

Muskovitovo-paragonitová geotermometria aplikovaná na stanovenie podmienok rekryštalizácie svetlých slúd v metakarbonátoch z lokality Burda-Rovné

PETER RUŽIČKA a MARTIN MICHÁLEK

Katedra mineralógie a petrológie Prírodovedeckej fakulty UK,
Mlynská dolina, pav. G, 842 15 Bratislava;
ruzicka@fns.uniba.sk, michalek@fns.uniba.sk

Muscovite-paragonite geothermometry applied for determination of the recrystallization conditions of the white mica in metacarbonate from locality Burda-Rovné (W. Carpathians)

Metarbonates from locality Burda-Rovné contain mineral assemblage Cal + Qtz + Ms + Pg + Czo ± Chl ± Ttn. The average temperature 402 ± 42 °C of metamorphic recrystallization of white mica was obtained by Ms-Pg solvus geothermometry. The *P-T* conditions of metarbonates were estimated at 440–480 °C and 0.3–0.5 GPa, based on univariant formation reaction of clinozoisite/zoisite, where margarite is consumed. The protolith of metarbonates was represented by calcareous sediments with clay admixture reprinted by metamorphism in greenschist facies conditions during Alpine regional metamorphism.

Key words: muscovite-paragonite geothermometry, metacarbonate, Alpine metamorphism, Ochtiná Group, Burda-Rovné, Northern Gemericum

Úvod

Článok objasňuje možnosti aplikácie konvenčnej muskovitovo-paragonitovej solvusovej geotermometrie na stanovenie podmienok alpínskej regionálnej metamorfózy, a to na príklade metakarbonátov z lokality Burda-Rovné. Práce zamerané na geotermobarometriu metakarbonátov v slovenskej časti Západných Karpát sú pomerne zriedkavé. Väčšina ložiskových výskytov slovenských mramorov vznikala počas regionálnej metamorfózy v podmienkach fácie zelených bridlíc, čo sa odrazilo aj v nízkom druhovom zastúpení hlavne silikátových minerálnych asociácií.

Geologická stavba

Skúmané územie s ohraničenými výskytmi metakarbonátov bolo z hľadiska regionálneho geologického členenia Západných Karpát rôzne interpretované. Pri zostavovaní geologických máp Slovenského rudohoria – východnej časti (Bajaník et al., 1984) a Rimavskej kotliny s príľahlými časťami Slovenského rudohoria (Elečko et al., 1985) boli metakarbonáty začlenené do karbónu zlatníckeho súvrstvia dobšinskej skupiny gemerika. Podľa pôvodnej definície dobšinská skupina (Bajaník et al., 1981) pozostávala smerom od bázy po vrchnú časť z ochtinského, rudnianskeho, zlatníckeho a hámerského súvrstvia.

Vozárová (1996) redefinovaním litostratigrafických jednotiek karbónu severného gemerika vyčlenila z pôvodnej dobšinskej skupiny ochtinské súvrstvie ako samostatnú litostratigrafickú jednotku. Skúmané metakarbonáty boli

na základe redefinície Vozárovej (1996) zaradené do spodného karbónu ochtinskej skupiny severného gemerika. Komplex lavicových a doskovitých kryštalických vápencov vyskytujúci sa v úzkom pruhu metamorfovaných vulkanicko-sedimentárnych formácií severnej časti gemerika v blízkosti styku s južným veporikom bol v rámci ochtinskej tektonickej jednotky začlenený do spodnokarbónskeho lubeníckeho súvrstvia (Lexa et al., 2000; Mello a Ivanička et al., 2008; Bezák et al., 2009). Pre lubenícke súvrstvie sú charakteristické karbonátové a klastické sedimenty neritického až litorálneho sedimentačného prostredia. Pôvodné organodetrítické vápence boli počas pôsobenia diagenetických a následných nízkometamorfných procesov postupne zatláčané dolomitom a miestami metasomaticky premenené na magnezit. V reliktoch sú rozlíšiteľné úlomky drobnozrnných intraklastov a bioklasty (echinodermáty, lamelibranchiáty, koraly a foraminifery). Pôvodné nálezy fauny zaradili Bouček a Příbyl (1960) do namuru B – C. Po náleze konodontov, ostrakód a skleritov holotúrií bol vek lubeníckeho súvrstvia prehodnotený na vrchný visén – serpuchov (Kozur et al., 1976).

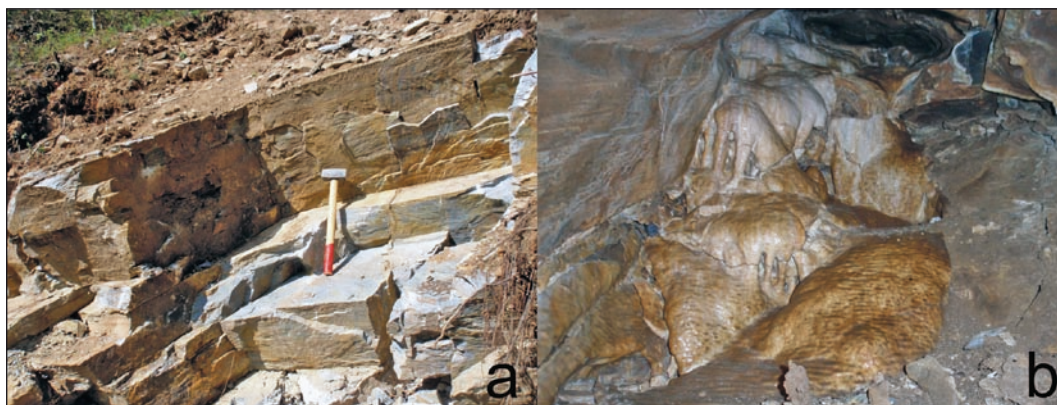
Skúmané územie bolo predmetom geologického prieskumu za účelom overenia kvality mramorov pre stavebné a dekoračné využitie (Macko a Dianiška, 1971; Varga et al., 1977). Z lokality Burda-Rovné boli kryštalické vápence študované aj z hľadiska ich celohorninového chemického zloženia, vrátane distribúcie stabilných izotopov C a O na genetickú interpretáciu (Vozárová et al., 1995).

Geologická mapa skúmanej oblasti (obr. 1) je zostavená na základe pôvodnej geologickej mapy Rimavskej kotliny



Obr. 1. Celková pozícia v rámci Slovenska a detail skúmaného územia na geologickej mape Rimavskej kotliny a priľahlej časti Slovenského rudohoria v mierke 1 : 50 000 (Elečko et al., 1985, upravená podľa Mella a Ivaničku et al., 2008). 1 – **Deluviálne sedimenty:** hlinito-kamenité, miestami piesčito-kamenité sutiny (*pleistocén – holocén*). 2 – **Fluviálne sedimenty:** hlinito-štrkovité (*holocén*). 3 – 9 – **Gemicikum:** 3 – 8 – **Ochtinská skupina** (*spodný karbón*): 3 – 5 – Lubenické súvrstvie: 3 – metakarbonáty; 4 – magnezity; 5 – metapieskovce a grafitické fylity. 6 – 8 – Hrádokské súvrstvie: 6 – metabazalty, metabazaltové tufty a tuftity, miestami amfibolity; 7 – metapieskovce v striedaní s fylitmi, polohy metazlepencov, metabazaltov, tufov a tuftitov; 8 – chloritické fylity. 9 – **Dobšinská skupina** (*vrchný karbón*): Hámořské súvrstvie: sivé pieskovce s polohami zlepencov, čierne a piesčité bridlice. 10 – **Príkrov Bôrky: Dúbravské súvrstvie:** polohy kryštalických vápencov (*trias*). 11 – **Turnaikum:** bodvasilašské pieskovce a bridlice (*trias*). 12 – **Južné veporicum: Revúcka skupina:** Rimavské súvrstvie: metamorfované arkózy a arkózové droby, miestami s vulkanogénnym materiálom, metamorfované pestré bridlice a kremité zlepence (*perm*). 13 – **Cesty.** Miesto odberu vzorky (žltá hviezda).

Fig. 1. Geological map of the studied locality. Modified after the Geological map of the Rimava Basin and adjacent area of Slovak Ore Mountains at a scale 1 : 50 000 (Elečko et al., 1985; Mello and Ivanička et al., 2008). 1 – **Deluvial sediments:** loamy-stones locally sandy-stones debris (*Pleistocene – Holocene*). 2 – **Fluvial sediments:** loams and gravels (*Holocene*). 3 – 9 – **Gemicikum** (*Lower Carboniferous*): 3 – 8 – **Ochtiná Group** (*Lower Carboniferous*): 3 – 5 – Lubenik Formation: 3 – metacarbonates; 4 – magnesites; 5 – metasandstones and graphitic phyllites. 6 – 8 – Hrádok Formation: 6 – metabasalts, metabasaltic tuffs and tuffites, locally amphibolites; 7 – metasandstones alternating with phyllites, layers of metaconglomerates, metabasalts, tuffs and tuffites; 8 – chloritic phyllites. 9 – **Dobšiná Group** (*Upper Carboniferous*): Hámoř Formation: grey sandstones with layers of conglomerates, black and sandy shales. 10 – **Bôrka nappe: Dúbrava Formation:** beds of crystalline limestones (*Triassic*). 11 – **Turnaicum:** Bódvaszilás sandstones and shales (*Triassic*). 12 – **Southern Veporicum: Revúcka Group:** Rimava Formation: metamorphosed arkoses and arkosic wackes, locally with volcanogenic material, metamorphosed variegated shales and siliceous conglomerates (*Permian*). 13 – **Roads.** Localization of samples (the yellow arrow).



Obr. 2. Opustený kameňolom pri ceste Hnúšťa – Ratková. **a** – miesto odberu vzorky; **b** – detail krásnej výzdoby vo vstupných priestoroch jaskyne Burda.

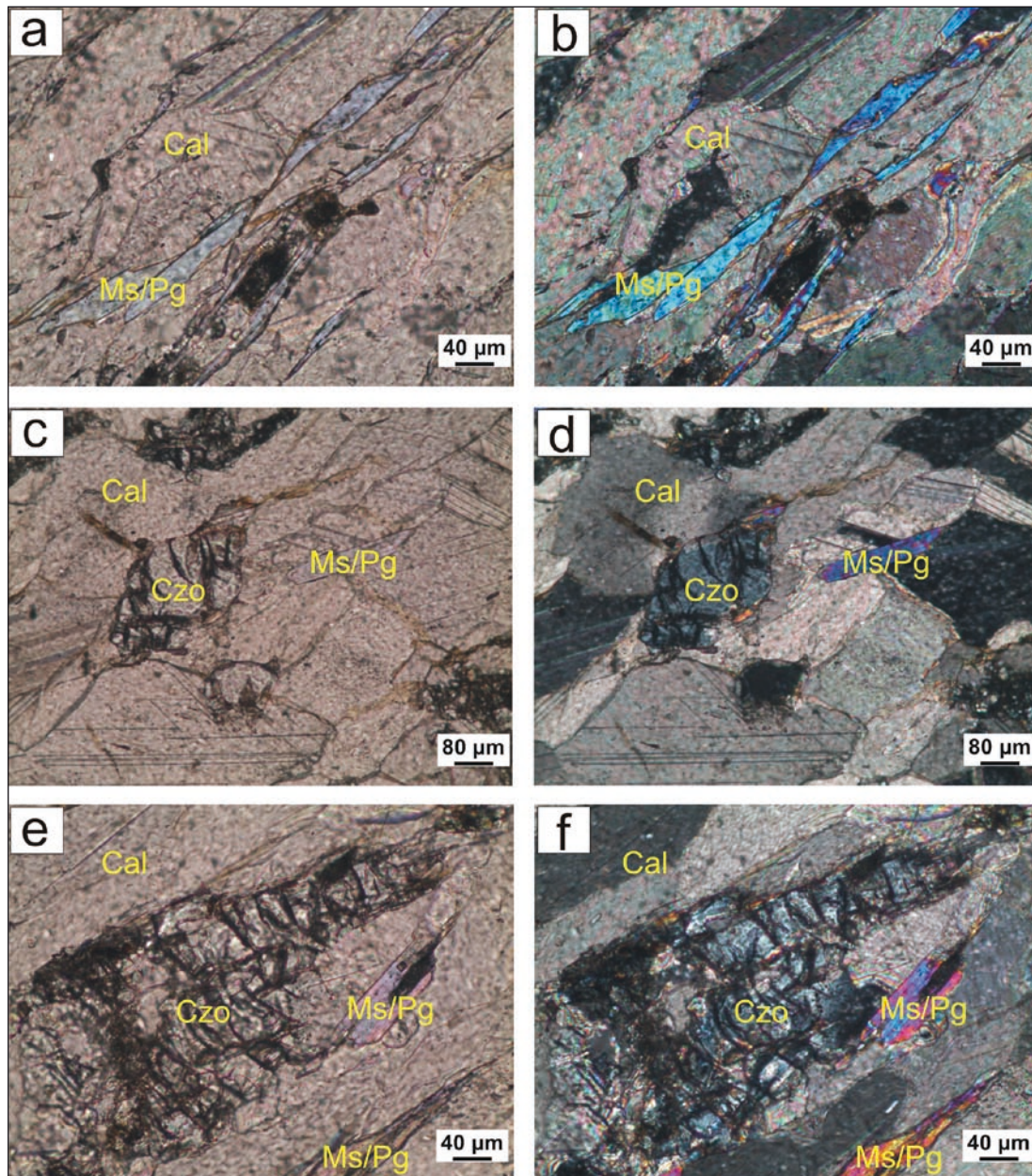
Fig. 2. Abandoned quarry between Hnúšťa and Ratková. **a** – localization of the sampling site; **b** – detail of the cave decoration at the Burda cave entrance.

a príľahlej časti Slovenského rudohoria (Elečko et al., 1985), v ktorej je zobrazenie zastúpenia litostratigrafických jednotiek aktualizované podľa súčasných geologických poznatkov (Less a Mello et al., 2004; Mello a Ivanička et al., 2008).

Lokalizácia

Svetlo- až tmavosivé lavicové a doskovité kryštalické vápence, lokálne s bielym kalcitovým lamelovaním

(do 1 cm), sa vyskytujú približne 1 km severne od obce Rovné a západne od cesty do Ratkovej, cca 300 m sv. od križovatky na Burdu, v nadmorskej výške 389 m. Opustený stenový kameňolom s dĺžkou steny 60 m, šírkou 40 m a výškou cca 15 m je situovaný v blízkosti hlavnej cesty medzi obcami Hnúšťa – Ratková (Slavkay et al., 2004). Vzorky boli odobraté priamo v opustenom kameňolome (obr. 2a) v okolí zavaleného vstupu do jaskyne Burda (obr. 2b). Jemno- až strednozrnné laminované kryštalické vápence sa striedajú, prípadne laterálne prechádzajú



Obr. 3. Mikrofotografie mikroštruktúr metakarbonátov (Burda-Rovné) pri rovnobežných a skrížených nikoloch. a – b – prerastanie muskovitu (Ms) a paragonitu (Pg) v kalcitovom matrice (Cal); c – f – porfyroblasty klinozoisitu (Czo) v kalcitovom matrice spolu so svetlými sludami.

Fig. 3. Photomicrographs of microstructure of metacarbonates (Burda-Rovné) at parallel and crossed nicols. a – b – intergrowth of muscovite (Ms) and paragonite (Pg), matrix is composed of calcite (Cal); c – f – porphyroblast of clinozoisite (Czo) in calcite matrix together with the white mica.

Tab. 1
 Reprezentatívne mikrosondové analýzy svetlých slúd z metakarbonátov z lokality Burda-Rovné
 Representative microprobe analyses of white mica in metacarbonate from locality Burda-Rovné

Oxidy hm. %	BU-1(1)	BU-1(2)	BU-1(3)	BU-1(4)	BU-1(5)	BU-1(6)	BU-1(7)	BU-1(8)	BU-1(9)	BU-1(10)	BU-1(11)	BU-1(12)	BU-1(13)	BU-1(14)
	Ms	Pg	Ms	Pg	Ms	Pg	Ms	Pg	Ms	Pg	Ms	Pg	Ms	Pg
SiO ₂	48,42	46,02	47,88	45,00	47,19	45,39	47,63	45,93	48,50	46,21	49,18	46,37	47,55	45,61
TiO ₂	0,11	0,04	0,14	0,04	0,12	0,04	0,16	0,02	0,14	0,02	0,18	0,03	0,20	0,03
Al ₂ O ₃	35,12	38,34	33,05	38,00	33,60	38,26	33,12	38,47	33,24	39,13	31,91	39,30	33,65	39,06
FeO	0,54	0,57	0,64	0,16	0,60	0,17	0,68	0,12	0,74	0,21	0,76	0,16	0,69	0,09
MnO	0	0	0	0,01	0	0	0	0	0,03	0,01	0	0	0	0
MgO	1,22	0,16	1,49	0,12	1,33	0,13	1,60	0,07	1,73	0,10	2,22	0,13	1,33	0,02
CaO	0,30	0,59	0,18	0,61	0,32	0,65	0,22	0,53	0,08	0,73	0,19	0,81	0,11	0,65
Na ₂ O	0,90	6,36	0,83	6,38	0,90	6,49	0,71	6,81	0,69	6,38	0,61	6,54	0,88	6,73
K ₂ O	7,77	1,24	8,38	1,21	8,51	1,38	8,40	8,81	8,08	1,13	8,35	0,99	8,17	0,68
Spolu	94,38	93,32	92,58	91,52	92,57	92,52	92,52	92,75	93,24	93,93	93,41	94,32	92,58	92,86
Prepočet na báze 22 O														
Si	6,359	6,018	6,442	5,994	6,362	5,989	6,416	6,021	6,460	5,992	6,553	5,985	6,392	5,970
Ti	0,011	0,004	0,014	0,004	0,012	0,004	0,016	0,002	0,014	0,002	0,018	0,003	0,020	0,003
Al	5,436	5,910	5,241	5,966	5,340	5,944	5,258	5,944	5,219	5,980	5,011	5,979	5,332	6,026
Fe	0,059	0,062	0,072	0,018	0,068	0,019	0,077	0,013	0,082	0,023	0,085	0,017	0,078	0,010
Mn	0	0	0	0,001	0	0	0	0	0,003	0,001	0	0	0	0
Mg	0,239	0,031	0,299	0,024	0,267	0,026	0,321	0,014	0,344	0,019	0,441	0,025	0,267	0,004
Ca	0,042	0,083	0,026	0,087	0,046	0,092	0,032	0,074	0,011	0,101	0,027	0,112	0,016	0,091
Na	0,229	1,613	0,217	1,648	0,235	1,661	0,185	1,731	0,178	1,604	0,158	1,637	0,229	1,708
K	1,302	0,207	1,438	0,206	1,463	0,232	1,443	0,135	1,373	0,187	1,419	0,163	1,401	0,114
Spolu	13,677	13,928	13,749	13,947	13,794	13,973	13,748	13,935	13,685	13,910	13,711	13,921	13,734	13,925
Oxidy hm. %														
BU-3(1)	BU-3(2)	BU-3(3)	BU-3(4)	BU-3(5)	BU-3(6)	BU-3(7)	BU-3(8)	BU-3(9)	BU-3(10)					
Ms	Pg	Ms	Pg	Ms	Pg	Ms	Pg	Ms	Pg					
SiO ₂	47,67	45,97	48,71	46,76	48,36	47,09	49,07	46,64	48,98	46,89				
TiO ₂	0,08	0,02	0,08	0,02	0,08	0,02	0,05	0,03	0,09	0,02				
Al ₂ O ₃	33,06	38,37	33,67	39,71	33,96	39,77	33,07	39,35	33,97	40,16				
FeO	0,44	0,07	0,45	0,08	0,57	0,07	0,54	0,11	0,41	0,05				
MnO	0	0	0	0	0	0	0	0,01	0	0,03				
MgO	1,70	0,11	1,76	0,11	1,69	0,11	1,78	0,10	1,75	0,08				
CaO	0,09	0,56	0,21	0,59	0,17	0,55	0,23	0,62	0,13	0,60				
Na ₂ O	0,78	6,79	0,83	6,78	0,94	6,74	0,71	6,48	0,80	6,91				
K ₂ O	8,44	0,79	8,39	0,70	8,41	0,92	8,11	1,25	8,60	0,99				
Spolu	92,26	92,67	94,10	94,73	94,18	95,27	93,56	94,59	94,74	95,72				
Prepočet na báze 22 O														
Si	6,431	6,030	6,437	5,993	6,395	6,005	6,506	6,002	6,432	5,962				
Ti	0,008	0,002	0,008	0,002	0,008	0,002	0,005	0,003	0,009	0,002				
Al	5,257	5,932	5,244	5,999	5,294	5,977	5,168	5,969	5,258	6,019				
Fe	0,050	0,008	0,050	0,009	0,063	0,007	0,060	0,012	0,045	0,005				
Mn	0	0	0	0	0	0	0	0,001	0	0,003				
Mg	0,342	0,022	0,347	0,021	0,333	0,021	0,352	0,019	0,343	0,015				
Ca	0,013	0,079	0,030	0,081	0,024	0,075	0,033	0,085	0,018	0,082				
Na	0,204	1,727	0,213	1,685	0,241	1,666	0,183	1,617	0,204	1,704				
K	1,452	0,132	1,414	0,114	1,419	0,150	1,372	0,205	1,441	0,161				
Spolu	13,757	13,931	13,742	13,904	13,777	13,903	13,677	13,914	13,749	13,953				

do metapelitov. Tmavšie laminy sú tvorené pôvodne ílovitým materiálom rekryštalizovaným na muskovit (Vass et al., 1986). V niektorých úsekoch mramory obsahujú preplástky grafitických a grafiticko-sericitických fylitov.

Metodika

Leštené, grafitom pokovené výbrusy metakarbonátov boli analyzované elektrónovým mikroanalýzátorm CAMECA SX 100 v Štátnom geologickom ústave Dionýza Štúra v Bratislave. Meranie bodových chemických analýz minerálov prebiehalo pri urýchľovacom napätí 15 kV a prúde 20 nA. Priemer elektrónového lúča bol 5 μm . Chemické zloženie minerálnych fáz bolo merané WDS spektrometrami. Fázové vzťahy minerálov a ich mikroštruktúrne znaky boli pozorované v spätne rozptýlených elektrónoch (BSE – back scattered electron). Na meranie silikátov boli použité štandardy: Si, Ca – wollastonit, Na – albit, K – ortoklas, Mg – forsterit, Al – Al_2O_3 , Fe – fayalit, Mn – rodonit, Cr – Cr, Ni – NiO, Ti – TiO_2 , F – LiF, Cl – NaCl. V texte používané slovenské názvy minerálov sú upravené podľa Ozdina a Uhera (2002) a skratky minerálov podľa Whitneyho a Evansa (2010).

Po prepočítaní mikrosondových analýz minerálnych párov svetlých slúd identifikovaných v metakarbonátoch bola zvolená numerická geotermometrická kalibrácia pre muskovitovo-paragonitový solvus, podľa prác Guidottiho et al. (1994) a Blencoea et al. (1994). Na zostavenie p - T diagramu boli použité PC programy TWQ ver. 2.32 (Berman, 2007) a PERPLE_X ver. 07 s podprogramom Frenly (Connolly, 2007) na výpočet univariantných kriviek pre reakciu vzniku klinozoisitu. Na výpočet aktivity koncových členov minerálov bol použitý program AX (<http://www.ccp14.ac.uk>).

Výsledky

Petrografická charakteristika

Metakarbonáty majú strednozrnnú, usmernenu granoblastickú štruktúru, tvorenú agregátmi dvojčatne lamelovaných kalcitov. Na kontaktoch kalcitových zrn sú lokálne prítomné tyčinkové, často izolované kryštály svetlých slúd (muskovit – paragonit), ktoré sa zhľukujú do mierne deformovaných agregátov s lokálnymi prejavmi undulózneho zhasínania (obr. 3a, b). V určitých častiach v rámci kalcitového matrinxu sa spolu so svetlými sludami a kremeňom vyskytujú pomerne zachované fragmenty klinozoisitových porfyroblastov (obr. 3c, d, e, f). Metamorfnú minerálnu asociáciu metakarbonátov tvorí: Cal + Qtz + Ms + Pg + Czo \pm Chl \pm Ttn. Dominantným karbonátovým minerálom je kalcit. Prítomnosť dolomitu vo vzorkách nebola elektrónovou mikroanalýzou potvrdená. Zvýšené zastúpenie kremeňa bolo pozorované vo vzorke BU-3. Kremeň tvorí izolované kryštalové zrná aj agregáty prejavujúce undulózne zhasínanie. Minerálne zrná muskovitu a paragonitu sú hypidiomorfné až alotriomorfné obmedzené, dosahujú veľkosť do 200 μm (obr. 4). Klinozoisit tvorí alotriomorfné porfyroblasty s lokálnym

výskytom v kontakte s muskovitom a paragonitom (obr. 3c, d, e, f). V metakarbonátoch boli identifikované metamorfné chlority. Výskyt titanitu je len akcesorický. Silikátové minerály sú viazané na kontakty kalcitových zrn, pričom majú usmernenu orientáciu totožnú s priebehom štruktúrneho vývoja horniny.

Chemické zloženie minerálov

Elektrónovou mikroanalýzou bola pozorovaná distribúcia a koexistenčné vzťahy medzi muskovitom a paragonitom v kalcitovom matrinxu spolu s klinozoisitom, chloritmi a titanitom (obr. 4a, e). Na BSE fotografiách sú viditeľné vzájomné prerastania muskovitu s paragonitom, ktoré sa prejavujú v troch formách: (1) kontaktné prerastania paragonitu po obvode muskovitu, niekedy spolu s kremeňom (obr. 4b, c); (2) postupné zatlačanie muskovitu paragonitom, pričom reliktu muskovitu sú zachované v stredových častiach paragonitových agregátov (obr. 4d); (3) stredové časti paragonitu sú po okrajoch obrastané muskovitom (obr. 4f). Výber reprezentatívnych mikrosondových analýz svetlých slúd použitých na geotermometrické kalkulácie je v tab. 1.

V muskovitoch sa obsahy Si po prepočte na 22 kyslíkov pohybujú od 6,36 do 6,55 hm. % a v paragonitoch je Si v rozsahu 5,96 až 6,03 hm. %. Stanovené železo je považované za dvojmocné vzhľadom na odporúčania v práci Guidottiho et al. (1994). V paragonite sa obsahy Na pohybujú v rozsahu od 1,60 do 1,73 hm. % a v muskovitoch obsahy K od 1,30 do 1,46 hm. % (tab. 1). Klasifikačné vyjadrenie svetlých slúd v ternárnom diagrame spolu s variabilitou zastúpenia obsahov hlavných prvkov je graficky zobrazené (obr. 5).

V minerálnom zložení metakarbonátov bola mikrosondovými analýzami potvrdená prítomnosť klinozoisitu (tab. 2). Pri porovnávaní mikrosondových analýz sa chemické zloženie klinozoisitov nevyznačuje výraznejšími odchýlkami v nameraných hodnotách.

V metakarbonátoch z lokality Burda-Rovné sa elektrónovým mikroanalýzátorm potvrdila prítomnosť metamorfných chloritov, ktoré sa viažu spolu s ostatnými silikátovými minerálmi (muskovit/paragonit, klinozoisit, titanit) v rovnakom štruktúrnom usmernení pozdĺž kontaktov kalcitových zrn. Z mikrosondových analýz chloritov (tab. 3), ktoré boli po prepočítaní vynesené do klasifikačného diagramu (obr. 6), vyplýva, že spadajú do oblasti Mg-Fe chloritov (typ I), bližšie ku koncovému členu označenému ako klinochlór.

Kalcit tvoriaci základnú hmotu v metakarbonátoch je na základe spracovaných mikrosondových analýz mierne obohatený o MgCO_3 (tab. 4).

Geotermometria metakarbonátov

Na stanovenie odhadovaných teplotných podmienok finálneho rovnovážneho stavu medzi koexistujúcimi muskovitovo-paragonitovými minerálnymi pármami v metakarbonátoch bol použitý solvusový geotermometer v tlakovom rozsahu 0,2 – 0,8 GPa, ktorý vychádza z numerických kalibračných štúdií (Guidotti et al., 1994; Blencoe et al., 1994). Empiricky odvodený geotermometer,

Tab. 2
 Reprezentatívne mikrosondové analýzy klinozoisitu (Czo) v metakarbonátoch z lokality Burda-Rovné
 Representative microprobe analyses of clinozoisite (Czo) in metacarbonate from locality Burda-Rovné

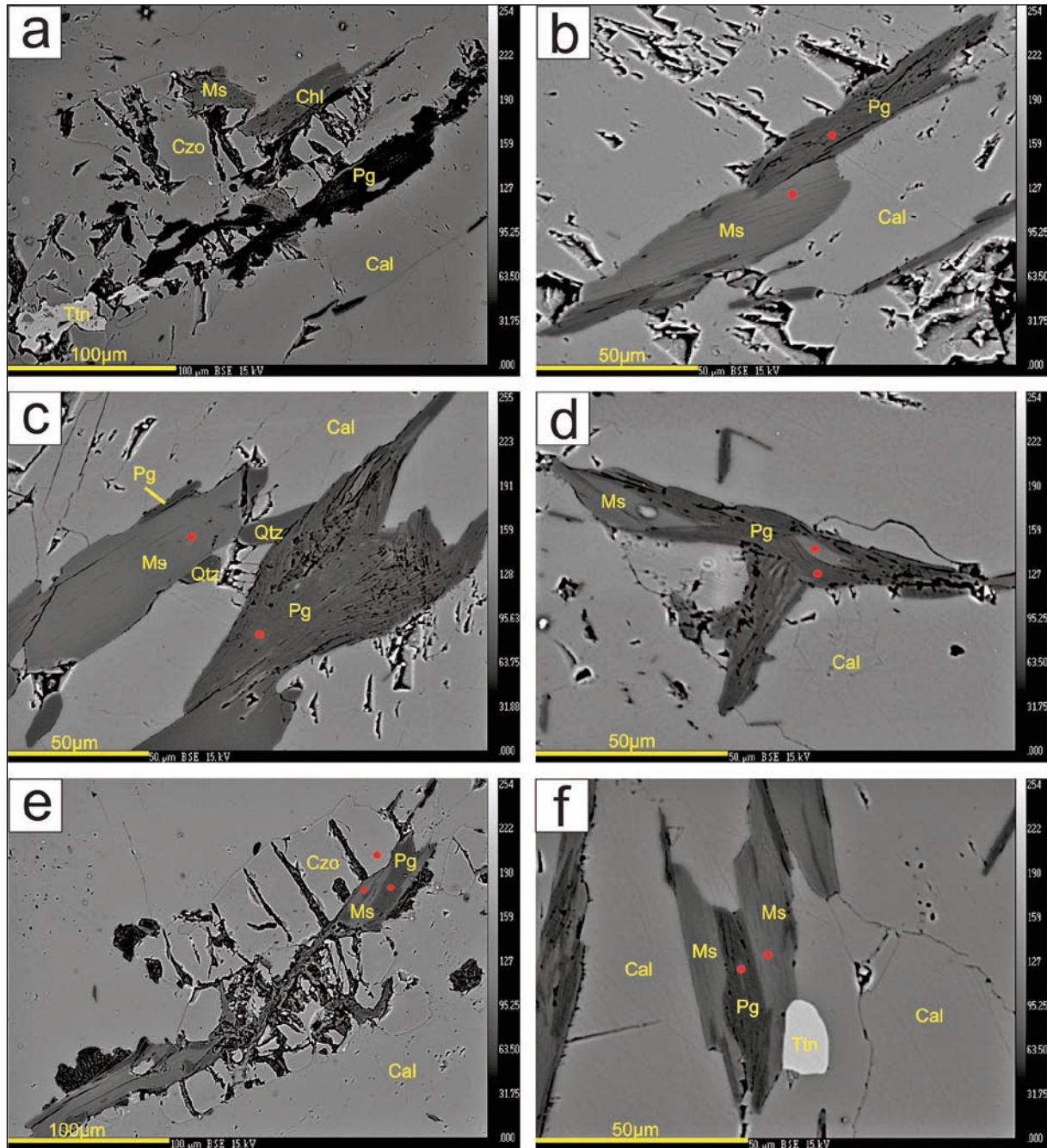
Oxidy hm. %	BU-1(1) Czo	BU-1(2) Czo	BU-1(3) Czo	BU-1(4) Czo	BU-1(5) Czo	BU-1(6) Czo	BU-1(7) Czo
SiO ₂	39,77	39,88	39,06	39,29	40,01	39,55	39,12
TiO ₂	0,09	0,04	0,03	0,02	0,03	0,02	0,02
Al ₂ O ₃	33,06	32,26	32,09	32,43	32,48	33,00	32,90
Cr ₂ O ₃	0	0,01	0,05	0,01	0	0,02	0
FeO	0,86	1,45	1,42	1,24	1,09	0,72	0,95
MnO	0,01	0	0	0,04	0	0	0,03
MgO	0,01	0	0	0,02	0	0,02	0,09
CaO	24,80	24,67	24,50	24,64	24,79	24,73	24,55
Na ₂ O	0	0	0	0	0	0	0
K ₂ O	0	0,01	0	0	0,02	0	0
Spolu	98,59	98,31	97,14	97,67	98,42	98,07	97,67
Prepočet na báze 13 O							
Si	3,125	3,151	3,127	3,125	3,153	3,123	3,107
Ti	0,005	0,003	0,002	0,001	0,002	0,001	0,001
Al	3,061	3,005	3,027	3,040	3,017	3,071	3,079
Cr	0	0,001	0,003	0,001	0	0,002	0
Fe	0,056	0,096	0,095	0,082	0,072	0,047	0,063
Mn	0,001	0	0	0,002	0	0	0,002
Mg	0,001	0	0	0,002	0	0,002	0,011
Ca	2,087	2,088	2,102	2,100	2,093	2,092	2,088
Na	0	0	0	0	0	0	0
K	0	0,001	0	0	0,002	0	0
Spolu	8,337	8,344	8,356	8,353	8,338	8,339	8,352

Tab. 3
 Reprezentatívne mikrosondové analýzy klinochlóru (Clc) v metakarbonátoch z lokality Burda-Rovné
 Representative microprobe analyses of clinocllore (Clc) in metacarbonate from locality Burda-Rovné

Oxidy hm. %	BU-1(1) Clc	BU-1(2) Clc	BU-1(3) Clc	BU-1(4) Clc	BU-1(5) Clc	BU-1(6) Clc
SiO ₂	30,04	26,74	26,77	27,30	26,93	27,07
TiO ₂	0,03	0,05	0,05	0,04	0,04	0,01
Al ₂ O ₃	25,40	23,42	22,98	23,10	23,90	23,29
Cr ₂ O ₃	0,02	0	0	0,02	0	0,03
FeO	12,39	14,83	14,41	14,23	15,38	15,74
MnO	0,02	0	0,04	0	0,02	0,03
MgO	19,35	21,45	21,70	21,92	20,74	20,42
CaO	0,19	0,34	0,43	0,53	0,56	0,58
Na ₂ O	0,65	0	0	0	0	0,04
K ₂ O	0,34	0	0,01	0	0	0
Spolu	88,43	86,83	86,39	87,14	87,57	87,21
Prepočet na báze 28 O						
Si	5,702	5,347	5,375	5,419	5,347	5,409
Ti	0,004	0,008	0,008	0,006	0,006	0,002
Al iv	2,298	2,653	2,625	2,581	2,653	2,591
Al vi	3,470	2,879	2,826	2,839	2,958	2,913
Cr	0,003	0	0	0,003	0	0,005
Fe ³⁺	0,507	0,133	0,118	0,151	0,175	0,175
Fe ²⁺	1,460	2,347	2,302	2,212	2,379	2,456
Mn	0,003	0	0,007	0	0,003	0,005
Mg	5,475	6,393	6,495	6,487	6,139	6,082
Ca	0,039	0,073	0,093	0,113	0,119	0,124
Na	0,478	0	0	0	0	0,031
K	0,165	0	0,005	0	0	0
OH*	16,000	16,000	16,000	16,000	16,000	16,000
Spolu	35,604	35,833	35,853	35,810	35,780	35,792

na základe chemických analýz prírodných Ms-Pg minerálnych párov, obsahuje tri parametrické rovnice, vstupujúce do kalkulácií. Prvé dve rovnice sú odvodené zo zloženia paragonitu alebo muskovitu, ktoré sú závislé od Na-K kompozície K-saturovaného paragonitu, resp. Na-saturovaného muskovitu. Tretia rovnica predstavuje uzatvárajúcu teplotu rovnovážnej Ms-Pg minerálnych párov, kde sa rozsah rovnovážnych teplôt pohybuje

medzi Na-K zložením koexistujúcich Pg a Ms. Na odhad rovnovážnych teplôt môže byť použitá jedna z rovníc alebo priemerná hodnota teplôt získaných kombináciou spomínaných troch rovníc. Vzhľadom na to, že tretia rovnica (Blencoe et al., 1994) zahŕňa zloženie oboch minerálov (Ms + Pg) a predstavuje finálnu teplotu rovnovážnej Ms-Pg minerálnych párov, bola použitá na výpočet teploty rekryštalizácie svetlých slúd v metakarbonátoch:

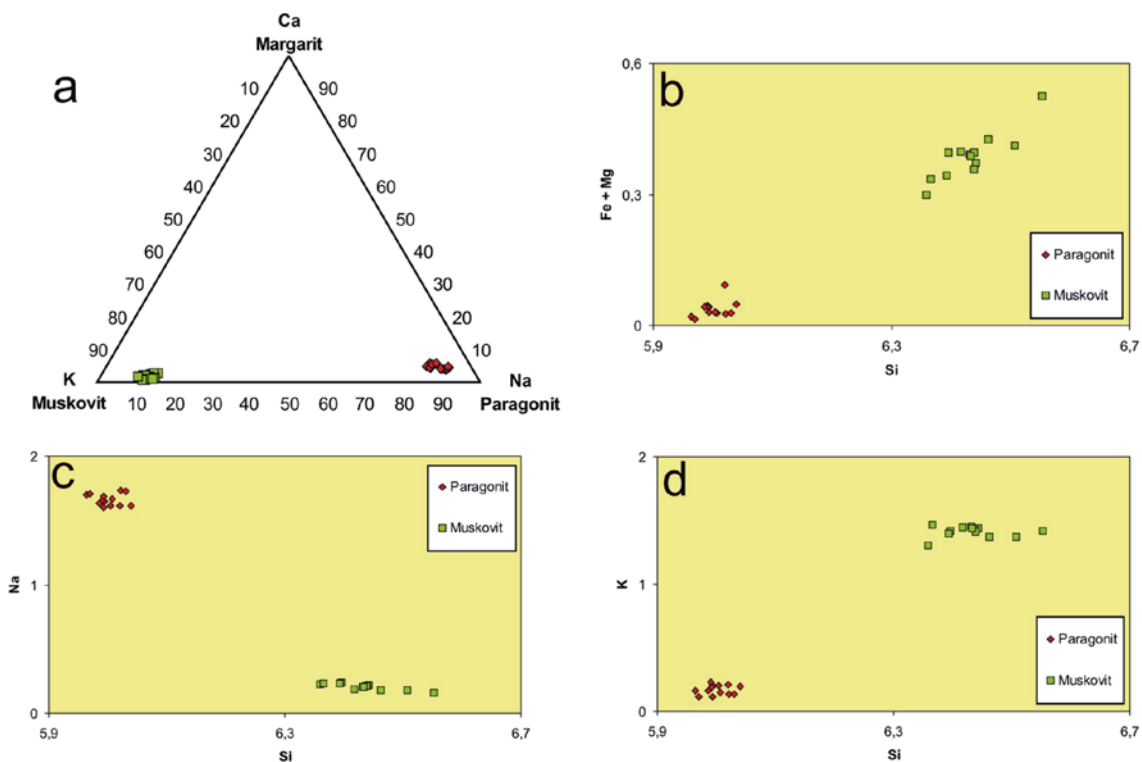


Obr. 4. BSE obrázky muskovitu (Ms) a paragonitu (Pg) v kalcitovom matrici (Cal) spolu s klinozoisitom (Czo), kremekom (Qtz), chloritmi (Chl) a titanitmi (Ttn) v metakarbonátoch z lokality Burda-Rovné.

Fig. 4. BSE images of muscovite (Ms) and paragonite (Pg) in calcite matrix (Cal) with clinozoisite (Czo), quartz (Qtz), chlorite (Chl) and titanite (Ttn) in metacarbonate from locality Burda-Rovné.

Tab. 4
 Reprezentatívne mikrosondové analýzy kalcitu (Cal) v metakarbonátoch z lokality Burda-Rovné
 Representative microprobe analyses of calcite (Cal) in metacarbonate from locality Burda-Rovné

Oxidy hm. %	BU-1(1) Cal	BU-1(2) Cal	BU-1(3) Cal	BU-3(1) Cal	BU-3(2) Cal	BU-3(3) Cal
FeO	0,55	0,52	0,57	0,37	0,39	0,28
MnO	0,04	0,06	0,04	0,06	0,01	0,04
MgO	0,61	0,55	0,62	0,52	0,53	0,52
CaO	53,69	54,14	53,34	55,12	56,92	53,87
SrO	0,06	0,02	0,06	0,04	0,05	0,05
Spolu	54,94	55,28	54,62	56,11	57,91	54,75
Prepočet na báze 6 O						
Fe ²⁺	0,43	0,40	0,44	0,29	0,30	0,22
Mn ²⁺	0,03	0,04	0,03	0,04	0,01	0,03
Mg ²⁺	0,37	0,33	0,37	0,32	0,32	0,31
Ca ²⁺	38,37	38,70	38,12	39,39	40,68	38,50
Sr ²⁺	0,05	0,01	0,05	0,03	0,05	0,04
Spolu hm. %	39,24	39,48	39,02	40,07	41,36	39,10
FeCO ₃	0,89	0,84	0,92	0,60	0,63	0,45
MnCO ₃	0,06	0,09	0,06	0,09	0,01	0,06
MgCO ₃	1,27	1,14	1,30	1,10	1,11	1,08
CaCO ₃	95,83	96,63	95,20	98,38	101,60	96,15
SrCO ₃	0,08	0,02	0,08	0,05	0,08	0,07
Spolu	98,13	98,72	97,56	100,22	103,42	97,81



Obr. 5. Chemické zloženie muskovitu a paragonitu. **a** – zloženie koexistujúcich muskovitovo-paragonitových párov z metakarbonátov (Burda-Rovné) v Ca-K-Na diagrame (molárne %); **b** – Fe + Mg versus Si diagram svetlých slúd (*apfu*); **c** – Na versus Si diagram svetlých slúd (*apfu*); **d** – K versus Si diagram svetlých slúd (*apfu*).

Fig. 5. Composition of muscovite and paragonite. **a** – Composition of coexisting muscovite-paragonite pairs from the Burda-Rovné metacarbonate in Ca-K-Na diagram (molar %); **b** – Fe + Mg vs. Si diagram of white micas (*apfu*); **c** – Na vs. Si composition diagram (*apfu*); **d** – K vs. Si diagram (*apfu*).

$$T(^{\circ}\text{C}) = 796,5 + 415,47 \cdot \ln\left(1 - (X_{ms}^{Ms(Pg)} - X_{ms}^{Pg(Ms)})^2\right) \quad (1)$$

$X_{ms}^{Ms(Pg)}$ – molárna frakcia muskovitu (*ms*) v muskovite (*Ms*) koexistujúcom s paragonitom

(Pg), kde $X_{ms} = X_K / (X_{Na} + X_K)$, následne: $X_K = K / (Na + K + Ca)$
 $X_{Na} = Na / (Na + K + Ca)$.

$X_{ms}^{Pg(Ms)}$ – molárna frakcia muskovitu (*ms*) v paragonite (*Pg*) koexistujúcom s muskovitom (*Ms*).

Vypočítaná priemerná teplota podľa rovnice (1) z 12-ich Ms-Pg minerálnych párov analyzovaných v metakarbonátoch z lokality Burda-Rovné dosahuje 402 ± 42 °C, pri teplotnom rozsahu 346 až 472 °C (tab. 5).

V tab. 5 sú uvedené hodnoty molárných frácií muskovitovej zložky v muskovite a v paragonite. Molárny obsah margaritovej zložky v paragonite je nízky, pohybuje sa v rozsahu od 0,01 do 0,06.

Pomocou programu TWQ ver. 2.32 (Berman, 2007) bola v modelovom systéme KNCAS-HC (K_2O - Na_2O - CaO - Al_2O_3 - SiO_2 - H_2O - CO_2) definovaná rovnovážna reakcia vzniku klinozoisitu/zoisitu (1):



Metamorfná reakcia reprezentuje vznik klinozoisitu, ktorý korešponduje s identifikovanou minerálnou asociáciou ($Cal + Qtz + Ms + Pg + Czo \pm Chl \pm Ttn$) v metakarbonátoch. Na základe mikroštruktúrneho pozorovania je pravdepodobné, že reakcia (1) predstavuje terminálnu fázu prográdnej metamorfózy. Vypočítané rovnovážne *p-T* podmienky univariantnej reakcie pri aktivite Mrg (0,05) a Czo (0,94) zodpovedajú teplotnému rozsahu 440 – 480 °C pri stanovenom tlaku 0,3 – 0,5 GPa s $X_{CO_2} = 0,02$ (obr. 7).

Diskusia

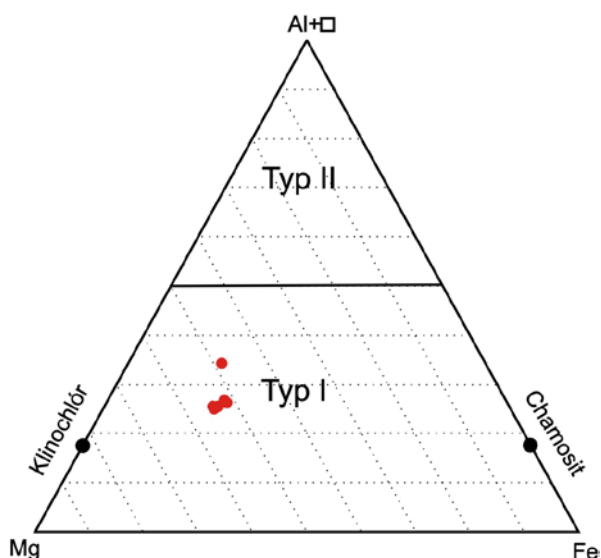
Metakarbonáty tvoriace litologickú súčasť lubeníckeho súvrstvia ochtinskej spodnokarbónskej tektonickej jednotky boli skúmané z hľadiska aplikácie muskovitovo-paragonitového geotermometra na stanovenie podmienok alpskej regionálnej metamorfnej rekryštalizácie. Muskovitovo-paragonitový geotermometer použil Kováčik (1989, 1995) na stanovenie teplotných podmienok metamorfózy svorov pochádzajúcich z kohútskeho pásma kryštalinika veporika. K jedným z posledných príkladov štúdia transformácie paragonitu na muskovit, pozorovanej vo fylitoch hačavskej formácie príkrovu Bôrky, patrí práca Méresa et al. (2009).

V stykovej zóne severného gemerika a južného veporika prebiehali okrem alpskej regionálnej metamorfózy, ktorá bola spojená s kompresnou tektonikou a s hrubnutím západokarpatského orogénneho klina, aj procesy súvisiace s extenziou a intrúziou alpínskych granitoidov. Alpske tektonometamorfné procesy sa v metasedimentoch ochtinskej skupiny prejavili hlavne deformačnými účinkami. Výrazný systém alpskej kliváže spôsobil deformačné ohýbanie šupiniek starších fylosilikátov, pri ktorom rekryštalizácia neprebíhala. Systém strižných deformácií vyvolal kataklastické drvenie minerálov a následnú rekryštalizáciu hlavne kremeňa, čím aj v tlakových tieňoch vznikala svetlá sluda. Blízko tektonického styku gemerika a veporika v gelnickej skupine a v ochtinskom súvrství lokálne vznikli vejárovité porfyroblasty chloritoidu (Vozárová in Slavkay et al., 2004).

K prvým petrologickým štúdiám, ktoré sa venovali opisu alpínskych metamorfných asociácií (chloritoid, kyanit) z metasedimentov lemujúcich styk veporika a gemerika, patrí práca Vránu (1964). Sassi a Vozárová (1987) z minerálnej asociácie ($Ms + Ab + Pg$) grafitických fylitov ochtinskej skupiny gemerika, ktoré tvoria nepravidelné polohy v skúmaných metakarbonátoch, stanovili *p-T*

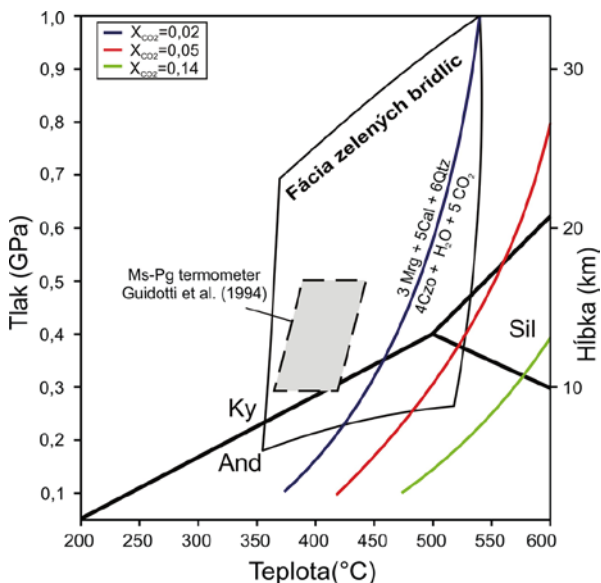
Tab. 5
 Vypočítané teploty rekryštalizácie svetlých slúd v metakarbonátoch z lokality Burda-Rovné
 Calculated temperatures of recrystallization of white micas in metacarbonates from locality Burda-Rovné

Vzorka Analýzy Ms-Pg	Molárne frakcie		Blencoe et al. (1994) Uzatvárajúca teplota ekvibrácie (°C)
	X_{ms} v Ms	X_{ms} v Pg	
BU-1(1+2)	0,85	0,11	472
BU-1(3+4)	0,87	0,11	441
BU-1(5+6)	0,86	0,12	469
BU-1(7+8)	0,89	0,07	346
BU-1(9+10)	0,89	0,10	406
BU-1(11+12)	0,90	0,09	354
BU-1(13+14)	0,86	0,06	378
BU-3(1+2)	0,88	0,07	361
BU-3(3+4)	0,87	0,06	361
BU-3(5+6)	0,85	0,08	419
BU-3(7+8)	0,88	0,11	423
BU-3(9+10)	0,88	0,09	390
T min.			346
T max.			472
T aritmetický priemer			402
Smerodajná odchýlka			42



Obr. 6. Klasifikačný diagram reprezentujúci kompozičné polia horninotvorných chloritov podľa Zaneho a Weissa (1998). Chlority typu I sú väčšinou Mg-Fe chlority v závislosti od dominantného katiónu. Chlority typu II sú väčšinou Al-chlority. Body reprezentujú koncové členy podľa Baileyho (1980). Červené body predstavujú analýzy z lokality Burda-Rovné.

Fig. 6. Classification diagram representation of the compositional fields of rock-forming chlorites according to Zane and Weiss (1998). Type I chlorites are mostly Mg-Fe chlorites depending on the dominant cation. Type II chlorites are mostly Al-chlorites. Dots represent the end-members according to Bailey (1980). Red dots represent analyses of the locality Burda-Rovné.



Obr. 7. P-T diagram s vyznačeným priebehom nezávislej rovnovážnej reakcie so vznikom klinozoisitu. Vyznačené pole fácie zelených bridlíc je podľa Wintera (2001). Sivé pole reprezentuje vypočítané p - T podmienky rekryštalizácie muskovitu a paragonitu.

Fig. 7. P-T diagram showing the univariant reaction limiting the stability of clinozoisite. The field of the greenschist facies is after Winter (2001). The grey field represents the range of pressure of the calculated P - T conditions for muscovite and paragonite recrystallization.

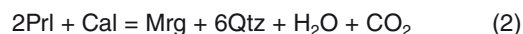
podmienky regionálnej metamorfózy na základe b_0 hodnôt (d -parameter) muskovitu. Metamorfné procesy prebiehali pri teplotnom rozsahu 350 – 370 °C a tlaku fluidnej fázy 0,25 – 0,3 GPa s geotermálnym gradientom cca 40 °C/km⁻¹, čo zodpovedá podmienkam fácie zelených bridlíc (Sassi a Vozárová, 1987).

Hodnoty Küblerovho indexu illitu (2,6 – 4,8) vo vzorkách zo stykovej zóny gemerika a veporika z okolia Dobšinej sa pohybujú v rozsahu vrchnej anchizóny až epizóny, čo približne zodpovedá teplotnému rozsahu 250 – 300 °C (Plašienka et al., 1989). Z metapelitov hámoorského súvrstvia gemerika hodnoty Küblerovho indexu illitu potvrdili teplotu metamorfózy zodpovedajúcu spodnej časti fácie zelených bridlíc, pričom v zložení metapelitov bol okrem muskovitu identifikovaný aj paragonit, ktorý spôsobil zníženie hodnôt Küblerovho indexu illitu. Na základe prítomnosti paragonitu (namiesto illitu) a nízkej expandibility stupeň regionálnej premeny sedimentov ochtinskej skupiny dosiahol p - T podmienky fácie zelených bridlíc (Vozárová a Šucha, nepublikované údaje). Vo vzorkách z hrádockého a lubenického súvrstvia bola potvrdená prítomnosť NH₄ v štruktúre illitu (tzv. tobelitová zložka), ktorá indikuje procesy nízkošupňovej metamorfózy sedimentov ochtinskej skupiny (Šucha et al., 2006).

V prípade predpokladu, že protolitom metakarbonátov boli vápence s ílovitou prímесou (illit, kaolinit a i.), ich vznik pravdepodobne súvisí s prográdnou metamorfózou počas alpskej orogenézy. Bucher a Frey (2002) charakterizujú progresívne metamorfné procesy v horninách podobných protolitu, ktoré sú v minerálnom zložení obohatené o hliník, čo indikuje charakter prográdnej metamorfózy počas orogenézy. Vzhľadom na podobné zloženie skúmaných metakarbonátov spolu s nízkym obsahom X_{CO_2} môžeme predpokladať podobný vývoj, opísaný spomínanými autormi (Bucher a Frey, 2002) v konfrontácii s ďalšími prácami (Bucher et al., 1983; Frank, 1983).

Predpokladaný vývoj prográdnej metamorfózy karbonátov vychádza z metamorfných reakcií, ktoré prebiehali v prvých rekryštalizačných štádiách. Pri teplotách okolo 300 °C prebiehala reakčná zmena ílových minerálov (kaolinit) na metamorfný pyrofyilit.

V teplotnom rozsahu cca 310 – 325 °C proces vzniku margaritu prebiehal podľa reakcie (2):



V minerálnej asociácii metakarbonátov sa margarit nezachoval, pretože bol kompletne spotrebovaný pri vzniku klinozoisitu reakciou (1). Do výpočtu vzniku Czo/Zo bola zahrnutá maximálna aktivita pre Mrg (0,05) a Czo/Zo (0,94). Napriek tomu, že maximálna hodnota margaritového komponentu vo svetlých sludách je nízka, na základe mikroštruktúrnych vzťahov Czo a Ms/Pg predpokladáme ich vzájomnú reakčnú interakciu. Na základe reakčnej rovnice vzniku klinozoisitu (1) boli vypočítané p - T podmienky metamorfózy pri konzumácii margaritu v teplotnom rozsahu 440 – 480 °C pri tlaku 0,3 – 0,5 GPa s hodnotou $X_{CO_2} = 0,02$. Stanovená hodnota X_{CO_2} vychádza z výpočtu reakcie (1), kde sa stúpajúcej hodnote X_{CO_2} posúvajú

vypočítané p - T podmienky rovnováhy univariantnej reakcie do tlakovo-teplotného rozsahu mimo poľa stability fácie zelených bridlíc (obr. 7). Zároveň z minerálnej asociácie skúmaných metakarbonátov vyplýva, že ďalšie metamorfné reakcie spojené so vznikom plagioklasov pri spotrebovaní paragonitu alebo K-živcov za konzumácie muskovitu neprebíhali, čo súvisí s metamorfnými podmienkami karbonátov, ktoré dosiahli poľa stability fácie zelených bridlíc.

Záver

V metakarbonátoch z lokality Burda-Rovné bola identifikovaná minerálna asociácia Cal + Qtz + Ms + Pg + Czo ± Chl ± Ttn. Pravdepodobným protolitom boli vápence obohatené ílovitou prímiesou. Teplotné podmienky alpínskej rekryštalizácie svetlých slúd v metakarbonátoch boli stanovené aplikovaním konvenčnej muskovitovo-paragonitovej solvusovej geotermometrie podľa kalibrácií Guidottiho et al. (1994) a Blencoea et al. (1994). Priemerná teplota rekryštalizácie vypočítaná z Ms-Pg minerálnych párov dosahuje 402 ± 42 °C.

Prítomnosť klnozoisitu v minerálnom zložení metakarbonátov indikuje p - T podmienky v teplotnom rozsahu $440 - 480$ °C pri tlaku $0,3 - 0,5$ GPa s hodnotou $X_{\text{CO}_2} = 0,02$ v súlade s priebehom dehydratačno-dekarbonizačnej reakcie: $3\text{Mrg} + 5\text{Cal} + 6\text{Qtz} = 4\text{Czo} + \text{H}_2\text{O} + 5\text{CO}_2$. Na základe vypočítaných teplotných podmienok predpokladáme, že karbonáty obohatené ílovitou prímiesou boli regionálne metamorfované v podmienkach fácie zelených bridlíc.

Podakovanie. Vyslovujeme podakovanie RNDr. Ivanovi Holickému, z oddelenia elektrónovej mikroanalýzy ŠGÚDŠ v Bratislave za vyhotovenie mikrosondových analýz. Zároveň chceme vyjadriť podakovanie recenzentom článku RNDr. Martinovi Kováčikovi, CSc., zo ŠGÚDŠ v Bratislave a Mgr. Davidovi Buriánkovi, PhD., z Českej geologickej služby (pobočka Brno) za podnetné pripomienky, ktoré prispeli ku skvalitneniu pôvodného rukopisu. Príspevok bol financovaný z grantov APVV LPP-0109-09, APVV-0438-06, APVV-0279-07, APVV-0081-10 a VEGA 1/0255/11.

References

BAILEY, S. W., 1980: Summary of recommendations of AIPEA Nomenclature Committee. *Clays and Clay Miner. (New York)*, 15, 85 – 93.

BAJANIČ, Š., IVANIČKA, J., MELLO, J., REICHWALDER, P., PRISTAŠ, P., SNOPOK, L., VOZÁR, J. & VOZÁROVÁ, A., 1984: Geologická mapa Slovenského rudohoria – východná časť 1 : 50 000. *Bratislava, ŠGÚDŠ*.

BAJANIČ, Š., VOZÁROVÁ, A. & REICHWALDER, P., 1981: Litostratigrafická klasifikácia rakoveckej skupiny a mladšieho paleozoika v Spišsko-gemerskom rudohorí. *Geol. Práce, Spr.*, 75, 27 – 56.

BERMAN, R. G., 2007: WinTWQ (version 2.3): A software package for performing internally-consistent thermobarometric calculations. *Geol. Survey of Canada*.

BEZÁK, V. (ed.), BIELY, A., BROSKA, I., BONA, J., BUČEK, S., ELEČKO, M., FILO, I., FORDINÁL, K., GAZDAČKO, L., GRECULA, P., HRAŠKO, L., IVANIČKA, J., JACKO, S. st., JACKO, S. ml., JANOČKO, J., KALIČIAK, M., KOBULSKÝ, J., KOHÚT, M., KONEČNÝ, V., KOVÁČIK, M. (BA), KOVÁČIK, M. (KE), LEXA, J., MADARÁS, J., MAGLAY, J., MELLO, J., NAGY, A., NÉMETH, Z., OLŠAVSKÝ, M., PLAŠIENKA, D., POLÁK, M., POTFAJ,

M., PRISTAŠ, J., SIMAN, P., ŠIMON, L., TEŤÁK, F., VOZÁROVÁ, A., VOZÁR, J. & ŽEC, B., 2009: Vysvetlivky k prehľadnej geologickej mape Slovenskej republiky 1 : 200 000. *Bratislava, ŠGÚDŠ*, 534 s.

BLENCOE, J. G., GUIDOTTI, C. V. & SASSI, F. P., 1994: The paragonite-muscovite solvus: II. Numerical geothermometers for natural, quasibinary paragonite-muscovite pairs. *Geochim. cosmochim. Acta*, 58, 10, 2 277 – 2 288.

BOUČEK, B. & PŘIBYL, A., 1960: Revise trilobitů slovenského svrchního karbonu. *Geol. Práce, Zpr.*, 20, 5 – 49.

BUCHER, K. & FREY, M., 2002: Petrogenesis of Metamorphic Rocks. *Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 7th ed.*, 341 pp.

BUCHER, K., FRANK, E. & FREY, M., 1983: A model for the progressive regional metamorphism of margarite-bearing rocks in the Central Alps. *Amer. J. Sci.*, 283A, 370 – 395.

CONNOLLY, J., 2007: internetový zdroj <http://www.perplex.ethz.ch/perplex07.html>

ELEČKO, M., GAÁL, L., LEXA, J., MELLO, J., PRISTAŠ, J., VASS, D. & VOZÁROVÁ, A., 1985: Geologická mapa Rimavskej kotliny a príľahlej časti Slovenského rudohoria 1 : 50 000. *Bratislava, ŠGÚDŠ*.

FRANK, E., 1983: Alpine metamorphism of calcareous rocks along a cross-section in the Central Alps: Occurrence and breakdown of muscovite, margarite and paragonite. *Schweiz. mineral. petrogr. Mitt.*, 63, 37 – 93.

GUIDOTTI, C. V., SASSI, F. P., BLENCOE, J. G. & SELVERSTONE, J., 1994: The paragonite-muscovite solvus: I. P-T-X limits derived from the Na-K compositions of natural, quasibinary paragonite-muscovite pairs. *Geochim. cosmochim. Acta*, 58, 10, 2 269 – 2 275.

KOVÁČIK, M., 1989: Muskovitovo-paragonitový geotermometer, problémy a prednosti aplikácie na svoroch zo strednej časti subzóny Kohúta. Prednáška v rámci geofóra: Geotermometria a geobarometria v petrológii a mineralógii. *Miner. Slov. (Bratislava)*, 21, 382.

KOVÁČIK, M., 1995: Chloritoid-paragonite pseudomorphs and reverse zoning of garnet – consequences of retrograde metamorphism of basement metapelites (SE part of Vepor Ore Mountains, West Carpathian Mts.). *Krystalinikum*, 22, 73 – 103.

KOZUR, H., MOCK, R. & MOSTLER, H., 1976: Stratigraphische Neueinstufung der Karbonatgesteine der unteren Schichtenfolge von Ochtiná (Slovakei) in das oberste Vise Sepukhovian (Namur A). *Geol. paläont. Mitt. (Innsbruck)*, 6, 1, 29.

LEXA, J., BEZÁK, V., ELEČKO, M., MELLO, J., POLÁK, M., POTFAJ, M., VOZÁR, J. (eds.), SCHNABEL, G. W., PÁLENSKÝ, P., CSÁSZÁR, G., RYĽKO, W. & MACKIV, B., 2000: Geologická mapa Západných Karpát a príľahlých území. *Bratislava, MŽP SR, Št. Geol. Úst. D. Štúra*.

MACKO, J. & DIANIŠKA, I., 1971: Inventarizácia ložísk stavebných nerastných surovín ČSSR – Jelšava. *Manuskript. Bratislava, archív ŠGÚDŠ*, 10 s.

MELLO, J., IVANIČKA, J. (eds.), GRECULA, P., JANOČKO, J., JACKO, S. st., ELEČKO, M., PRISTAŠ, J., VASS, D., POLÁK, M., VOZÁR, J., VOZÁROVÁ, A., HRAŠKO, L., KOVÁČIK, M., BEZÁK, V., BIELY, A., NÉMETH, Z., KOBULSKÝ, J., GAZDAČKO, L., MADARÁS, J. & OLŠAVSKÝ, M., 2008: Prehľadná geologická mapa Slovenskej republiky 1 : 200 000. *Mapový list 37 – Košice. Bratislava, MŽP SR, Št. Geol. Úst. D. Štúra*.

MÉRES, Š., IVAN, P., SÝKORA, M. & AUBRECHT, R., 2009: Polymetamorfná premena fylitov príkrovu Bôrky (Meliatikum, Západné Karpaty): 1. Transformácia paragonitu na muskovit. *Cambelove dni 2009*, 47 – 49.

LESS, G., MELLO, J. (eds.), ELEČKO, M., KOVÁCS, S., PELIKÁN, P., PENTELÉNYI, L., PEREGL, Z., PRISTAŠ, J., RADÓCZ, G., SZENTPÉTERY, I., VASS, D., VOZÁR, J. & VOZÁROVÁ, A., 2004: Geological map of the Gemer – Bükk area 1 : 100 000. Geological Institute of Hungary, Budapest, ŠGÚDŠ, Bratislava.

OZDIN, D. & UHER, P., 2002: Slovenské názvy minerálov. *Bratislava, ŠGÚDŠ*, 195 s.

PLAŠIENKA, D., JANÁK, M., HACURA, A. & VRBATOVÍČ, P., 1989: Prvé údaje o kryštalinite illitu z alpínskych metamorfovaných hornín veporika. *Miner. Slov. (Bratislava)*, 21, 43 – 51.

SASSI, F. P. & VOZÁROVÁ, A., 1987: The pressure character of

- the Hercynian metamorphism in the Gemericum (West Carpathians, Czechoslovakia). *Rc. Soc. Ital. Mineral. Petrologia Soc. mineral. ital.*, 42, 73 – 81.
- SLAVKAY, M. (ed.), BEŇKA, J., BEZÁK, V., GARGULÁK, M., HRAŠKO, L., KOVÁČIK, M., PETRO, M., VOZÁROVÁ, A., HRUŠKOVIČ, S., KNĚSL, J., KNĚSLOVÁ, A., KUSEIN, M., MAŤOVÁ, V. & TULIS, J., 2004: Ložiská nerastných surovín Slovenského rudohoria. *Zv. 2. Bratislava, ŠGÚDS*, 286 s.
- ŠUCHA, V., MADEJOVÁ, J., UHLÍK, P., BIRŇ, A. & VOZÁROVÁ, A., 2006: Amónne illity v Západných Karpatoch. *Miner. Slov. (Bratislava)*, 38, 327 – 335.
- VARGA, I., DOJČÁKOVÁ, V. & BUKVOVÁ, J., 1977: Gemer – dekoračný kameň. Záverečná správa. *Manuskript. Bratislava, archív ŠGÚDS*, 94 s.
- VASS, D. (ed.), BODNÁR, J., ELEČKO, M., GAÁL, L., HANÁČEK, J., HANZEL, V., LEXA, J., MELLO, J., PRISTAŠ, J. & VOZÁROVÁ, A., 1986: Vysvetlivky ku geologickej mape Rimavskej kotliny a príľahlej časti Slovenského rudohoria 1 : 50 000. *Bratislava, ŠGÚDS*, 177 s.
- VOZÁROVÁ, A., ĎURKOVIČOVÁ, J. & REPČOK, I., 1995: Data on chemical and isotope composition of Carboniferous and Mesozoic carbonates of Inner Western Carpathians. *Slovak Geol. Mag.*, 2, 127 – 152.
- VOZÁROVÁ, A., 1996: Tectono-sedimentary evolution of Late Paleozoic basins based on interpretation of lithostratigraphic data (Western Carpathians; Slovakia). *Slovak Geol. Mag.*, 3 – 4, 251 – 271.
- VRÁNA, S., 1964: Chloritoid and kyanite zone of Alpine metamorphism on the boundary of the Gemerides and the Veporides (Slovakia). *Krystalinikum*, 2, 125 – 143.
- WHITNEY, L. D. & EVANS, W. B., 2010: Abbreviations for names of rock-forming minerals. *Amer. Mineralogist*, 95, 185 – 187.
- WINTER, J. D., 2001: An Introduction to Igneous and Metamorphic Petrology. Prentice–Hall Inc., New Jersey, 697.
- ZANE, A. & WEISS, Z., 1998: A procedure for classifying rock-forming chlorites based on microprobe data. *Rend. Fis. Acc. Lincei*, 9, 1, 51 – 56.

Rukopis doručený 5. 9. 2011

Revidovaná verzia doručená 12. 9. 2011

Rukopis akceptovaný red. radou 13. 9. 2011

Muscovite-paragonite geothermometry applied for determination of the recrystallization conditions of the white mica in metacarbonate from locality Burda-Rovné (Western Carpathians)

Mineral assemblage Cal + Qtz + Ms + Pg + Czo ± Chl ± Ttn was identified in metacarbonates from the locality Burda-Rovné (Ochtiná Group, Gemericum). The estimation of white mica recrystallization temperature was based on muscovite-paragonite solvus geothermometry (Guidotti et al., 1994; Blencoe et al., 1994). The average temperature calculated using muscovite-paragonite pairs is thus 402 ± 42 °C.

Clinozoisite occurrence in mineral assemblage indicates the temperature and pressure range of 440 to

480 °C at 0.3–0.5 GPa, based on univariant reaction: $3\text{Mrg} + 5\text{Cal} + 6\text{Qtz} = 4\text{Czo} + \text{H}_2\text{O} + 5\text{CO}_2$ at $X_{\text{CO}_2} = 0.02$ calculated with TWQ ver. 2.32 computer program. Clinozoisite/zoisite reaction development was calculated in the KNCAS-HC simplified system. There are no other reactions and changes of mineral assemblage observed, documenting a higher grade of metamorphism. Clay bearing carbonate protolith was metamorphosed under greenschist facies conditions during Alpine tectonometamorphic stages.