

# ZLOŽENIE DETRITICKÝCH GRANÁTOV A SPINELOV ZO SEDIMENTOV APTU/ALBU CZORSTYNSKEJ JEDNOTKY A ICH MOŽNÝ PÔVOD

## Roman AUBRECHT

Katedra geológie a paleontológie  
Prírodovedská fakulta  
Univerzita Komenského v Bratislave

## Štefan MÉRES

Katedra geochemie, Prírodovedská fakulta  
Univerzita Komenského v Bratislave

## Milan SÝKORA

Katedra geológie a paleontológie  
Prírodovedská fakulta  
Univerzita Komenského v Bratislave

## Tomáš MIKUŠ

Geologický ústav SAV, Banská Bystrica

## ÚVOD

Pieninské bradlové pásmo je tektonicky najkomplikovanejšou zónou Západných Karpát, ktorá oddeľuje vonkajšie a centrálné Západné Karpaty. Bradlové pásmo predstavuje melanž s množstvom rôznych paleogeograficko-tektonických jednotiek. Jednou z nich je aj čorštýnska jednotka, ktorá je najplytkodnejšou jednotkou tzv. oravika (superjednotky tvoriacej podstatnú časť bradlového pásma). Po valanžine nastal v sedimentačnej oblasti tejto jednotky hiát, ktorý zahŕňal horev až takmer celý apt. Titónsko-spodnokriedové súvrstvia tejto jednotky sú často prekryté pelagickými albsko-cenomanskými červenými slienitými vápencami, slieňmi, silicitmi (chmielovské a pomiedznické súvrstvie). Príčina a charakter tohto hiátu boli donedávna nejasné. Do úvahy prichádzala aj možnosť submarinnej erózie a zastavenia sedimentácie, čo bolo podporované pelagickým charakterom nasadajúcich sedimentov. Pri podrobnom štúdiu sa však podarilo preukázať, že hiát bol spôsobený vynorením, eróziou a krasovatením starších sedimentov (Aubrecht et al., 2006). Pri výskume sa zistilo, že sedimentácia nadložného chmielovského súvrstvia sa začala už v najvrchnejšom apte v podobe červených organodetritických vápencov s fosfatickými stromatolitmi a piesčitou detritickou prímiesou. Z lokalít (Vršatec, Horné Slnie, Lednica, Jarabina a Kamenica) sa podarilo rozpúšťaním v kyseline octovej získať dostatok materiálu na vyhodnotenie asociácií ťažkých minerálov, ktoré prinieslo prekvapivé výsledky.

## COMPOSITION OF GARNETS AND SPINELS FROM THE APTIAN/ALBIAN SEDIMENTS OF THE CZORSZTYN UNIT AND THEIR POSSIBLE PROVENANCE

**Abstract:** Czorsztyn Unit (Pieniny Klippen Belt, Western Carpathians) sedimented on the so called Czorsztyn Swell which existed in Middle Jurassic-Late Cretaceous time in the realm of the Outer Western Carpathians. Late Aptian/Lower Albian sediments of the Czorsztyn Unit rest upon a karstified surface after a Hauterivian-Aptian emersion of the swell. They are represented by condensed, red marly organodetritic limestones with some terrigenous admixture (Cmielowa Formation). Heavy mineral analysis of this admixture brought surprising results. The heavy mineral spectrum is dominated by chrome-spinels, followed by garnet, with lesser amounts of zircon, rutile and tourmaline. Composition of detrital garnets shows that they are of granulitic and eclogitic origin (pyrope-almandine composition) and some of them are even of mantle or ultra-high-pressure metamorphic origin (high contents of pyrope). Only part of the garnets was derived from amphibolite metamorphic facies which is typical for the crystalline rocks of the Central Western Carpathians (mostly almandinic composition). This assemblage is most probably derived directly from the Czorsztyn Swell as pyrope-almandine garnets are known to be abundant in Mesozoic sediments all over the Outer Western Carpathians. However, very surprising is the presence of chrome-spinels. According to their chemistry, they were mostly derived from MORB peridotites (mid-oceanic ridge basalts - lherzolites) and from SSZ peridotites (supra-subduction zone peridotites - harzburgites and transitional lherzolite/harzburgite types); only lesser amount was derived from volcanics of BABB composition (back-arc basin basalts). Presence of this ophiolitic detritus on the Czorsztyn Swell is very surprising. Ophiolitic detritus appeared in the Aptian/Albian time only in more southern units at the boundary between the Central and the Outer Western Carpathians (Klape Unit, Tatric and Fatric domains). As a source of the clastics was considered a hypothetic Exotic Ridge which represented an accretionary wedge in front of the overriding West Carpathian internides. According to previous paleogeographic reconstructions, Czorsztyn Unit was situated north of the Pieniny Trough (considered as one of the branches of the Penninic-Vahic Ocean). In the trough itself, the ophiolitic detritus appeared as late as in Senonian and by no means it could reach the Czorsztyn Swell which was considered to be an isolated elevation. The new results presented herein show that these reconstructions do not fit with the obtained data and infer a possibility that the Czorsztyn sedimentary area was situated more to the south than previously thought.

**Key words:** Pieniny Klippen Belt, Cretaceous, heavy minerals, garnets, chrome-spinels, paleogeography.

## PERCENTUÁLNE ZASTÚPENIE ŤAŽKÝCH MINERÁLOV

Percentuálne zastúpenie bolo vyhodnotené na základe 7 vzoriek (z Vršatca a Horného Slnia boli robené po dve vzorky). Vo všetkých vzorkách dominovali chrómspinelidy a granáty, s menším zastúpením zirkónu, rutilu a turmalínu, s ojedinělými zvýšenými obsahmi anatasu a magnetitu (Tab. 1). Získaná asociácia ťažkých minerálov je prekvapujúca a je v priamom protiklade k doterajším paleogeografickým schémam Oravika, ktoré sú založené na doposiaľ neprekonanej koncepcii Birkenmajera (1977). Pre zistenie proveniencie tejto asociácie sme urobili chemickú variačnú analýzu dvoch najhojnejších minerálov – granátu a chrómspinelidov

**Tab. 1:** Percentuálne zastúpenie ťažkých minerálov v skúmaných vzorkách.

Skratky minerálov:

Sp – chróm-spinelidy, Zr – zirkón, Ru – rutil,

Tu – turmalín, Gr – granát, At – anatas,

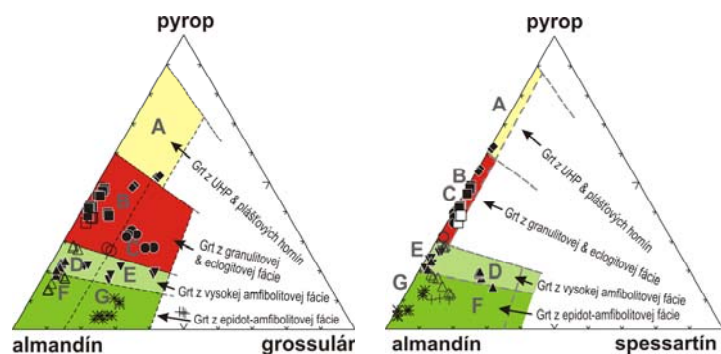
Mg – magnetit.

| lokality                      | Sp | Zr | Ru | Tu | Gr | At | Mg |
|-------------------------------|----|----|----|----|----|----|----|
| Horné S්රnie - najvyšší lom 1 | 57 | 0  | 7  | 9  | 27 | 0  | 0  |
| Horné S්රnie - najvyšší lom 2 | 56 | 5  | 9  | 9  | 21 | 0  | 3  |
| Vršatec 1                     | 53 | 7  | 4  | 0  | 36 | 0  | 0  |
| Vršatec 2                     | 50 | 3  | 9  | 19 | 7  | 12 | 0  |
| Kamenica                      | 59 | 2  | 4  | 7  | 28 | 0  | 0  |
| Jarabina                      | 46 | 8  | 9  | 4  | 31 | 2  | 0  |
| Lednica                       | 65 | 0  | 14 | 9  | 12 | 0  | 0  |

## CHEMICKÉ ZLOŽENIE DETRITICKÝCH GRANÁTOV A ICH PŮVOD

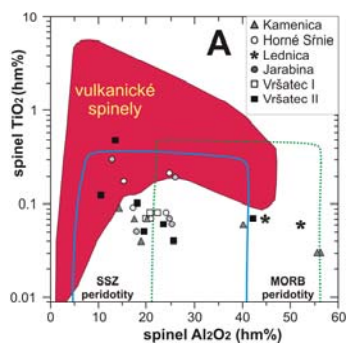
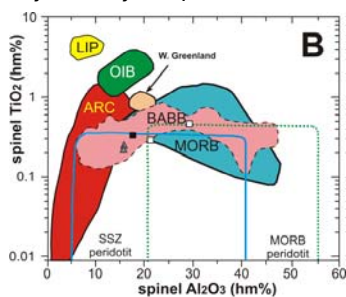
Chemické zloženie detritických granátov bolo skúmané na lokalitách Vršatec a Jarabina. Výsledky analýz naznačujú, že zdrojovými horninami skúmaných granátov sú predovšetkým metamorfity granulitovej a eklogitovej fácie, ďalej metamorfity ultravysokého stupňa metamorfózy (UHP), horniny metamorfované v amfibolitovej fácii a horniny metamorfované vo fácii epidotických amfibolitov (Obr. 1). Zdrojové horniny možno interpretovať nasledovne: (A) granátické peridotity (6 - Vršatec). (B) granulity (■ - Vršatec, □ - Jarabina), (C) eklogity (● - Vršatec, ○ - Jarabina), (D) ruly (▲ - Vršatec, △ - Jarabina) a (E) amfibolity (▼ - Vršatec) z vyššej amfibolitovej fácie, ako aj (F) ruly a (G) amfibolity (\* - Vršatec, + - Jarabina) metamorfované vo fácii epidotických amfibolitov (Obr. 1).

**Obr. 1:** Zloženie detritických granátov zo sedimentov vrchného aptu až albu čorštynskej jednotky (vysvetlivky v texte).



## CHEMICKÉ ZLOŽENIE CHRÓMSPINELIDOV A ICH PŮVOD

Analýzované chróm-spinelidy z čorštynskej jednotky vykazujú značnú variabilitu chemizmu, najmä v najdôležitejších parametroch, ako Mg# ( $Mg/(Mg + Fe^{2+})$ ), Cr# ( $Cr/(Cr + Al)$ ),  $TiO_2$  a  $Fe^{2+}/Fe^{3+}$ . Táto variabilita naznačuje viaceré zdroje spinelov. Na rozlíšenie spinelov z peridotitických ofiolitov a plášťových vulkanitov sa používa diagram obsahu  $TiO_2$  v spojení s pomerom  $Fe^{2+}/Fe^{3+}$  v spineloch (Lenaz et al., 2000; Kamenetsky et al., 2001). Pre rozlíšenie diverzity pôvodnej tektonickej pozície ofiolitov sa používa klasifikácia peridotitov založená na chemizme chróm-spinelidov (Dick & Bullen, 1984). Na základe chemického zloženia skúmaných spinelov možno vyčleniť 3 skupiny: *spinely plášťových peridotitov*, *vulkanické spinely* a *zriedkavé alterované spinely*.



**Obr. 2:** Diagramy pomerov obsahov  $Al_2O_3$  k  $TiO_2$  (podľa Kamenetsky et al., 2001) v analyzovaných spineloch. A – peridotitové spinely, B – spinely vulkanického pôvodu.

**Peridotitové spinely** majú variabilné zloženie vyplývajúce z obsahu  $Al_2O_3$ , na základe ktorého možno vyčleniť dve odlišné skupiny (Obr. 2). Pre prvú skupinu je charakteristický zvýšený obsah  $Al_2O_3$  (40 – 56.99 mol%) a MgO (18.54 – 19.48 hm%). Ich Cr# sa pohybuje v rozsahu 10 - 30 mol% a Mg# v rozsahu 66 – 78 mol%. Takéto zloženie je typické pre MORB peridotity (Obr. 2A). Podľa klasifikácie Dick & Bullen (1984) zodpovedajú tieto spinely I typu peridotitov (Iherzolitom) (Obr. 3). Druhá skupina je tvorená chróm-spinelidmi s nižším obsahom  $Al_2O_3$  (12.82 – 26.09 hm%) a nižším obsahom MgO (9.29 – 14.02 hm%). Ich Cr# je vyššie (51 - 74 mol%) a Mg# nižšie (47 – 69 mol%) než u prvej skupiny. Chróm-spinelidy tohto zloženia zodpovedajú SSZ peridotitom (supra-subduction zone) (Obr. 2A) a podľa Dick & Bullena (1984) zodpovedajú prechodnému typu II a typu III (harzburgity) (Obr. 3).

**Chróm-spinelidy vulkanického pôvodu** boli zistené zriedkavo (len 10,6% z analyzovaných zrn). Vyskytujú sa len na lokalitách Kamenica a Vršatec. Obsah  $TiO_2$  sa pohybuje v rozmedzí 0.22 - 0.44 hm%. Obsah  $Al_2O_3$  je variabilnejší (15.39 - 29.06 hm%), podobne ako Cr# (46 – 70 mol%) v porovnaní s Mg# (55 - 64 mol%). Chróm-spinelidy vulkanického pôvodu chemicky zodpovedajú spinelom z bazaltov zaoblúkových bazénov (BABB) (Obr. 2B).

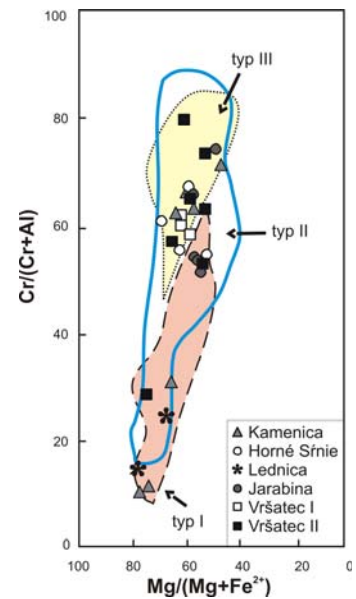
**Alterované spinely** boli nájdené len na lokalitách Kamenica a Vršatec. Ich

charakteristickou vlastnosťou je vysoký obsah  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  (51 – 63 wt%) a  $\text{FeO}$  (20 – 24 wt%). Obsah  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  je tiež zvýšený, zatiaľ čo obsah  $\text{MgO}$  je veľmi nízky (3.56 – 7.95 wt%).

## PALEOGEOGRAFICKÁ INTERPRETÁCIA VÝSLEDKOV

Zistená asociácia ťažkých minerálov vznikla pravdepodobne zmiešaním autochtonného materiálu z čorštynskej jednotky (asociácia granát-zirkón-rutil-turmalín derivovaná z čorštynského chrbta). Analyzované granáty majú podobné zloženie ako granáty z jury tej istej jednotky (Aubrecht & Méres, 2000). Granáty podobného zloženia sa vyskytujú v celých vonkajších Západných Karpatoch, avšak ich zdrojová oblasť je neistá. Vďaka veľkej podobnosti s moldanubickou zónou Českého masívu bola oblasť oravika interpretovaná ako kôrový segment derivovaný z moldanubika (Aubrecht & Méres, 2000).

Prítomnosť a celková prevaha chróm-spinelidov v asociácii ťažkých minerálov je prekvapujúca a pravdepodobne predstavuje odlišný zdroj klastík, ktorý by mohol byť totožný so zdrojom albských exotík v klapskej jednotke bradlového pásma a v jednotkách tatrika a fatrika centrálnych Západných Karpát. Problémom je však doterajšia koncepcia rekonštrukcie sedimentačných priestorov oravika, ktorú zaviedol už Birkenmajer (1977). Podľa tejto koncepcie sa čorštynský chrbát nachádzal severne od kysucko-pieninského trógu, ktorý je považovaný za jednu z vetiev penninicko-vahického oceánu, ktorá v kriede ležala medzi centrálnokarpatským priestorom a čorštynskou eleváciou. V albe sa prínos exotík (vrátane ofiolitového detritu) sústreďoval len do jednotiek umiestnených južnejšie (klapská jednotka, tatrikum, fatrika – viď vyššie), v cenomane sa exotiká objavili aj v manínskej jednotke a do priestoru oravika sa dostali až v senóne (sromovské vrstvy kysuckej jednotky). Z dôvodu tejto časovej postupnosti je objavenie sa chróm-spinelidov v najvyššom apte čorštynskej jednotky veľmi prekvapujúca. Prekvapujúca je aj z toho dôvodu, že podľa koncepcie Birkenmajera (1977) išlo o izolovanú eleváciu obklopenú hlbšími trógmi na ktorú by sa nemohol dostať žiaden exotický klastický materiál, len autochtonné klastiká pochádzajúce zo samotného čorštynského chrbta. Čorštynská jednotka nepochybne ešte v kriede bola elevačnou oblasťou, o čom svedčia aj najnovšie výskumy (Aubrecht et al., 2006). Prítomnosť exotík však ukazuje, že nešlo o izolovanú eleváciu severne od kysucko-pieninského trógu, ale o sedimentačný priestor priľahlý k exotickej kordiliere.



Obr. 3: Vzťah medzi  $\text{Mg}/(\text{Mg}+\text{Fe}^{2+})$  a  $\text{Cr}/(\text{Cr}+\text{Al})$  v analyzovaných spineloch (podľa Dick & Bullen, 1984).

**Pod'akovanie:** Táto práca bola podporovaná Agentúrou na podporu výskumu a vývoja na základe zmluvy č. APVV-0571-06 a grantom VEGA 1/4035/07.

## LITERATÚRA

- AUBRECHT, R., KROBICKI, M., SÝKORA, M., MIŠÍK, M., BOOROVÁ, D., SCHLÖGL, J., ŠAMAJOVÁ, E., GOLONKA, J., 2006: Early Cretaceous hiatus in the Czorsztyn Succession (Pieniny Klippen Belt, Western Carpathians): submarine erosion or emersion?. *Ann. Soc. Geol. Pol. (Warszawa)*, 76, 161-196.
- AUBRECHT, R. & MÉRES, Š., 2000: Exotic detrital almandine-pyrope garnets in the Jurassic sediments of the Pieniny Klippen Belt and Tatric Zone: where did they come from? *Miner. Slov. (Košice)*, 32, 1, 17-28.
- BIRKENMAJER, K., 1977: Jurassic and Cretaceous lithostratigraphic units of the Pieniny Klippen Belt, Carpathians, Poland. *Stud. Geol. Pol. (Kraków)*, 45, 1-158.
- DICK, H.J.B. & BULLEN, T., 1984: Chromian spinel as a petrogenetic indicator in abyssal and alpine-type peridotites and spatially associated lavas. *Contrib. Mineral. Petrol.*, 86, 54-76.
- KAMENETSKY, V.S., CRAWFORD, A.J., MEFFRE, S., 2001: Factors controlling chemistry of magmatic spinel: an empirical study of associated olivine, Cr-spinel and melt inclusion from primitive rocks. *J. Petrol.*, 42, 655-671.
- LENAZ, D., KAMENETSKY, V.S., CRAWFORD, A.J., PRINCIVALLE, F., 2000: Melt inclusion in detrital spinel from the SE Alps (Italy-Slovenia): a new approach to provenance studies of sedimentary basins. *Contrib. Mineral. Petrol.*, 139, 748-758.