

## Enkláva metamorfitu fácie modrých bridlíc v dobšinskom serpentinitovom lome – dôkaz spojitosti ultrabázického telesa s hačavskou formáciou príkrovu Bôrky

PETER IVAN a ŠTEFAN MÉRES

Katedra geochémie Prírodovedeckej fakulty UK, Mlynská dolina G, 842 15 Bratislava;  
ivan@fns.uniba.sk

### Blueschist enclave in the Dobšiná serpentinite quarry: The evidence of the relation of the ultrabasic body to the Hačava Fm. of the Bôrka nappe (Meliatic Unit, Slovakia)

The fine-grained rock metamorphosed in the blueschist facies conditions has been found in the serpentinite quarry on the northern border of the Dobšiná town. It forms small enclave (2.5 x 3 m) enclosed in the tectonic mélange with the serpentine matrix. Radial Na-amphibole crystals in the very fine-grained albite ( $\pm$  quartz) aggregate, containing also small amount of titanite, biotite, fengite, pyrite and secondary vermiculite, are the mineral constituents of this rock. Evolution of the Na-amphibole composition from Mg-riebeckite to glaucophane would reflect the increase in pressure. The Mg-riebeckite present only within the relatively coarse-grained most external zone of the enclave is probably a result of equilibration during exhumation. Biotite replaced Na-amphibole probably due to increase of temperature. Major element composition of studied rock was influenced by the fluid-involved interactions with surrounding serpentinite but immobile trace element distribution indicates close similarity to orogenic andesites generated in magmatic arcs built up on continental crust or to the turbidite flow sediments related to such source area. Protolith of the rock was most probably arc-related intermedial volcanoclastic material resedimented in the deep-sea conditions as follows from the finding of its analogue in the form of thin layer alternated with radiolarites associated with N-MORB type basalt in the same lithostratigraphic unit. The same progressive HP/LT metamorphic evolution without strong retrogression to the greenschist facies conditions similar to other blueschists of this area ranks studied rock together with related serpentinite body to the Hačava Fm. of the Bôrka nappe (Meliatic Unit).

**Key words:** blueschist, Na-amphiboles, volcanoclastic, mélange, Meliatic Unit

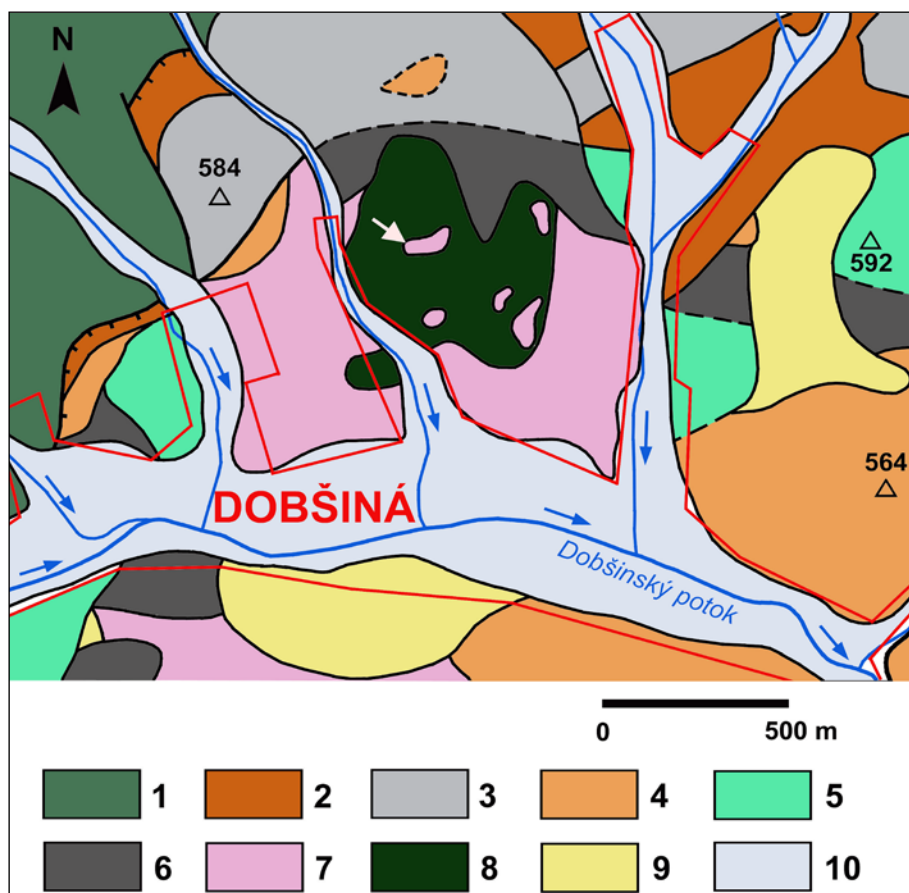
### Úvod

Serpentinitové teleso v oblasti pahorka Kälbl severne od mesta Dobšiná bolo po niekoľko desaťročí intenzívne exploatovaným ložiskom azbestu, ako aj objektom výskumu celého radu geológov a častých návštev exkurzií. Predmetom záujmu bola predovšetkým azbestová surovina. Až pri detailnom výskume sa zistilo malé teleso vysokotlakových metamorfitov fácie modrých bridlíc, už veľa rokov odkryté v serpentinitovom lome, ktoré dosiaľ unikalo pozornosti. Cieľom tejto práce je podať základnú geologickú, petrografickú a mineralogickú charakteristiku hornín tvoriacich toto teleso a poukázať na ich možný význam pri posudzovaní geologickej stavby okolia Dobšinej.

### Geológia

Serpentinitové teleso na severnom okraji Dobšinej je známe aspoň dvesto rokov, lomom však bolo otvorené až od roku 1918. Ide o bezkoreňový alpinotypný serpentinitovaný ultrabazit šošovkovitého tvaru, v pôdoryse oválny, s rozmermi v smere V – Z asi 700 m a v smere S – J asi

500 m, podľa iných údajov až 800 m. Najväčšia hrúbka je 45 m (Urban, 1967; Zlocha, 1995). Styk serpentinitovej šošovky s okolím je výrazne tektonický a aj samotná šošovka bola tektonickými pohybmi rozdelená na niekoľko častí. Bezprostredné okolie telesa tvoria sericitické a karbonatiko-sericitické fylity pravdepodobne triasového veku, tektonické brekcie a bunkovité dolomity (rauwocky) (Kamenický, 1957; Jaroš et al., 1980, 1981), ktoré sa spolu s vlastným serpentinitovým telesom považujú za súčasť meliatskej skupiny (Bajaník et al., 1983). Novšie boli všetky tieto horniny priradené k príkrovu Bôrky (Mello et al., 2000). Serpentinitové teleso sa zo severnej strany stýka s tmavými fylitmi a metabazaltmi, pôvodne považovanými za súčasť dobšinskej skupiny (karbón; napr. Zlocha, 1995), nedávno však aj tie boli identifikované ako súčasť príkrovu Bôrky (Ivan, 2007a). Serpentinitové teleso je zložené z masívneho, do rôznej miery tektonicky postihnutého serpentinitu prevažne tmavozelenej, sivozelenej a žltozelenej, menej čiernej farby, rôzne popretínaného žilkami zelenkasto bieleho chryzotilového azbestu (Hovorka et al., 1985). Minerálne zloženie najzachovanejších (čiernych) častí (olivín, ortopyroxén, klinopyroxén, spinel) zodpovedá lherzolitu.



**Obr. 1.** Schéma geologickej stavby okolia Dobšinej (podľa Bajaníka et al., 1984 – upravené). Miesto nálezu enklávy HP/LT metamorfovananej horniny je označené šípkou. 1 – rakovecká skupina; 2 – klátovská skupina; 3 – rudnianska formácia (karbón); 4 – krompašská skupina; 5 – metabazalty; 6 – tmavé bridlice; 7 – zelenkavé bridlice s olistolitmi prevažne karbonátov; 8 – serpentinit (5 – 8 – príkrov Bôrky); 9 – kvartér; 10 – alúvium.

**Fig. 1.** Geological sketch-map of the Dobšiná town vicinity (Bajaník et al., 1983 – modified). Location of the enclave of the HP/LT metamorphosed rock in the serpentinite quarry is marked by arrow. 1 – Rakovec Group; 2 – Klátov Group (1 – 2 – Lower Paleozoic); 3 – Rudňany Fm. (Carboniferous); 4 – Krompachy Fm. (Permian; 1 – 4 – Gemic Unit); 5 – metabasalts; 6 – dark schists; 7 – greenish schists with olistoliths mainly of carbonates; 8 – serpentinite (5 – 8 – Bôrka nappe); 9 – Quaternary; 10 – alluvium.

Hornina metamorfovaná vo vysokotlakovo-nízkotepelných (HP/LT) podmienkach fácie modrých bridlíc sa vyskytuje v sv. časti lomu tvoriacej ostrovček, ktorý obišla ťažba azbestovej suroviny. Nachádza sa na sz. strane ostrovčeka, kde tvorí enklávu s rozmermi asi 2,5 x 3 m, uloženú v serpentinitovej breccii (obr. 1). Breccia pozostáva z mierne zaoblených blokov masívneho serpentinitu do veľkosti 30 až 40 cm, uložených v svetlom, zelenkasto bielom matricke tvorenom silne deformovaným serpentínom. Okrem skúmanej horniny obsahuje aj bloky ďalších typov hornín, ako sú jemnozrnný zelenkastosivý karbonát alebo veľká enkláva (asi 30 – 40 m) sivozelenkavých bridlíc, ktoré prechádzajú do striedania s polohami karbonátu, pričom smerom na S sa zastúpenie karbonátu zvyšuje. V úlomkoch sa zistila aj ružová slienitá hornina zvetrávajúca na čierne oxidy Mn.

Vlastnú enklávu HP/LT metamorfitu tvorí masívna jemnozrnná čiernosivá hornina so slabou modrastým odtieňom. Polyédricky sa rozpadá a makroskopicky ju možno len veľmi obtiažne odlišiť od serpentinitov, ktoré v lome prevažujú. Na kontakte enklávy s okolím je vyvinutá asi 5 cm hrubá zóna obsahujúca vejáriky tmavého ihličkovitého amfibolu s veľkosťou do 5 mm a biele rozlamané žilky albitu. Ostatná časť má makroskopicky jednotný charakter. Na lome horniny možno odlišiť sporadické svetlé tenké žilky a odlesk drobných ihličiek amfibolu. Lokálne sa vyskytujú výraznejšie hnedé odtiene horniny, ktoré sú odrazom relatívne vyššieho obsahu biotitu.

## Petrografia

Prevažnú časť enklávy tvorí petrograficky pomerne homogénny jemnozrnný typ so všesmernou blastoporfyrickou štruktúrou. Výrastlice tvoria rovnomerne rozmiestnené vejárovité až radiálne zhluky dlhých stĺpčekov sodného amfibolu (obr. 3). Stĺpčeky majú kosoštvorcový prierez a dĺžku prevyšujúcu šírku viac ako desaťnásobne. Centrálné časti stĺpčekov obsahujú drobný pigment a sú intenzívnejšie sfarbené. Okrajové časti sú svetlejšie a vykazujú výrazný pleochroizmus ( $\alpha$  – bezfarebná až žltkastá,  $\beta$  – fialová,  $\gamma$  – svetlomodrá). Stĺpčeky sodného amfibolu sú v menšej miere zatlačené žltým biotitom. Matrix medzi výrastlicami je veľmi jemnozrnná a homogénna, len zriedka sú v ňom prítomné o niečo väčšie zrná. Nepozorujeme žiadne reliktné znaky primárnych sedimentárnych štruktúr ako laminácia alebo variácie zrnitosti materiálu. Matrix sa skladá prevažne z drobnozrnného albitu a/alebo kremeňa, v ktorom sú rozptýlené drobné šupinky svetlej sludy a jemný hnedý pigment. Okrem sodného amfibolu sú v matricke rozptýlené limonitizované pentagóny-dodekédre pyritu, nedokonalé kosoštvorcové alebo obdĺžnikové prierezy leukoxénu (tvoriace sa výrastlice titanitu) a drobné zrná apatitu. V matricke sú krátke žilky s premenlivou hrúbkou aj tvarom, ktoré sú vyplnené najmä albitom a talkom, zriedkavo aj pyritom a apatitom.

V okrajovej časti telesa na styku s okolím sa vyskytujú dva typy matricke, ktoré sú navzájom premiešané. Prvý typ



**Obr. 2.** Oválna enkláva HP/LT metamorfovanej horniny uložená v svetlom matrixe tvorenom serpentínom v dobšinskom serpentinitovom lome. Označené sú miesta odberu analyzovaných vzoriek. Dĺžka kladiva je 32 cm.

**Fig. 2.** Oval enclave of HP/LT metamorphosed rock embedded in the light-colour serpentinite matrix in the serpentinite quarry at the Dobšiná town. Analysed sample locations are labeled by dots. The hammer is 32 cm long.

tvoria prevažne drobné vejárovité agregáty svetlej sludy, medzi ktorými sú sporadické zrná albitu a hypidiomorfné až alotriomorfné zrná titanitu. Druhý typ je zhodný s matrixom v centrálnych častiach telesa, obsahuje však početné zrná, malé agregáty a krátke žilky albitu. Oba typy matrixu sú navzájom premiešané a hornina vzhľadom pripomína mylonit. V matrixe sú rozmiestnené vejáre a radiálne útvary sodného amfibolu s veľkosťou až 5 mm. Jeho stĺpčeky sú prevažne čisté. Drobný pigment bol vytlačený k ich okrajom, len miestami uzatvárajú zvýšenú koncentráciu tmavého pigmentu. Sodný amfibol je zatlačený biotitom, ktorý ho lemujú po okrajoch alebo sleduje hranice medzi stĺpčkami a ich snopcami v agregátoch. Biotit miestami podľahol premene na vermikulit. Pomerne hojná je impregnácia kockami, menej pentagonálno-dodekaédrickými jedincami pyritu do veľkosti až 1 mm. V menšom množstve je prítomný kalcit a chlorit.

Petrograficky úplným analógom HP/LT metamorfovanej horniny z dobšinského serpentinitového lomu je hornina zistená ako preplástok hrubý asi 15 mm v HP/LT metamorfovaných rádiolaritoch vyskytujúcich sa spolu s metabazaltmi v melanži hačavskej formácie príkrovu Bôrky jz. od obce Honce (Ivan a Méres, 2009). Možným, len slabo metamorfovaným analógom by mohla byť aj čiernosivá masívna, veľmi jemnozrná sedimentárna hornina s časticami s maximálne prachovou veľkosťou a menším obsahom rozptýleného organického materiálu, ktorá vystupuje v priamom kontakte s efúziou bazaltu v meliatiku s. s. pri Bretke.

### Mineralógia

V skúmanej HP/LT metamorfovanej hornine sa elektrónovým mikroanalýzatorom zistovalo zloženie sodných amfibolov, biotitu, svetlej sludy (fengitu), vermikulitu, talku a plagioklasu. Výsledky sú uvedené v tab. 1 a tab. 2.

Zloženie sodných amfibolov v hornine podľa klasifikácie Leakea et al. (1997; obr. 4) zodpovedá horečnatému riebeckitu až glaukofánu, v okrajových častiach je prítomný len horečnatý riebeckit. Glaukofán tvorí spravidla tenký lem na horečnatom riebeckite, ktorý obyčajne obsahuje drobné neanalyzovateľné uzavreniny – snád uhlíkatý pigment. Je zaujímavé, že identický rozsah variácií v zastupovaní riebeckitového a glaukofánového člena vidieť aj v sodných amfiboloch z analogickej horniny z Honiec. Rozdiel je len v ich horečnatosti, t. j. v pomere  $Mg/(Mg + Fe^{2+})$ .

V porovnaní s tým HP/LT metamorfované bazalty z blízkeho výskytu na vrchu Radzim (asi 5 km na J) obsahujú len glaukofán s prevažne nižším obsahom riebeckitovej zložky ako v metasedimentoch. Dominantná úloha substitúcie  $Al^{VI} - Fe^{3+}$  vo väčšine skúmaných amfibolov je zrejماً z obr. 5. Pozorované odchýlky zodpovedajú amfibolom, ktoré vykazujú zvýšenú substitúciu aktinolitového člena (obr. 6) a súčasne aj nižší obsah  $Na_B$ . Z obr. 6 je zrejماً aj to, že sodné amfiboly metasedimentov vrcholového štádia metamorfózy z Dobšinej a Honiec majú zhodné zloženie na rozhraní riebeckitu a glaukofánu, kým amfiboly vznikajúce za nižšieho tlaku (okraj enklávy z Dobšinej, centrá zónálnych amfibolov z Honiec) sú zložením bližšie riebeckitu. V porovnaní s metabazaltmi však obsah glaukofánovej zložky v sodných amfiboloch metasedimentov nepresahuje 65 %.

Variácie v zložení rôznych typov silikátov sú zrejماً z tab. 2, ale najmä z diagramu  $Al/Si$  vs.  $Fe$  (obr. 7). Biotit je horečnatého typu, s hodnotou pomeru  $Mg/(Mg + Fe)$  okolo 0,7. Svetlá sluda zodpovedá fengitu s minimálnym množstvom margaritovej ( $\leq 0,22$  %  $CaO$ ) zložky a malým množstvom paragonitovej zložky ( $Na/(Na + K) = 0,071$  až 0,096). Talk má prímes minnesotaitovej zložky ( $Fe/(Fe + Mg) = 0,116 - 0,130$ ). V prípade vermikulitu, ktorý vzniká premenou flogopitu, sa zdá, že je zastúpený dvomi typmi s rozdielnym zložením (obr. 7). Prvý typ má obsah  $Fe$  a pomer  $Al/Si$  nadväzujúci na východiskový biotit, kým druhý typ má obe hodnoty nižšie, blížiacie sa k talku.

### Geochemia

Chemické zloženie HP/LT metamorfovanej horniny zo serpentinitového lomu v Dobšinej spolu so zložením geologických materiálov, ktoré sa s ním porovnávajú, je uvedené v tab. 3. Z obsahu hlavných prvkov je zrejماً, že svojím zložením pripomína intermediárne vulkanity, hoci alterácia fluidami (vysoká strata žihánim) a vplyv okolitých serpentinitov (vysoký obsah  $MgO$  a nízky obsah  $CaO$ ) sú zrejماً. Distribúcia stopových prvkov vrátane prvkov skupiny vzácnych zemín (REE; obr. 8 a 9) sa taktiež blíži k intermediárnym vulkanitom z ensialických magmatických oblúkov. Podobné zloženie majú aj typické sedimenty turbiditných prúdov z oblastí pred takýmito oblúkmi. V porovnaní so zložením priemerného pelagického ílu sú výrazne obohatené o prvky, ktorých nositeľmi sú akcesorické minerály (Ti, Zr, Hf, Nb, Ta, V, Cr). Relatívne nižší obsah vykazujú prvky, ktoré majú malú tendenciu sa frakcionovať pri zvetrávaní a sedimentácii až po najjemnejšie frakcie, ako sú REE, Th alebo Sc. Metasediment z Bretky, ktorý po petrografickej stránke a podľa sedimentačného prostredia

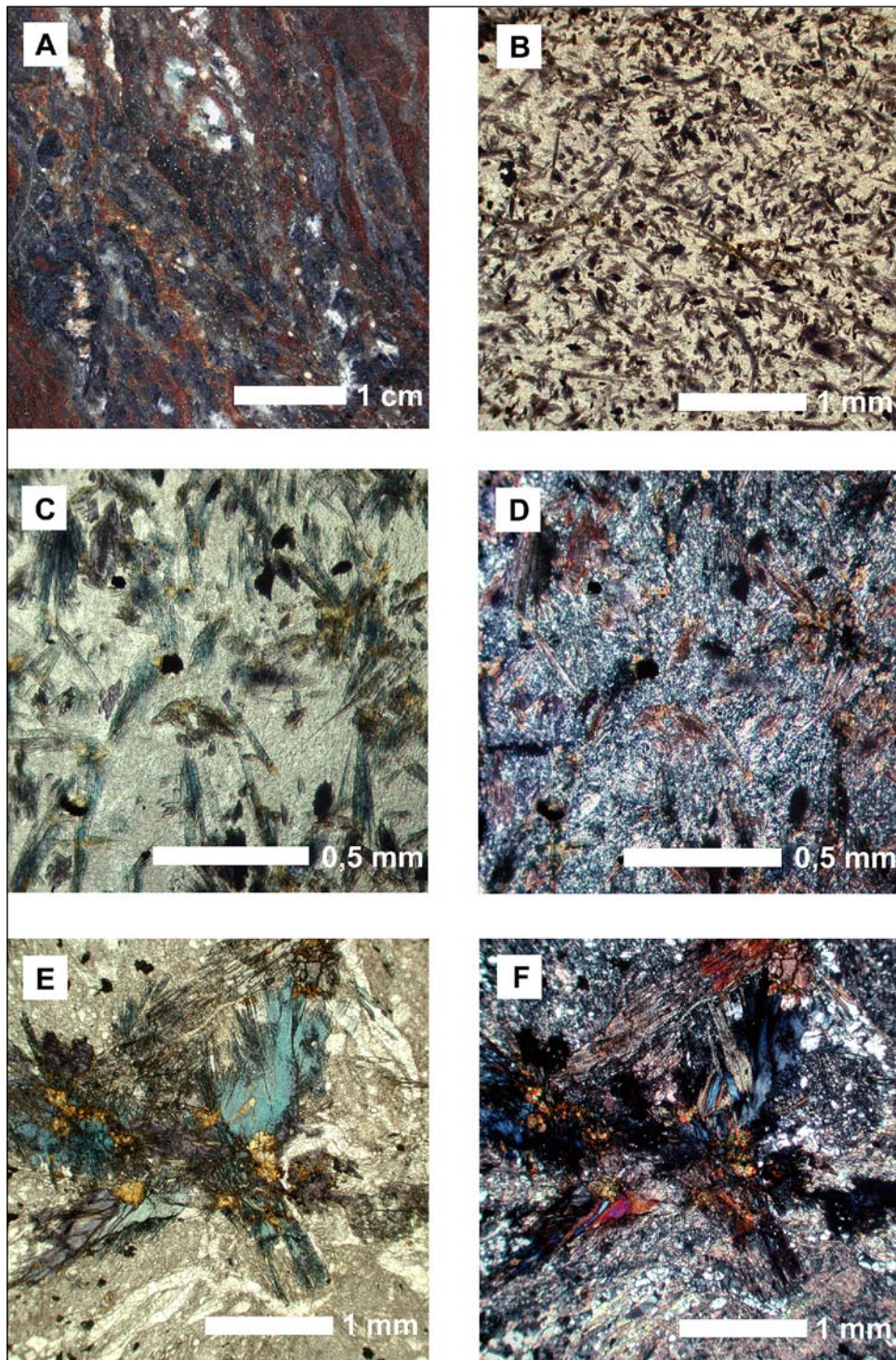
Tab. 1  
 Vybrané analýzy sodných amfibolov z enklávy HP/LT metamorfovanej horniny zo serpentinitového lomu v Dobšinej  
 Selected analyses of Na-amphiboles from the enclave of HP/LT metamorphosed rocks in the Dobšiná serpentinite quarry

Por. č. Č. vz.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
	FD-392	FD-392	FD-392	FD-392	FD-392	FD-392	FD-394	FD-394	FD-394	FD-394	FD-394	FD-394	FD-394	FD-394	FD-394
SiO <sub>2</sub>	56,53	56,80	57,55	57,37	55,32	57,10	57,28	56,33	57,71	57,74	56,93	56,27	57,20	56,38	55,40
TiO <sub>2</sub>	0,56	0,75	0,19	0,21	0,18	0,15	0,00	0,00	0,00	0,24	0,00	0,00	0,00	0,34	0,04
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5,81	6,75	7,00	9,54	5,17	7,94	3,07	2,77	3,10	4,22	4,47	3,02	3,39	4,63	3,12
FeO <sup>I</sup>	16,25	15,50	15,24	12,40	17,97	14,23	16,59	18,36	16,74	14,70	15,80	16,69	15,07	17,42	20,58
MnO	0,01		0,05												
MgO	10,86	10,87	10,15	10,38	10,30	10,37	12,20	11,60	12,83	13,33	12,36	13,20	13,51	10,84	10,68
CaO	0,29	0,48	0,25	0,48	0,33	0,42	1,70	2,04	1,78	1,88	1,28	2,31	2,09	0,55	1,83
Na <sub>2</sub> O	6,94	6,65	6,81	6,74	6,98	7,00	6,35	6,22	6,20	6,18	6,32	5,72	6,16	6,67	5,68
K <sub>2</sub> O	0,04	0,03	0,04	0,02							0,08		0,09	0,08	0,10
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,00	0,02	0,01	0,03										0,01	
Suma	97,29	97,85	97,24	97,22	96,25	97,21	97,19	97,32	98,36	98,29	97,24	97,21	97,51	96,92	97,43
230															
Si	8,043	8,013	8,136	7,999	8,076	8,055	8,232	8,179	8,197	8,124	8,136	8,112	8,151	8,140	8,113
Al <sup>IV</sup>				0,001											
Al <sup>VI</sup>	0,974	1,123	1,166	1,567	0,889	1,320	0,521	0,474	0,518	0,700	0,752	0,514	0,570	0,788	0,538
Ti	0,060	0,079	0,021	0,022	0,020	0,016				0,026				0,037	0,004
Fe <sup>I</sup>	1,933	1,829	1,802	1,446	2,194	1,678	1,994	2,229	1,989	1,730	1,889	2,012	1,796	2,104	2,521
Mn	0,002			0,006											
Mg	2,304	2,286	2,140	2,157	2,240	2,180	2,614	2,509	2,715	2,795	2,633	2,836	2,869	2,333	2,333
Ca	0,044	0,072	0,038	0,072	0,052	0,630	0,262	0,317	0,271	0,284	0,196	0,358	0,319	0,085	0,287
Na	1,914	1,818	1,868	1,823	1,974	1,910	1,770	1,750	1,708	1,685	1,751	1,598	1,703	1,867	1,613
K	0,006	0,006	0,007	0,004							0,014		0,016	0,014	0,019
Cr	0,003	0,003	0,001	0,003											
Fe <sup>3+</sup>	1,264	1,201	0,958	0,717	1,441	0,865	1,242	1,347	1,439	1,288	1,405	1,621	1,327	1,381	1,735
Na <sub>B</sub>	1,869	1,774	1,829	1,794	1,914	1,878	1,722	1,692	1,654	1,639	1,697	1,542	1,653	1,811	1,552
Mg/Fe <sup>2+</sup> + Mg	0,783	0,793	0,722	0,750	0,760	0,732	0,785	0,749	0,844	0,874	0,857	0,895	0,870	0,775	0,765

**Vysvetlivky k tab. 1:** Analýzy amfibolov sa stanovili elektrónovým mikroanalýzatorom CAMECA SX 100 v Štátnom geologickom ústave D. Štúra v Bratislave. Podmienky merania: urýchľujúce napätie 15 kV, prúd elektrónového lúča 20 nA, merací čas 20 s, priemer lúča 2 – 10 µm. Výpočet Fe<sup>3+</sup> sa urobil na základe metódy v práci Leake et al. (1997).

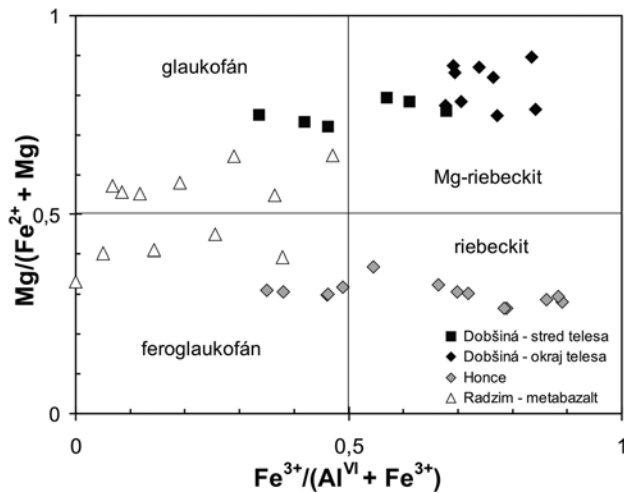
**Explanations to Tab. 1:** Amphibole analyses were performed by the electron microprobe CAMECA SX 100 at the State Geological Institute of D. Štúr in Bratislava. Microprobe operated at 15 kV accelerating voltage and 20 nA beam current, counting time was 20 s and beam diameter 2 – 10 µm. Fe<sup>3+</sup> in amphiboles was calculated using method by Leake et al. (1997).





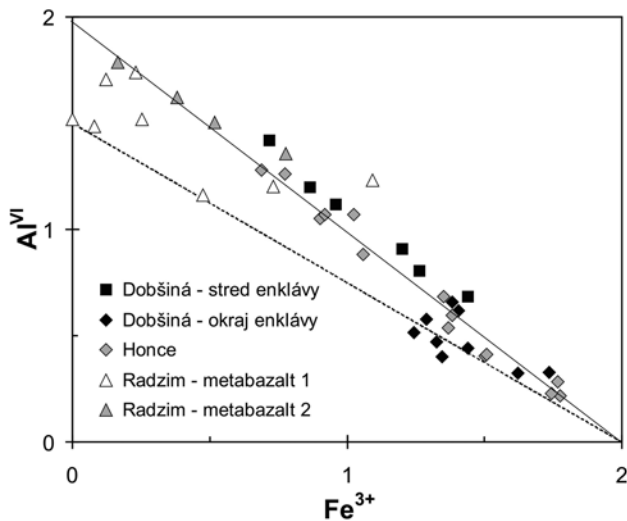
**Obr. 3.** Makro- a mikroskopické snímky HP/LT metamorfovanej horniny z dobšinského serpentinitového lomu: A – rezná plocha hrubozrnnej variety (vzorka FD-394); biele škvrnky sú albit, tmavé sodný amfibol; B – mikroskopický pohľad na jemnozrnnú variety horniny (FD-392); stĺpčeky a ich vejárikovité agregáty tvorí sodný amfibol, II N; C – tá istá hornina, detailný pohľad; v agregátoch spolu so sodným amfibolom je aj biotit, II N; D – to isté, X N; E – agregát sodného amfibolu spolu s biotitom v hrubozrnnej variete (FD-394), mierka je tá istá ako pri B, II N; F – to isté, X N.

**Fig. 3.** Macroscopic and microscopic photos of the HP/LT metamorphosed rock from the serpentinite quarry at the Dobšiná town: A – cutting surface of coarse-grained variety (sample FD-394); white speckles are albite, dark Na-amphibole; B – microscopic view on the fine-grained variety of rock (FD-392), Na-amphibole forms small columns and their aggregates, II N; C – detail of the same rock, biotite is in aggregates together with Na-amphibole, II N; D – the same, X N; E – aggregate of Na-amphibole together with biotite in the coarse-grained variety (FD-394), scale is the same as B, II N; F – the same, X N.



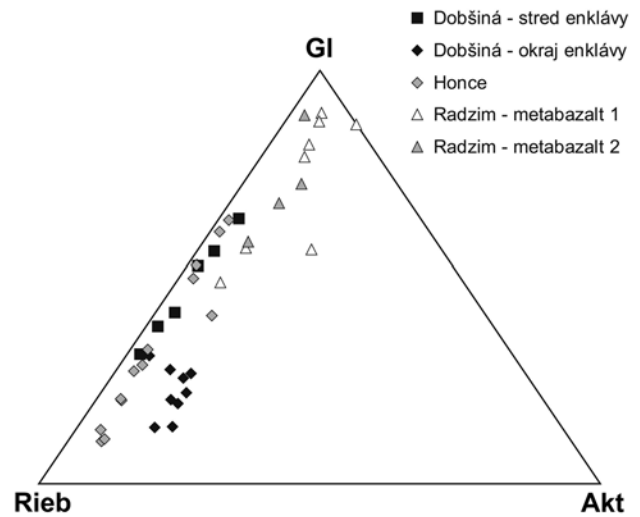
**Obr. 4.** Klasifikačný diagram sodných amfibolov z HP/LT metamorfovanej horniny z dobšinského lomu. Na porovnanie je uvedené zloženie amfibolov z analogickej horniny z oblasti Honiec (Ivan a Méres, 2009) a z metabazaltu z oblasti Radzimu (998,5) na J od Dobšinej (nepublikované údaje), obe horniny sú súčasťou hačavskej formácie príkrovu Bôrky.

**Fig. 4.** Classification diagram for Na-amphiboles from the HP/LT metamorphosed rock found in the serpentinite quarry at the Dobšiná town. Compositions of Na-amphiboles from the analogical HP/LT metamorphosed rock from the Honce village area (Ivan and Méres, 2009) and metabasalts from the Radzim hill (998.5) to S of Dobšiná town (unpublished data) are given for comparison.



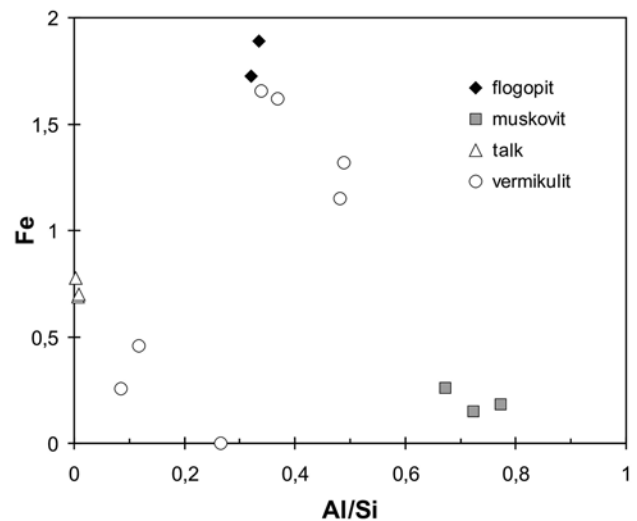
**Obr. 5.** Diagram  $Fe^{3+}$  vs.  $Al^{VI}$  sodných amfibolov z enklávy HP/LT metamorfovanej horniny z dobšinského serpentinitového lomu. Na porovnanie sú uvedené aj sodné amfiboly z analogickej horniny z oblasti Honiec a metabazaltov z oblasti Radzimu (998,5). Obe horniny sú súčasťou hačavskej formácie príkrovu Bôrky. Zdroj údajov: pozri obr. 4.

**Fig. 5.**  $Fe^{3+}$  vs.  $Al^{VI}$  diagram for Na-amphiboles from HP/LT metamorphosed rock enclave found in the Dobšiná serpentinite quarry. Na-amphiboles from the nearly identical HP/LT metamorphosed rock (Honce village area) and from metabasalts (Radzim hill, 998.5) of the Hačava Fm. (Bôrka nappe, Meliatic Unit) are added for comparison. Data source: see Fig. 4.



**Obr. 6.** Diagram GI-Rieb-Akt znázorňujúci podiel glaukofánovej, riebeckitovej a aktinolitovej zložky v sodných amfiboloch z enklávy HP/LT metamorfovanej horniny z dobšinského serpentinitového lomu. Na porovnanie sú uvedené aj sodné amfiboly z identickej horniny z oblasti Honiec a metabazaltov z oblasti Radzimu (998,5). Obe horniny sú súčasťou hačavskej formácie príkrovu Bôrky. Prepočet na koncové členy podľa Aokiho et al. (2008). Zdroj údajov: pozri obr. 4.

**Fig. 6.** Diagram GI-Rieb-Akt illustrating amount of glaucofan, riebeckite and actinolite components in Na-amphiboles from the enclave of HP/LT metamorphosed rock found in the Dobšiná serpentinite quarry. Na-amphiboles from nearly identical rock (locality Honce village area) and from metabasalts (Radzim hill, 998.5) of the Hačava Fm. (Bôrka nappe, Meliatic Unit) are added for comparison. End members calculation according to Aoki et al. (2008). Data source: see Fig. 4.



**Obr. 7.** Diagram Al/Si vs. Fe znázorňujúci variácie v zložení fylosilikátov v HP/LT metamorfovanej hornine z dobšinského serpentinitového lomu.

**Fig. 7.** Al/Si vs. Fe diagram illustrating variations in phyllosilicate compositions in the HP/LT metamorphosed rock from the Dobšiná serpentinite quarry.

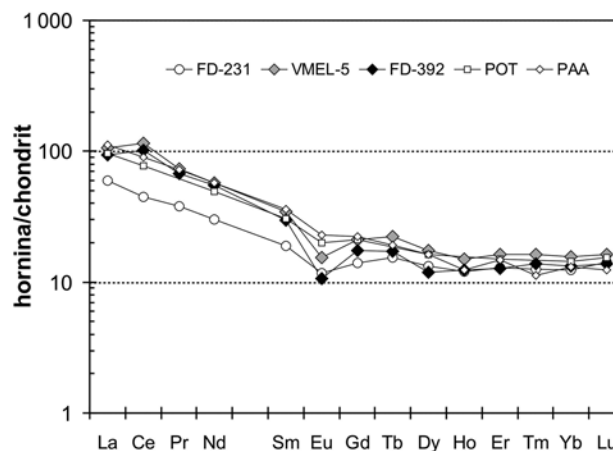
Tab. 3

Obsah hlavných a stopových prvkov v HP/LT metamorfovanej hornine zo serpentinitového lomu v Dobšinej a horninách uvedených na porovnanie  
Major and trace element distribution in the HP/LT metamorphosed rock from the Dobšiná serpentinite quarry and compared rocks

Por. č.	1	2	3	4	5	6	7
Č. vz.	FD-392	VMEL-5	FD-231	PAA	PAH	POT	PPI
SiO <sub>2</sub>	53,69	59,32	62,33	59,43	57,84		53,51
TiO <sub>2</sub>	0,69	0,83	0,78	0,90	0,93		0,77
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	14,42	18,1	16,47	16,67	16,73		15,87
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	6,71	4,69	8,29	6,60	7,90		9,3
MnO	0,02	0,09	0,05	0,12	0,15		0,09
MgO	10,25	2,68	3,66	3,62	4,24		3,48
CaO	0,7	2,36	0,16	6,11	7,01		1,3
Na <sub>2</sub> O	5,39	8,9	0,97	3,57	3,13		5,39
K <sub>2</sub> O	1,88	0,09	2,76	2,32	1,63		3,01
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,13	0,11	0,14	0,24	0,24		0,34
LOI	6,1	2,8	4,2	0,92	2,21		
C <sub>celk</sub>	0,07	0,46	0,18				
S <sub>celk</sub>		0,01	0,01				
C <sub>org</sub>	0,03	0,17	0,16				
	99,98	99,97	99,81				
Ba	173,3	23,7	369,7	520,8	468,2	279,0	2 300,0
Rb	87,9	2,5	107,1	89,3	56,8		110,0
Sr	18,2	47,7	29,3	484,7	395,3		18,0
Th	10,4	10,8	8,1	10,0	6,4		13,4
Nb	14,8	15,2	11,5	10,3	12,2		14,0
Ta	1	1	0,7	1,2	1,3		1,0
Zr	140,4	150,5	196,1	160,9	139,4	179,0	150,0
Hf	4,2	4,4	5,5	4,7	3,2		4,1
Y	20,8	24,9	21,1	22,1	25,5	16,0	40,0
La	22,1	25,3	14,2	26,4	20,4	23,0	23,0
Ce	62,3	70,2	27,4	55,1	41,9	47,3	80,0
Pr	6,29	6,78	3,54	6,71	2,71		10,00
Nd	25,1	26,2	13,7	26,3	23,9	22,4	41,0
Sm	4,4	5,1	2,8	5,4	4,6	4,5	8,0
Eu	0,60	0,87	0,66	1,29	2,42	1,12	1,80
Tb	0,62	0,80	0,56	0,69	0,71		1,30
Dy	2,93	4,32	3,27	4,00	3,83	4,00	7,40
Ho	0,68	0,82	0,66	0,68	0,67		1,50
Er	2,03	2,60	2,07	2,37	2,15	2,40	4,10
Tm	0,34	0,40	0,31	0,28	0,29		0,57
Yb	2,15	2,50	1,99	2,12	2,50	2,31	3,80
Lu	0,34	0,40	0,35	0,31	0,39		0,55
Sc	15	20	16	16	21	25	19
V	108	162	120	142	193		120
Cr	95,8	150,5	68,4	87,2	110,8		90,0
Co	31,4	25,1	16,3	22,0	25,0		74,0
Ni	78	84	35	40	63		230

**Vysvetlivky k tab. 3:** FD-392 – HP/LT metamorfovaná hornina z dobšinského serpentinitového lomu; VMEL-5 – slabo metamorfovaná sedimentárna hornina z Bretky (meliatska formácia); FD-231 – metasediment vulkanogénneho pôvodu, Hnilčík – Štolverk, zlatnícka formácia gemerika; PAA a PAH – priemerné zloženie andezitov z Ánd a ostrova Honšu (Japonsko; Geokem); POT – priemerný oblúkový turbidit (Lytwyn et al., 2001); PPI – priemerný pelagický íl (McLennan et al., 1990, resp. McLennan a Murray, 1999). Analýzy 1 – 3 sa urobili v laboratóriách firmy ACME, Kanada. Hlavné prvky Sc, Cr a Ni boli stanovené metódou ICP OES, ostatné metódou ICP MS. Obsah hlavných prvkov je v hmotnostných percentách, ostatné v ppm.

**Explanations to Tab. 3:** FD-392 – HP/LT metamorphosed rock from the Dobšiná serpentinite quarry; VMEL-5 – low-grade metamorphosed sedimentary rock from the Bretka village (Meliata Fm.); FD-231 – metamorphosed volcanogenic sedimentary rock from the Hnilčík – Štolverk settlement (Zlatník Fm., Gemic Unit); PAA and PAH – average andesites from Andes and Honshu (Japan) respectively; POT – average arc turbidite (Lytwyn et al., 2001); PPI – average pelagic clay (McLennan et al., 1990 and McLennan and Murray, 1999). Analyses 1 – 3 were performed by ACME Inc., Canada. Major elements and Sc, Cr and Ni were analysed by ICP OES, other elements by ICP MS.



**Obr. 8.** Chondritovo normalizované obrazy prvkov skupiny vzácnych zemin HP/LT metamorfovanej horniny z dobšinského serpentinitového lomu (FD-392) a jej slabo metamorfovaného analógu z Bretky (meliatska formácia; VMEL-5). Na porovnanie sú uvedené aj obrazy vulkanogénneho metasedimentu zo zlatníckej formácie gemerika (FD-231; Méres et al., 2008), priemerného oblúkového turbiditu z indonézskeho ostrova Sumba (POT; Lytwyn et al., 2001) a priemerného andezitu z Ánd (PAA; Geokem). Normalizácia podľa McDonougha a Suna (1995).

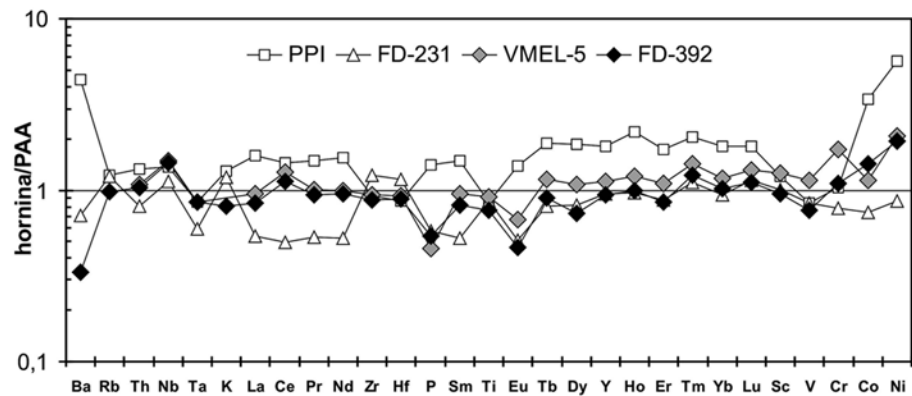
**Fig. 8.** Chondrite normalized REE patterns of the HP/LT metamorphosed rock from the Dobšiná serpentinite quarry (FD-392) and its very low-grade metamorphosed analogue from the Bretka village (Meliata Fm.; VMEL-5). The patterns for metamorphosed volcanoclastic sediment from the Zlatník Fm. (Paleozoic of the Gemic Unit; FD-231; Méres et al., 2008), average arc turbidite from the Sumba Island, Indonesia (POT; Lytwyn et al., 2001) and average Andean andesite (PAA; Geokem) are added for comparison. Normalization according to McDonough and Sun (1995).

môže predstavovať nemetamorfovaný analóg skúmanej vzorky, má veľmi podobné zloženie, najmä pokiaľ ide o imobilné prvky. To isté možno konštatovať pri porovnávaní so zložením priemerného andského andezitu (Geokem) alebo priemerného turbiditu zo Sumba (Indonézia; Lytwyn et al., 2001) alebo z Ánd (McLennan et al., 1990; McLennan a Murray, 1999). Blízke sú aj kľúčové pomery prvkov charakterizujúce bazicitu protolitu (Th/Sc) alebo možné geodynamické prostredie vzniku (Th/Yb, Ta/Yb; tab. 3). Isté malé rozdiely sa prejavujú v obsahu Ce a Eu – skúmaná hornina, rovnako ako jej nemetamorfovaný analóg z Bretky, vykazujú malú pozitívnu anomáliu Ce (Ce/Ce\* = 1,26, resp. 1,27) a negatívnu anomáliu Eu (Eu/Eu\* = 0,42, resp. 0,51). Geochemicky podobné parametre ako skúmaná hornina vykazujúce prevažujúci typ metasedimentov zlatníckej formácie (paleozoikum gemerika; Méres et al., 2008).

## Diskusia

Enkláva HP/LT metamorfovanej horniny v dobšinskom serpentinitovom lome predstavuje malé teleso v melanži, kde v priestore s rozmermi rádovo prvé desiatky metrov nachádzame spolu s ním horniny s takou kontrastnou genézou, ako sú serpentinizovaný ultrabazit a rozličné typy vápencov. Melanž tu má tektonický charakter a vznikla





**Obr. 9.** Spidergram pre HP/LT metamorfovanú horninu z dobšinského lomu (FD-392) a jej slabo metamorfovaný analóg z Bretky (VMEL-5) s normalizáciou na priemerný andeýz (PAA, Geokem). Na porovnanie je uvedený aj vulkanogénny metasediment zo zlatníckej formácie gemerika (FD-231; Méres et al., 2008) a priemerný pelagický íl (PPI; McLennan a Murray, 1999).

**Fig. 9.** Spidergram of the HP/LT metamorphosed rock from the Dobšiná serpentinite quarry (FD-392) and its very low-grade metamorphosed analogue from the Bretka village (Meliata Fm.; VMEL-5) normalized on average Andean andesite (PAA; Geokem). Metamorphosed volcaniclastic sediment from the Zlatník Fm. (Paleozoic of the Gemeric Unit; FD-231; Méres et al., 2008) and average pelagic clay (McLennan and Murray, 1999) are added for comparison.

na okraji ultrabázického telesa pri jeho serpentinizácii a deformácii pri tektonických presunoch. Nasvedčuje tomu serpentínový matrix melanže. Pravdepodobne má len obmedzený rozsah a prechádza do sedimentárnej melanže s matrixom tvoreným pestrými fylitmi a s olistolitmi prevažne mramorizovaných karbonátov, ktoré možno pozorovať na s. svahoch Spitzenhügla (Končistej, 729,5). Enkláva, s výnimkou úzkej zóny na okraji, má masívnu stavbu, jednotný petrografický charakter a vo výbrusoch vidieť len nejasné náznaky primárneho usmernenia horniny. Z obsahu imobilných hlavných prvkov, z chondritovo normalizovaných obrazov REE (obr. 8), ako aj z celkovej distribúcie relevantných stopových prvkov (obr. 9) vyplýva, že skúmaná hornina je svojím zložením blízka orogénnym andezitom z magmatických oblúkov vyvinutých na kontinentálnej kôre (recentný analóg napr. Andy; Honšu, Japonsko). Nenašli sa však žiadne znaky, ktoré by svedčili o efúziivnom vzniku tejto horniny, napr. náznaky prítomnosti magmatických výrastlíc, ktoré sú pre intermediárne vulkanity veľmi typické. Možno však vysloviť domnienku, že protolit horniny mal zrejme charakter sedimentu a mohol byť uložený v hlbokooceánskom prostredí. Podporu takejto interpretácie možno vidieť v nasledujúcich faktoch. Značná časť vulkanizmu magmatických oblúkov má extrúziívny charakter a pyroklastický materiál môže sedimentovať až rádo stovky kilometrov od vulkanického centra. Okrem toho, podobné zloženie ako skúmaná hornina majú aj sedimenty uložené z turbiditných prúdov, ktoré znášajú vulkanický materiál z takýchto oblúkov do predoblúkových, prípadne zaoblúkových bazénov (Andy, ostrov Sumba v Indonézii; McLennan et al., 1990; McLennan a Murray, 1999; Lytwyn et al., 2001). Metasediment s úplne identickými petrografickými a mineralogickými charakteristikami ako skúmaná hornina sa zistil v podobe preplástku hrubého 1,5 cm v HP/LT metamorfovaných rádiolaritoch priliehajúcich k metabazaltu typu N-MORB, ktorý tvorí olistolit v melanži hačavskej formácie príkrovu Bôrky pri Honcoch (Ivan a Méres, 2009). Slabo metamorfovaný jemnozrnný sediment

s veľmi blízkymi geochemickými charakteristikami, v čase efúzie bazaltu typu N-MORB ešte nespvený, sa našiel ako olistolit v melanži meliatskej jednotky s. s. pri Bretke (tab. 3, obr. 8 a 9). Hoci podobné zloženie sedimentu, ako zodpovedá vzorkám z Dobšinej a Bretky, by teoreticky mohla poskytnúť aj hlboko erodovaná zdrojová oblasť budovaná migmatitizovaným kryštalinikom bez väčších granitoidných telies, ich výskyt v malých oceánskych bazénoch typu meliatskeho oceánu (cf. Ivan, 2002) nie je pravdepodobný. Masívny charakter týchto hornín bez výraznejšieho detailného usmernenia a laminácie poukazuje na rýchlu sedimentáciu. Do úvahy tu pripadá priama sedimentácia vulkanoklastického materiálu priamo z atmosféry alebo preplavenie vulkanoklastického materiálu turbiditnými prúdmi. Druhá možnosť sa javí pravdepodobnejšia, pretože sediment z Bretky obsahuje rozptýlenú organickú hmotu, pri diagenéze mobilizovanú. Jej zvyškom v skúmanej hornine z Dobšinej môže byť čierny pigment, lokálne sústredený v amfiboloch. Zhodná negatívna Eu anomália v oboch horninách je výsledkom frakcionácie plagioklasu, ktorá môže byť výsledkom magmatického procesu, ale môže nastať aj počas sedimentácie (Lytwyn et al., 2001). Príčina pozitívnej Ce anomálie nie je úplne jasná. Podobnú anomáliu vykazujú napr. už spomínané turbidity z ostrova Sambo (Lytwyn et al., l. c.). Pravdepodobne je odrazom podmienok sedimentácie, pričom oxidovaný  $Ce^{4+}$  môže byť adsorbovaný na  $Mn^{2+}$ , oxyhydroxidy Fe alebo na organické častice (napr. Holser, 1997; Plank a Langmuir, 1998). Vulkanoklastický materiál pochádzajúci z magmatického oblúka je rozšíreným zdrojom sedimentov zaoblúkových bazénov (napr. Lackschewitz et al., 2003). Bol zaznamenaný aj v zaoblúkovom bazéne, ktorého zvyšky predstavuje zlatnícka formácia gemerika (Méres et al., 2008). Na základe všetkých uvedených dôvodov možno teda predpokladať, že aj hornina tvoriaca enklávu v dobšinskom serpentinitovom lome sa sformovala v abysálnom prostredí priamo na oceánskej kôre. Jej materiál však nebol oceánskeho, ale konvergentného, oblúkového pôvodu.

Metamorfná asociácia v skúmanej hornine z dobšinského lomu zodpovedá podmienkam fácie modrých bridlíc a je identická ako asociácia v analogickej hornine z okolia obce Honce. Zloženie amfibolov varíruje v oboch prípadoch v úplne identickom rozsahu, od (Mg-)riebeckitu po (fero)glaukofán. Zrejme to odráža postupný nárast tlaku, pretože riebeckitický sodný amfibol je stabilný už pri nižšom tlaku ako glaukofán (cf. Maruyama a Liou, 1985; Otsuki a Banno, 1990; Nozaka, 1999; Banno, 1998; Aoki et al., 2008 a i.). Glaukofán v skúmanej hornine lemuje horečnatý riebeckit. V okrajovej zóne sa zaznamenal len horečnatý riebeckit, čo možno interpretovať ako reakciu na pokles tlaku pri exhumácii. Neprítomnosť výraznejšej retrogresie (až do podmienok fácie zelených bridlíc) indikuje, že hornina je súčasťou hačavskej formácie príkrovu Bôrky v zmysle nového, detailnejšieho litologického členenia podľa Ivana (2007b). Podmienky metamorfózy možno pokladať za identické s podmienkami v ostatných častiach hačavskej formácie (cf. Faryad, 1995, 1997). Pri tektonických procesoch, ktoré viedli v konečnom dôsledku k súčasnej pozícii v tektonickej melanži, bola hornina vystavená pôsobeniu fluíd. To viedlo k tvorbe albitovo-talkových žiliek s pyritom a k tvorbe biotitu na úkor sodného amfibolu. Môže to svedčiť o pôsobení zvýšenej teploty nad hranicou stability glaukofánu. Podobný proces sa uplatnil aj v melanži pri Honcoch. Vznik vermikulitu na úkor biotitu je prejavom záverečnej premeny horniny v hypergénnych podmienkach. Pozícia HP/LT metamorfovananej horniny v tektonickej melanži so serpentínovým matrixom na okraji serpentinitového telesa, ktorá prechádza do sedimentárnej melanže hačavskej formácie príkrovu Bôrky, je potvrdením spojitosti ultrabázických hornín s týmto príkrovom.

### Záver

Na základe získaných výsledkov a ich interpretácie sme dospeli k nasledujúcim záverom:

- v tektonickej melanži na okraji serpentinitového telesa v Dobšinej sa zistila enkláva horniny metamorfovananej v podmienkach fácie modrých bridlíc;
- horninu tvorí prevažne sodný amfibol a albit ( $\pm$  kremeň) spolu s menším množstvom titanitu, pyritu, biotitu, talku, fengitu a flogopitu;
- zloženie sodného amfibolu sa mení od horečnatého riebeckitu po glaukofán, v okrajovej zóne je len horečnatý riebeckit, čo sa môže interpretovať ako dôsledok retrogresie;
- obsah hlavných prvkov v hornine je pozmenený vplyvom okolitého serpentinitu, distribúciou imobilných stopových prvkov pripomína andezity magmatických oblúkov na kôre kontinentálneho typu, resp. jemnozrnné sedimenty turbiditov pochádzajúcich z týchto oblúkov;
- protolitom horniny bol materiál kontinentálneho pôvodu, pravdepodobne vulkanoklastický detrit pochádzajúci z magmatického oblúka;
- enkláva HP/LT metamorfovananej horniny spolu s vlastným telesom serpentinitu sú súčasťou hačavskej formácie príkrovu Bôrky.

**Podakovanie.** Táto práca vznikla s pomocou Agentúry na podporu výskumu a vývoja na základe zmluvy č. APVV-0571-06. Autori sú zaviazaní vďakou obom oponentom, prof. Ing. Walimu S. Faryadovi, CSc., z Ústavu petrológie a štruktúrnej geológie Karlovej univerzity v Prahe a Ing. Zoltánovi Némethovi, PhD., zo Štátneho geologického ústavu D. Štúra v Košiciach za starostlivé prečítanie rukopisu a pripomienky, ktoré pomohli zlepšiť túto prácu.

### Literatúra

- AOKI, K., ITAYA, T., SHIBUYA, T., MASAGO, H., KON, Y., TERABAYASHI, M., KANEKO, Y., KAWAI, T. & MARUYAMA, S., 2008: The youngest blueschist belt in SW Japan: Implication for the exhumation of the Cretaceous Sanbagawa high-P/T metamorphic belt. *J. metamorph. Geol.*, 26, 5, 583 – 602.
- BAJANIČ, Š., HANZEL, V., IVANIČKA, J., MELLO, J., PRISTAŠ, J., REICHWALDER, P., SNOPOKO, L., VOZÁR, J. & VOZÁROVÁ, A., 1983: Vysvetlivky ku geologickej mape Slovenského rudohoria – východná časť v mierke 1 : 50 000. *Bratislava, Geol. Úst. D. Štúra*, 1 – 223.
- BAJANIČ, Š., HANZEL, V., IVANIČKA, J., MELLO, J., PRISTAŠ, J., REICHWALDER, P., SNOPOKO, L., VOZÁR, J. & VOZÁROVÁ, A., 1984: Geologická mapa Slovenského rudohoria – východná časť, 1 : 50 000. *Bratislava, Geol. Úst. D. Štúra*.
- BANNO, S., 1998: Pumpellyite-actinolite facies of the Sanbagawa metamorphism. *J. metamorph. Geol.*, 16, 117 – 128.
- FARYAD, S. W., 1995: Phase petrology and p,T conditions of mafic blueschists from the Meliata Unit, West Carpathians, Slovakia. *J. metamorph. Geol.*, 13, 701 – 714.
- FARYAD, S. W., 1997: Lithology and metamorphism of the Meliata unit high-pressure rocks. In: *Grecula, P., Hovorka, D. & Putiš, M. (eds.): Geological evolution of the Western Carpathians. Bratislava, Miner. Slov., Monogr.*, 131 – 144.
- GEOKEM. The average composition of the Earth's continental crust. [http://www.geokem.com/earths\\_average\\_composition.html](http://www.geokem.com/earths_average_composition.html)
- HOLSER, W. T., 1997: Evaluation of application of rare-earth elements to paleoceanography. *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol. (Amsterdam)*, 132, 309 – 323.
- HOVORKA, D., IVAN, P., JAROŠ, J., KRATOCHVÍL, M., REICHWALDER, P., ROJKOVIČ, I., SPIŠIAK, J. & TURANOVÁ, L., 1985: Ultramafic rocks of the Western Carpathians, Czechoslovakia. *Bratislava, Geol. Úst. D. Štúra*, 1 – 258.
- IVAN, P., 2002: Relics of the Meliata Ocean crust: Geodynamic implications of mineralogical, petrological and geochemical proxies. *Geol. Carpath. (Bratislava)*, 53, 4, 245 – 256.
- IVAN, P., 2007a: Nález retrogresne zmenených glaukofanitov meliatika(?) v okolí Dobšinej: petrograficko-geochemická charakteristika a geodynamické prostredie vzniku. In: *Đurž, A. & Rapant, S. (eds.): Geochemia 2007. Bratislava, GS SR, Vyd. D. Štúra*, 49 – 51.
- IVAN, P., 2007b: Litostratigrafické jednotky príkrovu Bôrky: ich stručná charakteristika a možný pôvod. In: *Jurkovič, L. (ed.): Geochemia v súčasných geologických vedách. Cambelove dni 2007. Bratislava, Univerzita Komenského*, 42 – 48.
- IVAN, P. & MĚRES, Š., 2009: Vysokotlakovo metamorfované rádiolarity a silicity z príkrovu Bôrky. In: *Jurkovič, L. (ed.): Geochemia pri riešení aktuálnych problémov. Cambelove dni 2009. Bratislava, Univerzita Komenského*, v tlači.
- JAROŠ, J., HOVORKA, D., KRATOCHVÍL, M. & MOCK, R., 1980: Inner structure of serpentinite bodies and structural position of the West Carpathian ophiolites. *Ofioliti (Bologna)*, 5, 133 – 136.
- JAROŠ, J., KRATOCHVÍL, M. & ZLOCHA, J., 1981: Drobnostruktúrna analýza vnútornej stavby serpentinitových telies v Spišsko-gemerskom rudohorí. *Miner. Slov. (Bratislava)*, 13, 527 – 548.
- KAMENICKÝ, J., 1957: Serpentinity, diabázy a glaukofanitické horniny triasu Spišsko-gemerského rudohoria. *Geol. Práce, Zoš. (Bratislava)*, 45, 5 – 108.
- LACKSCHEWITZ, K., MERTZ, D., DEVEY, C. & GARBE-SCHÖNBERG, C.-D., 2003: Late Cenozoic volcanism in the western Woodlark Basin area, SW Pacific: The sources of marine volcanic ash layers based on their elemental and Sr-Nd isotope compositions. *Bull. volcanol., Sér. 2 (Napoli)*, 65, 2 – 3, 182 – 200.

- LEAKE, B. E., WOOLEY, A. R., ARPS, C. E. S., BIRCH, W. D., GILBERT, M. C., GRICE, J. D., HAWTHORNE, F. C., KATO, A., KISCH, H. J., KRIVOVICHEV, V. G., LINTHOUT, K., LAIRD, J., MANDARINO, J., MARESCH, W. V., NICKEL, E. H., ROCK, N. M. S., SCHUMACHER, J. C., SMITH, D. C., STEPHENSON, N. C. N., UNGARETTI, L., WHITTAKER, E. J. W. & YOUZHI, G., 1997: Nomenclature of amphiboles: Report of the Subcommittee on amphiboles of the International Mineralogical Association Commission on new minerals and mineral names. *Min. Mag. (London)*, 61, 295 – 321.
- LYTWYN, J., RUTHERFORD, E., BURKE, K. & XIA, C., 2001: The geochemistry of volcanic, plutonic and turbiditic rocks from Sumba, Indonesia. *J. Asian Earth Sci.*, 19, 481 – 500.
- MARUYAMA, S. & LIU, J. G., 1985: The stability of Na-Ca pyroxene in low-grade metabasites of high-pressure intermediate facies series. *Amer. Mineralogist (Washington)*, 70, 16 – 29.
- MCDONOUGH, W. F. & SUN, S.-S., 1995: The composition of Earth. *Chem. Geol. (Amsterdam)*, 120, 223 – 253.
- MCLENNAN, S. M., TAYLOR, S. R., MCCULLOCH, M. T. & MAYNARD, J. B., 1990: Geochemical and Nd-Sr isotopic composition of deep sea turbidites: Crustal evolution and plate tectonic associations. *Geochim. cosmochim. Acta (Oxford)*, 54, 2 015 – 2 050.
- MCLENNAN, S. M. & MURRAY, R. W., 1999: Geochemistry of sediments. In: *Marschall, C. P. & Fairbridge, R. W. (eds.): Encyclopedia of geochemistry. Dordrecht, Kluwer Acad. Publ.*, 282 – 292.
- MELLO, J., FILO, I., HAVRILA, M., IVAN, P., IVANIČKA, J., MADARÁS, J., NÉMETH, Z., POLÁK, M., PRISTAŠ, J., VOZÁR, J., VOZÁROVÁ, A., LIŠČÁK, P., KUBEŠ, P., SCHERER, S., SIRÁŇOVÁ, Z., SZALAIOVÁ, V. & ŽÁKOVÁ, E., 2000: Vysvetlivky ku geologickej mape Slovenského raja, Galmusu a Hornádskej kotliny 1 : 50 000. *Bratislava, Št. Geol. Úst. D. Štúra*, 1 – 303.
- MÉRES, Š., IVAN, P. & VĎAČNÝ, M., 2008: Zlatnícka formácia (devón?) ako relikť zaoblúkového bazéna na severe gemerika: dôkazy zo štúdia metasedimentov. In: *Jurkovič, L. (ed.): Geochémia základná a aplikovaná geoveda. Cambelove dni 2008. Bratislava, Univerzita Komenského*, 85 – 90.
- NOZAKA, T., 1999: Blueschist blocks at Mochimaru in the Tari-Misaka ultramafic complex: Their petrologic characteristics and significance. *Island Arc*, 8, 154 – 167.
- OTSUKI, M. & BANNO, S., 1990: Prograde and retrograde metamorphism of hematite-bearing basic schists in the Sanbagawa belt in central Shikoku. *J. metamorph. Geol.*, 8, 425 – 439.
- PLANK, T. & LANGMUIR, C. H., 1998: The chemical composition of subducting sediment and its consequences for the crust and mantle. *Chem. Geol. (Amsterdam)*, 145, 325 – 394.
- URBAN, K., 1967: Azbest. In: *Slávik, J. (ed.): Nerastné suroviny Slovenska. Aktuality geol. Priesk.*, 5. Bratislava, Ústř. Úst. geol., 254 – 257.
- ZLOCHA, J., 1995: Ložiská azbestu. In: *Grecula, P. (ed.): Ložiská nerastných surovín Slovenského rudohoria. Zv. 1. Bratislava, Geocomplex*, 677 – 686.

Rukopis doručený 2. 7 2009

Revidovaná verzia doručená 12. 1. 2010

Rukopis akceptovaný red. radou 17. 2. 2010

## Blueschist enclave in the Dobšiná serpentinite quarry: The evidence of the relation of the ultrabasic body to the Hačava Fm. of the Bôrka nappe (Meliatic Unit, Slovakia)

The serpentinite body on the northern border of the Dobšiná town is exploited for chrysotile asbestos for several tens years and was studied by many authors (e.g. Hovorka et al., 1985 and references herein). Despite this fact, a small body of the blueschist facies metamorphosed rock in the NW part of the serpentinite quarry (Fig. 1) has been overlooked, maybe due to macroscopic similarity with the adjacent serpentinite.

Small enclave (2.5 x 3 m; Fig. 2) of the above-mentioned rock has been found in the contact zone of lens-shaped serpentinite body (ca. 700 x 500 x 45 m) formed by tectonic mélange with serpentine matrix containing also blocks of carbonates. Serpentinite body itself is regarded as a component of the sedimentary mélange of the Bôrka nappe (Meliatic Unit; Mello et al., 2000).

The studied rock is macroscopically aphanitic, massive, dark grey with bluish shadow. In the most external part of the enclave the coarse-grained variety with radial aggregates of the amphibole crystals up to 5 mm occurs only (Fig. 3A), forming several cm thick rim. Aphanitic variety displays in thin-sections typically blastoporphyric texture, where fan-like to radiate aggregates of Na-amphibole crystals are regularly

embedded in the fine-grained matrix composed of albite ( $\pm$  quartz) with disseminated small white mica and biotite lamellae and fine pigment. Pyrite and leucoxene/titanite, together with small apatite crystals, are also present in the matrix. No relics of the sedimentary textures have been identified in the rock. Short veins variable in shape and thickness are filled mostly by albite and talc. Pyrite and apatite are also present in small amounts. The coarse-grained variety forming the rim of enclave is composed of radial aggregates of columnar Na-amphibole crystals enclosing variable amount of black (carbonaceous?) pigment and partly replaced by biotite embedded together in two mixed types of matrix. Former type is similar to the matrix of fine-grained variety of the rock and contains also some relatively bigger grains of albite mostly concentrated in short veins, latter type is composed of small fan-like aggregates of white mica with sporadic grains of albite and titanite. Biotite is partly transformed to vermiculite.

Petrographically similar rock to that from the Dobšiná serpentinite quarry was found as 1.5 cm thick intercalation in the radiolarite chert in the Hačava Fm. of the Bôrka nappe near the Honce village (Ivan and Méres, 2009).

Composition of the Na-amphiboles, biotite, white mica, talc and vermiculite has been studied using the electron microprobe analyser. Results are given in Tabs. 1 and 2. Composition of Na-amfiboles vary according to the classification by Leake et al. (1997) between Mg-riebeckite and glaucophane, latter forms usually rims on the older Mg-riebeckite cores (Fig. 4). The same variability can be observed for rock from the Honce village. Substitution  $Al^{VI} - Fe^{3+}$  seems to be dominant (Fig. 5) although elevated actinolite component in some cases is obvious (Fig. 6). Biotite is rather of magnesian type with  $Mg/Mg + Fe$  about 0.7. Composition of the white mica points to phengite with small amount of paragonite component ( $Na/Na + K = 0.071$  to  $0.096$ ). Talc contains some minnesotaite component ( $Fe/Fe + Mg = 0.116 - 0.130$ ). Vermiculite belongs to two different compositional types probably with trioctahedral mica or the talc sheets in its structure (Fig. 6).

Major and trace element distribution in the studied rock together with composition of the sedimentary or volcanic rocks used for comparison are presented in Tab. 3. Major element composition reminds the intermediate volcanics, but some influence of surrounding serpentinites through invading fluids seems to be obvious (high MgO and LOI values). Practically identical are chondrite normalized REE patterns for the studied blueschist and supposed its unmetamorphosed analogue – a very low-grade metamorphosed sedimentary rock found in the Meliata Fm. (Meliatic Unit) near village Bretka (Fig. 8). Both are very similar to REE patterns of orogenic andesites generated in magmatic arcs built up on the continental type crust or to REE patterns of turbiditic sediments related to such arcs (Figs. 8 and 9). There is also great similarity in element ratios characterizing protolith basicity (Th/Sc) or geodynamic setting (Th/Yb, Ta/Yb). Comparison to average pelagic clay (Fig. 9) indicates the enrichment in elements related as a rule to accessory heavy mineral fraction of sediments (Ti, Zr, Hf, Nb, Ta, V, Cr) for blueschist, whereas trace elements with small tendency to be fractionated also during pelagic sedimentation (REE, Th, Sc) are relatively depleted. Negative Eu anomaly ( $Eu/Eu^* = 0.42$  and  $0.51$  resp.) and small positive Ce anomaly ( $Ce/Ce^* = 1.26$  and  $1.27$  resp.) are typical for both compared sedimentary rocks – from the Dobšiná serpentinite quarry and the Bretka village respectively.

Enclave of the HP/LT metamorphosed rock from the Dobšiná quarry represents then a block in the tectonic mélange, which is, together with the serpentinite body, only a part of sedimentary mélange cropping out mostly to the south of the Dobšiná town and denominated as the Bôrka nappe of the Meliatic Unit (cf. Mello et al., 2000). Despite the fact that no original sedimentary textures are preserved, we suppose, that the protolith of this rock could be sediment deposited on the oceanic crust in the deep-sea environment. Such interpretation follows from petrographical, mineralogical and geochemical similarity to the rock associated with the HP/LT metamorphosed radiolarian cherts and N-MORB type basalts (locality Honce, Bôrka nappe) in one case and the very low-grade metamorphosed sediment associated with N-MORB type basalt (locality Bretka, Meliata Fm.) in the other case. All mentioned rocks belong to the lithostratigraphic units, which together compose the Meliatic Unit representing relics related to the Triassic-Jurassic Meliata Ocean. Sedimentation of the studied rock was probably rapid because the small-scale sedimentary textures typical for pelagic sediments seems to be absent. Major and trace element distribution indicates the continental source of detritus. Because of similarity in the trace element distribution to orogenic andesites (Geokem) and arc-related turbiditic sediments (e.g. Lytwyn et al., 2001), it is not excluded, that resedimented(?) volcanoclastic material could be the protolith of this rock. Negative Eu-anomaly in its REE pattern could be interpreted as a result of plagioclase fractionation (magmatic, sedimentary or both), the small positive Ce-anomaly is related to sedimentation in the oceanic environment but the specific reason of its formation remains unclear.

Metamorphic association in the studied rock is conform to the blueschist facies conditions with preserved indices of the progressive increase in pressure. Such metamorphic evolution seems to be typical for Hačava Fm. of the Bôrka nappe (cf. Faryad, 1995, 1997), whereas other formations of the Bôrka nappe (Kobeliarovo Fm., Steinberg Fm.) underwent intensive retrogression to greenschist facies conditions (Ivan, 2007b). Close spatial relations between studied blueschist facies rock and serpentinite body indicate their common tectonic history and both belong to the Hačava Fm.