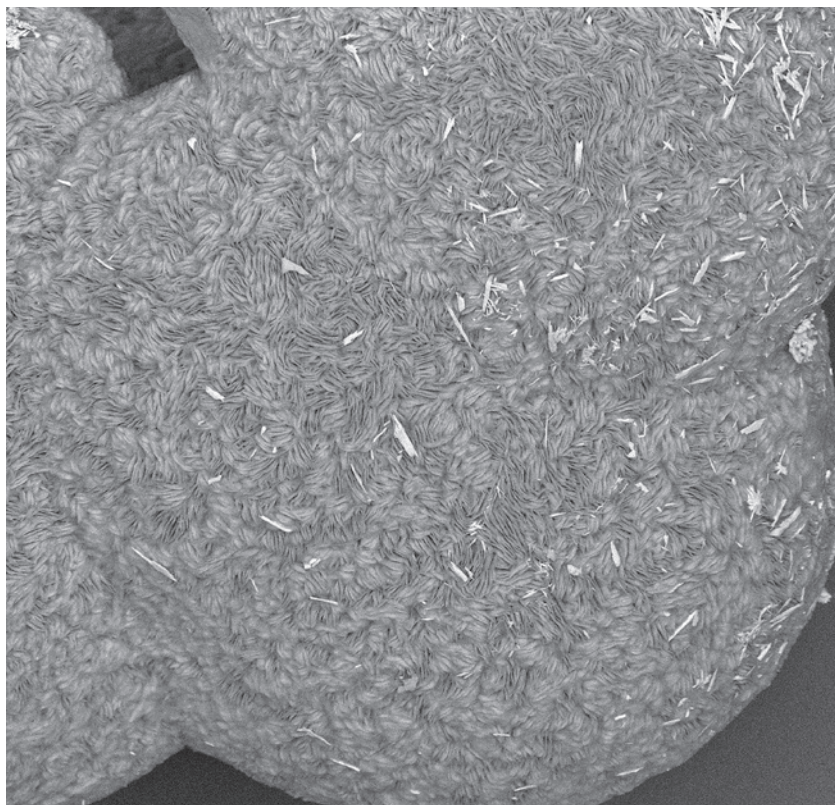
Obr. 1 Kopaná sonda v prohořelém odvalu u Radvanic s výskytem vzorků dypingitu. Foto P. Pauliš (březen 2025).



Obr. 2 Sněhobílé polokulovité agregáty dypingitu narůstající na prohořelý haldový materiál, Radvanice. Šířka záběru 7.5 mm, foto B. Bureš.



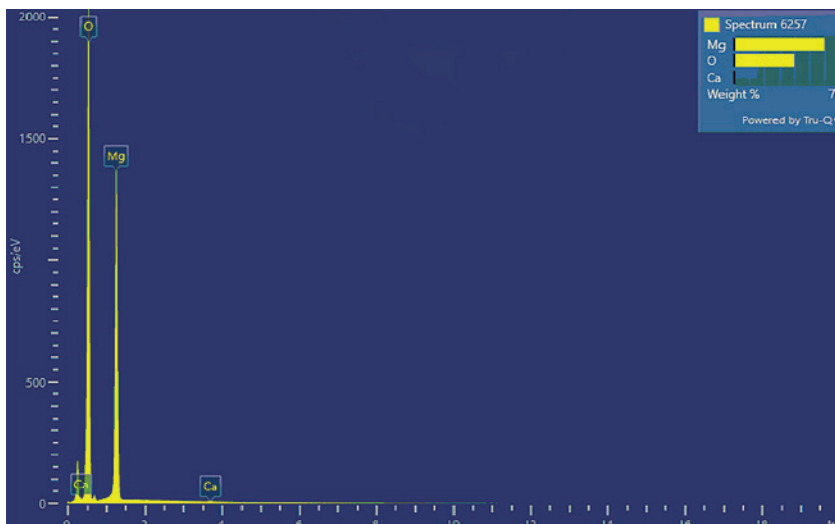
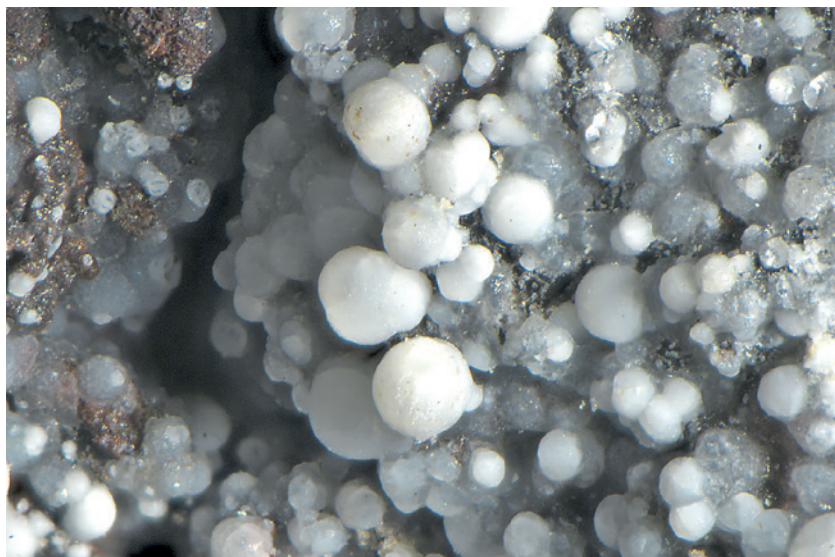
Obr. 3 Polokulovité agregáty dypingitu složené z radiálně uspořádaných jehličkovitých až lupinkovitých krystalů, Radvanice. Šířka záběru 4.2 mm, foto B. Bureš.



se nachází na pravém břehu potoka Jivka, cca 1.5 km j. od Radvanice (GPS: 50°33'26.69"N, 16°4'0.76"E), cca 400 m jižně od bývalé hořící haldy dolu Kateřina, která byla uhašena, odtěžena a uložena do jílem těsněných kazet. Je poměrně nevelkého rozsahu. Výskyt prohořeného struskového materiálu byl náhodně objeven v roce 2022 při rekognoskaci okolí rekultivované haldy dolu Kateřina. Otázkou zůstává, odkud pocházel hlušínový materiál s uhlíkem, který tu v minulosti zahořel. Podle registru důlních děl a poddolování ČGS-Geofondu (https://mapy.geology.cz/dulni_dila_poddolovani/) je nejbližším dílem úpadní štola č. 18 (č. 7323), jejíž ústí se nacházelo ve svahu cca 400 m východním směrem nad popisovaným výskytem, respektive učňovská úpadní štola č. 4/1011 (č. 271) cca 500 m sv. směrem. Žádné informace o vzniku tohoto odvalu, době a průběhu jeho hoření nebyly autory zjištěny. Podle charakteru uložení materiálu (obr. 1) je však nepravděpodobné, že by šlo o v minulosti do těchto míst přemístěný vyhořelý materiál ze sousední velké hořící haldy dolu Kateřina.

Charakteristika dypingitu

Dypingit vytváří nejčastěji sněhově bílé polokulovité až kulovité agregáty s hedvábným leskem, které narůstají jednotlivě či ve skupinách na nepravidelný povrch struskovitého materiálu na plochách do 2 × 2 cm (obr. 2). Jednotlivé agregáty dosahují velikosti 0.1 - 1 mm a jsou tvořeny jemnými, radiálně uspořádanými jehličkovitými až lupinkovitými krystaly (obr. 3, 4). Vzácněji byly pozorovány i sněhově bílé kuličkovité agregáty dypingitu s hladkým povrchem o velikosti do 0.2 mm narůs-



Obr. 4 Lupinkovitý povrch kulovitých agregátů dypingitu, Radvanice. Šířka záběru 330 μ m, BSE foto O. Pour.

Obr. 5 Sněhově bílé kuličkovité agregáty dypingitu narůstající na polokulovité agregáty bělošedého aragonitu, Radvanice. Šířka záběru 1.6 mm, foto J. Sejkora.

Obr. 6 Energiově disperzní spektrum dypingitu z Radvanice (Oxford Instruments X-Max 20).

tající na polokulovité agregáty bělošedého aragonitu (obr. 5). Dypingit je na lokalitě poměrně vzácný, většinou se vyskytuje v asociaci se staršími a výrazně hojnějšími naředěnými povlaky či kuličkovitými agregáty aragonitu. Výskyty obou karbonátů jsou vázány na hnědočerný přehořelý materiál, místy představovaný převážujícím hematitem.

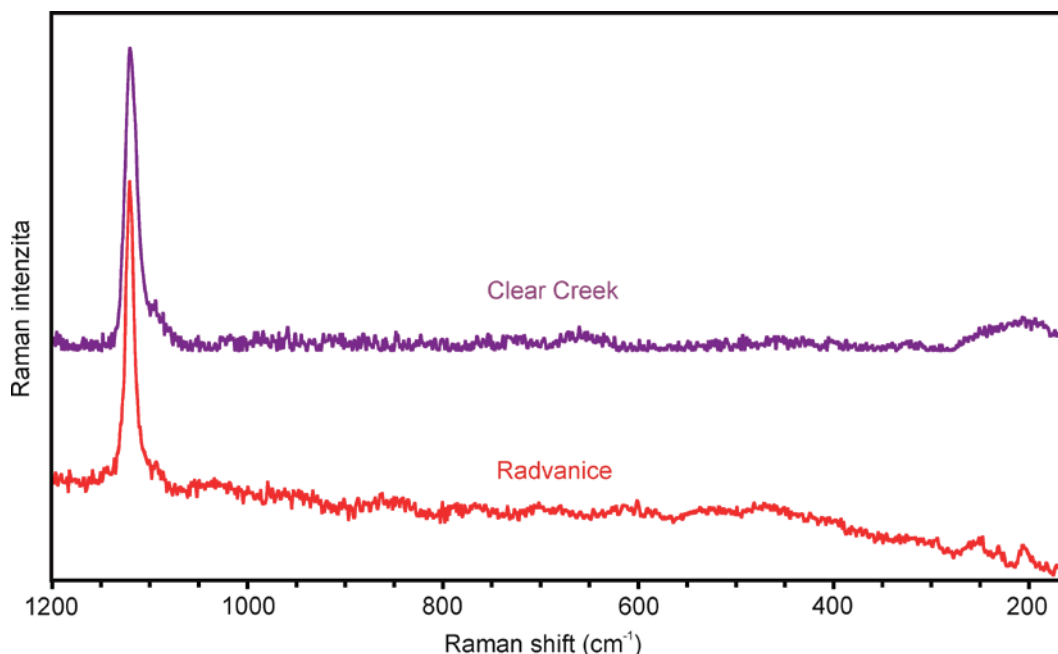
Rentgenová prášková difrakční data byla získána pomocí práškového difraktometru Bruker D8 Advance s polovodičovým pozičně citlivým detektorem LynxEye za užití CuK α záření (40 kV, 40 mA). Práškové preparáty byly naneseny v acetonové suspenzi na nosič zhotovený z monokrystalu křemíku a následně pak byla 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. Experimentální rentgenová prášková data dypingitu z Radvanic (tab. 1) odpovídají údajům publikovaným pro tento minerál z ložiska Dypingdal v Norsku (Raade 1970), synteticky připravenému analogu dypingitu (Canterford et al. 1984) i údajům uváděným pro nepojmenovaný Mg₅(CO₃)₄(OH)₂ · 8H₂O z lokality Yoshikawa v Japonsku (Suzuki, Ito 1973), který byl později s dypingitem ztožněn (Raade 2012; Ballirano et al. 2013). Studovaný minerál z Radvanic má hůře krystalický charakter s nízkou absolutní intenzitou difrakčních maxim a vyšší pološífkou některých difrakcí. Krystalová struktura dypingitu je dosud neznámá a nebyly zjištěny ani parametry jeho základní cely. Ballirano et al. (2013) na základě znásobení dvou parametrů základní cely pravděpodobně strukturně blízkého hydromagnezitu navrhli pro dypingit celu v prostorové grupě *P2/m* a pomocí Le Bailova fitu několika synteticky připravených vzorků našli parametry *a* 10.337 - 10.382, *b* 33.654 - 33.793, *c* 35.647 - 35.706 Å, β 114.55 - 114.57° a *V* 11327 - 11368 Å³. Na tomto místě je ale nezbytné zmínit, že jde o značně spekulativní postup; na základě parametrů takto velké základní cely lze oindexovat prakticky jakoukoliv minerální fázi.

Chemické složení dypingitu z Radvanic bylo semikvantitativně ověřeno energiově disperzním spektrometrem Oxford Instruments X-Max 20 na mikroskopu Tescan Mira3 GMU. Analýzy byly provedeny při urychlovacím napětí 15 kV, pracovní vzdálenosti 15 mm a tovární standardizaci z čistých kovů. Zjištěny byly podstatné obsahy Mg a O a jen stopy Ca (obr. 6), což je v plném souladu s ideálním vzorcem dypingitu, Mg₅(CO₃)₄(OH)₂ · 5H₂O.

Určení dypingitu byly potvrzeno i pomocí Ramanovy spektroskopie. Ramanovo spektrum bylo pořízeno za pomoci disperz-

Tabulka 1 Rentgenová prášková data dypingitu z Radvanic

tato práce		Canterford et al. (1984)		Raade (1970)		Suzuki, Ito (1973)	
<i>d</i> _{obs}	<i>I</i> _{obs}	<i>d</i> _{obs}	<i>I</i> _{obs}	<i>d</i> _{obs}	<i>I</i> _{obs}	<i>d</i> _{obs}	<i>I</i> _{obs}
31.73	18	31.00	40	-	-	33.20	62
15.949	43	15.62	40	15.20	30	16.36	33
10.559	100	10.40	100	10.60	100	10.82	55
7.886	3	7.89	15	7.89	10	8.14	12
7.395	4			7.37	10	7.35	29
6.559	15	6.34	20	6.34	60	6.454	55
5.849	35	5.86	30	5.86	90	5.887	100
-	-	5.51	5	5.52	5	5.602	10
-	-	5.24	5	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	4.587	10
-	-	4.44	10	4.45	20	4.448	29
4.193	45	4.19	13	4.20	30	4.206	38
-	-	4.10	3	4.10	10	4.123	10
3.899	7	3.91	5	3.90	10	3.919	7
3.683	3	3.68	2	3.68	10	3.660	12
3.504	5	3.484	6	3.49	10	3.523	17
3.334	2	3.330	5	3.33	10	3.350	7
3.162	4	3.160	10	3.16	40	3.200	29
3.074	10	3.076	15	3.07	40	3.120	26
2.965	8	2.952	15	2.96	5	2.997	7
2.910	9	2.928	17	2.93	40	2.933	57
2.866	6	2.870	12	-	-	2.864	19
2.846	7	2.847	18	2.84	30	-	-
-	-	2.810	10	2.81	20	-	-
-	-	2.780	10	2.78	20	2.770	7
2.679	6	2.661	10	-	-	2.663	24
2.527	5	2.530	11	2.53	50	2.543	14
-	-	2.500	5	2.50	5	2.512	17
2.4211	5	2.421	6	-	-	2.454	14
-	-	2.410	8	2.41	10	-	-
-	-	2.360	5	2.36	5	-	-
2.3442	10	2.340	5	2.34	5	2.345	14
2.2510	13	2.250	11	2.25	20	-	-
-	-	2.233	10	-	-	-	-
-	-	2.210	10	2.21	20	2.226	17
2.1739	3	2.174	12	-	-	2.183	33
2.1630	10	2.170	15	2.17	50	-	-
2.1080	7	2.110	6	2.11	5	2.1127	21
2.0949	3	2.090	5	2.09	5	-	-
-	-	2.030	5	-	-	-	-
2.0261	2	2.020	6	2.02	20	2.0294	17
-	-	2.000	6	-	-	-	-
-	-	1.990	6	1.99	10	1.9889	24
1.9794	14	1.960	6	1.96	10	-	-
1.9190	2	1.920	4	1.92	5	1.9232	14
-	-	1.900	4	1.90	5	1.8994	7
-	-	-	-	-	-	1.8480	14
1.7297	2	1.732	5	1.73	5	1.7310	14
-	-	1.726	5	-	-	-	-
1.6361	1	1.640	5	1.64	5	1.6447	12
1.6174	5	1.605	7	1.61	5	1.6078	12
-	-	-	-	1.52	5	-	-



Obr. 7 Ramanovo spektrum dypingitu z Radvanic v porovnání se spektrem dypingitu z lokality Clear Creek, New Idria District, San Benito County, California, USA (R070086, Lafuente et al. 2015).

ního spektrometru Labram HR Evolution (Horiba) spojeného s mikroskopem Olympus řady BX41. Podmínky měření: konfokální režim (slit 200, hole 400), zvětšení objektivu 50×, použitý laser 633 nm, rozsah měření 100 - 1200 cm^{-1} , doba expozice 60 s, celkový počet expozic 4, výkon laseru na povrchu vzorku 4 mW. 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 s využitím emisních linií neonu (kalibrace vlnočtu) a standardizovaného zdroje bílého světla (kalibrace intenzity). Získané spektrum bylo zpracováno pomocí programu Omnic 9 (Thermo Scientific). Kvalita experimentálního spektra dypingitu z Radvanic s výrazným pásem u 1121 cm^{-1} a nevýraznými maximy v oblasti 280 - 150 cm^{-1} (obr. 7) není příliš vysoká, ale získané spektrum velmi dobře odpovídá spektru dypingitu z lokality Clear Creek v Kalifornii (R070086) obsaženého v databázi RRUFF (Lafuente et al. 2015).

Závěr

Vzácný karbonát Mg, dypingit, byl určen v materiálu z vyhořelého uhelného odvalu lokalizovaného v blízkosti Radvanic u Trutnova pomocí rentgenové práškové difrakce, semikvantitativní energiově disperzní chemické analýzy a Ramanovy spektroskopie. Jde o první výskyt tohoto minerálu v České republice. Jeho vznik je vázán na nízkoteplotní zvětrávací procesy probíhající v již vychladlém prohořelém uhelném odvalu.

Poděkování

Milou povinností autorů je poděkovat B. Burešovi (Praha), J. Sejkorovi (Praha) a P. Paulišovi (Kutná Hora) za poskytnutí fotografií.

Literatura

- BALLIRANO P, DE VITO C, MIGNARDI S, FERRINI V (2013) Phase transitions in the Mg - CO₂ - H₂O system and the thermal decomposition of dypingite, Mg₅(CO₃)₄(OH)₂·5H₂O: Implications for geosequestration of carbon dioxide. *Chem Geol* 340: 59-67
- CANTERFORD JH, TSAMBOURAKIS G, LAMBERT B (1984) Some observations on the properties of dypingite, Mg₅(CO₃)₄(OH)₂·5H₂O, and related minerals. *Mineral Mag* 48(348): 437-442
- CIMALA Z (1997) Po stopách průzkumu a těžby uranových ložisek na Moravě a východních Čechách. GEAM, Dolní Rožinka, 129 s.
- KUPEC J (1996) Sanace a rekultivace hořčího odvalu dolu Kateřina v Radvanicích v Čechách. Dokumentace a hodnocení vlivu hornické činnosti na životní prostředí, Invest projekt.
- 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
- ONDŘUŠ P (1993) ZDS - A computer program for analysis of X-ray powder diffraction patterns. *Materials Science Forum*, 133-136, 297-300, EPDIC-2. Enschede
- PLUSKAL O (1992) Československý uran. Uhlí, Rudy 1(8): 259-267
- POWER IM, WILSON SA, THOM JM, DIPPLE GM, SOUTHAM G (2007) Biologically induced mineralization of dypingite by cyanobacteria from an alkaline wetland near Atlin, British Columbia, Canada. *Geochem Transact* 8: 1-16
- RAADE G (1970) Dypingite, a new hydrous basic carbonate of magnesium, from Norway. *Am Mineral* 55: 1457-1465
- RAADE G (2012) Dypingite, my first mineral - forty-two years later, in *Kongsberg Mineralsymposium 2012*. Norsk Bergverksmuseum Skrifter 49: 53-63

- SEJKORA J (2002) Minerální asociace hořčího odvalu dolu Kateřina v Radvanicích u Trutnova a procesy jejího vzniku. MS, Disert. práce, PŘF MU, Brno.
- SEJKORA J, KOTRLÝ M (2001) Sulfáty vysokoteplotní oxidační minerální asociace; hořčí odval dolu Kateřina v Radvanicích u Trutnova. Bull mineral-petrolog Odd Nár Muz (Praha) 9: 261–267
- SEJKORA J, TVRDÝ J (1999) Minerály hořčího odvalu dolu Kateřina v Radvanicích u Trutnova. Minerál 7(5): 398–410
- SEJKORA J, ŠREIN V, LITOCHEB J, TVRDÝ J, KOTRLÝ M (1999) Minerály antimonu a bismutu z hořčího odvalu dolu Kateřina v Radvanicích u Trutnova. Bull mineral-petrolog Odd Nár Muz (Praha) 7: 204–211
- SEJKORA J, ŽÁČEK V, ŠKODA R, LAUFEK F, DOLNÍČEK Z (2022) Radvaniceite, GeS_2 , a new germanium sulphide, from the Kateřina Mine, Radvanice near Trutnov, Czech Republic. Minerals 12(2): 222
- SEJKORA J, BERLEPSCH P, MAKOVICKY E, BALÍČ-ZUNIČ T (2001) Natural SnGeS_3 from Radvanice near Trutnov (Czech Republic): its description, crystal structure refinement and solid solution with PbSnS_3 . Eur J Mineral 13: 791–800
- SEJKORA J, MAKOVICKY E, BALÍČ-ZUNIČ T, BERLEPSCH P (2020) Stangersite, a new tin germanium sulfide, from the Kateřina mine, Radvanice near Trutnov, Czech Republic. J Geosci 65: 141–152
- SPUDIL J et al. (1995) Závěrečná zpráva o ložisku VUD Důl Kateřina, dobývací prostor Radvanice. MS, Úkol 95/12, GET s.r.o., Praha
- SUZUKI J, ITO M (1973) A new magnesium carbonate hydrate mineral, $\text{Mg}_5(\text{CO}_3)_4(\text{OH})_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$, from Yoshikawa, Aichi Prefecture, Japan. J Japan Assoc Mineral, Petrolog, Econ Geol 68(11): 353–361
- ŠURÁŇ J, VESELÝ T (1982) Malá uranová ložiska krystalinika Českého masivu, IV. část: Oblast východních Čech a Moravy. Geol Hydrometalurg Uranu 6(4): 3–50
- ŽÁČEK V, ONDRUŠ P (1997) Mineralogy of recently formed sublimates from Kateřina colliery in Radvanice, Eastern Bohemia, Czech Republic. Bull Czech Geol Surv 72(3): 289–302
- ŽÁČEK V, ŠKODA R, LAUFEK F, SEJKORA J, HAIFLER J (2022) Pertoldite, trigonal GeO_2 , the germanium analogue of α -quartz: a new mineral from Radvanice, Czech Republic. J Geosci 67: 243–251