

Velkozrnné amfibolicko-pyroxenicko-granátové horniny z Malej Fatry

DUŠAN HOVORKA¹, JÁN SPIŠIAK^{2, 3} a TOMÁŠ MIKUŠ²

¹Fakulta prírodných vied Univerzity Konštantína Filozofa, Trieda A. Hlinku 1, 949 74 Nitra

²Geologický ústav SAV, Severná 5, 974 01 Banská Bystrica

³Fakulta prírodných vied Univerzity Mateja Bela, Tajovského 40, 974 01 Banská Bystrica

Coarse-grained hornblende-clinopyroxene-garnetiferous rocks from the Malá Fatra Mts. (Western Carpathians, Slovakia)

Presented rocks occur on eastern slope of the Lúčanská Fatra Mts., north-west of Lázky settlement near Bystrička village approximately 3.5 km south-east from the Veľká lúka peak. Studied coarse-grained (up to 4 cm grain size) rocks crop out in forest road and above road in block eluvium. Surrounding rocks are represented by LAC (leptinite-amphibolite complex defined by Hovorka et al., 1994). Rock forming conditions (eclogite facies) of studied rock are documented by high basicity of plagioclases of the 1. generation, chemical homogeneity of garnets, presence of rutile etc. These conditions (eclogite facies) also correspond to LAC (l. c.) formation. Retrograded recrystallization processes (taken place during LAC uplift via continental crust) on discussed rock lithotype had applied less significantly in macroscopic scale in comparison with the host rock complex.

Key words: coarse-grained Hbl-Cpx-Gar rocks, mineralogy, LAC, Malá Fatra Mts.

Úvod

Pre dvojdielne jadrové pohorie Malá Fatra sú charakteristické rozličné typy metamorfítov len v Lúčanskej Fatre, t. j. v južnom segmente pohoria. Prvú modernú charakteristiku ich základných horninových typov zverejnil Ivanov a Kamenický (1957) a potom nasledovali práce dotýkajúce sa niektorých otázok horninovej náplne a všeobecných geologických problémov jadra pohoria.

K problematike sledovanej v tomto príspevku majú priamy vzťah hlavne práce o metabazitoch pohoria. Patria medzi ne najmä príspevky Hovorku (1974) o správaní amfibolitov v zónach migmatitizácie, ako aj Hovorku a Méresa (1989), v ktorých sa prvý raz v západokarpatských amfibolitoch identifikovali klinopyroxény a opísali sa ich simplektitické rozpady s genetickou interpretáciou problematiky. Z doliny Mlynského potoka pri Martine autori (l. c.) opísali dve šošovky pyroxenicko-granatických hornín s amfibolom a charakterizovali ich ako produkty retrogresnej rekryštalizácie pôvodných šošoviek eklogitov v LAK-u (v leptino-amfibolitovom komplexe). Korikovskij a Hovorka (2001) uviedli argumenty v prospech progresívneho vzniku prerastlíc klinopyroxénov a plagioklasov resp. amfibolov a plagioklasov. V dvoch naposledy spomenutých prácach sú aj výsledky analýz horninotvorných minerálov získané elektrónovým mikroanalýzátorom a na základe koexistujúcich minerálov vypočítané pT podmienky ich vzniku. Tejto problematike sa ďalej venoval Janák a Lupták (1997), Korikovskij et al. (1998) a i.

V tomto príspevku sa venujeme hrubozrnným horninám vystupujúcim v elúviu zárezu lesnej ceste na východnom svahu Martinských hôľ (Michal, 1980) na SZ od samoty Lázky (cca

3,5 km na JV od kóty Veľká lúka, obr. 1). Opisované horniny zložením, a hlavne zrnitosťou nemajú medzi metabazitmi Západných Karpát analóga. V práci je aj základná charakteristika skladby týchto hornín a pokus o ich genetickú interpretáciu.

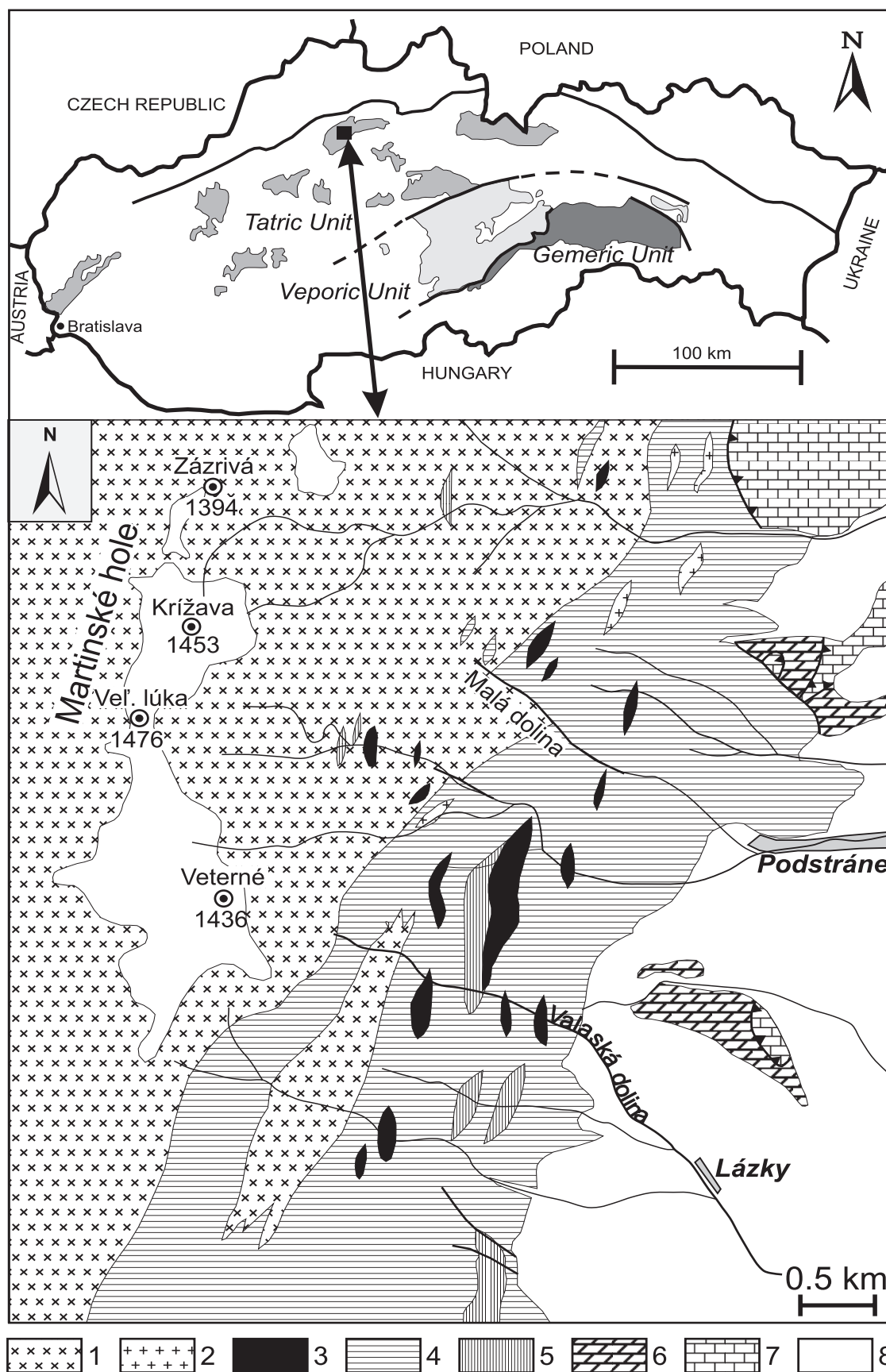
Makroskopická charakteristika

Hrubozrnný až velkozrnný (0,5–4 cm) typ metabazitu prechádza do okolitej horniny, ktorou sú jemnozrnné (zrná veľké 1–2, len ojedinele do 3 mm) bridličnaté amfibolity, pozvolne. Okolité amfibolity pritom majú povahu granátových amfibolitov, miestami s páskovanou stavbou s nevýrazným oddelením plagioklasových a amfibolových polôh. Niektoré z uvedených Hbl polôh majú charakter melaamfibolitov. Granát veľkosťou zodpovedá ostatným fázam horniny. Pre amfiboly je charakteristická intenzívne hnedá farba s nápadným hnedým pleochroickým odtieňom. Malofatranské amfibolity podrobne charakterizoval Hovorka (1974) a Hovorka a Méres (1989).

Hrubozrnné až velkozrnné metabazity (obr. 2), ktoré sme študovali, sú všesmerne orientovanou minerálnou asociáciou nápadne ružovočervených glomerblastov granátov (do 50 mm), svetlozelených kryštálov klinopyroxénov (do 5 mm), amfibolov, plagioklasov, kremeňa, rudných minerálov a minerálov klinozoisitovo-epidotovej skupiny. Podľa mikroskopicky pozorovateľných priestorových vzťahov základných fáz hornina prekonala niekoľkofázový vývoj.

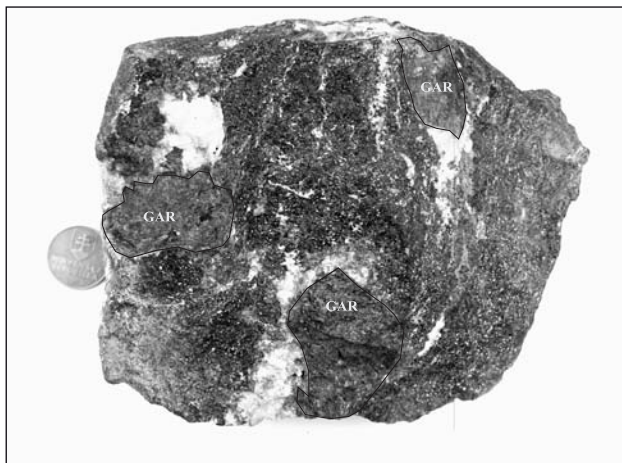
Použitá metodika

Vzorky sme študovali mikroskopicky a zloženie minerálov pomocou elektrónového mikroanalýzátora CAMECA SX-100



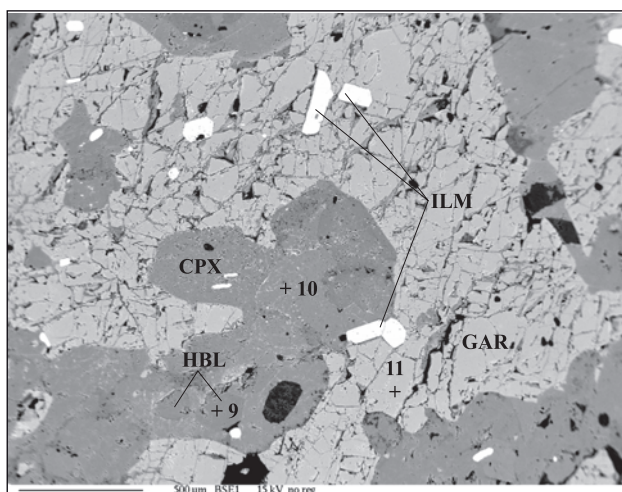
Obr. 1. Zjednodušená geologická mapa časti Lúčanskej Fatry (podľa Rakúsa et al., 1988). *Tatrickum*: 1 – strednozorné biotitické granodiority, 2 – žilné telesá granitoidov a pegmatitov, 3 – amfibolity, 4 – granatiticko-biotitické pararuly, 5 – amfibolicko-biotitické pararuly, 6 – lúžňanské biotitické pararuly, 7 – lúžňanské súvrstvie: kremenec, spodný trias, škvrnitý slienitý vápenec (sinemúr – toarc), 8 – neodividený neogén a kvartér.

Fig. 1. Simplified geological sketch of the part of the Lúčanská Fatra Mts. according to Rakús et al. (1988). *Tatrickum*: 1 – medium-grained biotite granodiorites, 2 – granitoid and pegmatite vein bodies, 3 – amphibolites, 4 – garnet-biotite paragneisses, 5 – hornblende-biotite paragneisses, 6 – Luzhanské biotite paragneisses, 7 – Algae member, spotted silty limestone (Sinemurian – Toarcian), 8 – undivided Neogene and Quaternary.



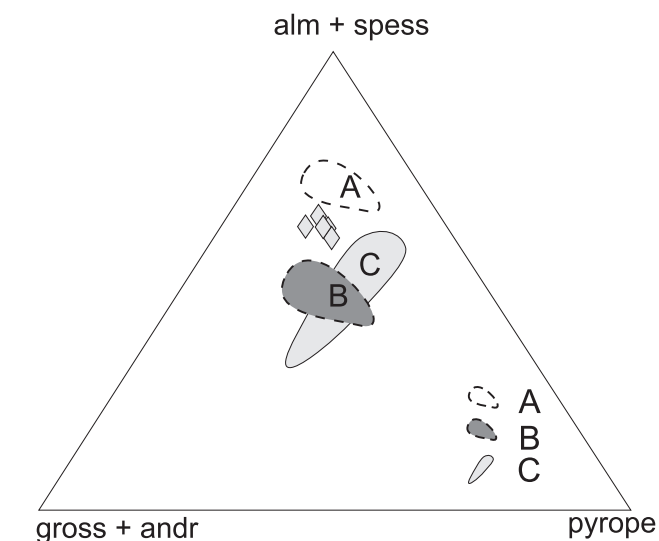
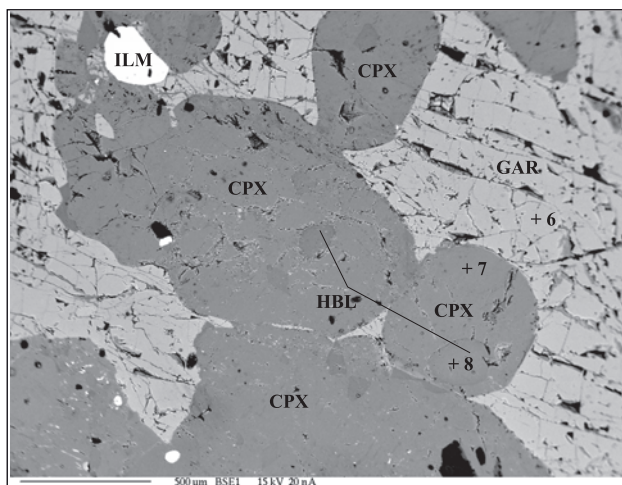
Obr. 2. Veľkozrnná amfibolicko-pyroxenicko-granátová hornina – makrofoto.

Fig. 2. Coarse-grained hornblende-clinopyroxene-garnetiferous rock, macrophoto.



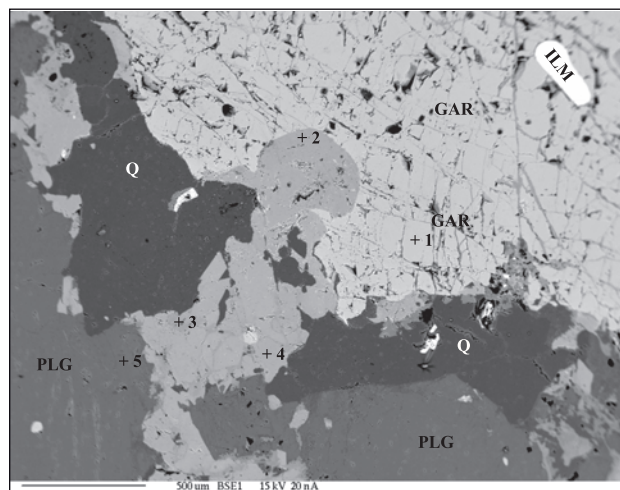
Obr. 3. Klinopyroxény a amfiboly v granáte; obrázok v odrazených elektrónoch s vyznačenými minerálmi a s číslami analýz.

Fig. 3. Clinopyroxenes and amphiboles in garnet; back-scattered electron image with numbers of analyses.



Obr. 5. Ternárny diagram gross + andr : alm + spess : pyr zloženia granátov, A – zloženie atolových granátov z eklogitovej sekerky a rúl z oblasti Struhára (Spišiak a Hovorka, 2005; Hovorka a Spišiak, in press), B – granáty z granulitového masívu St. Leonard, Rakúsko (Cooke, 2000), C – granáty z eklogitov – Silvretta nappe, Eastern Alps (Schweinehage a Massonne, 1999).

Fig. 5. Ternary diagram of garnet composition (gross + andr : alm + spess : pyr). A – composition of atoll-like garnet from eclogite axe and Struhár gneisses (Spišiak and Hovorka, 2005; Hovorka and Spišiak, in press), B – garnets from Cpx-bearing granulites from St. Leonard granulite massif, Austria (Cooke, 2000), C – garnets from eclogites from Silvretta nappe, Eastern Alps (Schweinehage and Massonne, 1999).



Obr. 6. Okraj výrastlice granátu; obrázok v odrazených elektrónoch s vyznačenými minerálmi a číslami analýz.

Fig. 6. Rims of garnet phenocryst; back-scattered electron image with numbers of analyses.

Obr. 4. Klinopyroxény v granáte; obrázok v odrazených elektrónoch s vyznačenými minerálmi a s číslami analýz.

Fig. 4. Clinopyroxenes in garnet; back-scattered electron image with numbers of analyses.

na ŠGÚDŠ (analytik RNDr. I. Holický) za štandardných podmienok pre analýzu silikátových minerálov. Celkovo sme analyzovali cca 80 bodov. Výber z analýz je v tab. 1.

Petrografia

Granát je najhojnejšou fázou horniny. Tvorí glomeroblasty (zhluky) kryštálov veľkých približne 5–50 mm, ktoré vyplňajú celý priestor, resp. sú medzi nimi nepravidelné reliktové pôvodnej asociácie, prevažne hnedé amfiboly. Granáty vznikali v dvoch fázach kryštaloblastezy: Gar I tvoria idioblastické kryštály veľké do 1 mm uzavreté v uvedených veľkých glomeroblastických zhluchoch Gar II. Veľkosťou identické granáty sú aj v bridličnatých jemnozrnných amfibolitoch. Optické odlíšenie Gar I a Gar II je zreteľné pri čiastočnom skrížení polarizátorov. Aj keď jednotlivé porfýroblasty Gar II celkovo majú tendenciu izometrické morfológie, v detailoch možno na okrajoch pozorovať ich amébovité prenikanie do okolitej osnovy. Tak tvoria akúsi „tmeliacu“ hmotu v danej časti horniny. Podľa ružového sfarbenia, charakteristického pre Gar I aj Gar II, sa podmienky ich vzniku odlišovali len nepodstatne a z toho vyplýva aj ich blízke chemické zloženie (tab. 1).

V Gar II je mnoho poikiloblastických uzavrenín Cpx a Hbl (obr. 2). Pre uzavreniny Cpx (okolo 0,5 mm) je charakteristická prevažne idioblastická morfológia s vývojom hranolových, pyramídálnych, veľmi ojedinele aj bazálnych plôch. Gar II je čiastočne dekomponovaný, premenený na submikroskopický agregát silikátov. Uzavreniny amfibolu v ňom majú xenoblastickú morfológiu a optickými vlastnosťami zodpovedajú amfibolom v matrixe horniny. Lokálne sú uzavreniny amfibolov aj klinopyroxénov oválne (obr. 4).

Gar II sú intenzívne mechanicky porušené, preniknuté systémom prasklín prevažne bez sekundárnej výplne, len ojedinele s výplňou Hbl III. Mechanickú deštrukciu Gar II nesprievádzal vstup fluidnej fázy do systému. Tieto veľkozrnné horniny aj napriek zistenej retrogresnej rekryštalizácii neobsahujú chlorit resp. iné fázy vznikajúce za spoluúčinku fluíd pri vzniku metamorfnej minerálnej asociácie. Granáty sa javili ako nezonálne aj pri detailnom štúdiu. Ich zonalita je nepozorovateľná v polarizačnom mikroskope aj pri skenovaní na elektrónovom mikroanalýzátore. Tento znak je nepriamym indikátorom ich vzniku pri vysokej teplote. Granáty študovanej horniny majú vysoký podiel almandínovej, ale aj relatívne vysoký obsah grosulárovej a pyropovej molekuly a z toho vyplývajúce nízke zastúpenie spessartínovej molekuly (tab. 1, obr. 5). Zloženie granátov všeobecne odráža charakter protolitu, z ktorého vznikli, ale súčasne odráža aj pTX podmienky ich vzniku. V granátoch sa často vyskytujú uzavreniny ilmenitu (obr. 3, 6). Lem granátov je často z klinopyroxénu a amfibolu, ale miestami aj z kremeňa (obr. 6, 7, 8).

Klinopyroxén má vo veľkozrnnom metabazite nerovnomernú distribúciu. Vo výbrusoch má svetlozelené sfarbenie len s nepatrnou zmenou pleochroických farieb. V klasifikácii IMA (Morimoto et al., 1988, obr. 9) analyzované klinopyroxény zodpovedajú diopsidom, pričom sú ich priemetné body v projekčnom diagrame

posunuté smerom k vrcholu Fe. Cpx spravidla predstavujú čiastočne dekomponované kryštály xenoblastickej morfológie. Na prevažnej časti Cpx je pozorovateľný rozpad pyroxénového tuhého roztoku – exsolúciu. Má charakter vzniku paralelne so mnohonásobných zrástových dvojčat. Keďže lamely sú úzke, opticky (ale aj mikrosondovo) ich prakticky nemožno rozlíšiť. Exsolúcia sa opticky prejavuje vznikom kryštálu, v ktorom exsolúcie Opx spolu s pôvodným hostiteľským Cpx morfológicky pripomínajú úzko lamelovaný kyslý plagioklas.

Miestami vidno „dorastanie“ hnedých Hbl I reťazcovitým drobnozrnným (pod 0,1 mm) lemom Cpx. Pyroxenizácia amfibolov I (ktoré tvoria aj početné poikiloblasty v Cpx), ale súčasne aj prítomnosť Cpx v podobe drobnozrnných korálikovitých reťazcov okolo Hbl I svedčí o zvyšujúcich sa pT podmienkach v danom štádiu rekryštalizácie.

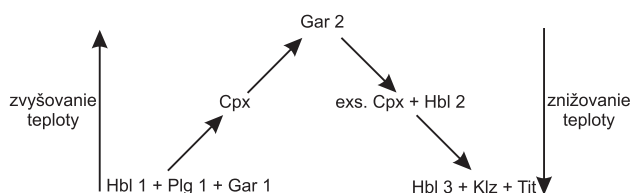
Intenzívne hnedý **monoklinický amfibol** je v hrubozrnných metabazitoch len nepodstatne (asi na 3–5 %) zatláčaný bezfarebným až svetlozeleným monoklinickým amfibolom zo skupiny aktinolitu. V príslušnej minerálnej asociácii metabazitu predstavuje Hbl II. Vo výrazne akcesorickom množstve býva nepravidelne okolo Gar II i ako monominerálna výplň vlásočnicových žiliek priamo v Gar II aj tyrkysovomodrozelený Hbl III. Amfiboly I majú zloženie magneziohornblendu a amfiboly II v klasifikácii Leake et al. (1997; obr. 10) zodpovedajú aktinolitu.

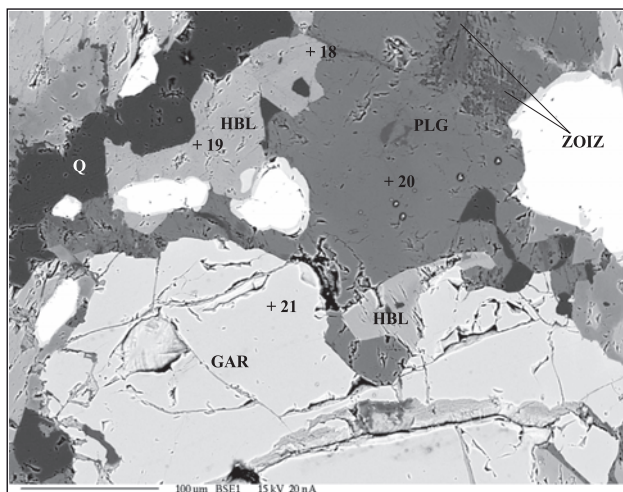
Plagioklas je vo veľkozrnných Gar-Cpx-Hbl-Plg metabazitoch distribuovaný spravidla nerovnomerne. Tvorí nepravidelné agregáty (často s kremeňom) albiticky zrastených kryštálov ($An = \text{okolo } 40\text{--}50\% = \text{Plg I}$) v podstate bez sekundárnych premien. Lokálne však plagioklasy, ak sú na styku s Cpx (obr. 11), majú vysokú bazicitu (An_{87}) a ich centrá bývajú premenené na zoisit. Druhú generáciu plagioklasov (Plg II) reprezentujú číre, albiticky lamelované kyslé plagioklasy vystupujúce najčastejšie s agregátom kremeňa. Na časti kryštálov Plg sú zistiteľné účinky ich mechanického ovplyvnenia – zrástové lamely sú ohnuté.

Kremeň má v hornine veľmi nerovnomernú distribúciu (obr. 6, 8, 11) a prevažne tvorí zhluky undulóznych xenoblastov.

Charakteristickou akcesóriou sú drobné (okolo 0,1 mm) **ilmenity** (obr. 3, 4, 5, 8). Zachovali sa hlavne v granátoch. Lokálne zrnká ilmenitu lemuje titanit. Veľmi zriedka sa vyskytujú aj kryštálky **rutilu**. Aj tie zatláča titanit. Klinozoisity a zoisity v podobe drobnozrnného agregátu pseudomorfujú časť plagioklasov (Plg I), no intenzita tejto premeny nie je veľká.

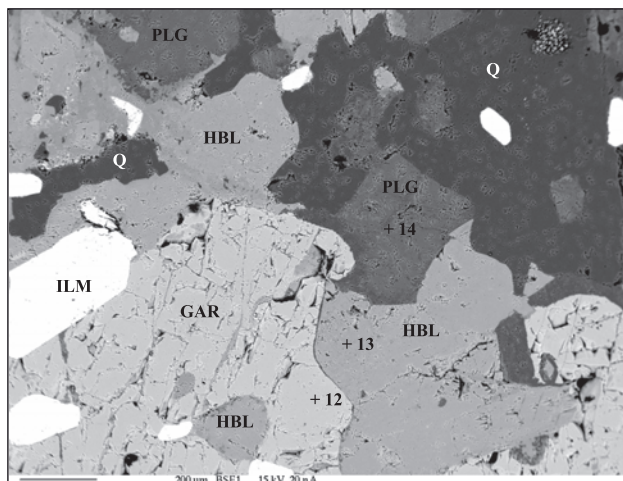
Na základe zisteného vývoj výslednej minerálnej asociácie je pravdepodobne výsledkom týchto postupných rekryštalizačných premien:





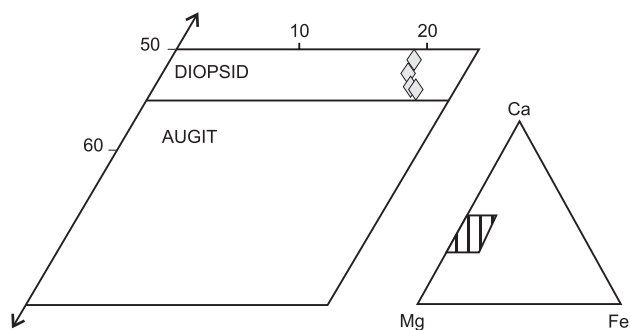
Obr. 7. Okraj výrastle granátu; obrázok v odrazených elektrónoch s vyznačenými minerálmi a číslami analýz.

Fig. 7. Rims of garnet phenocryst; back scattered electron image with numbers of analyses.



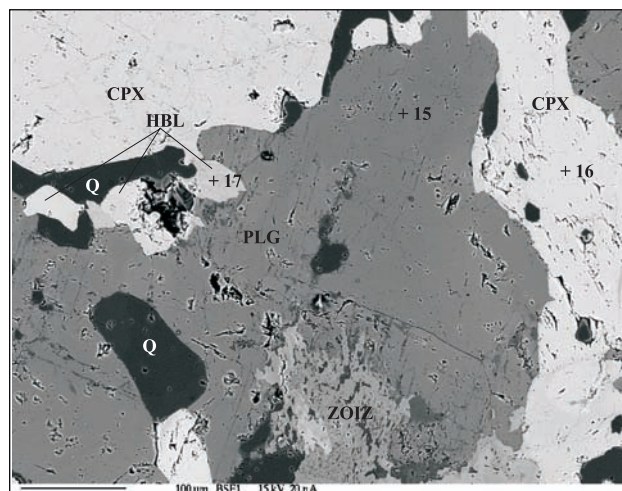
Obr. 8. Plagioklas, amfibol a kremeň na okraji granátu; obrázok v odrazených elektrónoch s vyznačenými minerálmi a s číslami analýz.

Fig. 8. Plagioclase, amphibole and quartz in garnet rims; back-scattered electron image with numbers of analyses.



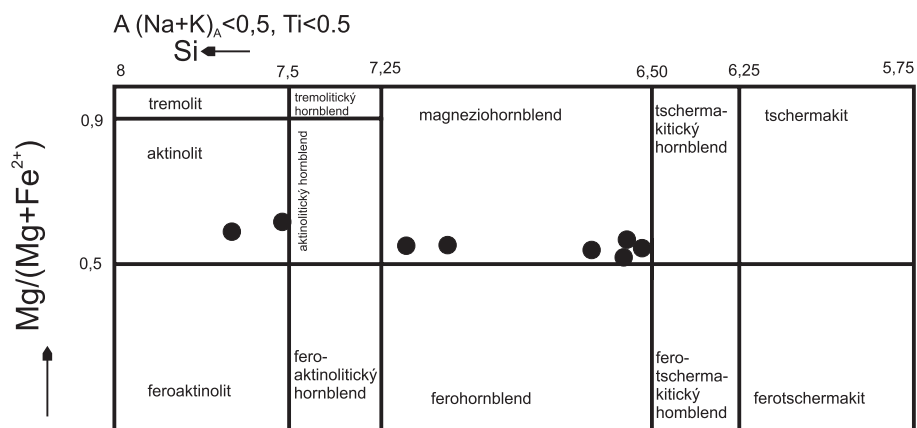
Obr. 9. Klasifikačný diagram klinopyroxénov (Morimoto et al., 1988).

Fig. 9. Classification diagram for clinopyroxenes (Morimoto et al., 1988)



Obr. 11. Výrastle plagioklasu s klinopyroxénom; obrázok v odrazených elektrónoch s vyznačenými minerálmi a s číslami analýz.

Fig. 11. Plagioclase phenocryst with clinopyroxenes, back-scattered electron image with numbers of analyses.



Obr. 10. Klasifikačný diagram amfibolov (Leake et al., 1997).

Fig. 10. Classification diagram for amphiboles (Leake et al., 1997).

Termodynamické podmienky vzniku

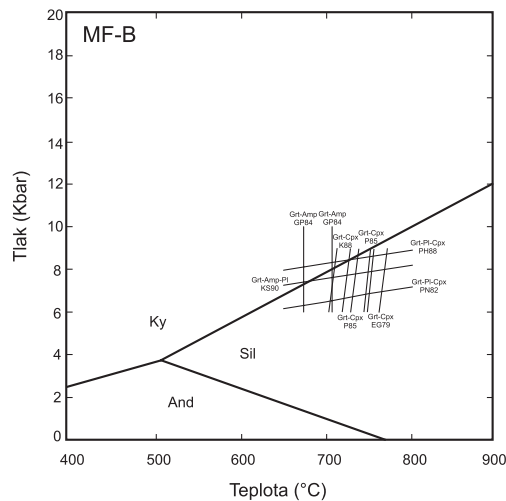
pT podmienky vzniku skúmanej minerálnej asociácie sme sa pokúsili stanoviť na báze prezentovaných analýz koexistujúcich minerálov. Použili sme rôzne termobarometre (tab. 2), najmä páry Gar – Amph (Graham a Powell, 1984) a Gar – Cpx (Ellis a Green, 1979; Powell, 1985; Krogh, 1988). Súhrn vypočítanej teploty a tlaku predstavuje pT mriežka (obr. 12). Vyplýva z nej, že horniny metamorfovali pri tlaku 6–8 kbar a teplote 650–750 °C. Vplyv retrogresných rekryštalizačných procesov sa zrejme aspoň čiastočne odrazil aj na analyzovaných mineráloch, a preto zistené hodnoty pT nepovažujeme za vrcholové teplotne tlakové podmienky, ktoré daná hornina prekonala.

Diskusia a záver

- Opísaná hornina veľkozrnnosťou nemá v skupine metabazitov západokarpatského kryštalinika analóga. Okolitým horninovým prostredím je LAK (podľa definície Hovorku et al., 1994). Hornina tvorí blokové elúvium na východných svahoch minčolskej skupiny Malej Fatry. Veľkosť a tvar telesa sa nám nepodarilo zistiť.

- Hbl-Cpx-Gar hornina je pravdepodobne rekryštalizované teleso gabra, ktoré bolo súčasťou bazálnej časti LAK (podobne, ako je to v oblasti Hely v Nízkych Tatrách). V prospech toho svedčí extrémne vysoká bazicita plagioklasov, ktorá sa v metabazitoch amfibolitovej fácie západokarpatského kryštalinika doteraz nezistila, prítomnosť rutilu a ilmenitu.

- Predpokladané gabro (ako protolit študovanej horniny) má zhodnú geologickú históriu ako okolité horninové prostredie (= LAK). V podmienkach vysokej amfibolitovej (eklogitovej) fácie rekryštalizovalo gabro a súčasne prebehla výrazná blastéza novotvorených granátov, ako aj priestorová reorganizácia klinopyroxénov. Pri postupnej exhumácii komplexu sa horniny dostávali do nižších pTX podmienok a to sa prejavilo postupným vznikom aktinolitu (Hbl II) a Hbl III, ale aj zoisitu, titanitu, Plg II



Obr. 12. PT mriežka.

Fig. 12. PT plot.

Tab. 2
Zloženie minerálov a výpočet P (kbar) – T (°C) na základe rôznych termobarometrov
Composition of minerals and calculation of P (kbar) – T (°C) based on various thermobarometers

Vzorka	Asociácia	Grt X Mg	Amph X Fe	Cpx X Mg(M1)	Pl X An	X Ca	X Mn	X Fe	Grt X Mg	Grt-Cpx T EG	Grt-Cpx T GP	Grt-Cpx T ref	T K	T P	T ref	Grt-Amph-Pl-Q P KS (Fe);(Mg)	GADS P NP	P PH
MF-B	Grt+Cpx+Hbl+Pl	0,552	1,766	0,657	0,491	0,630	0,084	2,249	0,552	761	706	6	718	743	650	7,45; 7,21 7,65; 8,17	6,16	7,99
MF-B	Grt+Cpx+Hbl	0,503	1,788	0,656		0,637	0,084	2,118	0,503	773	706	10	731	755	800		7,16	8,88
MF-A	Grt+Cpx+Hbl	0,487	1,802	0,660		0,632	0,101	2,042	0,487	747	674	6	703	728				
MF-A	Grt+Hbl+Pl	0,439	1,844	0,125	0,500	0,635	0,125	2,106	0,439	759	633	10	715	740				
MF-C	Grt+Hbl+Pl	0,399	1,780	0,110	0,759	0,732	0,110	2,148	0,399	729	633	10	683	710				
										741	614	6	695	722				
											614	6			600	6,47; 6,74		
											614	10			750	6,55; 7,71		
											629	6			600	4,57; 5,02		
											629	10			750	4,32; 5,71		

GP – Graham a Powell (1984), EG – Ellis a Green (1979), P – Powell (1985), K – Krogh (1988), KS – Kohn a Spear (1990), NP – Newton a Perkins (1982), PH – Powell a Holland (1988)

a len výnimočne aj chloritu. Naposledy spomenuté fázy dokumentujú, že fluidá v posledných fázach rekryštalizácie do rekryštalizácie v podstate nevstúpili.

• Hbl-Cpx-Gar hornina je horninový typ, ktorý spolu s ďalšími typmi tvorí bazálnu časť páskovaného komplexu LAK. Takýmito telesami sú prevažne, no nie výhradne aj rekryštalizované eklogity vo fácií symplektitických Gar-Cpx masívnych metabazitov (retrogresne rekryštalizovaných eklogitov), ale aj gabier, troktolitov, antigoritických serpentinitov a tremoliticko-mastencových bridlic.

Práca vznikla za finančnej podpory grantovej úlohy APVT 51-012504, APVT-20-016104, APVV-0279-07 a VEGA 2/6092/26 a 2/0104/08.

Literatúra

- COOKE, R. A., 2000: High-pressure/temperature metamorphism in St. Leonard granulite massif, Austria: Evidence for intermediate pyroxene-bearing granulites. *Int. J. Earth Sci.*, 89, 631–651.
- ELLIS, D. J. & GREEN, D. H., 1979: An experimental study of the effect of Ca upon garnet-clinopyroxene Fe-Mg exchange equilibria. *Contr. Mineral. Petrology*, 71, 13–22.
- GAJDOŠ, A., 2006: Vybrané priestorové fyzikogeografické zákonitosti na južných svahoch Krížnej vo Veľkej Fatre. *Geografická revue*, 2, 2, 25–32.
- GRAHAM, C. M. & POWELL, R., 1984: A garnet-hornblende geothermometer and application to the Pelona schists, southern California. *J. Metamorph. Geol.*, 2, 13–22.
- HOVORKA, D., 1974: Amphibolite in the migmatite area, West Carpathians. *Chem. d. Erde – Geochemistry*, 33, 3, 221–242.
- HOVORKA, D., MÉRES, Š. & IVAN, P., 1994: Pre-Alpine Western Carpathians basement complexes: Lithology and geodynamic setting. *Mitt. Österr. Geol. Gesell.*, 86, 33–44.
- HOVORKA, D. & MÉRES, Š., 1989: Relikty metamorfítov vysokých stupňov v tatrovoprickom kryštaliniku Západných Karpát. *Mineralia Slov.*, 21, 3, 193–202.
- HOVORKA, D., SPIŠIAK, J. & SUK, M., 2004: Leptynite-amphibolite complexes of the Central European Variscides: The Bohemian Massif, and the basement of the Eastern Alps and Western Carpathians. *Krystalinikum*, 30, 69–92.
- HOVORKA, D. & SPIŠIAK, J. (in press): Zone of Struhár (the Nízke Tatry Mts.) – postgranulite recrystallized heterogeneous supracrustal complex. *Acta mineral. petrogr. (Szeged)*.
- IVANOV, M. & KAMENICKÝ, J., 1957: Poznámky ku geológii a petrografii kryštalinika Malej Fatry. *Geol. Práce, Zoš.*, 45, 187–212.
- JANÁK, M. & LUPTÁK, B., 1997: Pressure-temperature conditions of high-grade metamorphism and migmatitization in the Malá Fatra crystalline complex, the Western Carpathians. *Geol. Carpath.*, 48, 5, 287–302.
- KORIKOVSKIJ, S. P., JANÁK, M. & LUPTÁK, B., 1998: Phase relations in olivine-orthopyroxene-chlorite-spinel-hornblende metaultramafics from the Malá Fatra Mountains, Western Carpathians. *Geol. Carpath.*, 49, 5, 369–376.
- KORIKOVSKIJ, S. P. & HOVORKA, D., 2001: Two types of garnet-clinopyroxene-plagioclase metabasites in the Malá Fatra Mountains crystalline complex, Western Carpathians: Metamorphic evolution, P-T conditions, symplectitic and kelyphitic textures. *Petrology*, 9, 2, 140–166.
- KOHN, M. J. & SPEAR, F. S., 1990: Two new geobarometers for garnet amphibolites, with applications to southeastern Vermont. *Amer. Mineralogist*, 75, 89–96.
- KROGH, E. J., 1988: The garnet-clinopyroxene Fe-Mg geothermometer: A reinterpretation of existing experimental data. *Contr. Mineral. Petrology*, 99, 44–48.
- LEAKE, B. E., WOOLLEY, A. R., 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. *Eur. J. Mineral.*, 9, 623–651.
- MICHAL, P., 1980: K otázkam komplexných fyzikogeografických výskumov. *Zborník PF Prírodné vedy II, SPN Bratislava*, 171–190.
- MORIMOTO, N., FABRIES, J., FERGUSON, A. K., GINZBURG, I. V., ROSS, M., SEIFERT, F. A., ZUSSMAN, J., AOKI, K. & GOTTARDI, G., 1988: Nomenclature of pyroxenes. *Min. Petrol.*, 39, 1, 55–76.
- NEWTON, R. C. & PERKINS, D., 1982: Thermodynamic calibration of geobarometers based on the assemblages garnet-plagioclase-orthopyroxene (clinopyroxene)-quartz. *Amer. Mineralogist*, 67, 203–222.
- POWELL, R., 1985: Regression diagnostics and robust regression in geothermometer/geobarometer calibration: The garnet-clinopyroxene geothermometer revisited. *J. Metamorph. Geol.*, 3, 327–342.
- POWELL, R. & HOLLAND, T. J. B., 1988: An internally consistent dataset with uncertainties and correlations: 3. Applications to geobarometry, worked examples and a computer program. *J. Metamorph. Geol.*, 6, 173–204.
- SCHWEINEHAGE, R. & MASSONNE, H. J., 1999: Geochemistry and metamorphic evolution of metabasites from the Silvretta nappe, Eastern Alps. *Mem. Sci. Geol., Padova*, 51, 1, 191–203.
- SPIŠIAK, J. & HOVORKA, D., 2005: Jadeite and eclogite: Peculiar raw materials of Neolithic/Aeneolithic stone implements in Slovakia and their possible sources. *Geoarcheology (Washington)*, 20, 3, 229–242.

Rukopis doručený 31. 5. 2007

Revidovaná verzia doručená 21. 1. 2008

Rukopis akceptovaný 29. 1. 2008

Coarse-grained hornblende-clinopyroxene-garnetiferous rocks from the Malá Fatra Mts. (Western Carpathians, Slovakia)

On the eastward dipping slopes of the Veľká lúka ridge (Martinské hole part; the Western Carpathians) within leptynite-amphibolite complex, the most probably in its lowermost part, rocks mainly with coarse-grained garnet, clinopyroxene and hornblende occur. Leptynite-amphibolite complex, in accordance with the paper by Hovorka et al. (2004), represents:

a) Prolongation of this complex from the western Europe to the Variscan basement of Alpine Western Carpathians units.

b) Complex under consideration, together with the newly studied Struhár complex of the Nízke Tatry Mts. (Hovorka and Spišiak, in press) represent the lower crustal complexes, exhumed during Variscan orogenesis, and consequently involved into the Alpine structure during the Alpine phase.

c) Based on unusually Ca rich plagioclases, their originally zonal pattern and the only ore mineral (= ilmenite) present, we suppose a gabbroic rock to be the protolith of characterized metabasite.

d) Gradual exhumation of the rock under consideration is documented by the origin of actinolite at the expense of clinopyroxene and origin of chlorite and zoisite in the latest phases of complicated geological history of the Hbl-Cpx-Gar rock.

Described rock body, together with bodies of retrogressed eclogites, antigorite serpentinites, Ol gabbro, troctolites and tremolite-talc schists represent fragments from the Moho-level of the continental crust which have been uplifted by the leptynite-amphibolite complex to the present Earth's surface.