



# 45



## 9. MEDZINÁRODNÁ BANÍCKA KONFERENCIA 9th INTERNATIONAL MINING CONFERENCE

### MODEL VÝVOJA MODRÝCH BRILDÍC MELIATIKA

### EVOLUTIONARY MODEL OF THE MELIATA BLUESCHISTS

*Shah Wali Faryad<sup>1</sup>*

**Abstract:** The Meliata blueschists are subdivided into four groups which are characterized by different lithologies and metamorphic histories: (1) Marbles, intercalated with metabasalts and glaucophane-bearing phyllites. Phengite from this group metabasalts and phyllites records the Middle Jurassic age which is interpreted to date the high-pressure metamorphism; (2) Metabasites and micaschists, devoid of marbles contain relic muscovite and newly formed high-Si phengite. The relic muscovite gives Palaeozoic age; (3) Quartz phyllites indicate a polyphase evolution characterized by greenschist facies metamorphism followed by blueschist-facies overprint; the high-Si micas provide evidence of an early Middle Jurassic age of the high-pressure metamorphism; (4) Amphibolite-facies slices and blocks, overprinted by blueschist-facies metamorphism, represent old basement rocks. Lithological and metamorphic characteristics together with radiogenic ages of high-pressure micas indicate a subduction of a continental wedge prior to that of oceanic crust can be assumed.

#### 1. Úvod

Modré bridlice, tvorené subdukciou oceánskej a kontinentálnej kôry, sa vyskytujú pozdĺž dvoch tektonických zón v Západných Karpatoch: bradlové pásmo a meliatska jednotka. V bradlovom pásme, ktoré rozdeľuje Západné Karpaty na vonkajšie a centrálné, sú známe len výskyt valúnov modrých bridlíc v kriedových zlepencoch [26; 19; 13; 9; 7; 2]. Geochronologické dátovanie z modrých amfibolov poukazuje na strednojurský vek vysokotlakovej metamorfózy [2]. Pomerne najviac sú rozšírené modré bridlice pozdĺž meliatskej jednotky (obr. 1), ktorá je považovaná za oceánickú sutúru v južnej časti Západných Karpát [16; 23; 5]. Petrologický a geochemický charakter meliatských modrých bridlíc poukazuje na metamorfózu oceánskej a kontinentálnej kôry s kryštálickým podkladom [4]. Kombináciou výsledkov petrologického a geochronologického výskumu je možné zostrojiť tektonotermálny model vývoja meliatských modrých bridlíc. Meliatska jednotka s vysokotlakovými horninami sa nachádza v južnej časti centrálnych Karpát (obr.1). Od severu k juhu sa na stavbe študovaného územia podieľajú najmenej štyri tektonické jednotky :

- 1) staropaleozoické horniny metamorfované v fácie zelených bridlíc,
- 2) mladopaleozoické (permské) sequencie veľmi nízkeho stupňa,
- 3) meliatska jednotka,
- 4) nemetamorfované až veľmi slabometamorfované horniny silického príkrovu.

<sup>1</sup> *Doc.Ing. Shah Wali Faryad, CSc*, Katedra geológie a mineralógie Fakulty BERG TŮ Košice, Park Komenského 15, 043 84 Košice.  
Tel: 095/6332721, E-mail: faryad@ccsun.tuke.sk

Okrem modrých bridlíc meliatska jednotka obsahuje ofiolity, nemetamorfované až slabo metamorfované sedimenty s rádiolaritmi [20; 12]. Pozícia jednotlivých litologických a metamorfných typov je tektonická. Novšie [21] bol rozlíšený v rámci meliatskej jednotky a silického príkrovu tzv. turniansky príkrov, ktorý je taktiež charakterizovaný nemetamorfovanými až veľmi slabometamorfovanými horninami.



Obr. 1. Schematizovaná geologická mapa výskytu meliatskej jednotky a študovaných lokalít: Rz-Radzim, Št-Štítik, B-Bôrka, Z-Zádiel, H-Hačava, Š-Šugov a R-Rudník.

## 2. Petrologia a geochronológia modrých bridlíc

Na základe litológie, geochemie a metamorfnej histórie sú vysokotlakové horniny meliatskej jednotky rozdelené do štyroch skupín [5]:

1. Najčastejšou skupinou sú mramory s polohami metabazitov a fylitov (skupina I), ktoré sú známe z lokality Radzim, Štítik, Bôrka, Hačava a Šugov. Geochemicky sú metabazity podobné bazaltom stredooceánskych chrbtov, príp. vulkanických oblúkov. Okrem najbežnejších minerálov (modrý amfibol, albite, fengit, paragonit a titanit), obsahujú niekedy aj sodný pyroxén a granát. Mramory sú obyčajne čisté a sú tvorené kalcitom. Fylity obsahujú fengity, miestami aj glaukofán, chloritoid, paragonit, sodný pyroxén a granát;
2. Metabazity so sľudnatými bridlicami sa vyskytujú v podobe tektonickej šupiny na mladopaleozoických horninách pri Zádieli. Od predchádzajúcej skupiny sa líšia tým, že nie sú sprevádzané mramormi a fylitmi. Geochemicky majú tieto metabazity afinitu s vnútrokontinentným bazaltom. Okrem modrého amfibolu, fengitu, albitu, chloritu, obsahujú niekedy aj chloritoid, aktinolit, paragonit a reliktný muskovit;
3. Fylity bez glaukofánu (skupina III) sú prítomné v podloží hornín skupiny I pri Jasove. Tieto horniny sú známe pod názvom jasovský vývoj [25]. Okrem fengitu a chloritu môžu obsahovať chloritoid a paragonit;
4. Poslednú skupinu (IV) tvoria amfibolity a amfibolické ruly pri Rudníku. Ako reliktné minerály obsahujú hornblend, granát a pseudomorfózy po biotite a plagioklase. Novotvorenými minerálmi, reprezentujúcimi fáciu modrých bridlíc, sú modrý amfibol a fengit.

Pre geochronologický výskum bolo vybraných 9 vzoriek z metabazitov, fylitov a sľudnatých bridlíc z lokality Hačava, Šugov (skupina I), Zádiel (skupina II) a Jasov (skupina III). Geochronologické dátovanie metódou K-Ar a  $^{40}\text{Ar}$ - $^{39}\text{Ar}$ , bolo vykonané na Spolkovom úrade pre geologické vedy v Hannoveri. Všetky fázy v horninách boli analyzované na mikroanalyzátore v centrálnom laboratóriu mineralogického ústavu Ruhrskej Univerzity v Bochume. Zvláštna pozornosť bola venovaná zloženiu svetlej sľudy, ktorá bola použitá pre geochronologické dátovanie. Podrobnosti o použitých metódach analýzy minerálov a dátovania sú uvedené v prácach [5; 6; 8].

Fengit s obsahom Si = 3.36 až 3.45 atómov vo vzorci (a/vz) bol analyzovaný z dvoch vzoriek metabazitu (skupina I) z lokality Hačava a Šugov. Okrem fengitu obsahovali obidve vzorky albit, chlorit, titanit, ale hlavne modrý amfibol, ktorého zloženie sa menilo od crossitu v strede, k ferroglaucofánu/glaucofánu na okraji zfn. V metabazite z lokality Šugov bol navyše prítomný granát. Vek 153.6 mil. rokov bol získaný na základe K-Ar metódy pre fengit z metabazitu lokality Hačava. Podobný vek,  $151.1 \pm 1.2$  mil. rokov mala vzorka zo Šugova, ktorá bola analyzovaná aj metódou  $^{40}\text{Ar}$ - $^{39}\text{Ar}$ .

Dve vzorky zo silne foliovaných fylitov (skupina I) boli analyzované z lokality Hačava. Okrem fengitu a glaukofánu jedna vzorka obsahovala aj granát a pseudomorfózy po sodnom pyroxéne. Analyzovaný fengit bol

bohatý na Si= 3.36 až 3.42 a/vz. Obidve vzorky mali podobný vek,  $152.9 \pm 1.7$  až  $153.6 \pm 1.8$  mil. rokov. Podľa vzájomnej korelácie K-Ar a  $^{40}\text{Ar}$ - $^{39}\text{Ar}$  vekov sa metamorfna rekryštalizácia uskutočnila pred 153 - 155 mil. rokov.

Zo sľudnatých bridlíc s glaukofánom (skupina II) boli analyzované tri vzorky. Tieto horniny obsahujú dvojakú sľudu: hrubošupinkovitý muskovit (Si =3.14-3.26 Si a/vz) a jemný fengit (Si=3.35-3.50 a/vz), ktorý miestami lemuje muskovit. Podľa K-Ar a Ar-Ar analýzy muskovit je staropaleozoického veku ( $354.3 \pm 3.9$  až  $361.4 \pm 3.9$  mil. rokov). Vekové spektrum  $^{40}\text{Ar}$ - $^{39}\text{Ar}$  svetlej sľudy je prerušované a indikuje vek okolo 250 mil. rokov, ktorý poukazuje na stredné preteplenie.

Dve vzorky z kremitého fylitu s chloritoidom a sericitickým fylitom bez chloritoidu (skupina III) boli analyzované z hornín jasovského vývoja. Fengit prvej vzorky s obsahom Si = 3.32-3.51 a/vz má K-Ar vek  $165.4 \pm 1.3$  až  $172.1 \pm 0.9$  mil. rokov. Dva veky, maximálny 218-222 mil. rokov a minimálny 80-90 mil. rokov boli získané na základe K-Ar a  $^{40}\text{Ar}$ - $^{39}\text{Ar}$  spektra pre vzorku bez chloritoidu. V porovnaní s prvou vzorkou má analyzovaný fengit tejto vzorky relatívne nižší obsah Si =3.26-3.28 a/vz.

### 3. Tektonická interpretácia petrologických a geochronologických údajov

Okrem litologickej a geochemickej charakteristiky poukazujú geochronologické údaje na rôznu geotektonickú pozíciu protolitu modrých bridlíc. Najrozšírenejšie modré bridlice skupiny I možno považovať za oceánske horniny, pretože metabazity sú porovnateľné s bazaltami prechodného typu medzi MORB a vulkanických ostrovov. Ich metamorfne minerálne asociácie ukazujú jednofázovú progradnú vysokotlakovú/nízko-teplotnú metamorfózu s maximálnymi P-T podmienkami 12 kbar a  $460^\circ\text{C}$ , ktorá bola v záverečnej etape sprevádzaná retrográdnymi prameňmi. Neskorý stredno- až skorý vrchnojurský vek (152-155 mil. rokov) metamorfózy modrých bridlíc, ktorý je v súlade s údajmi [17] a [1] možno interpretovať ako ukončenie subdukčného procesu

a uzatvorenie meliatskeho oceánskeho bazénu.

Najreprezentatívnejšie horniny kontinentálnej kôry, postihnuté vysokotlakovou metamorfózou, sú ruly a amfibolity pri Rudníku. Tieto horniny, prítomné ako tektonické bloky v horninách veľmi nízkeho stupňa, ukazujú relatívne nižšie P-T podmienky, ale blízke podmienkam modrých bridlíc skupiny I. Na kôrový pôvod protolitu modrých bridlíc skupiny II poukazuje geochemická charakteristika metabazitov, ktoré sú porovnateľné s vnútroplatinovými bazaltami a reliktná sľuda staropaleozoického veku (cca. 375-380 mil. rokov). Chemické zloženie sľudy spolu s uzavreninami rutilu dávajú, použitým geotermobarometrom [18], tlaky okolo 10 kbar pri  $550^\circ\text{C}$ . Ak predpokladáme, že paleozoická sľuda je súčasťou hornín od ich vzniku (teda nejedná sa o klastickú sľudu), potom protolity modrých bridlíc skupiny II boli staropaleozoické horniny amfibolitovej fácie. P-T podmienky podobne ako u hornín skupiny I (12 kbar pri  $450$ - $460^\circ\text{C}$ ) možno predpokladať pre metamorfózu hornín skupiny II. Podľa spektra Ar-Ar zo sľudy je však možné predpokladať len maximálny vek cca. 250 mil. rokov pre vysokotlakovú metamorfózu hornín skupiny II.

Horniny skupiny III sú reprezentované kremitými fylitmi a vznikli z pieskocov, zlepcov a zriedka z pelitov, ktoré boli pravdepodobne uložené na kontinentálnom šelfe. Silne narušené  $^{40}\text{Ar}$ - $^{39}\text{Ar}$  veky (218-222 a 80-90 mil. rokov) zo sľudy s nízkym obsahom Si = 3.26-3.28 a/vz. z jednej vzorky, možno interpretovať ako výsledok dvoch štádií metamorfózy. Sľuda druhej vzorky má relatívne vyšší podiel Si (3.32-3.51 a/vz.), veľmi podobný fengitu z vysokotlakových hornín skupiny I. Vekové spektrum  $^{40}\text{Ar}$ - $^{39}\text{Ar}$  z tejto sľudy nemá žiadne znaky, ktoré by poukazovali na metamorfózu počas prelomu strednej a vrchnej jury. Namiesto toho je zrejmy o niečo skorší vek (cca 172 mil. rokov) vysokotlakovej metamorfózy. Mladší vek 80-90 mil. rokov, dedukovaný z  $^{40}\text{Ar}$ - $^{39}\text{Ar}$  spektra tejto vzorky, pravdepodobne súvisí s nízkoteplotným deformačným procesom. V porovnaní s nadložnými modrými bridlicami skupiny I, kremité fylity skupiny III majú odlišnú litológiu a ukazujú relatívne nízke metamorfne podmienky (okolo 10 kbar pri  $350$ - $370^\circ\text{C}$ ).

Podľa paleoštruktúrnej rekonštrukcie západného mezozoického tetydného bazénu [3; 24], triasový bazén meliatika bol súčasťou Vardarského oceánu. Nachádzal sa v jeho severnej časti a oddeľoval kontinentálny blok Tisza-Bihor od apulskej platne. Niektorí autori [15; 2] predpokladajú extenziu meliatskeho bazénu smerom na západ (meliatsko - hallstattský oceán) od Vardarského oceánu. Ak predpokladáme pohyb apulskej platne na východ, potom metamorfóza modrých bridlíc meliatika a príahleho kontinentálneho okraja bola výsledkom ich subdukcie pod kontinentálnym blokom Tisza-Bihor, alebo pod terénom Bükk na juhu. Takáto interpretácia je v súlade s výsledkami štruktúrneho a geofyzikálneho výskumu [25; 22; 11], ktorý poukazuje na severovergentnú prešmykovú stavbu meliatskej a susedných jednotiek v tejto oblasti. Ranno-strednojurská vysokotlaková metamorfóza spodného komplexu mohla súvisieť so subdukciou severného okraja meliatskeho bazénu. Počas neskoršej strednej až rannej vrchnej jury pokročila subdukcia do vnútra a pohltila aj severovýchodnú časť meliatskeho bazénu. Predpokladané P-T podmienky ukazujú progresívnu subdukciu hornín kontinentálnej a oceánskej kôry do hĺbky 30 až 40 km (10 -12 kbar). Rekryštalizácia v podmienkach modrých bridlíc bola len lokálne sprevádzaná deformáciou. To znamená, že táto oblasť orogénnej zóny bola vystavená relatívne nízkemu napätiu. Rýchly výzdvih meliatských modrých bridlíc sa môže predpokladať na základe zachovania minerálnych aso-

ciácií modrých bridlíc v metabazitoch. Exhumácia subdukovaných jednotiek sa pravdepodobne odohrala pozdĺž násuvnej platne v akrečnej prizme. Vrchnokriedové nízkoteplotné prejavy (okolo 80-90 mil.rokov) v spodnom komplexe sú pravdepodobne spojené s kriedovou príkrovovou tektonikou v Západných Karpatoch [14; 17; 1]. V študovanej oblasti je pravdepodobne výsledkom násunu samotnej meliatskej jednotky a silického príkrovu na staršom paleozoiku gemerika.

Ak porovnáme valúny vysokotlakových/nízkoteplotných metabazaltov kriedových zlepencov bradlového pásma [26; 9; 13], pre ktoré bol získaný [2] neskorý stredný a skorý vrchný jurský (155 mil. rokov) vek. Sekvencie modrých bridlíc meliatika ukazujú odlišnú litológiu a metamorfne podmienky [10]. Kým modré bridlice bradlového pásma vznikli z typických N-MORB bazaltov, protolitom meliatských modrých bridlíc boli okrem oceánických hornín aj kontinentálne horniny, vrátane metamorfítov amfibolitovej fácie. Modré bridlice bradlového pásma podľahli metamorfóze v nízkoteplotnej časti modrých bridlíc v poli stability lawsonitu; naopak meliatske modré bridlice vznikli v podmienkach vysokoteplotnej časti fácie modrých bridlíc (epidotické modré bridlice). Podľa petrografického, ale aj paleogeografického charakteru, sa zdá byť najreálnejší model dvoch mezozoických sutúr v Západných Karpatoch, vytvorených subdukciou dvoch oceánskych bazénov: a) meliatsky bazén v severnej časti vardarského oceánu, b) pieninský (vahický) bazén [3; 23; 24; 2].

### **Pod'akovanie**

*Táto práca bolo podporovaná Grantovou agentúrou pre vedu Ministerstva školstva SR a Slovenskej akadémie vied, prostredníctvom Grantu 2028/95.*

### **Literatúra**

- [1] Dallmayer, R.D., Neubauer, H, Fritz, H. and Putiš, M. 1993: Variscan vs. Alpine tectonothermal evolution within the Eastern Alps and Western Carpathians, Asteria-Slovakia. (*PAEWCR conference, September, 1993, Stará Lesná, Slovakia*). *Geol. carpathica*, 44, 255-256.
- [2] Dal Piaz, G.V., Martin, S., Villa, I.G., Gosso, G. and Marschalko, R. 1995: Late Jurassic blueschist-facies pebbles from the Western Carpathian orogenic wedge and paleostructural implications for Western Tethys evolution. *Tectonics*, 14, 874-885.
- [3] Dercourt, J., Ricou, L.E., Adamia, S., Császár, G., Funk, H., Lefeld, J., Rakús, M., Sandulescu, M., Tollmann, A. and Tchoumachenko, P. 1990: Anisian to Oligocene paleogeography of the European margin of Tethys (Geneva to Baku). *Mém. Soc. Géol. Fr.*, 154, 159-190.
- [4] Faryad, S.W. 1988: Glaucophanized amphibolites and gneisses near Rudnik (Gemerikum). *Geologický Zborník Geologica carpathica*, 39, 6, 747-763.
- [5] Faryad, S.W. 1995a: Petrology and phase relations of low-grade high-pressure metasediments from the Meliata unit, Western Carpathians, Slovakia. *European Journal of Mineralogy*, 7, 71-87.
- [6] Faryad, S.W. 1995b: Phase petrology and P-T conditions of mafic blueschists from the Meliata unit, Western Carpathians, Slovakia. *J. metamorphic Geol.*, 13, 701-714.
- [7] Faryad, S.W. and F. Henjes-Kunst, F. 1995c: Metamorphism of the Meliata high-pressure rocks (West Carpathians, Slovakia). *Terra abstract, Terra nova*, 7, EUG 8, Strasbourg.
- [8] Faryad, S.W. and F. Henjes-Kunst, F. 1997: Petrological and K-Ar and <sup>40</sup>Ar-<sup>39</sup>Ar age constraints for the tectonothermal evolution of the high-pressure Meliata unit, Western Carpathians (Slovakia). *Tectonophysics (in print)*.
- [9] Faryad, S.W. and Schreyer, W. 1993: Blueschist metamorphism in the West Carpathians, Slovakia. *Terra abstracts, Terra nova*, 5, 24.
- [10] Faryad, S.W. and Schreyer, W. 1997: Petrology and geological significance of high-pressure metamorphic rocks occurring as pebbles in the Cretaceous conglomerates of the Klippen Belt (West Carpathians, Slovakia). *European. J. Mineral. (in print)*.
- [11] Grecula, P. 1982: Gemericum - Segment of the Paleotethyan riftogenous basin. *Mineralia slov., - Monogr., Alfa, Bratislava* p. 263.
- [12] Hovorka, D., Ivan, P., Jaroš, J., Kratochvíl, M., Reichwalder, P., Rojkovič, I., Spišiak, J. and Turanová L. 1985: Ultramafic rocks of the West Carpathians, Czechoslovakia. *Geol. Inst. Dionýz Štúr, Bratislava*, 258 p.
- [13] Ivan, P. and Sýkora, M. 1993: Finding of glaucophane-bearing rocks in Cretaceous conglomerates from the Jasenov (Krizna nappe, Eastern Slovakia). *Mineralia slovacica*, 25, 29-33.
- [14] Kantor, J. 1960: The Cretaceous orogenetic processes in the light of geochronological research of the crystalline schists of the Kohut-Zone. *Geol. Práce, Spravy*, 19 Bratislava, 5-26.
- [15] Kozur, H. and Mock, R. 1995: First evidence of Jurassic in the Folkmar suture zone of the Meliaticum in Slovakia and its tectonic implication. *Mineralia slovacica*, 27, 301-307.
- [16] Mahel, M. 1986. Geological structure of the Czechoslovak Carpathians. *Paleoalpine units. Veda, Bratislava*, 496 pp.

- [17] Maluski, H., Rajlich, P. and Matte, Ph. 1993:  $^{40}\text{Ar}$ - $^{39}\text{Ar}$  dating of the Inner Carpathian Variscan Basement and Alpine mylonitic overprinting. *Tectonophysics*, 223, 313-337.
- [18] Massonne, H-J, Grosch, U and Willner, A. 1993: Geothermobarometrie mittels Ti-Gehalten in Kalihellglimmern. - Berichte der Deutschen Mineralogischen Gesellschaft, Beihefte zum European J. Mineral. 5, 1, 85.
- [19] Mišík, M. and Marschalko, R. 1988: Exotic conglomerates in flysch sequences: Examples from the Western Carpathians. *IGCP Project 198-Sedimentology. South Carolina Univ.-GUDS*, 17.
- [20] Mock, R. 1978: Some new knowledges about southern part of the West Carpathians. In: Vozár, J. (Editor.), *Paleogeographic development of the West Carpathians*, 322-341.
- [21] Mello, J., Elečko, J., Pristaš, J., Reichwalder, P., Snopko, L., Vass, D. a Vozárová, A. 1996: Geologická mapa slovenského krasu.
- [22] Neubauer, F., Fritz, H., Boja, A.V., Janák, M., Putiš, M., and Reichwalder, P. 1992: Kinematics of the blueschist-bearing nappe: The Meliata unit of the Western Carpathians. *Terra Abstracts, Terra Nova*, 4, 77.
- [23] Plašienka, D. 1991: Mesozoic tectonic evolution of the epi-Variscan continental crust of the Central Western Carpathians- a tentative model. *Mineralia slovacica*, 23, 5-6, 447-457.
- [24] Rakús, M. 1993: Abstacles and Problems of the Western Carpathians paleogeographical reconstruction during Mesozoic (in Slovak). In: M.Rakús and J. Vozár (Editors), *Geodynamic model and depp structure of the Western Carpathians. Geol. Inst. Dionýz Štúr, Bratislava*, 103-107.
- [25] Reichwalder, P. 1973. Geologische Verhältnisse des jüngeren Paläozoikums im Südteil des Zips-Gemerer Erzgebirges. *Zapadne Karpaty* 18, 99-139, *Geol. Inst. D. Štur, Bratislava*.
- [26] Šimová, M. 1982: Eclogitoid rock in pebbles of Cretaceous conglomerates of Klippen Belt (in Slovak with English summary). *Geol. práce, Správy* 77, 55-74.