

Datolit z permských metabazaltov na lokalite Lošonec (Malé Karpaty, jz. Slovensko)

Datolite from Permian metabasalts in Lošonec (Malé Karpaty Mountains, SW Slovakia)

PAVEL UHER¹⁾, PETER BAČÍK¹⁾, DANIEL OZDÍN¹⁾ A MIROSLAV HORNÁČEK²⁾

¹⁾ Katedra mineralógie a petrológie, Prírodovedecká fakulta, Univerzita Komenského, Mlynská dolina G, 842 15 Bratislava, Slovenská republika

²⁾ Západoslovenské múzeum, Múzejné nám. 3, 918 09 Trnava, Slovenská republika

UHER P., BAČÍK P., OZDÍN D., HORNÁČEK M. (2010): Datolit z permských metabazaltov na lokalite Lošonec (Malé Karpaty, jz. Slovensko). - *Bull. mineral.-petrolog. Odd. Nár. Muz. (Praha)* **18/2**, 91-95. ISSN: 1211-0239.

Abstract

Fine-crystalline to massive datolite has been identified as nodule and fracture fillings in Permian rift-related metabasalts near Lošonec village, Malé Karpaty Mountains, SW Slovakia. The electron-microprobe and X-ray diffraction data [$a = 4.8365(2)$ Å, $b = 7.6120(5)$ Å, $c = 9.6353(5)$ Å, $\beta = 90.128(6)^\circ$] indicate a nearly pure datolite end-member. Datolite associates with quartz, calcite, talc/stevensite and hematite (goethite?). It precipitated probably from post-magmatic (hydrothermal) boron-rich fluids of volcanic origin.

Key words: datolite, stevensite or talc, metabasalts, Malé Karpaty Mts., Slovakia

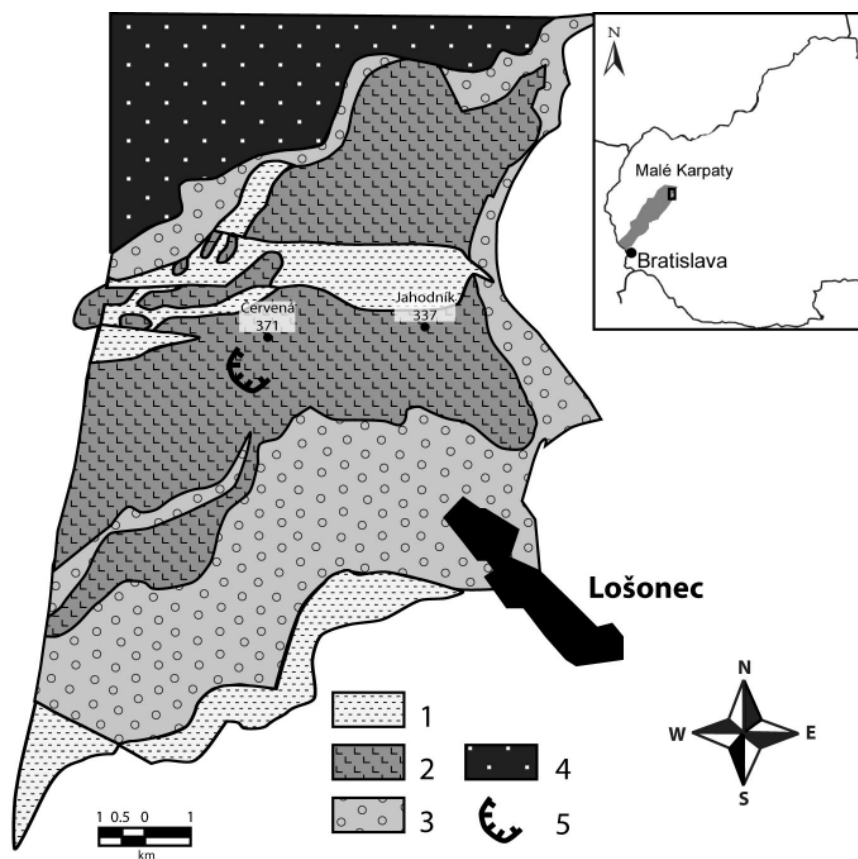
Úvod

Permské metabazalty ipolitickej skupiny hronika tvoria v Malých Karpatoch približne 17.5 km dlhé a 0.5 - 1.3 km široké pásmo, ktoré sa tiahne v smere JZ - SV, od obce Kuchyňa po Smolenice. V týchto horninách je často vyvinutá postmagmatická, prevažne hydrotermálna mineralizácia s výskytom výplní amygdaloidných (mandlovcových) dutín, nepravidelných trhlín a žíl, tvorená najmä kalcitom, kremeňom (kryštalickým kremeňom, chalcedónom a achátom), baritom, epidotom, chloritom (pravdepodobne klinochlórom, pôvodne opísaným ako pennin a delesit - Vozár 1967, resp. ripidolit - Hornáček 1983), lokálne aj hematitom, datolitom, dolomitom, albitom, zoisitom (?), mastencom a ílovými minerálmi, zrejme montmorillonitom (Hornáček 1983). Okrem nej bola v metabazaltoch opísaná aj Cu-mineralizácia, tvorená drobnými masami, žilkami a vtrúseninami chalkopyritu, tennantitu, bornitu, chalkozínu, covellitu, v asociácií s pyritom, markazitom, sfaleritom, galenitom, ako aj sekundárnou rýdzou meďou, malachitom, azuritom, chryzokolom, sadrovcom, goethitom a „limonitom“ (Zepharovich 1873; Tóth 1882; Vozár 1967; Cubínek 1977; Hornáček 1983; Koděra et al. 1990; Rojkovič 1994). Najlepšie možnosti na štúdium metabazaltov a ich minerálov sú v dvoch dodnes aktívnych kameňolomoch; na lokalite Sološnica - Peterklin na západnej strane pohoria a na lokalite Lošonec - Vřšky na východnej strane Malých Karpát (obr. 1).

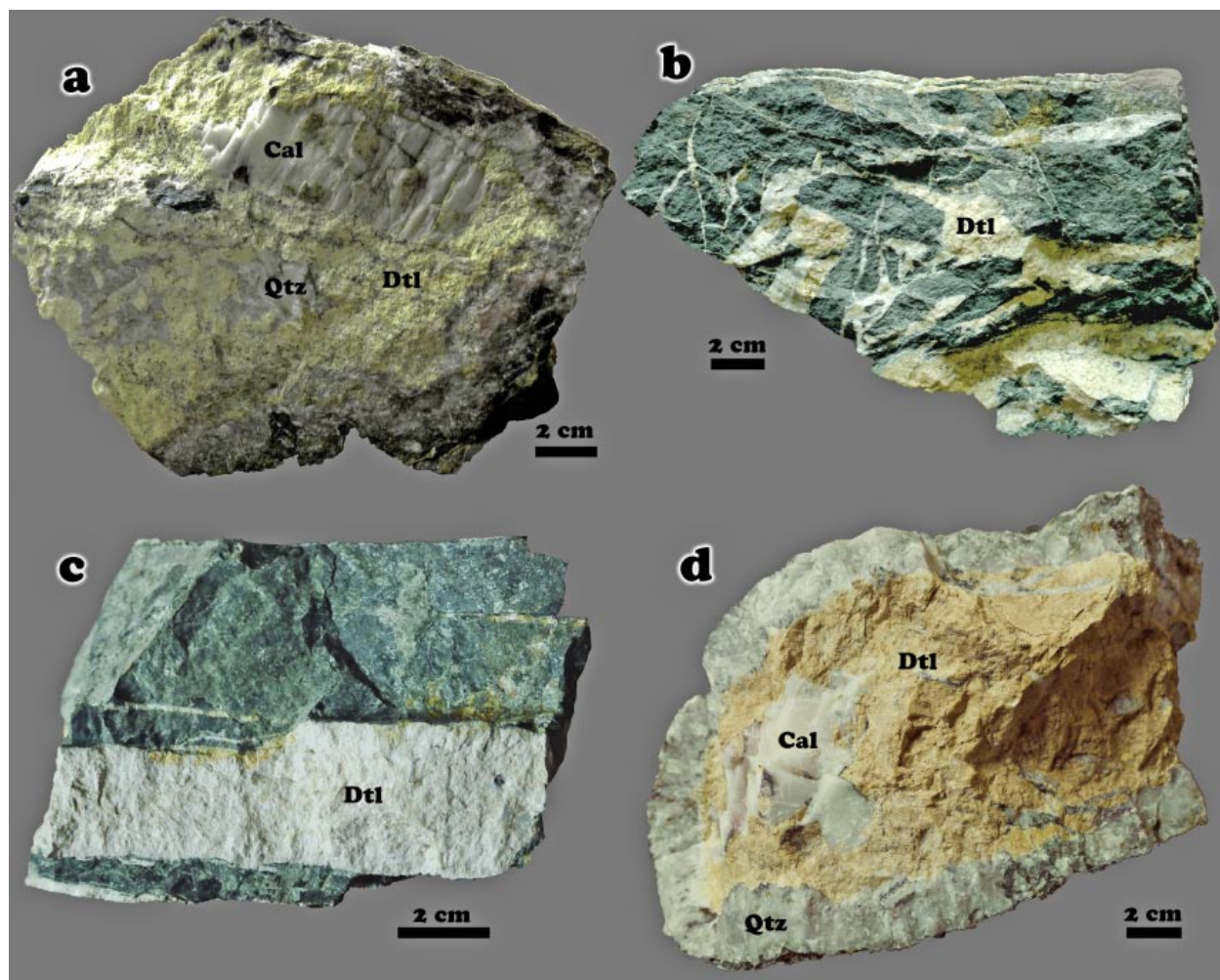
Datolit bol identifikovaný len v Lošonci v nepublikovanej rukopisej práci (Hornáček 1983), jeho výskyt a vlastnosti však doteraz neboli uverejnené v odbornej literatúre. Cieľom nášho príspevku je mineralogická charakteristika a možný scenár vzniku datolitu z amygdaloidných výplní dutín a puklín permských metabazaltov na tejto lokalite.

Lokalizácia, geologická a petrografická charakteristika

Študovaná lokalita Lošonec - Vřšky sa nachádza na východnom úpätí pohoria Malé Karpaty na juhozápadnom Slovensku, približne 40 km sv. od Bratislavy a 18 km sz. od Trnavy (obr. 1). Geografická poloha lokality je $48^\circ 21.76'$ severnej zemepisnej šírky a $17^\circ 18.54'$ východnej zemepisnej dĺžky. Činný kameňolom je situovaný v permských metabazaltoch s polohami vulkanoklastík, ktoré sú zaraďované do malužinského súvrstvia ipolitickej skupiny hronika (Vozárová, Vozár 1988). Tieto horniny sú produkty polyfázového synsedimentárneho riftogénneho bazaltového vulkanizmu so znakmi kontinentálneho tholeiitického magmatického trendu (Vozár 1997; Dostal et al. 2003). Na základe TAS ($\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ vs. SiO_2) klasifikačného diagramu možno tieto metabazalty na lokalite Lošonec klasifikovať ako trachybazalty, súvisí to však zrejme s ich postmagmatickou, autometamorfnou hydrotermálnou alteráciou, spojenou s prínosom Na (spilitizáciou - Vozár 1974). V minulosti boli tieto bázické vulkanity označované ako melafýry a celá horninová sekvencia ipolitickej skupiny ako melafýrová séria. Metabazalty na lokalite Lošonec sú väčšinou jemnozrnné - afanitické, v menšom množstve sú prítomné porfyrické variety s vyrastlicami plagioklasu a amygdaloidné variety s dutinami, ktoré sú vyplnené postmagmatickými minerálmi. Okrem efuzívnych hornín sú prítomné aj pyroklastické členy, v okolí vystupujú permské klastogénne sedimenty malužinského súvrstvia charakteru pieskovcov, arkóz a bridlic.



Obr. 1 Schématická geologická mapa oblasti Lošonec v Malých Karpatoch (Maheľ et al. 1972, upravené). Vysvetlivky: 1. nižnobocianske súvrstvie; pieskovce, bridlice, zlepenec, mladší karbón; 2. maluzinské súvrstvie; tholeiitové metabazalty a ich vulkanoklastiká, perm; 3. maluzinské súvrstvie; červenofialové bridlice, pieskovce, zlepenec, perm; 4. mezozoikum; trias hronika; 5. lokalita - kameňolom Lošonec.



Obr. 2a-d Dutiny a žilky vyplnené datolítom (Dtl), kremeňom (Qtz) a kalcítom (Cal) v metabazaltoch z Lošonec. Foto P. Uher.

Minerály metabazaltov

Primárne magmatické minerály metabazaltov sú zväčša premenené, bol identifikovaný forsterit (s vyše 13 mol. % fayalitovej zložky) a augit vo forme alotriomorfných až idiomorfných výrastlíc aj v základnej hmote, porfyrické výrastlice plagioklasu s dĺžkou až 3 cm, lokálne amfibol a akcesorický apatit, zirkón, ilmenit, magnetit, hematit a pyrit (Vozár 1967; Cubínek 1977). Magmatické a sedimentárne horniny maluzinského súvrstvia ipoltickej skupiny boli počas kriedového paleoalpínskeho vrásnenia premenené vo veľmi nízkom stupni metamorfózy, v pumpellyitovo-prehnitovo-kremennej facií (Vozárová, Vozár 1988); prehnit bol identifikovaný ako produkt premeny plagioklasu (Vrána in Vozár 1967).

Metodika

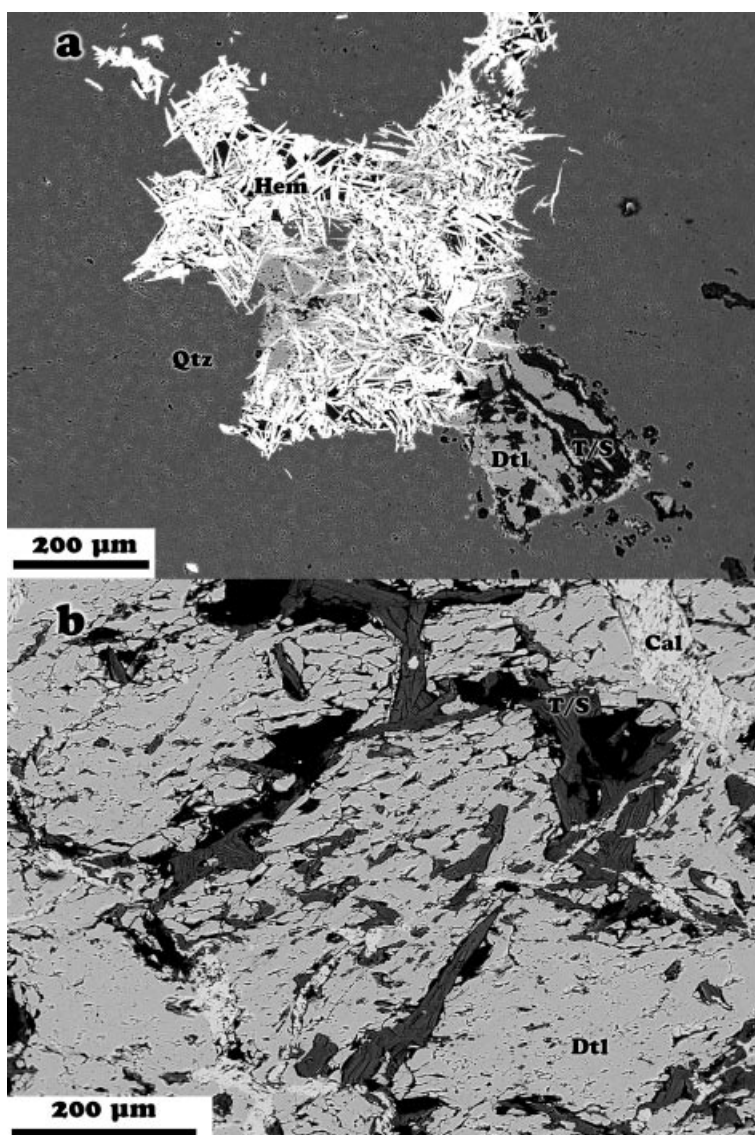
Leštené výbrusy horniny s datolitom boli identifikované a merané pomocou elektrónovej mikroanalýzy na prístroji Cameca SX100 v laboratóriu Štátneho geologického ústavu Dionýza Štúra v Bratislave. Chemické zloženie minerálov bolo merané vlnovo-disperznou bodovou analýzou (WDS) za nasledujúcich analytických podmienok: urýchľovacie napätie 15 kV, vzorkový prúd 10 nA, priemer elektrónového lúča 3 - 5 μm . Na meranie boli použité prírodné a syntetické štandardy: wollastonit (SiK α , CaK α), TiO₂ (TiK α), Al₂O₃ (AlK α), fayalit (FeK α), rodonit (MnK α), forsterit (Mg K α), albit (Na K α), ortoklas (K K α) a NaCl (Cl K α). Obsahy ďalších meraných prvkov (S, Th, U, V, Cr, Y, La - Lu, Ni, Sr, Ba, Pb a F) boli pod detekčným limitom merania (pod 0.03 - 0.1 hm. %).

Prášková rtg. difrakčná analýza bola vykonaná v Laboratóriu rtg. difrakcie VVCE SOLIPHA (PriF UK v Bratislave) na prístroji BRUKER D8 Advance v geometrii Bragg-Brentano (konfigurácia Theta-2Theta) s Cu antikatódou ($\lambda_{\alpha_1} = 1.54060 \text{ \AA}$), Ni K β filtrami a detektorom LynxEye, pri napätí 40 kV a prúde 40 mA. Krok zaznamenávania intenzít bol 0.01° 2 θ pri čase 5 s, meraný rozsah záznamu 4 - 65° 2 θ . Difrakčné záznamy boli spracované pomocou programu DiffraC^{plus} EVA (Bruker 2008, <http://www.brukeraxs.com/eva.html>). Mriežkové parametre datolitu boli vypočítané pomocou programu UnitCell (Holland, Redfern 1997).

Datolit a asociujúce minerály

Datolit sa na lokalite Lošonec vyskytuje v podobe výplní oválnych dutín, zriedkavejšie aj nepravidelných trhlín a žíl v metabazatoch (obr. 2a-d). Veľkosť dutín s datolitom dosahuje zvyčajne 10 - 20 cm, maximálne 80 cm, hrúbka žíl do 5 cm. Datolit vytvára biele, béžové až svetlohnedé, vzácné svetlozelené jemnokryštalické až celistvé agregáty bez zreteľných kryštalových tvarov s veľkosťou zŕn do 1 mm. Lokálne bol nájdený aj hrubšie kryštalický datolit so skleným leskom, s veľkosťou jednotlivých zŕn do 1 cm (Hornáček 1983). Datolit vystupuje v asociáciách s kremeňom, kalcitom, dolomitom, mastencom/stevensitom a hematitom (goethitom ?) - (obr. 3a-b). Prášková difrakčná analýza datolitu poskytla nasledovné mriežkové parametre: $a = 4.8365(2) \text{ \AA}$, $b = 7.6120(5) \text{ \AA}$, $c = 9.6353(5) \text{ \AA}$, $\beta = 90.128(6)^\circ$, $V = 354.72(2) \text{ \AA}^3$, ktoré sú prakticky identické s údajmi v literatúre (Strunz, Nickel 2001). Chemicky je datolit homogénny a jeho zloženie je veľmi blízke stechiometrickému kryštalochemickému vzorcu $\text{CaBSiO}_4(\text{OH})$, pričom okrem nepatrného množstva sodíka (do 0.07 hm. % Na₂O) datolit neobsahuje žiadne iné prímеси, merateľné na elektrónovej mikroskope (tab. 1).

Mastenec/stevensit vytvára xenomorfné až hypidiomorfné vrstevnaté agregáty s dĺžkou obvykle 100 - 300



Obr. 3a-b BSE mikrofotografie datolitu (Dtl) v asociáciách s kremeňom (Qtz), mastencom/stevensitom (T/S) a hematitom (Hem) v metabazaltoch z Lošonca. Foto D. Ozdín.

Tabuľka 1 Reprezentatívne mikroanalýzy datolitu z Lošonca

	LO1D1	LO1D2	LO1D3	LO1D4	LO1D5
SiO ₂	36.58	37.61	36.34	36.19	36.09
B ₂ O ₃ *	21.39	21.84	21.10	20.99	20.98
CaO	35.06	35.29	34.13	33.85	33.99
Na ₂ O	0.03	0.07	0.00	0.06	0.03
H ₂ O *	5.53	5.65	5.46	5.43	5.43
Suma	98.59	100.46	97.03	96.52	96.52
Vzorce prepočítané na 8 O, 2 (OH) a 2 B apfu					
Si	1.982	1.995	1.996	1.998	1.993
B	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000
Ca	2.035	2.006	2.008	2.002	2.012
Na	0.003	0.007	0.000	0.006	0.003
OH	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000
Suma kat.	6.020	6.008	6.004	6.006	6.008

* Obsahy B₂O₃ a H₂O boli dopočítané na základe ideálnej stechiometrie, teda 2 atómov B a 2 molekúl (OH). Obsahy Al, Fe, Mn, Mg, K, F a Cl sú pod detekčným limitom mikrosondy.

Tabuľka 2 Reprezentatívne mikroanalýzy mastenca/stevensitu z Lošonca a mastenca z Lošonca (Loš-M, Hornáček 1983)

	LO1D6	LO1D7	LO1D8	Loš-M
SiO ₂	55.09	53.73	53.36	56.01
TiO ₂	0.00	0.00	0.00	0.18
Al ₂ O ₃	0.09	0.04	0.00	1.56
Fe ₂ O ₃	0.03	0.03	0.00	5.26
MnO	0.04	0.06	0.03	0.23
MgO	26.98	25.68	26.44	23.18
CaO	0.53	0.34	0.29	0.00
Na ₂ O	0.10	0.11	0.07	0.14
K ₂ O	0.18	0.14	0.15	0.04
H ₂ O *	4.09	3.92	3.95	4.14
Cl	0.00	0.09	0.09	
O=Cl	0.00	-0.02	-0.02	
Suma	87.13	84.12	84.36	90.74
Vzorce normalizované na M+T = 7 kationy + 2(OH)				
Si	4.039	4.082	4.025	4.055
Ti	0.000	0.000	0.000	0.010
Al	0.008	0.004	0.000	0.133
Fe	0.002	0.002	0.000	0.287
Mn	0.002	0.004	0.002	0.014
Mg	2.949	2.909	2.973	2.502
Suma M	2.961	2.919	2.975	2.946
Ca	0.042	0.028	0.023	0.000
Na	0.014	0.016	0.010	0.020
K	0.017	0.014	0.014	0.004
Suma A	0.073	0.058	0.047	0.024
OH	2.000	1.988	1.988	2.000
Cl	0.000	0.012	0.012	
O	10.101	10.116	10.049	10.286
Suma kat.	7.073	7.057	7.048	7.023
Suma an.	12.101	12.127	12.061	12.286
Obsahy molekulej vody neboli dopočítavané.				

um, zatláčajúce datolit a kremeň (obr. 3b). Mastenec aj stevensit majú analogický kryštalochemický vzorec - Mg₃[(OH)₂Si₄O₁₀], avšak stevensit obsahuje aj medzi-vrstevnú molekulovú vodu. Sepiolit Mg₈[(OH)₂Si₆O₁₀]₂ · 12H₂O má síce podobné obsahy Si a Mg, avšak s odlišným pomerom Mg:Si (2:3). Nízke analytické sumy v mineráli z Lošonca (80 - 83 hm. %) skôr indikujú prítomnosť stevensitu ako mastenca (tab. 2). Na druhej strane Mg-silikát s podobným chemickým zložením, dávnejšie zistený na lokalite Lošonec, bol na základe rtg. difrakcie určený ako mastenec (Hornáček 1983; tab. 2). Keďže obsah stevensitu v študovaných dutinách s datolitom je relatívne nízky, v práškovom rtg. difrakčnom zázname datolitu s kalcitom sa jeho prítomnosť prejavila len nevýrazným difrakčným maximom v oblasti 19.45° 2θ (4.56 Å), ktoré zodpovedá viacerým fylosilikátom, vrátane mastenca, stevensitu aj sepiolitu. Z tohto dôvodu na základe dostupným údajov nemožno študovaný minerál jednoznačne zaradiť k mastencu alebo stevensitu a označujeme ho ako mastenec/stevensit.

Lokálne je hojný oxid Fe, pravdepodobne hematit (goethit ?) v podobe agregátov, tvorených lupeňovitými kryštálmi (obr. 3b), ojedinele bol identifikovaný titanit. Na základe textúrnych vzťahov možno predpokladať sukcesiu minerálov: kremeň - datolit, titanit - mastenec/stevensit - kalcit - hematit (goethit ?).

Diskusia a záver

Vznik datolitu je spojený hlavne s postmagmatickými, hydrotermálnymi procesmi, v prostredí fluíd obohatených bórom. Typickým prostredím jeho vzniku sú najmä postmagmaticky alterované bázické vulkanické horniny, žily alpského typu, ako aj Ca-skarny na kontakte bazaltov, resp. pikritov so sedimentárnymi horninami (Karwowski, Wlodyka 2003; Bernard, Hyršl 2006). Datolit sa najčastejšie nachádza v podobe dobre vyvinutých, niekoľko mm až cm veľkých kryštálov, ktoré čiastočne vyplňajú dutiny hornín. Datolit z Lošonca však patrí k menej známemu celistvému, resp. jemnokryštálickému typu v miarolách a puklinách bazaltov a metabazaltov. Podobný celistvý datolit bol opísaný z viacerých lokalít v hydrotermálne alterovaných trapových (meta)bazaltoch na polostrove Keweenaw v oblasti jazera Superior v štáte Michigan na severovýchode USA, napr. Caledonia Mine, Isle Royale National Park, Mesnard Mine, Quincy Mine, Delaware Mine, Iron City Mine, Copper Harbor, Calumet, Centennial Mine (www.minsocam.org; www.irocks.com; Bernard, Hyršl 2006). Tento celistvý michiganský datolit, označovaný aj ako porcelánovitý datolit, sa vyznačuje rôznymi farbami (biela, žltá, zelená, sýtočervená) a príležitostne sa leští podobne ako achát. Rovnako ako v Lošonci, aj na michiganských lokalitách, je charakteristická prítomnosť postmagmatickej Cu-mineralizácie.

Pôvod bóru, nevyhnutného na kryštalizáciu datolitu, možno najpravdepodobnejšie spájať s emanáciami postmagmatických fumarolových fluíd (Ryan, Langmuir 1993), čo potvrdzuje prítomnosť bórom bohatých minerálov, vznikajúcich priamou sublimáciou aj v recentných vulkánoch, resp. precipitáciou z vulkanogénnych horúcich roztokov. S vysokoteplotnými postmagmatickými vulkanickými fluidami v zóne argilitizácie vulkanických hornín je spojená aj precipitácia Al-B-silikátov, najmä minerálov skupiny turmalínu (napr. magneziofoitit) a dumortieritu. Pestrá asociácia minerálov bóru, vrátane datolitu, je typická pre pleistocénne alkalické vulkanity rímskej vulkanickej provincie v Taliansku, ktoré majú až desaťnásobne vyššie obsahy B, ako

v bežných bazaltech (Bellatreccia et al. 2006). Metabazality maluzinského súvrstvia Malých Karpát sa vyznačujú veľmi variabilnými, často vysokými obsahmi B (3 - 204 ppm, v priemere 37 ppm), pričom v oblasti kameňolomu Lošonec boli v metabazaltech zaznamenané obsahy 3 - 87 ppm B (Cubínek 1977, 1979). Takéto koncentrácie B sú typické pre postmagmaticky alterované bazalty (Ryan, Langmuir 1993; Sano et al. 2001) a sú podstatne vyššie oproti obsahom v nealterovaných bazaltech (obyčajne do 10 ppm B; Ryan, Langmuir 1993; Moriguti et al. 2004). Keďže v prípade Lošonca ide o kontinentálny bazaltový vulkanizmus, pôvod bóru z morskej vody možno vylúčiť. Do úvahy však môže prichádzať zdroj bóru z borátových jazerných evaporitov, ktoré sú charakteristické pre aridné a semiaridné kontinentálne prostredie, aké panovalo aj počas permskej vulkanicko-sedimentárnej aktivity maluzinského súvrstvia (Vozárová, Vozár 1988). Takéto bórom obohatené sedimentárne horizonty však doteraz neboli v oblasti Západných Karpát preukázané.

Štúdaná paragenéza vznikla vyplnením dutín a puklín v utuhtom bazalte počas postmagmatického štádia pôsobením hydrotermálnych fluid, obohatených B. Zdroj bóru je pravdepodobne vulkanogénneho pôvodu. Najskôr kryštalizoval kremeň (resp. chalcedón alebo achát), následne datolít, možno aj titanit. V neskoršom štádiu pri nižšej teplote došlo pôsobením alkalických, pravdepodobne Mg-HCO₃ roztokov k precipitácii mastenca/stevensitu a kalcitu. Najmladším minerálom študovanej minerálnej asociácie je hematit (goethit?).

PodĎakovanie

Autori ďakujú Agentúre na podporu výskumu a vývoja, ktorá podporila túto prácu na základe zmluvy č. APVV VVCE-0033-07, ako aj doc. Jánovi Spišiakovi a Ing. Petrovi Paulišovi za kritické posúdenie manuskriptu.

Literatúra

- Bellatreccia F., Cámara F., Della Ventura G. (2006): Datolite: a new occurrence in volcanic ejecta (Pitigliano, Toscana, Italy). - *Rend. Acc. Lincei* **17**, 2, 289-298.
- Bernard J. H., Hyršl J. (2006): Minerals and their localities. - 1-824, Granit, Prague.
- Cubínek J. (1977): Die Distribution der Mikroelemente in Melaphyrgesteinen der Kleinen Karpaten. - *Záp. Karpaty Sér. Mineral. Petrogr. Geoch. Lož.* **3**, 87-145.
- Cubínek J. (1979): Distribúcia mikroprvkov v melafyrových horninách Malých Karpát. - In: Cambel B. (ed.): Sympóziu o petrogenéze a geochemii geologických procesov, 117-130. Veda Bratislava.
- Dostal J., Vozár J., Keppie J. D., Hovorka D. (2003): Permian volcanism in the Central Western Carpathians (Slovakia): Basin-and-Range type rifting in the southern Laurussian margin. - *Int. J. Earth Sci.* **92**, 27-35.
- Holland T. J. B., Redfern S. A. T. (1997): Unit cell refinement from powder diffraction data: The use of regression diagnostics. - *Mineral. Mag.* **61**, 65-77.
- Hornáček M. (1983): Štúdium mineralizácie vo vulkanických horninách permského veku na lokalite Lošonec v Malých Karpatoch. - MS, Diplomová práca. Prírodovedecká fakulta, Univerzita Komenského, Bratislava.
- Karwowski Ł., Włodyka R. (2003): The pectolite skarn from Międzyrzecze (Bielsko-Biała Region) in the Polish Carpathians. - *Acta Mineral.-Petrogr. Abstr. Ser.* **1**, 50.
- Kodéra M., Andrusovová-Vlčeková G., Belešová O., Briatková D., Dávidová Š., Fejdiová V., Hurai V., Chovan M., Nelišerová E., Ženiš P. (1990): Topografická mineralógia Slovenska, 3 Sed-Ž. - 1105-1592, Veda, Bratislava.
- Maheľ M., Cambel B., Buday T., Halouzka R., Matějka A., Peržel M., Sabol A., Vozár J., Hanáček J., Janáček J., Leško B., Lukniš M., Vass D., Žákovský R. (1972): Geologická mapa Malých Karpát 1:50 000. - Geologický ústav Dionýza Štúra, Bratislava.
- Moriguti T., Shibata T., Nakamura E. (2004): Lithium, boron and lead isotope and trace element systematics of Quaternary basaltic volcanic rocks in northeastern Japan: mineralogical controls on slab-derived fluid composition. - *Chem. Geol.* **212**, 81-100.
- Rojkovič I. (1994): U,Mo,Cu-mineralization in Permian Sequences. - In: Chovan M., Háber M., Jeleň S. (eds.): Ore textures in the Western Carpathians, 68-81. Slovak Academic Press Bratislava.
- Ryan J. G., Langmuir C. H. (1993): The systematics of boron abundances in young volcanic rocks. - *Geochim. Cosmochim. Acta* **57**, 1489-1498.
- Sano T., Hasenaka T., Shimaoka A., Yonezawa C., Fukuoka T. (2001): Boron contents of Japan Trench sediments and Iwate basaltic lavas, Northeast Japan arc: estimation of sediment-derived fluid contribution in mantle wedge. - *Earth Planet. Sci. Lett.* **186**, 187-198.
- Strunz H., Nickel E. H. (2001): Strunz mineralogical tables: chemical-structural mineral classification system. - 1-870, E. Schweizerbart, Stuttgart.
- Tóth M. (1882): Magyarország Ásványai. - 1-565, Hunyadi Mátyás, Budapest.
- Vozár J. (1974): Comments on spilitization of the Permian eruptive rocks of the Choč Nappe in the West Carpathians, Slovakia. - In: Amstutz G. C. (ed.): Spilites and spilitic rocks, 359-362. IUGS Ser. A 4, Springer-Verlag, Heidelberg - New York.
- Vozár J. (1967): Petrografická charakteristika melafýrov Malých Karpát. - *Geol. Práce Zpr.* **41**, 153-165.
- Vozár J. (1997): Rift-related volcanics in the Permian of the Western Carpathians. - In: Greccula P., Hovorka D., Putiš M. (eds.): Geological evolution of the Western Carpathians, 225-234. *Mineralia Slov. Monograph, Geocomplex*, Bratislava.
- Vozárová A., Vozár J. (1988): Late Paleozoic in West Carpathians. - 1-316, Geologický ústav Dionýza Štúra, Bratislava.
- Zepharovich V. (1873): Mineralogisches Lexicon für das Kaiserthum Oesterreich. - 1-436, Wilhelm Braumüller, Wien.