

## Revize harmotomu z terciárního neovulkanitu z Ostravy-Muglinova

### Revision of harmotome from the Tertiary neovolcanite from Ostrava-Muglinov (Czech Republic)

JAKUB JIRÁSEK<sup>1)\*</sup> A DALIBOR MATÝSEK<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup>Centrum ENET & Katedra geologického inženýrství, Hornicko-geologická fakulta, Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava, 17. listopadu 15/ 2172, 708 33 Ostrava-Poruba; \*e-mail: jakub.jirasek@vsb.cz

<sup>2)</sup>Institut čistých technologií těžby a užití energetických surovin & Katedra geologického inženýrství, Hornicko-geologická fakulta, Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava, 17. listopadu 15/ 2172, 708 33 Ostrava-Poruba

JIRÁSEK J, MATÝSEK D (2018) Revize harmotomu z terciárního neovulkanitu z Ostravy-Muglinova. Bull Mineral Petrolog 26(2): 149-153. ISSN 2570-7337.

#### Abstract

From the Tertiary basaltoid rocks known from the mines and quarries in Ostrava city, harmotome was described in 1857 and phillipsite in 1928. Samples of both are very scarce and preserved only in museum collections in Ostrava and Brno. We were allowed to study sample from the Ostrava museum, where zeolite mineral occurred in amygdaloid cavity together with younger calcite. X-ray powder diffraction analysis proved its affiliation to the harmotome-phillipsite-Ca series. Its average chemical formula from WDS is  $(\text{Ba}_{1.85}\text{Ca}_{0.32}\text{K}_{0.14}\text{Na}_{0.12}\text{Mn}_{0.01})_{\Sigma 2.44}[\text{Al}_{4.90}\text{Si}_{11.17}\Sigma 16.07]\text{O}_{32.00} \cdot 13.05\text{H}_2\text{O}$ . It belongs to the low temperature hydrothermal mineralization, typical for some Tertiary basaltoid rocks in the area of the Bohemian Massif.

**Key words:** Upper Silesian Basin, basaltoid, harmotome, mineralogy

Obdrženo 26. 9. 2018; přijato 22. 11. 2018

#### Úvod

Při práci na komplexní publikaci týkající se mineralogie české části hornoslezské pánve jsme narázeli na řadu nedořešených problémů. Jedním z nich je specifikace zeolitů řady harmotom - phillipsit-Ca, které jsou popisovány z neovulkanitů prorážejících karbonátovou souvrství. Původní popisy z poloviny 19. století (von Richthofen 1857) i novější nálezy zprávy ze 30. let 20. století (Pacák 1928) byly založeny na tvaru krystalů a jejich optických vlastnostech, případně nedokonalých chemických analýzách, takže popisovaný harmotom i phillipsit nelze mít za věrohodně prokázané. Vzhledem k naprostému nedostatku odkrytých neovulkanitů na původních lokalitách v Ostravě jsme se rozhodli pro studium historických vzorků, které mohly poskytnout relevantní informaci o výskytu dutinových zeolitů.

V muzejních sbírkách jsme objevili dva vzorky těchto minerálů. První pocházel z Moravského zemského muzea v Brně a vzhledem k existenci jediného krystalu nepřicházela jeho analýza destruktivními metodami v úvahu. Druhý vzorek z Ostravského muzea poskytl bohatší materiál, který umožnil výzkum za pomoci práškové rentgenové difrakce i elektronové mikrosondy.

#### Geologická situace

Neoidní (povariský, tj. mezozoický a kenozoický) vulkanismus je v Českém masivu spojen s tektonickou odezvou na alpsko-karpatký orogén, který je způsoben tlakem jižnější africké desky na severnější eurasijskou. Tento tlak aktivizoval starší zlomové struktury a vytvořil i

nové cesty, kudy do vyšších částí zemské kůry pronikalo především bazaltoidní magma. Kromě významných vulkanických center (České středohoří a Doupovské hory) se řada menších a středně velkých těles nachází zejména v severní části Českého masivu. Nejvýchodnější z nich jsou známy z důlních děl v české části hornoslezské pánve.

V případě neovulkanitů české části hornoslezské pánve jde o četné, většinou ne příliš mocné pravé žíly s ložními odžilkami, které tvoří místy i malé pně. Výchozy těchto těles nejsou známy, protože jsou skryty pod mladšími sedimenty (Pacák 1928). Tato tělesa a jejich materiál, zapracovaný do mladších sedimentů, byla v minulosti odkryta při těžbě černého uhlí a také v dnes již neexistujících povrchových lomech. Jediné radiometricky datované těleso, subvertikální žíla pikrobazaltu (olivinického nefelinitu) z Dolu P. Bezruč, poskytlo K-Ar stáří  $17.9 \pm 1.1$  Ma (Ulrych et al. 2013) a náleží tak miocennímu stupni burdigal. Na kontaktech intruzivních těles s uhelnými slojemi je často vyvinut uhelný koks (např. Dvořák, Dopita 1968), na kontaktech s okolními sedimenty vznikají porcelanity (Martinec 1997).

Nálezy vyvěřelých hornin patřících neovulkanitům se začínají objevovat v druhé polovině 19. století. První z nich popsal z Rotschildových dolů v Hrušově von Richthofen (1857). Žíly bazaltů prorážející uhlonosné souvrství uvádí Niedzwiedzki (1873) z pěti míst: 1. Rotschildových dolů v Hrušově, 2. dolů Severní dráhy císaře Ferdinanda v Přívoze, 3. a 4. z Rotschildovy jámy Theresia v Ostravě-Hladnově a 5. z vrchu Jaklovce. Dále uvádí výskyty čedičových balvanů roztroušených na po-

vrchu (např. u Jaklovecké dědičné štoly), které považuje za vulkanické pumy jako doklady eruptivního charakteru vulkanismu. Tyto bazaltové klasty v miocenních sedimentech hornoslezské pánve zaznamenává také Kittl (1887), v detailu na vrchu Jaklovec pak Jahn (1908) a další. Schierl (1906) zmiňuje další výskyt čediče z jámy Jan Maria v Karviné. Wilschowitz (1927) uvádí řadu dalších výskytů bazaltových žil, zejména v důlních polích dolů Theresa, František a Ida. Detailní petrografickou studii s přehlednou rešerší dříve publikovaných výskytů uvádí Pacák (1928). Podle současné klasifikace tyto horniny náležejí mezi bazanitickou řadou vulkanitů.

Bloky a balvany bazaltoidních hornin (olivinický nefelinit) se hojně vyskytují v hrubozrnných sedimentech z počátku vývoje bádenské předhlubně (eggenburg) na lokalitě Jaklovec, Kamenec a Bazaly. Folprecht (1928) uvádí i schematickou mapu výskytu těchto štěrků. Jedná se o hrubozrnné štěrky a štěrkopísky, místy až přeplněné bazaltovými bloky a obsahující hojnou faunu, především lastury mlžů. V 19. století byly tyto štěrky předmětem těžby v řadě lomů. Jedná se o lokalitu dnešního stadionu na Bazalech a oblast severně až severovýchodně odtud. Je pravděpodobné, že minerály neovulkanitů, popisované z Ostravy, pocházejí většinou právě z těchto štěrků. V průběhu druhé poloviny 20. století zanikly i poslední zbytky odkryvů, a to i přesto, že po určitou dobu byly předmětem ochrany. Nejbližší další výchoz bazaltoidních neovulkanitů se nachází v Budišovicích, cca 7 km západně od západního okraje Ostravy-Poruby. Jedná se o starý zatopený lom.

### Předchozí mineralogické výzkumy

Minerály matrix vulkanických hornin jsou následující (v abecedním pořadí): alterovaný **analcim** je uváděn jako jeden z minerálů tvořících jemnozrnnou matrix olivinického nefelinitu z Dolu P. Bezruč a dalších bazaltoidních hornin (Pacák 1928; Ulrych et al. 2013). **Biotit** je nepříliš běžnou akcesorií některých bazaltoidních hornin (Pacák 1928). **Cordierit a cristobalit** zmiňuje bez bližších údajů Martinec (1997) z kontaktních porcelanitů na styku neoidních bazaltoidních hornin a prachovců. Nejistá je přítomnost **dolomitu** ve směsi kalcitu a minerálu serpentínové podskupiny, tvořícího pseudomorfózy po vyrostlících olivínu v bazaltoidní hornině z jámy František v Přívoze (Pacák 1928). Vyrostlice **forsterického olivínu** dosahující velikosti až 6 mm a olivín jako součást horninové matrix uvádí Pacák (1928). Olivín s podílem 75 - 85 % forsteritové složky je součástí fenokrystů a je přítomen i jako součást minerální asociace tvořící jemnozrnnou matrix olivinického nefelinitu z Dolu P. Bezruč (Ulrych et al. 2013). Mikroskopický **kalcit** je přítomen v základní hmotě některých bazaltoidních hornin (Pacák 1928). **Magnetit** je součástí jemnozrnné matrix olivinického nefelinitu z Dolu P. Bezruč a dalších bazaltoidních hornin. Ze stejné lokality je známa také přítomnost **minerálu amfibolové superskupiny** (uveden jako tzv. čedičový amfibol) a **minerálu apatitové skupiny** (Pacák 1928; Ulrych et al. 2013). **Minerál chloritové skupiny** tvoří tmavě zelené, vláknité paprscité povlaky na stěnách mandlovcových dutin v pikritické bazaltoidní hornině ze šachty Jindřich v Moravské Ostravě (Pacák 1928). **Minerály plagioklasové skupiny**, konkrétně labradorit a bytownit, zmiňuje bez bližších analytických údajů Martinec (1997) z bazaltoidních hornin. **Minerály pyroxenové skupiny - titanaugit**, augit a vzácný egirín popisuje z bazaltoidních hornin Pacák (1928). Jako minerály řady augit-diopsid, tvořící sloupcovité krystaly do 2 mm, je bez

bližších analytických údajů zmiňuje Martinec (1997). Vytvářejí fenokrysty nebo jsou součástí jemnozrnné matrix olivinického nefelinitu z Dolu P. Bezruč (Ulrych et al. 2013). **Minerál serpentínové podskupiny** (v orig. *hadec*) s karbonáty je součástí měkké, olivově zelené hmoty, tvořící pseudomorfózy po vyrostlících olivínu v bazaltoidní hornině z jámy František v Přívoze a z jámy Terezie ve Slezské Ostravě (Pacák 1928). **Minerály skupiny TiO<sub>2</sub>** popisuje jako tzv. leukoxenizovaný ilmenit z bazaltoidních hornin Pacák (1928). **Nefelín** je součástí jemnozrnné matrix olivinického nefelinitu z Dolu P. Bezruč a dalších bazaltoidních hornin (Pacák 1928; Ulrych et al. 2013). **Pyrit** je běžný v nerozložené vulkanické hornině známé z Rotschildových dolů v Hrušově (von Richthofen 1857). Z některých bazaltoidních hornin ho zmiňuje i Pacák (1928).

Za mylně identifikovaný minerál lze považovat **leucit**. Klvaňova (1892) záměnu nefelínu ze šachty Jindřich v Moravské Ostravě za leucit uvádí na pravou míru Pacák (1928).

Z dutinových minerálů literatura uvádí následující (řazeno abecedně): **baryt** je spolu s kalcitem a harmotomem součástí výplně mandlovcových dutin o velikosti do 3 mm v bazaltoidní hornině zjištěné na 8. patře jámy Terezie ve Slezské Ostravě (Pacák 1928). Krystaly **harmotomu** v dutinách alterované vulkanické horniny, spolu s oxidem Mn, jsou uváděny z Rotschildových dolů v Hrušově (von Richthofen 1857). Harmotom je také zmiňován z mandlovcových dutin o velikosti do 3 mm z bazaltoidní horniny na 8. a 12. patře jámy Terezie ve Slezské Ostravě (Pacák 1928). **Kalcit** vyplňuje dutiny nerozložené černošedé vulkanické horniny známé z Rotschildových dolů v Hrušově, který je v současnosti částí Ostravy (von Richthofen 1857). Makroskopický kalcit popisuje z výplně mandlovcových dutin bazaltoidních hornin Pacák (1928). Krystaly **phillipsitu** doprovázejí kalcit v mandlovcových dutinách bazaltoidní horniny ze šachty Jindřich v Moravské Ostravě (Pacák 1928).

### Metodika

Analýzovaný materiál pochází z dutiny mandlovcové horniny (obr. 1) pocházející ze sbírkových fondů Ostravského muzea (inventární číslo Dg130). Byl získán Vodičkou v roce 1938 a je lokalizován do Ostravy-Muglina. Z minerálu separovaného ručně z jedné dutiny na vzorku byl nachystán preparát pro rentgenové práškové studium a byl připraven nábrus pro elektronovou mikroskopii a mikroanalýzu.

Rentgenové difrakční analýzy byly prováděny na přístroji Bruker-AXS D8 Advance s 2 $\theta$ / $\theta$  reflexní geometrií měření, vybaveném polovodičovým - silicon strip detektorem LynxEye. Měření probíhalo za podmínek: záření CuK $\alpha$ /Ni, napětí 40 kV, proud 40 mA, krokový režim s krokem 0.014° 2 $\theta$ , čas na kroku 0.25 s, sumace 3 až 5 měření, úhlový rozsah měření 5 až 80° 2 $\theta$ . Pro měření a kvalitativní vyhodnocení byl použit firemní software Bruker - AXS Diffrac, respektive Diffrac.EVA a databáze difrakčních dat PDF 2/JCPDS, verze 2011. Mřížkové parametry byly zpřesněny Rietveldovou metodou za použití programu Bruker - AXS Topas, verze 5. Vstupní strukturní data byla převzata z Bruker Structural Database.

Sledování morfologie dutinové mineralizace proběhlo na leštěných nábrusech i neupravených úlomcích za použití autoemisního elektronového mikroskopu FEI Quanta-650 FEG od firmy FEI. Mikrofotografie byly pořízeny pomocí detektoru zpětně odražených elektronů (BSE) v režimu chemického gradientu.

Chemické složení harmotomu bylo kvantitativně studováno pomocí elektronového mikroanalýzátoru Cameca

SX 100 (Přírodovědecká fakulta MU, Brno, analytik R. Škoda) za podmínek: vlnově disperzní analýza, napětí 15 keV, proud 5 nA, průměr svazku elektronů do 5  $\mu\text{m}$ . Jako standardy byly použity dobře definované homogenní minerály a syntetické fáze: Si, Al, K - sanidin, Ba - baryt, Sr -  $\text{SrSO}_4$ , Ca - wollastonit, Mg - olivín, Mn - spessartin, Fe - almandin. Empirický chemický vzorec byl přepočten na 32 atomů kyslíku. Poměr složení základních tetraedrů je vyjádřen pomocí poměru  $T_{\text{Si}} = \text{Si} / (\text{Si} + \text{Al})$  (Tschernich 1992).

## Výsledky

Rentgenovou práškovou difrakcí byl zeolitový minerál z mandlovcové dutiny bazaltoidní horniny identifikován jako minerální fáze ze skupiny harmotom - phillipsit-Ca (tab. 1). Mřížkové parametry minerálu jsou v dobré shodě s publikovanými údaji pro harmotom (Stuckenschmidt et al. 1990; Atanassova et al. 2012).

V elektronovém mikroskopu (obr. 2) je patrné, že vzhled krystalů je krátce sloupcovitý a místy tvoří pseudorombické dodekaedry. Jejich velikost nepřekračuje 100  $\mu\text{m}$ . V mandlovcových dutinách je doprovází mladší kalcit.

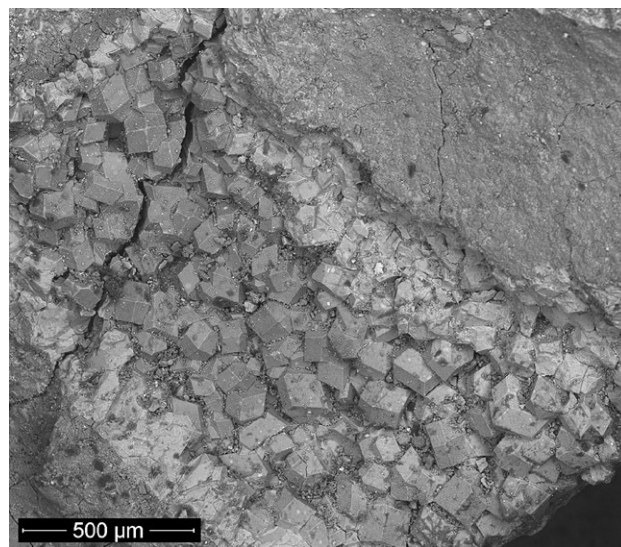
Kvantitativní chemické analýzy ukázaly, že převládajícím kationtem ve všech analyzovaných bodech zkoumaného minerálu je baryum a jde tedy o harmotom (tab. 2). Empirický vzorec jako průměr šesti analýz je:

$(\text{Ba}_{1,85}\text{Ca}_{0,32}\text{K}_{0,14}\text{Na}_{0,12}\text{Mn}_{0,01})_{\Sigma 2,44}[\text{Al}_{4,90}\text{Si}_{11,17}]_{\Sigma 16,07}\text{O}_{32,00} \cdot 13,05\text{H}_2\text{O}$ . Titan jako poměrně běžná izomorfní příměs na strukturní pozici T (Peregot et al. 1986) nebyl v žádném měření zjištěn, stejně jako stroncium na pozici iontů barya. Sumy jednotlivých analýz po dopočtu vody se pohybují od 99,6 do 102,1 hm. %. Rozdíl oproti 12 molekulám vody v teoretickém vzorci připisujeme metodice měření, kdy obsah vody je zjišťován pouze dopočtem z analýz jiných kationtů a aniontů. Poměry  $T_{\text{Si}} = \text{Si}/(\text{Si} + \text{Al}) = 0,70$  a  $\text{Si}/\text{Al} = 2,28$  odpovídají publikovanému rozpětí pro harmotom (Tschernich 1992).

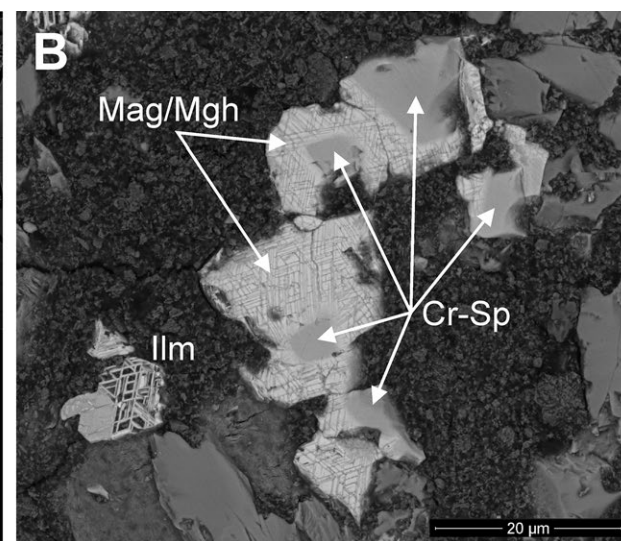
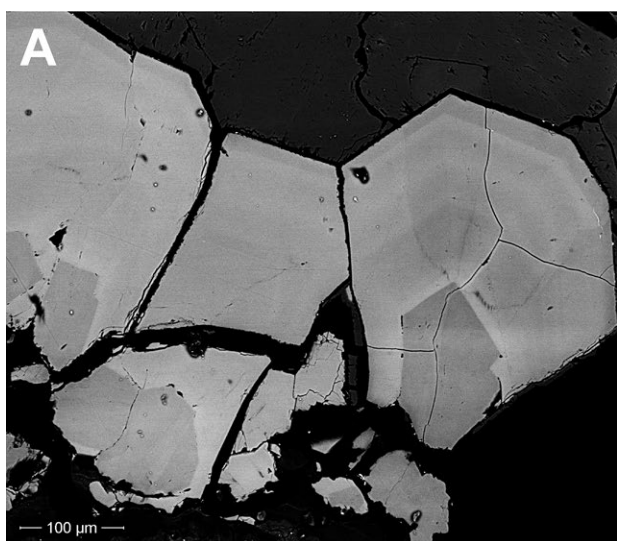
Pozorování pomocí zpětně odražených elektronů v elektronového mikroskopu a také pomocí WDS mikroanalýz ukázalo, že agregát harmotomu vykazuje růstovou zonalitu (obr. 3A), která je způsobena mírným kolísáním obsahu barya.



Obr. 1 Bazaltoidní mandlovec obsahující harmotom. Velikost 13,5 × 10,5 cm. J. Jirásek, 2018.



Obr. 2 Drúza krystalů harmotomu v dutině horniny zobrazená pomocí zpětně odražených elektronů v SEM. Foto D. Matýšek, 2018.



Obr. 3 Vybrané minerální fáze zobrazené pomocí zpětně odražených elektronů v SEM. A - nepřiliš výrazná růstová zonalita harmotomu; B - chromem bohaté spinelidy (střední členy řad spinel-hercynit-chromit-ulvöspinel) Cr-Sp vytvářející jádra krystalů obrůstaná Ti-bohatým magnetitem/maghemitem (Mag/Mgh) a agregáty tenké lupenitých krystalů ilmenitu (Ilm) v základní hmotě horniny.

**Tabulka 1** Mřížkové parametry studovaného harmotomu a jejich srovnání s publikovanými údaji

zdroj dat	a (Å)	b (Å)	c (Å)	$\beta$ (°)	objem základní cely (Å <sup>3</sup> )
tato práce	9.8642(1)	14.1605(2)	8.6961(1)	124.664(1)	999.08
Stuckenschmidt et al. (1990)	9.8688(21)	14.1295(7)	8.7092(9)	124.74(1)	998.30
Atanassova et al. (2012)	9.8903(5)	14.1394(3)	8.6713(4)	124.628(7)	997.81

**Tabulka 2** Chemické složení harmotomu (hm. %) a přepočet koeficientů empirického vzorce na 32 atomů kyslíku.

	průměr	1	2	3	4	5	6
SiO <sub>2</sub>	47.59	46.33	46.55	46.42	50.02	48.11	48.09
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	17.71	18.28	18.50	19.16	16.35	17.25	16.76
FeO	0.03	0.02	-	0.06	0.03	0.08	0.01
BaO	17.40	19.45	19.83	19.04	21.49	20.38	20.21
CaO	1.28	1.78	1.76	2.15	0.50	0.79	0.72
MgO	0.01	-	-	0.02	-	-	0.04
MnO	0.03	0.06	-	0.04	-	-	0.10
K <sub>2</sub> O	0.47	0.75	0.53	0.68	0.16	0.42	0.27
Na <sub>2</sub> O	0.27	0.37	0.18	0.42	0.10	0.19	0.36
$\Sigma$	87.47	87.06	87.33	87.98	88.64	87.22	86.56
Si <sup>4+</sup>	11.17	10.95	10.96	10.81	11.59	11.33	11.39
Al <sup>3+</sup>	4.90	5.09	5.13	5.26	4.46	4.79	4.68
$\Sigma$ T	16.07	16.04	16.09	16.07	16.05	16.12	16.06
Fe <sup>2+</sup>	0.01	-	-	0.11	0.01	0.02	-
Ba <sup>2+</sup>	1.85	1.80	1.83	1.74	1.95	1.88	1.88
Ca <sup>2+</sup>	0.32	0.45	0.44	0.54	0.12	0.20	0.18
Mg <sup>2+</sup>	-	-	-	0.01	-	-	0.01
Mn <sup>2+</sup>	0.01	0.01	-	0.01	-	-	0.02
K <sup>+</sup>	0.14	0.23	0.16	0.20	0.05	0.13	0.08
Na <sup>+</sup>	0.12	0.17	0.08	0.19	0.05	0.01	0.17
$\Sigma$ CAT	18.51	18.71	18.60	18.76	18.23	18.35	18.40
O <sup>2-</sup>	32	32	32	32	32	32	32
H <sub>2</sub> O*	13.05	12.84	12.92	12.98	13.41	13.10	13.04
Si/Al	2.28	2.15	2.14	2.06	2.60	2.37	2.44
T <sub>Si</sub>	0.70	0.68	0.68	0.67	0.72	0.70	0.71

H<sub>2</sub>O\* - dopočteno poměrně ze sumy T s ohledem na poměr ideálního vzorce.

Dále bylo zjištěno, že mandlovcové dutiny s obsahem harmotomu jsou ve vzorku poměrně vzácné. Většina dutin je vyplněna kalcitem. Silikátové horninotvorné minerály jsou silně alterovány na směs jílových minerálů. Za zmínku dále stojí přítomnost chromem bohatých spinelidů (podle EDS mikroanalýz se jedná o střední členy řad spinel - hercynit - chromit - ulvöspinel), které budují jádra krystalů obrůstána lemem, tvořeným titanem bohatým magnetitem/maghemitem. Na silnou maghemitizaci ukazuje velmi silné neprůběžné rozpukání tohoto spinelidu (Akimoto et al. 1984). Zjištěn byl i ilmenit v podobě agregátů tence lupenitých krystalů. Oba minerály jsou přítomné v základní hmotě horniny; tvoří v ní agregáty o velikosti do 50  $\mu$ m (obr. 3B). Chromem bohaté spinelidy a ilmenit v základní hmotě uvádějí z některých českých neovulkanitů Ulrych et al. (2013).

## Diskuse a závěr

Zeolity jsou v severomoravských a slezských neovulkanitech poměrně vzácné (Pauliš et al. 2015). Pomocí moderních mineralogických metod byl identifikován pou-

ze minerál blízký erionitu ve vulkanické pumě z Uhlířského vrchu u Bruntálu (Zimák 1988). Proto jsme se rozhodli ověřit v literatuře uváděné předválečné nálezy zeolitů popisované jako harmotom a phillipsit z různých lokalit Ostravy. Terénní výzkum byl bohužel limitován velmi malým množstvím dostupných výchozů bazaltoidních hornin v této oblasti - část z nich byla známa pouze z dnes již nepřístupných důlních děl a další z již neexistujících kamenolomů, které se většinou nacházejí v zastavěné části města. Také revize muzejního materiálu ukázala na naprostý nedostatek těchto vzorků, které byly sbírány v 19. a první polovině 20. století. Jediný vzorek umožňující použití destruktivních metod mineralogického výzkumu byl získán z Ostravského muzea, kde byl označen jako „čedičový tuf“ z Ostravy - Muglinova (tzn. z prostoru Hladnovského kopce a Jakloveckého vrchu). Na něm se podařilo dokázat přítomnost harmotomu, a tím potvrdit věrohodnost starých popisů tohoto minerálu. Přítomnost phillipsitu ve zdejších neovulkanitech zůstává nadále sporná. Harmotom se v ostravsko-karvinském revíru vyskytuje také v tělesech pestrých vrstev (např. Králík 1982). Jedná se o geneticky odlišný typ mineralizace.

**Poděkování**

Vznik tohoto článku byl finančně podpořen grantovými projekty MŠMT ČR SGS SP2018/33 a LO1404. Pro výzkum byla využita přístrojová technika Institutu čistých technologií těžby a užití energetických surovin - Projekt udržitelnosti, identifikační kód LO1406. Rádi bychom poděkovali pracovníkům Ostravského muzea (Mgr. Evě Mertové) a Moravského zemského muzea v Brně (Mgr. Vladimíru Hrazdilovi a Mgr. Jiřímu Tomanovi) za umožnění studia sbírkového materiálu jejich institucí. Dále děkujeme recenzentům Ing. Petru Paulišovi a Mgr. Jiřímu Tomanovi za kritické poznámky, které vedly ke zkvalitnění rukopisu.

**Literatura**

- AKIMOTO T, KINOSHITA H, FURUTA T (1984) Electron probe microanalysis study on processes of low-temperature oxidation of titanomagnetite. *Earth Planet Sci Lett* 71: 263-278
- ATANASSOVA R, VASSILEVA RD, KADIYSKI M, ZLATEV Z (2012) Crystallographic, chemical and structural characteristics of harmotome from Zlatolist, Eastern Rhodopes, Bulgaria. *Bulg Chem Commun* 44: 7-16
- DVOŘÁK P, DOPITA M (1968) Výskyt přírodních koksů v OKR. *Sbor věd Prací Vys Šk báň v Ostravě, Ř horn-geol* 14: 121-137
- FOLPRECHT J (1928) Výlevy čediče. In *Kamenouhelné doly ostravsko-karvinského revíru* 233-236. Ředitelská konference ostravsko-karvinského kamenouhelného revíru Moravská Ostrava
- JAHN JJ (1908) O původu čedičových koulí na Jaklovci u Moravské Ostravy. 1-12, Ant. Odehnal Brno
- KITTL E (1887) Die Miocenablagerungen des Ostrau-Karwiner Steinkohlenreviers und deren Faunen. *Ann K-kön Naturhist Hofmuseums* 2: 217-282
- KLVAŇA J (1892) O eruptivních horninách tešenitových a pikritových na severovýchodní Moravě. *Rozpr Čes Akad Věd Cís Františka Josefa Vědy, Slovesn. Umění, Tř 2 math-přírodn* 1: 603-615
- KRÁLÍK J (1982) Mineralogie pestrých vrstev v ostravsko-karvinské černouhelné pánvi. *Čas Slez Muz, Vědy přír* 31: 149-171
- MARTINEC P (1997) Vulkanismus v pánvi. In Dopita M (ed.) *Geologie česká části hornoslezské pánve* 153-159. Ministerstvo životního prostředí České republiky Praha
- NIEDZWIĘDZKI J (1873) Basalt-Vorkommnisse im Mährisch-Ostrauer Steinkohlenbecken. *Jb K-kön geol Reichsanst* 23: 283-288
- PACÁK O (1928) Čediče Jeseníku a přilehlých území. *Věst Král čes Společ Nauk, Tř mat-přírodověd* 1: 1-172
- PAULIŠ P, NOVOTNÝ P, MATÝSEK D (2015) Nejzajímavější mineralogická naleziště Moravy a Slezska - zeolity a doprovodná mineralizace. 1-124, Kutná Hora
- PEREGOT G, BELLUSSI G, CORNO C, TARAMASSO M, BUONOMOT F, ESPOSITO A (1986) Titanium-silicate: A novel derivative in the pentasil family. *Stud Surf Sci Catal* 28: 139-136
- SCHIERL A (1906) Beitrag zur Kenntnis des Ostrauer Basaltes. XXIII. Jahres-Bericht der deutschen Landes-Oberrealschule in Mähr.-Ostrau für das Schuljahr 1905-1906. Direction Mähr. Ostrau
- STUCKENSCHMIDT E, FUESS H, KVICK Á (1990) Investigation of the structure of harmotome by X-ray (293 K, 100 K) and neutron diffraction (15 K). *Eur J Mineral* 2: 861-874
- TSCHERNICH RW (1992) Zeolites of the world. 1-563, Geoscience Press, Inc. Phoenix Arizona
- ULRYCH J, ACKERMAN L, BALOGH K, HEGNER E, JELÍNEK E, PÉCSKAY Z, PŘICHYSTAL A, UPTON BGJ, ZIMÁK J, FOLTÝNOVÁ R (2013) Plio-Pleistocene basanitic and melilitic series of the Bohemian Massif: K-Ar ages, major/trace elements and Sr-Nd isotopic data. *Chem Erde* 73: 429-450
- VON RICHTHOFEN FF (1857) Eruptives Gestein in den Steinkohlengruben zu Hruschau in Mähren. *Jb K-kön geol Reichsanst* 8: 162
- WILSCHOWITZ H (1927) Das tektonische Netz der mähr.-schlesischen Basalte und der Hauptgebirgsquerbruch des Hohen Gesenkes. *Montan Rdsch* 30: 1-5 & 27-34
- ZIMÁK J (1988) Zeolit erionit-offretitové skupiny z Uhlířského vrchu u Bruntálu. *Čas Slez Muz, Vědy přír* 37: 169-172