

<https://doi.org/10.46861/bmp.30.061>

PŮVODNÍ PRÁCE/ORIGINAL PAPER

Minerálne zloženie laminovaných vápnných fylitov z Črmeľskej doliny pri Košiciach (severné gemerikum, Slovenská republika)

Mineral composition of laminated calcareous phyllites in the Črmeľ valley at the town of Košice (Northern Gemericum, Slovak Republic)

PETER RUŽIČKA¹* A PAVOL MYŠĽAN^{1, 2}

¹Katedra mineralógie, petrológie a ložiskovej geológie, Prírodovedecká fakulta, Univerzita Komenského v Bratislave, Ilkovičova 6, Mlynská dolina, 842 15 Bratislava, Slovenská republika; *e-mail: peter.ruzicka@uniba.sk

²Ústav vied o Zemi Slovenskej akadémie vied, v.v.i., Dúbravská cesta 9, P. O. BOX 106, 840 05 Bratislava, Slovenská republika

RUŽIČKA P, MYŠĽAN P (2022) Minerálne zloženie laminovaných vápnných fylitov z Črmeľskej doliny v Košiciach (severné gemerikum, Slovenská republika). Bull Mineral Petrolog 30(1): 61-72 ISSN 2570-7337

Abstract

Studied calcareous phyllites represent a part of Carboniferous Črmeľ Formation of the Northern Gemericum Unit (Western Carpathians, Slovak Republic). The mineral association of calcareous phyllites is composed of quartz, calcite, muscovite, Mg-Fe chlorites, albite and accessory minerals (fluorapatite, titanite, zircon and tourmalines). Chemical composition of analyzed muscovites has higher contents of Si (3.38 - 3.40 *apfu*) with K (up to 0.94 *apfu*), Fe²⁺ (up to 0.18 *apfu*) and Mg (up to 0.33 *apfu*). Chlorites contain Mg in range 2.12 - 2.36 *apfu* and Fe²⁺ in range 2.12 - 2.36 *apfu* with Fe/(Fe+Mg) ratio between 0.49 and 0.54. Chemical composition of albites is Ab_{97.9-99.7}An_{1.9}Or_{0.5}. Content of F⁻ (up to 0.07 *apfu*) and OH⁻ (up to 0.07 *apfu*) in titanite is slightly increased with lower amount Ti (0.89 - 0.92 *apfu*). In titanites not very significant (Al, Fe³⁺) + (OH, F) ↔ Ti + O substitution was also identified. Zircon consists of Si (up to 1.04 *apfu*), Zr (up to 0.96 *apfu*) and very low content of Hf (up to 0.02 *apfu*). Two types of tourmalines in calcareous phyllites are also present. Zonal tourmalines with central parts composed of schorl (1.95 - 2.47 *apfu* Fe; 0.93 - 0.97 *apfu* Mg; 0.45 *apfu* Na) and peripheral parts composed of dravite (1.09 - 1.19 *apfu* Fe; 1.66 - 1.93 *apfu* Mg; Na up to 0.79 *apfu*) and indistinctly zoned to non-zoned tourmalines were identified as magnesio-foitite (1.01 - 1.34 *apfu* Fe; 1.23 - 1.70 *apfu* Mg; 0.52 - 0.67 *pfu* vacancy). Studies of calcareous phyllites indicated metamorphic pressure-temperature conditions of 8 - 9 kbar at 330 - 340 °C using chlorite geothermometer and phengite geobarometer.

Key words: mineral composition, calcareous phyllites, Črmeľ, Košice, Slovak Republic

Obdrženo 28. 3. 2022; přijato 16. 5. 2022

Úvod

Článok prináša nové informácie o minerálnom zložení laminovaných svetlo- až tmavosivých vápnných fylitov, ktoré sa vyskytujú v Črmeľskej doline v asociácii s meta-karbonátmi. Cieľom predloženej mineralogickej štúdie je zachovanie kontinuity a nadviazanie na štúdiu Vozárovej et al. (2021), poskytujúcej komplexné informácie o metabazaltoch črmeľskej skupiny.

Geologická charakteristika a lokalizácia

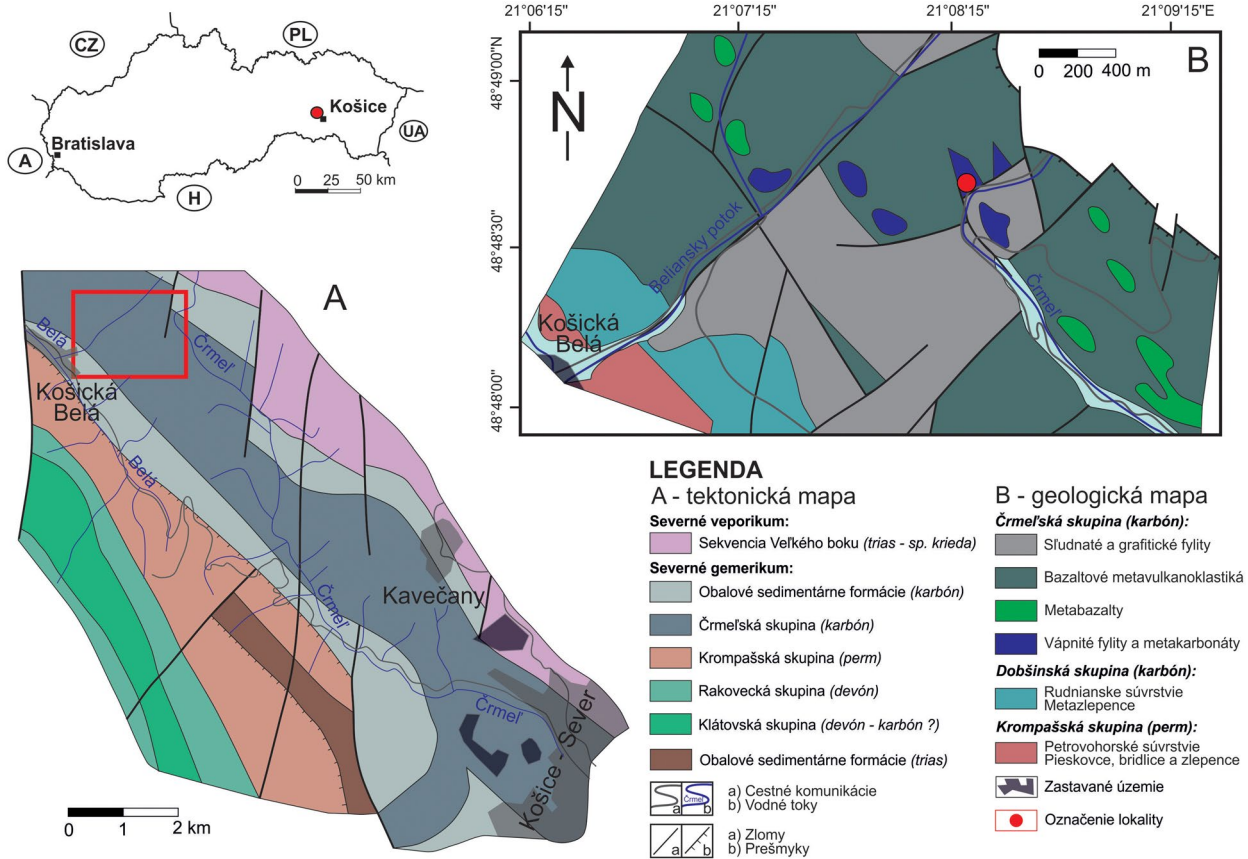
Skúmané vápnné fylity tvoria súčasť karbónskych sekvencií, ktoré sú zachované vo forme tektonicky redukovaných zvyškov pri severovýchodnom rozhraní stykovej zóny gemerika a veporika v rámci črmeľskej skupiny (obr. 1). Črmeľská skupina bola redefinovaná (Bajaník et al. 1981, 1984, 1986) z pôvodného názvu „črmeľská séria“ prvýkrát použitého Máškom in Fusán (1959). Kozur a Mock (1997) črmeľskú skupinu zahrnuli do vyčlenenej tektonickej jednotky črmeľikum.

Vek črmeľskej skupiny bol biostratigraficky datovaný na základe spoločenstva sporomorfov v rozpätí turnén - visén (Bajaník et al. 1984, 1986), pričom detritické zirkóny z pieskovcov poskytli vek 352 Ma, ktorý je blízky veku akumulácie hostiteľských sedimentov ~ 340 Ma (Vozárová et al. 2019).

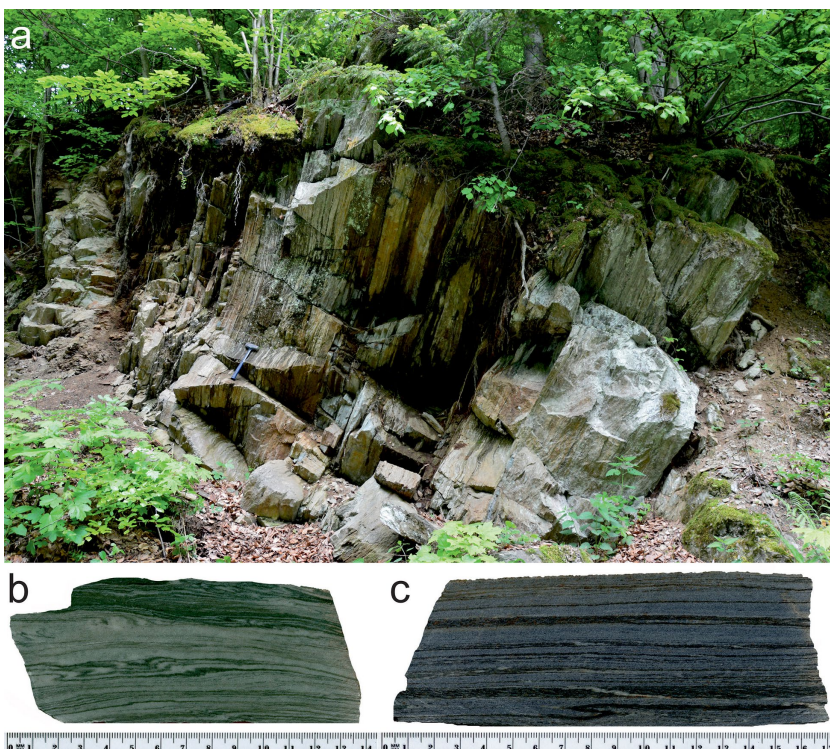
Vozárová (1996) na základe podobného vývoja v litologických sekvenciách redefinovala litostratigrafiu karbónu gemerika tak, že z pôvodnej dobšinskej skupiny vyčlenila ochtinskú skupinu so samostatným postavením v západnej časti gemerika a črmeľskú skupinu v severovýchodnej časti gemerika. Na základe spoločných faciálnych znakov litologické sekvencie črmeľskej skupiny sa dajú paralelizovať so sekvenciami ochtinskej skupiny (Grecula et al. 2011). Vzájomnú podobnosť potvrdili aj výsledky petrologického a geochemického výskumu metabazaltov ochtinskej a črmeľskej skupiny (Ivan 2003), ktorých geodynamický vývoj je v súlade s interpretáciami Vozárovej (1996) a Greculu jr. (1998).

Črmeľská skupina pozostáva z cyklicky sa striedajúcich hornín so zachovanými znakmi rytmického usporiadania (horizontálna a gradačná laminácia) hlbokomorskej sedimentácie turbiditných prúdov, ktoré sú asociované s produktami bázičného vulkanizmu (Bajaník et al. 1984, 1986; Vozárová 1993, 2004; Grecula jr. 1998). V črmeľskej skupine bolo smerom od podložja k nadložíu vyčle-

nené spodné, stredné a vrchné súvrstvie (Bajaník et al. 1984, 1986) s litologickou charakteristikou (Vozárová, Vozár 1988; Sasvári 1992; Polák et al. 1997). V jednotlivých súvrstviach sa striedajú rôzne druhy laminovaných fylitov (chloriticko-muskovitické, chloriticko-grafitické, grafitické, vápnité), metazlepence a metapieskovce s polohami laminovaných metabazaltov a bazaltových metavulkano-



Obr. 1 Skúmané územie zobrazené v tektonickej mape (Bezák et al. 2004) a v geologickej mape (Polák et al. 1996).



Obr. 2 a) Pohľad na miesto odkryvu vápnitých fylitov; b-c) Prierezy skúmaných vzoriek. Foto P. Ružička.

klastík. Ojedinele vystupujú polohy acidných metavulkanoklastík, lyditov a šošovky metakarbonátov (pôvodne alodapické karbonáty), ktoré boli lokálne metasomaticky premenené na magnezity (Košice-Bankov, Kavečany). Nadložie črmeľskej skupiny tvorí rudnianske súvrstvie dobšinskej skupiny (Polák et al. 1997).

Litostratigrafické členenie črmeľskej skupiny (Bajaník et al. 1984, 1986; Vozárová, Vozár 1988; Sasvári 1992; Polák et al. 1997) bolo konfrontované odlišnou sedimentologickou koncepciou založenou na faciálnych asociáciách (Grecula et al. 1992; Grecula 1994; Grecula jr. 1998; Grecula, Grecula jr. 2003; Grecula et al. 2011).

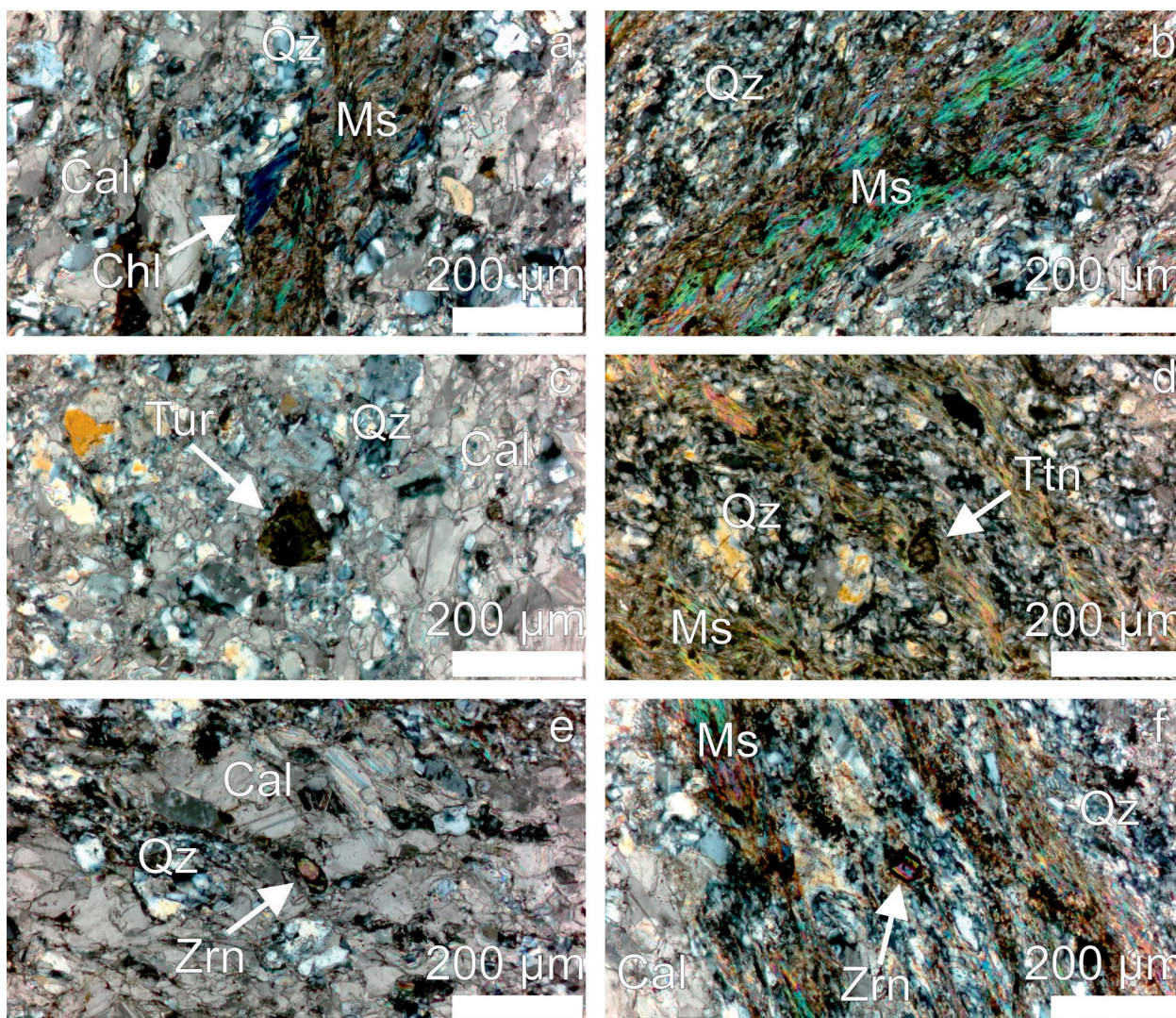
Grecula jr. (1998) a Grecula et al. (2011) faciálne členia črmeľskú skupinu na spodné kopaninské súvrstvie, stredné bankovské súvrstvie a vrchné zlatopotocké súvrstvie. Kopaninské súvrstvie reprezentujú sivé a čierne polymiktné zlepence, pieskovce a vložky bridlíc. Bankovské súvrstvie pozostáva zo súboru sivých a čiernych zlepenecov, pieskovcov a bridlíc so šošovkami metakarbonátov vrátane magnezitov. Ochtinský vývoj s metakarbonátmi má svoju podobnosť v bankovskom súvrství črmeľskej skupiny (Grecula 1994). Zlatopotocké súvrstvie je zastúpené zelenými laminovanými fylitmi, pieskovcami a polymiktnými zlepencami.

Podľa geomorfologického členenia Slovenskej republiky (Mazúr, Lukniš 1980) skúmané územie patrí do Volovských vrchov. Súradnice lokality sú 48°48'37.3"N 21°08'10.6"E. Lokalita sa nachádza v nadmorskej výške 647 m. Vzorky boli odoberané zo skalného odkryvu v blízkosti lesnej cesty s asfaltovým povrchom, ktorá prechádza uzáverom Črmeľskej doliny (obr. 2a).

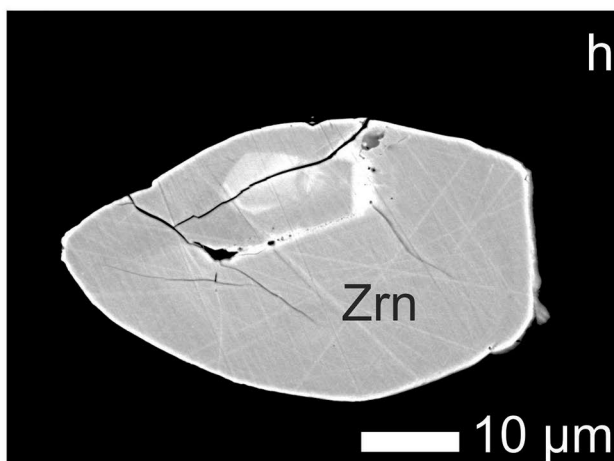
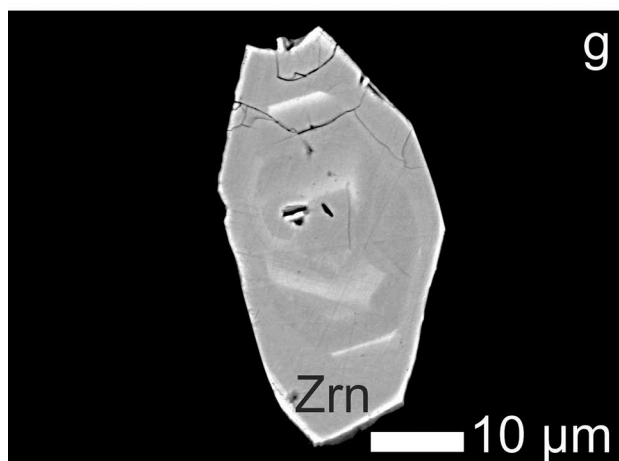
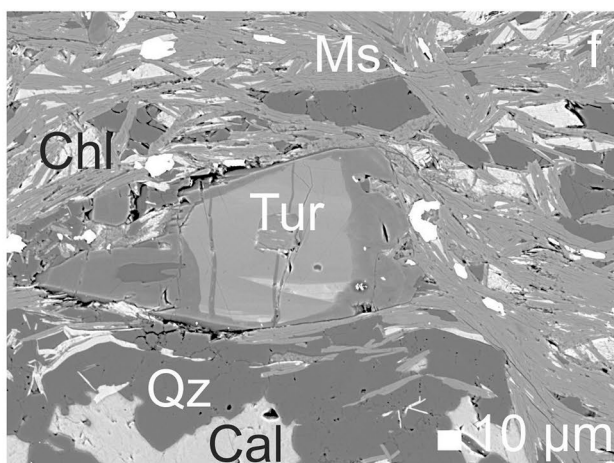
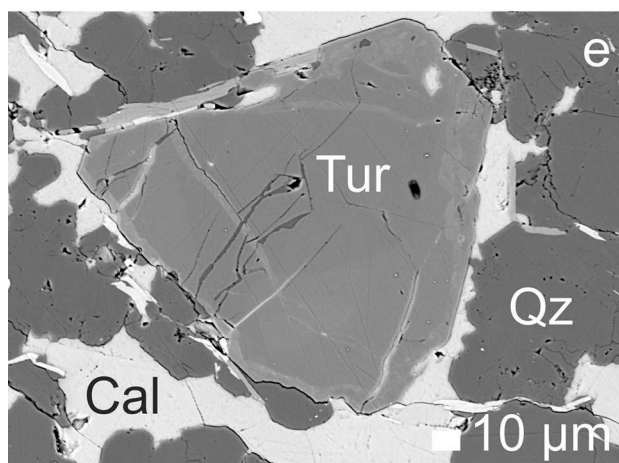
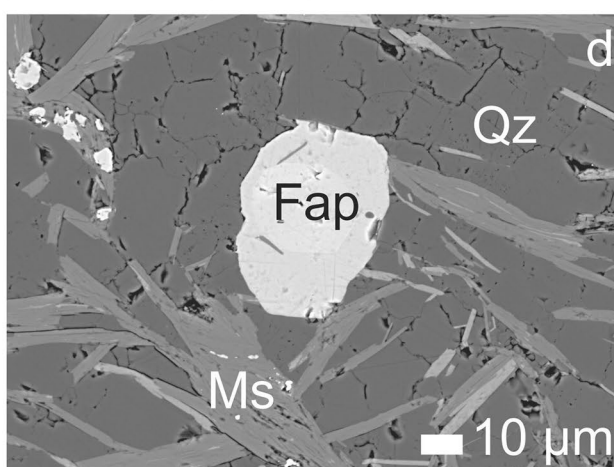
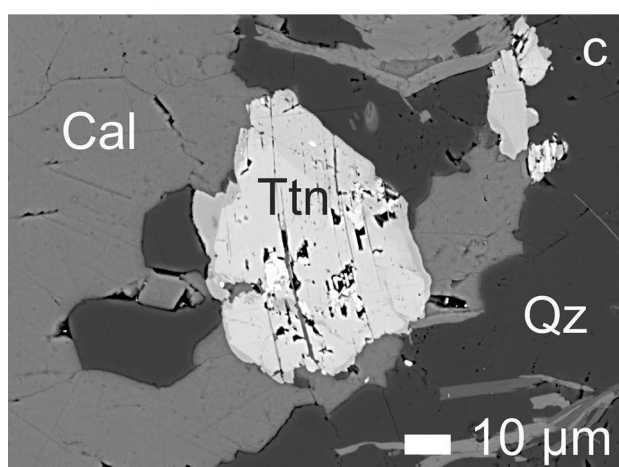
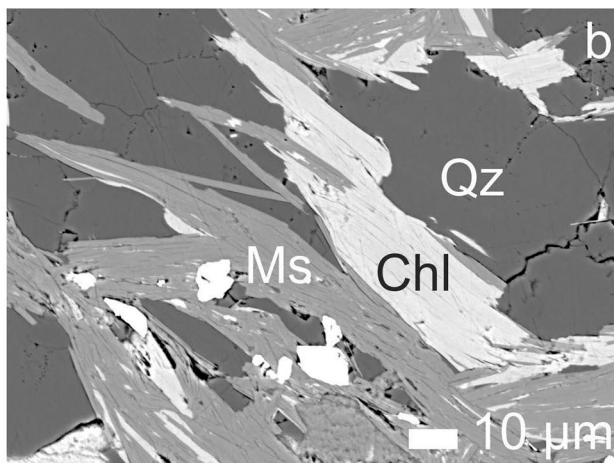
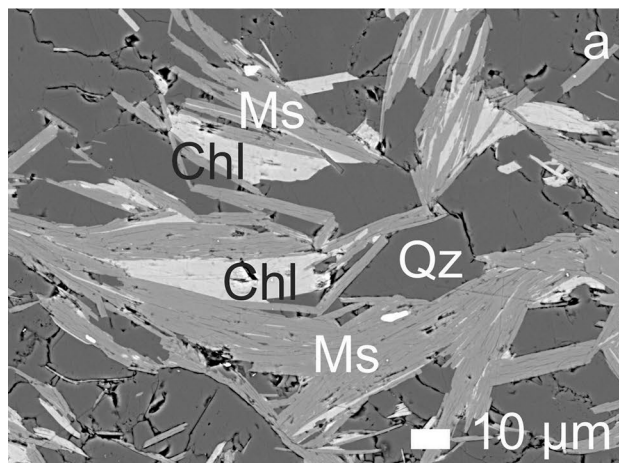
Metodika

Terénny výskum bol zameraný na získanie reprezentatívnych vzoriek vápnitých fylitov. Mikroskopickým pozorovaním v prechádzajúcom svetle polarizačného mikroskopu Leica DM2500P na Katedre mineralógie, petrológie a ložiskovej geológie Prírodovedeckej fakulty Univerzity Komenského v Bratislave boli pozorované vzájomné vzťahy medzi jednotlivými minerálmi s cieľom výberu vhodných miest pre bodové chemické analýzy.

Leštené výbrusy, vákuovo naparené tenkou uhlíkovou vrstvou, boli analyzované na elektrónovom mikroanalýzátore JEOL JXA-8530F na Ústave vied o Zemi Slovenskej akadémie vied v Banskej Bystrici (analytik S. Kurylo). Vzorky boli analyzované pri urýchľovacom napätí 15 kV a prúde 20 nA. Priemer elektrónového lúča sa pohyboval v rozsahu 5 - 10 µm. Použila sa ZAF korekcia. Koexistenč-



Obr. 3 V mikrostavbe vápnitých fylitov sa striedajú kalcitové polohy s kremeno-sľudovými polohami. Minerálnu asociáciu tvorí: Cal - kalcit, Qz - kremeň, Ms - muskovit, Chl - chlorit, Ttn - titanit, Tur - turmalín, Zrn - zirkón. Fotografie z polarizačného mikroskopu v prechádzajúcom svetle pri skřížených nikoloch vyhotovil P. Ružička.



né vzťahy analyzovaných fáz sa pozorovali v späťne rozptýlených elektrónoch (BSE - back scattered electron). Na meranie slúd, chloritov, albitu a titanitu boli použité prírodné a syntetické štandardy a spektrálne čiary: biotit (SiKa, MgKa), rutil (TiKa), ortoklas (AlKa, KKa), hematit (FeKa), ScVO₄ (VKa), rodonit (MnKa), gahnit (ZnKa), diopsid (CaKa), albit (NaKa), fluorit (FKa). Na meranie fluórapatitu boli použité prírodné a syntetické štandardy a spektrálne čiary: apatit (PKa, CaKa), albit (SiKa, NaKa), rutil (TiKa), hematit (FeKa), rodonit (MnKa), celestín (SrLa), barit (BaLa), YPO₄ (YLa), CePO₄ (CeLa), LaPO₄ (LaLa), NdPO₄ (NdLa), SmPO₄ (SmLa), PrPO₄ (PrLβ), fluorit (FKa). Na meranie zirkónu boli použité prírodné a syntetické štandardy a spektrálne čiary: albit (SiKa), kubická zirkónia (ZrLa, HfMa), torianit (ThMa), UO₂ (UMβ), YPO₄ (YLa), CePO₄ (CeLa), hematit (FeKa), diopsid (CaKa). Na meranie turmalínov boli použité prírodné a syntetické štandardy a spektrálne čiary: ortoklas (SiKa, AlKa), rutil

(TiKa), Cr₂O₃ (CrKa), ScVO₄ (VKa), hematit (FeKa), rodonit (MnKa), diopsid (MgKa, CaKa), gahnit (ZnKa), albit (NaKa), ortoklas (KKa), fluorit (FKa). Na meranie kalcitov boli použité prírodné a syntetické štandardy a spektrálne čiary: hematit (FeKa), rodonit (MnKa), diopsid (MgKa, CaKa), celestín (SrLa). V tabuľkách nie sú zahrnuté prvky, ktorých obsahy sú pod detekčným limitom (sludy - Mn, Cr, V, Cl; chlority - P, Ca, Ba, Na, K, Cl; albit - P, Mn, Mg, Sr, Ba; fluórapatit - Al, Mg, Cl; zirkón - P, Ti, Al, Yb, Sc, Na; turmalíny - Cl; titanit - Cr, Mg, Na, Cl; kalcit - Ba, Na).

Elektrónové mikroanalýzy boli prepočítané podľa platných klasifikácií pre minerály skupiny slúd (Tischendorf et al. 2007), apatitovej superskupiny (Pasero et al. 2010) a turmalínovej superskupiny (Henry et al. 2011). Chemické bodové analýzy chloritov boli graficky klasifikované podľa práce Zane a Weiss (1998). Obsah H₂O v titanite bol stanovený podľa postupu uvedenom v práci Ěnami et al. (1993). Používané skratky minerálov sú uvádzané podľa Warr (2021).

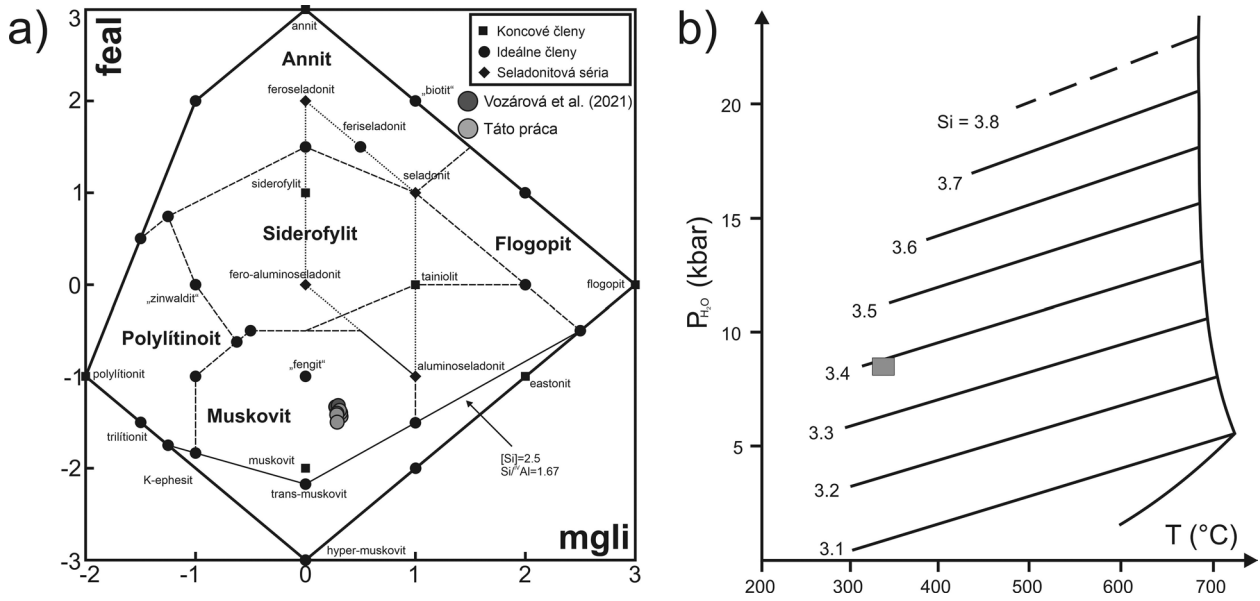
Tabuľka 1 Reprezentatívne elektrónové mikroanalýzy muskovitu (hm. %) vo vápniých fylitoch prepočítané na 11 kyslíkov (apfu). Symbol * vyjadruje dopočítanie H₂O pre OH+F = 2 apfu

Analýza	1	2	3	4	5	6
SiO ₂	50.96	50.57	52.43	51.22	51.07	50.73
TiO ₂	0.15	0.22	0.21	0.22	0.28	0.36
Al ₂ O ₃	27.46	27.49	29.36	27.71	28.41	28.00
FeO	2.97	3.02	2.68	2.51	3.32	2.96
MgO	3.31	3.02	2.98	3.10	3.09	2.87
CaO	0.00	0.04	0.00	0.00	0.04	0.04
BaO	0.27	0.29	0.37	0.37	0.29	0.33
Na ₂ O	0.07	0.09	0.10	0.05	0.05	0.04
K ₂ O	10.80	10.96	9.02	11.08	9.51	10.51
H ₂ O*	4.44	4.44	4.63	4.46	4.48	4.42
F	0.14	0.08	0.00	0.13	0.12	0.17
-O=F	-0.06	-0.03	0.00	-0.05	-0.05	-0.07
Suma	100.51	100.19	101.78	100.79	100.61	100.36
Si ⁴⁺	3.394	3.385	3.397	3.399	3.375	3.379
^{IV} Al ³⁺	0.606	0.615	0.603	0.601	0.625	0.621
Suma T	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000
Ti ⁴⁺	0.008	0.011	0.010	0.011	0.014	0.018
^{VI} Al ³⁺	1.549	1.554	1.640	1.567	1.588	1.576
Fe ²⁺	0.165	0.169	0.145	0.139	0.183	0.165
Mg ²⁺	0.329	0.301	0.288	0.307	0.304	0.285
Suma M	2.051	2.035	2.083	2.024	2.090	2.044
Ba ²⁺	0.007	0.008	0.009	0.010	0.008	0.009
Ca ²⁺	0.000	0.003	0.000	0.000	0.003	0.003
Na ⁺	0.009	0.012	0.013	0.006	0.006	0.005
K ⁺	0.918	0.936	0.746	0.938	0.802	0.893
Suma I	0.934	0.958	0.928	0.954	0.918	0.910
F ⁻	0.029	0.017	0.000	0.027	0.025	0.036
OH ⁻	1.971	1.983	2.000	1.973	1.975	1.964
Suma A	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000

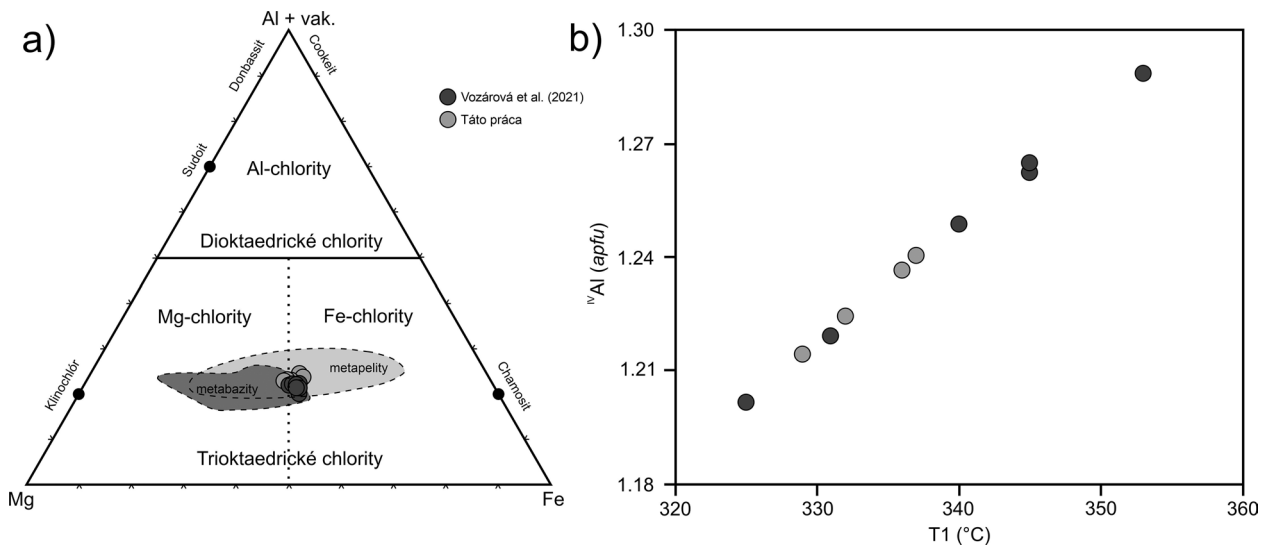
Tabuľka 2 Reprezentatívne elektrónové mikroanalýzy chloritov (hm. %) vo vápniých fylitoch prepočítané na 14 kyslíkov (apfu). Symbol* vyjadruje dopočítanie H₂O pre OH. Symbol T1 vyjadruje teploty vypočítané chloritovým termometrom podľa kalibrácie Cathelieu (1988) a T2 podľa kalibrácie Jowett (1991)

Analýza	1	2	3	4	5
SiO ₂	26.71	26.43	26.40	26.15	26.18
TiO ₂	0.04	0.08	0.04	0.00	0.00
Al ₂ O ₃	20.60	20.71	20.41	20.83	20.93
MgO	14.95	15.16	14.52	13.47	13.48
MnO	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00
FeO	26.21	25.96	26.46	27.07	27.90
K ₂ O	0.06	0.00	0.00	0.09	0.04
H ₂ O*	11.43	11.37	11.31	11.19	11.27
F	0.14	0.21	0.13	0.23	0.23
-O=F	-0.06	-0.09	-0.06	-0.09	-0.09
Suma	100.20	99.84	99.22	98.93	99.93
Si ⁴⁺	2.786	2.764	2.785	2.776	2.760
^{IV} Al ³⁺	1.214	1.236	1.215	1.224	1.240
Suma T	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000
Ti ⁴⁺	0.003	0.006	0.003	0.000	0.000
^{VI} Al ³⁺	1.318	1.315	1.322	1.381	1.360
Fe ²⁺	2.286	2.270	2.334	2.403	2.460
Mn ²⁺	0.009	0.000	0.000	0.000	0.000
Mg ²⁺	2.325	2.363	2.284	2.131	2.118
K ⁺	0.008	0.000	0.000	0.012	0.006
Suma A	5.949	5.954	5.943	5.928	5.943
F ⁻	0.047	0.068	0.044	0.076	0.075
OH ⁻	7.953	7.932	7.956	7.924	7.925
Suma	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000
Fe/(Fe+Mg)	0.496	0.490	0.505	0.530	0.537
T1 (°C)	329	336	329	332	337
T2 (°C)	334	341	335	339	344

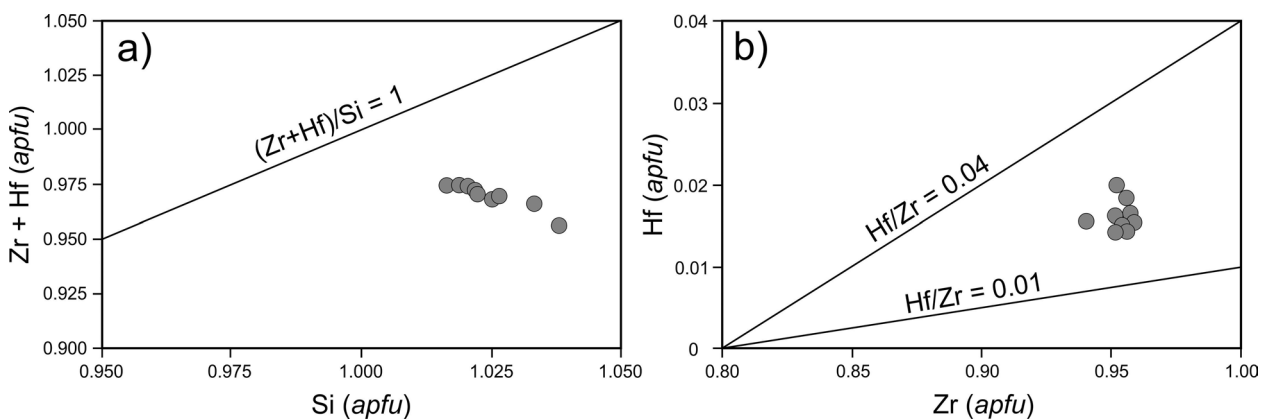
Obr. 4 BSE zobrazenie analyzovaných fáz vo vápniých fylitoch: a - b) vzájomné prerastanie muskovitu a chloritu; c-h) detaily akcesoricky zastúpených fáz. Foto S. Kurylo. Význam použitých skratiek: Ms - muskovit, Chl - chlorit, Cal - kalcit, Qz - kremeň, Fap - fluórapatit, Ttn - titanit, Tur - turmalín, Zrn - zirkón.



Obr. 5 Zobrazenie analyzovaných svetlých slúd vo vápničných fylitoch: a) v klasifikačnom diagrame (Tischendorf et al. 2007) s porovnaním publikovaných údajov (Vozárová et al. 2021). Parametre reprezentujú: $mgli = Mg - Li$, $feal = (Fe^{2+} + Fe^{3+} + Mn + Ti) - VIAl$; b) tlakový rozsah zobrazený vo fengitovom barometri (Massonne, Schreyer 1987).



Obr. 6 Zobrazenie analyzovaných chloritov vo vápničných fylitoch: a) v $Al + \square - Mg - Fe$ klasifikačnom diagrame (Zane, Weiss 1998) s vyznačeným poľom pre metapelity a metabazity podľa Zane et al. (1998); b) teplotná závislosť od obsahu ^{11}Al (apfu) na princípe kalibrácie Cathelineau (1988) s porovnaním publikovaných údajov (Vozárová et al. 2021).



Obr. 7 Variačné diagramy pre analyzované zirkóny vo vápničných fylitoch: a) $Zr + Hf$ (apfu) vs. Si (apfu) diagram s líniou ideálneho obsadenia $(Zr+Hf)/Si = 1$; b) Hf (apfu) vs. Zr (apfu) diagram.

Teplotné podmienky metamorfózy chloritov boli vypočítané pomocou konvenčných chloritových termometrov podľa kalibrácií Cathelineau (1988) na základe obsahu ^{IV}Al (*apfu*) a Jowett (1991) na báze ^{IV}Al (*apfu*) s Fe/(Fe+Mg) korekciou. Tlakové podmienky metamorfózy boli aproximované na základe vypočítaných hodnôt Si z muskovitov aplikovaním fengitového barometra (Massonne, Schreyer 1987).

Výsledky

Petrografický opis

Farba horniny je svetlo- až tmavosivá v závislosti od množstva fylosilikátov, ktorých koncentrácia vytvára horizontálnu lamináciu vápnitých fylitov. Laminácia si zachováva lineárny priebeh a lokálne je mierne deformačne zvlínená (obr. 2b, c). Hrúbka fylosilikátových pásov je od niekoľkých milimetrov po maximálne 0.5 cm. Štruktúra je granoblastická až lepidogranoblastická (obr. 3). Minerálne zloženie vápnitých fylitov je pomerne jednoduché. V štruktúre horniny sa striedajú pásiky s dominantným zastúpením prevažne strednozrnných agregátov kremeňa s polohami stredno- až hrubokryštalických agregátov kalcitu. Svetlé slúdy tvoria prevažne jemnozrnné šupinkové agregáty s lokálnym výskytom hrubších lupeňovitých agregátov (obr. 3b). Často sa vyskytujú v asociácii s lupeňovitými agregátmi chloritov so svetlozeleným pleochroizmom, ktoré majú anomálne modrosivé interferenčné farby (obr. 3a). Zrná kremeňa sú alotriomorfne obmedzené a prejavujú undulózne zhášanie.

Obsah kalcitu sa v hornine pohybuje nad 5 %. V minerálnom zložení sú prítomné nerovnomerne rozmiestnené zrná plagioklasov. Akcesoricky sa v hornine vyskytujú idiomorfne zrná a stĺpčky zelenohnedých turmalínov (obr. 3c) ako aj zrná zirkónov (obr. 3 e, f), apatitov a titanitov (obr. 3d).

Chemické zloženie minerálov

Muskovit je súčasťou minerálneho zloženia skúmaných vápnitých fylitov črmeľskej skupiny v severovýchodnej časti gemerika (obr. 4a, b). Z hľadiska chemického zloženia muskovity majú dominantne zastúpený K (0.89 - 0.94 *apfu*). Obsahujú do 0.01 *apfu* Na (tab. 1). Hliník je viac zastúpený v oktaedrickej pozícii (1.55 - 1.64 *apfu*) ako v tetraedrickej pozícii (do 0.63 *apfu*). V muskovite obsah Fe^{2+} dosahuje hodnotu do 0.18 *apfu* a obsah Mg do 0.33 *apfu*. Odchýlka od ideálneho zloženia muskovitu udáva posun analyzovaných svetlých slúd zo všetkých študovaných lokalít k aluminoseladonitu (obr. 5a). Na pozícii A je dominantne prítomný OH^- anión (1.96 - 2.00 *apfu*), zatiaľ čo F^- je minimálne zastúpený (do 0.04 *apfu*).

Chlority sa vzájomne prerastajú s muskovitom (obr. 4a, b) v rámci skúmaných hornín. Pomer Fe/(Fe+Mg) sa pohybuje v intervale 0.49 - 0.54, na základe čoho sú chlority klasifikované na rozhraní Mg-Fe chloritov (obr. 6a). Obsah Mg sa pohybuje v rozsahu 2.12 - 2.36 *apfu* a obsah Fe^{2+} dosahuje hodnotu 2.46 *apfu* (tab. 2).

Albit tvorí súčasť minerálnej asociácie vápnitých fylitov. Z hľadiska chemického zloženia dosahuje hodnotu takmer čistého koncového člena v intervale $Ab_{97.9-99.7}$. Ortoklasový a anortitový komponent dosahujú maximálne hodnoty $Or_{0.5}$ a $An_{1.9}$ (tab. 3).

Fluórapatit tvorí akcesoricky zastúpenú súčasť minerálnej asociácie vápnitých fylitov (obr. 4d). Z kryštalochemického hľadiska fluórapatit predstavuje koncový člen s obsahom 0.87 - 1.20 *apfu* F a nízkymi hodnotami prvkov vzácnych zemín (tab. 4).

Zirkón predstavuje akcesorický minerál (obr. 4g, h), ktorý obsahuje do 0.02 *apfu* Hf bez výrazného obohatenia o Y+REE prvky. Obsahy Si (1.02 - 1.04 *apfu*) a Zr (0.94 - 0.96 *apfu*) sú blízke ideálnemu koncovému členovi (tab. 5).

Tabuľka 3 Reprezentatívne elektrónové mikroanalýzy albitu (hm. %) vo vápnitých fylitoch prepočítané na 5 katiónov (*apfu*) s vyjadrením zastúpenia koncových členov (mol. %)

Analýza	1	2	3	4	5	6	7	8
SiO ₂	68.44	68.48	68.78	68.28	68.92	68.83	68.86	68.56
TiO ₂	0.00	0.07	0.06	0.00	0.00	0.05	0.00	0.00
Al ₂ O ₃	19.35	19.40	19.41	19.44	19.28	19.51	19.45	19.39
Fe ₂ O ₃	0.17	0.17	0.10	0.00	0.08	0.00	0.10	0.24
CaO	0.00	0.10	0.40	0.18	0.16	0.10	0.00	0.16
SrO	0.00	0.11	0.00	0.06	0.11	0.06	0.06	0.19
Na ₂ O	11.44	11.28	11.65	11.42	11.23	11.29	11.52	11.27
K ₂ O	0.06	0.07	0.05	0.05	0.06	0.05	0.09	0.09
Suma	99.46	99.68	100.45	99.43	99.84	99.89	100.08	99.90
Si ⁴⁺	3.012	3.013	2.994	3.005	3.028	3.020	3.011	3.011
Ti ⁴⁺	0.000	0.002	0.002	0.000	0.000	0.002	0.000	0.000
Al ³⁺	1.004	1.006	0.996	1.008	0.998	1.009	1.002	1.004
Fe ³⁺	0.006	0.006	0.003	0.000	0.003	0.000	0.003	0.008
Suma T	4.021	4.026	3.995	4.013	4.030	4.031	4.017	4.023
Ca ²⁺	0.000	0.005	0.019	0.008	0.008	0.005	0.000	0.008
Sr ²⁺	0.000	0.003	0.000	0.002	0.003	0.002	0.002	0.005
Na ⁺	0.976	0.962	0.983	0.974	0.957	0.960	0.977	0.960
K ⁺	0.003	0.004	0.003	0.003	0.003	0.003	0.005	0.005
Suma M	0.979	0.974	1.005	0.987	0.970	0.969	0.983	0.977
NaAlSi ₃ O ₈ (Ab)	99.66	99.11	97.87	98.85	98.87	99.23	99.49	98.71
CaAl ₂ Si ₂ O ₈ (An)	0.00	0.49	1.86	0.86	0.78	0.49	0.00	0.77
KAlSi ₃ O ₈ (Or)	0.34	0.40	0.28	0.28	0.35	0.29	0.51	0.52

Titanit je súčasťou skupiny akcesorických minerálov vo vápňitých fylitoch (obr. 4c). Má mierne zvýšené hodnoty F⁻ (do 0.07 apfu) a OH⁻ (do 0.07 apfu). V titanitoch je prítomná nevýrazná substitúcia (Al, Fe³⁺) + (OH, F) ↔ Ti + O, ktorá spôsobuje zníženie obsahu Ti (0.89 - 0.92 apfu) od ideálneho koncového člena (tab. 6, obr. 7).

Turmalíny boli vo vápňitých fylitoch črmeľskej skupiny identifikované v akcesorickom množstve. Vystupujú

v dvoch formách ako zonálne turmalíny tvorené v okrajových častiach dravitom a v centrálnych častiach skorylom a ako nevýrazne zonálne až nezonálne turmalíny tvorené magneziofoititom (obr. 8). Centrálné časti zonálnych turmalínov (obr. 4f) sú tvorené skorylom, ktorý má relatívne nízky obsah Al (5.30 - 5.92 apfu) a v pozícii Y prevláda Fe nad Mg, pričom hodnoty Fe sa pohybujú v intervale 1.95 - 2.47 apfu a hodnoty Mg sú 0.93 - 0.97

Tabuľka 4 Reprezentatívne elektrónové mikroanalýzy fluórapatitu vo vápňitých fylitoch (hm. %), prepočítané na 8 kationov (apfu)

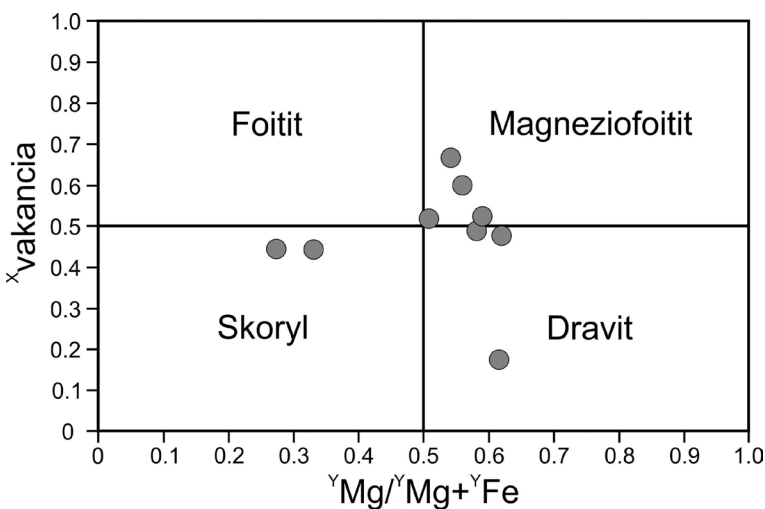
Analýza	1	2	3	4	5		1	2	3	4	5
P ₂ O ₅	42.25	41.92	42.84	42.06	43.71	P ⁵⁺	3.058	3.017	3.088	3.045	3.109
SiO ₂	0.18	0.08	0.00	0.37	0.00	Si ⁴⁺	0.015	0.007	0.000	0.032	0.000
TiO ₂	0.00	0.00	0.09	0.05	0.09	Ti ⁴⁺	0.000	0.000	0.006	0.003	0.006
Y ₂ O ₃	0.49	0.00	0.00	0.24	0.00	Suma T	3.073	3.024	3.093	3.080	3.115
La ₂ O ₃	0.00	0.06	0.04	0.21	0.04	Y ³⁺	0.022	0.000	0.000	0.011	0.000
Ce ₂ O ₃	0.24	0.00	0.00	0.59	0.00	La ³⁺	0.000	0.002	0.001	0.007	0.001
Pr ₂ O ₃	0.00	0.00	0.00	0.12	0.05	Ce ³⁺	0.007	0.000	0.000	0.018	0.000
Nd ₂ O ₃	0.16	0.06	0.00	0.29	0.00	Pr ³⁺	0.000	0.000	0.000	0.004	0.002
Sm ₂ O ₃	0.12	0.00	0.00	0.00	0.04	Nd ³⁺	0.005	0.002	0.000	0.009	0.000
CaO	52.87	54.32	53.22	52.26	53.81	Sm ³⁺	0.004	0.000	0.000	0.000	0.001
MnO	0.30	0.00	0.00	0.50	0.06	Ca ²⁺	4.829	4.948	4.855	4.782	4.844
FeO	0.16	0.04	0.17	0.27	0.07	Mn ²⁺	0.022	0.000	0.000	0.036	0.004
SrO	0.00	0.45	0.67	0.06	0.58	Fe ²⁺	0.011	0.003	0.012	0.019	0.005
BaO	0.00	0.00	0.17	0.39	0.00	Sr ²⁺	0.000	0.022	0.033	0.003	0.028
Na ₂ O	0.21	0.00	0.00	0.13	0.00	Ba ²⁺	0.000	0.000	0.006	0.013	0.000
H ₂ O*	0.02	0.00	0.00	0.23	0.20	Na ⁺	0.035	0.000	0.000	0.022	0.000
F	3.65	4.48	3.79	3.22	3.34	Suma M	4.935	4.976	4.907	4.924	4.885
-O=F	-1.54	-1.87	-1.60	-1.36	-1.41	F ⁻	0.987	1.204	1.020	0.871	0.887
Suma	99.12	99.52	99.39	99.63	100.58	OH ⁻	0.013	0.000	0.000	0.129	0.113
						Suma A	1.000	1.204	1.020	1.000	1.000

Tabuľka 5 Reprezentatívne elektrónové mikroanalýzy zirkónov (hm. %) vo vápňitých fylitoch prepočítané na 4 kyslíky (apfu)

Analýza	1	2	3	4	5	6	7	8	9
SiO ₂	33.35	33.64	34.02	33.87	33.77	33.21	33.44	33.56	33.40
ZrO ₂	64.52	64.29	64.26	62.93	64.29	63.68	63.76	64.57	64.27
HfO ₂	1.78	2.31	1.64	1.78	1.88	1.64	1.72	1.91	2.12
ThO ₂	0.00	0.00	0.00	0.04	0.05	0.09	0.06	0.00	0.00
UO ₂	0.00	0.08	0.10	0.00	0.00	0.07	0.00	0.12	0.07
Y ₂ O ₃	0.00	0.04	0.00	0.05	0.00	0.25	0.10	0.09	0.06
Ce ₂ O ₃	0.00	0.05	0.00	0.00	0.05	0.11	0.00	0.00	0.05
FeO	0.36	0.19	0.00	0.11	0.15	0.14	0.11	0.00	0.07
CaO	0.00	0.00	0.00	0.07	0.07	0.00	0.00	0.12	0.11
Suma	100.01	100.60	100.02	98.85	100.26	99.19	99.19	100.37	100.15
Si ⁴⁺	1.016	1.022	1.033	1.038	1.025	1.022	1.027	1.021	1.019
Suma B	1.016	1.022	1.033	1.038	1.025	1.022	1.027	1.021	1.019
Zr ⁴⁺	0.959	0.952	0.952	0.941	0.952	0.956	0.954	0.957	0.956
Hf ⁴⁺	0.015	0.020	0.014	0.016	0.016	0.014	0.015	0.017	0.018
Th ⁴⁺	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000
U ⁴⁺	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000
Y ³⁺	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.001	0.001	0.000
Ce ³⁺	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000
Fe ²⁺	0.009	0.005	0.000	0.003	0.004	0.004	0.003	0.000	0.002
Ca ²⁺	0.000	0.000	0.000	0.002	0.002	0.000	0.000	0.004	0.004
Suma A	0.984	0.978	0.967	0.962	0.975	0.978	0.973	0.979	0.981
Suma A + B	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000
Y+REE	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.003	0.001	0.001	0.001

apfu (tab. 7). Suma katiónov v pozícii X dosahuje hodnoty do 0.56 *apfu* (dominantne je zastúpený Na do 0.45 *apfu*). V okrajových častiach turmalínov klesá obsah Fe (1.09 - 1.19 *apfu*) a stúpa obsah Mg (1.66 - 1.93 *apfu*), čo má za následok zmenu chemického zloženia turmalínu, ktorý spadá do klasifikačného poľa dravitu. Obsahy Al (5.73 - 6.08 *apfu*) v dravite sa voči skorylu pohybujú v relatívne vyšších hodnotách. Suma katiónov v pozícii X dosahuje hodnoty 0.51 - 0.83 *apfu*, obsah Na je zvýšený (do 0.79 *apfu*). Nevýrazne zonálne až nezonálne turmalíny (obr. 4e) sú tvorené magneziofoiitom s relatívne vysokým obsahom Al (6.03 - 6.68 *apfu*). V turmalínoch je v pozícii X dominantne prítomná vakancia (0.52 - 0.67 *apfu*). V zložení prevláda Mg (1.23 - 1.70 *apfu*) nad Fe (1.01 - 1.34 *apfu*). Lokálne bolo v okrajových častiach magneziofoititu pozorované nevýrazné navýšenie obsahu Mg.

Kalcit tvorí spolu s kremeňom súčasť matrix v skúmaných horninách. Prítomnosť dolomitu nebola potvrdená. Analyzované kalcity obsahujú po chemickej stránke mierne zvýšené hodnoty Fe, Mg a Sr do 0.01 *apfu* (tab. 8).



Obr. 8 Analyzované turmalíny z vápnných fylitov v klasifikačnom diagrame x vakancia vs. $Y_{Mg}/Y_{Mg+Y_{Fe}}$ (Henry et al. 2011).

Tabuľka 8 Reprezentatívne elektrónové mikroanalýzy kalcitu (hm. %) vo vápnných fylitoch prepočítané na 1 atóm kyslíka (*apfu*). Symbol * vyjadruje dopočítanie CO_2 .

Analýza	1	2	3	4	5
FeO	0.89	0.85	0.65	0.74	0.83
MnO	0.23	0.16	0.26	0.24	0.19
MgO	0.35	0.32	0.22	0.23	0.29
SrO	0.55	0.43	0.70	0.36	0.76
CaO	53.93	53.85	54.04	53.64	54.36
CO_2^*	43.70	43.50	43.35	43.44	43.78
Suma	99.63	99.11	99.21	98.65	100.23
Fe^{2+}	0.012	0.012	0.009	0.010	0.012
Mn^{2+}	0.003	0.002	0.004	0.003	0.003
Mg^{2+}	0.009	0.008	0.005	0.006	0.007
Sr^{2+}	0.007	0.006	0.009	0.005	0.010
Ca^{2+}	0.968	0.972	0.972	0.975	0.968
Suma	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Podmienky metamorfózy

Teplotné podmienky metamorfózy chloritov vo vápnných fylitoch črmeľskej skupiny severného gemerika boli vypočítané z bodových chemických analýz (tab. 3) aplikovaním dvoch konvenčných termometrov T1 (Cathelineau 1988) a T2 (Jowett 1991). Teplotný interval pre T1 je 329 - 337 °C (obr. 6b) a pre T2 334 - 344 °C.

Tlakové podmienky metamorfózy boli stanovené na základe Si komponenty muskovitov (3.38 - 3.40 *apfu*) v skúmaných horninách (tab. 1) použitím fengitového geobarometra (Massonne, Schreyer 1987). Hodnoty tlakov sa pohybujú v rozsahu 8 až 9 kbar (obr. 5b) pri teplotnom intervale 330 - 340 °C stanovenom na základe koexistencie muskovitov a chloritov (obr. 4a, b).

Diskusia

Metapelyty, ktoré reprezentujú súčasť pôvodnej spodnokarbónskej flyšovej sekvencie črmeľskej skupiny, boli regionálne metamorfované v podmienkach fácie zelených bridlíc. Tlakový charakter v intervale 2 - 3 kbar

a teplota odhadnutá v rozsahu 350 - 370 °C boli stanovené na základe b_0 hodnôt muskovitov (Sassi, Vozárová 1987). Vozárová et al. (2021) uvádzajú metamorfné podmienky metabazaltov črmeľskej skupiny na základe použitej geotermobarometrie (Vidal et al. 2006) v teplotnom intervale 299 - 337 °C pri tlakoch 6 - 8 kbar. Analyzované chlority z metabazaltov v rámci Črmeľskej doliny pri Košickej Belej, ktorá je v blízkosti nami skúmanej lokality, poskytli rôzne teplotné údaje podľa použitých kalibrácií v rozsahu 306 °C (Vidal et al. 2006), 325 °C (Cathelineau 1988) a 331 °C (Jowett 1991), ktoré zodpovedajú podmienkam fácie zelených bridlíc.

Laminované svetlo- a tmavosivé vápnné fylity ako súčasť litologickej sekvencie črmeľskej skupiny uvádzajú viacerí autori (Bajaník et al. 1984, 1986; Sasvári 1992; Polák et al. 1997; Horský et al. 1991; Grecula jr. 1998). V skúmaných vápnných fylitoch bola identifikovaná minerálna asociácia tvorená kremeňom, kalcitom, muskovitom, chloritom, albitom a akcesorickými minerálmi (titánit, fluóropatit, zirkón, turmalíny). V turmalínoch bolo pozorované narastenie mladšieho metamorfného turmalínu na staršie klastické jadro (obr. 4f).

V štruktúre vápnných fylitov sa striedajú časti, v ktorých má dominantné postavenie kalcit s polohami tvorenými agregátmi kremeňa, muskovitu a chloritu.

Vypočítané teploty metamorfózy chloritov zo skúmaných vápnných fylitov dosiahli priemerné hodnoty 333 °C pri kalibrácii Cathelineau (1988) a 338 °C pri kalibrácii Jowett (1991). Na základe fengitovej barometrie dosahuje tlakový interval hodnoty 8 až 9 kbar.

V režime regionálnej metamorfózy v podmienkach fácie zelených bridlíc vznikli karbonatické fylity v hrnskom komplexe veporika, ktoré prvýkrát opísali Spišiak et al. (1992).

Záver

Detailný mineralogický výskum vápнитých fylitov pri nesol nové údaje o chemickom zložení minerálnej asociácie vápнитých fylitov. Identifikovaná minerálna asociácia tvorí kremeň, kalcit, muskovit, Mg-Fe chlority, albit a akcesorické minerály (titanit, fluórapatit, zirkón, turmalíny v zložení skoryl, dravit a magneziofoitit).

Na základe vzájomného prerastania muskovitu s chloritmi, boli stanovené podmienky metamorfózy vápнитých fylitov. Teplotný rozsah vypočítaný na základe chloritovej termometrie sa pohybuje od 329 do 337 °C (T1, Cathelineau 1988) a od 334 do 344 °C (T2, Jowett 1991), čo sa zhoduje s teplotami vypočítanými z chloritov metabazaltov črmelскеj skupiny v práci Vozárovovej et al. (2021), čím sa potvrdzujú podmienky regionálnej metamorfózy vo fácii zelených bridlíc.

Tlak aproximovaný použitím fengitového barometra (Massonne, Schreyer 1987) na základe Si komponenty muskovitov (3.38 - 3.40 *apfu*) dosahuje interval 8 až 9 kbar, ktorý je mierne zvýšený na rozdiel od hodnôt 6 - 8 kbar, ktoré uvádzajú Vozárovová et al. (2021).

PodĎakovanie

Za vyhotovenie mikrosondových analýz a BSE obrázkov ďakujeme Sergii Kurylovi z Ústavu vied o Zemi SAV. Vyslovujeme poďakovanie recenzentom článku Davidu Buriánkovi a Zoltánovi Némethovi za pripomienky, ktoré prispeli k kvaliteniu rukopisu. Táto práca bola podporovaná Agentúrou na podporu výskumu a vývoja na základe zmluvy č. APVV-19-0065 a grantom VEGA 1/0151/19.

Literatúra

- BAJANÍK Š, VOZÁROVÁ A, REICHWALDER P (1981) Litostratigrafická klasifikácia rakoveckej skupiny a mladšieho paleozoika v Spišsko-gemerskom rudohorí. Geol práce Spr 75: 19-53
- BAJANÍK Š, VOZÁROVÁ A, SNOPOKOVÁ P, STRAKA P (1984) Litostratigrafia črmelскеj skupiny. MS, Geofond - archív ŠGÚDŠ, Bratislava, 1-90
- BAJANÍK Š, SNOPOKOVÁ P, VOZÁROVÁ A (1986) Litostratigrafia črmelскеj skupiny. Región Geol ZK 21: 65-68
- BEZÁK V (ED.), BROSKA I, IVANIČKA J, REICHWALDER P, VOZÁR J, POLÁK M, HAVRILA M, MELLO J, BIELY A, PLAŠIENKA D, POTFAJ M, KONEČNÝ V, LEXA J, KALIČIAK M, ŽEC, B, VASS D, ELEČKO M, JANOČKO J, PERESZLÉNYI M, MARKO F, MAGLAY J, PRISTAŠ J (2004) Tektonická mapa Slovenskej republiky 1: 500 000 s vysvetlivkami. ŠGÚDŠ, Bratislava
- CATHELINEAU M (1988) Cation site occupancy in chlorites and illites as a function of temperature. Clay Miner 23, 4: 471-485
- ENAMI M, SUZUKI K, LIOU JG, BIRD DK (1993) Al-Fe³⁺ and F-OH substitutions in titanite and constraints on their P-T dependence. Eur J Mineral 5: 219-231
- FUSÁN O (1959) Poznámky k mladšiemu paleozoiku gemeríd. Geol práce Zoš 55: 171-181
- GRECULA P (1994) Litofaciálny vývoj mladšieho paleozoika hraničnej oblasti gemerika a veporika - problémy a námety. Miner Slov 26, 6: 411-426
- GRECULA M (1998) Carboniferous of Črmelicum terrane, Western Carpathians: relict of a forearc basin within Alpine Variscides. Miner Slov 30, 2: 109-136
- GRECULA P, GRECULA M (2003) Sedimentologický výskum mladopaleozoických súvrství predobľúkového bazéna črmelika. MS, Geofond - archív ŠGÚDŠ, Bratislava, 1-46
- GRECULA P, KUCHARIČ Ľ, BARTALSKÝ B, NÁVESNÁK D, GAZDAČKO Ľ, NÉMETH Z, RADVANEC M, HOJNOŠ M, MIKUŠKA J, KANDRIK M, STEINER A, DANIEL S, SYČEV V, ŠESTÁK P, ZATROCH P, HROUDA F (1992) Čiastková záverečná správa z komplexnej geologicko-geofyzikálnej interpretácie stykových zón západ, východ a juh SGR geofyzika, surovina: rudy a nerudy, vyhľadávací prieskum, stav k 31.12.1991. MS, Geofond - archív ŠGÚDŠ, Bratislava, 1-331
- GRECULA P, KOBULSKÝ J (EDS.), GAZDAČKO Ľ, NÉMETH Z, HRAŠKO Ľ, NOVOTNÝ L, MAGLAY J, PRAMUKA S, RADVANEC M, KUCHARIČ Ľ, BAJTOŠ P, ZÁHOROVÁ Ľ (2011) Vysvetlivky ku geologickej mape Spišsko-gemerského rudohoria 1: 50 000. ŠGÚDŠ, Bratislava, 1-308
- HENRY DJ, NOVÁK M, HAWTHORNE FC, ERTL A, DUTROW BL, UHER P, PEZZOTTA F (2011) Nomenclature of the tourmaline-supergroup minerals. Am Mineral 96: 895-913
- HORSKÝ S, HRINKO V, PETERCOVÁ A, SELIGA J, VARGA I, LAJČÁK Š (1991) Košice - hĺbka. Záverečná správa, surovina: magnezit, vyhľadávací prieskum, stav k 1.1.1991. MS, Geofond - archív ŠGÚDŠ, Bratislava, 1-99
- IVAN P (2003) Geodynamické prostredie formovania ochtinskej a črmelскеj skupiny (vnútorné Západné Karpaty) na základe štúdia metamorfovaných vulkanických hornín. MS, Geofond - archív ŠGÚDŠ, Bratislava 1-20
- JOWETT EC (1991) Fitting iron and magnesium into the hydrothermal chlorite geothermometer. Proceedings of the GAC/MAC/SEG Joint Annual Meeting, Toronto, 16, A62
- KOZUR H, MOCK R (1997) New paleogeographic and tectonic interpretations in the Slovakian Carpathians and their implications for correlations with the Eastern Alps and other parts of the Western Tethys. Part II: Inner Western Carpathians. Miner Slov 29, 3: 164-209
- MASSONNE HJ, SCHREYER W (1987) Phengite geobarometry based on the limiting assemblage with K-feldspar, phlogopite and quartz. Contrib Mineral Petrol 96: 212-224
- MAZÚR E, LUKNIŠ M (1980) Geomorfologické jednotky (mapa 1: 500 000). In: MAZÚR E, JAKÁL J. (EDS.): Atlas SSR. SAV a Slov úrad geod a kart, Bratislava: 54-55
- PASERO M, KAMPF AR, FERRARIS C, PEKOV IV, RAKOVAN J, WHITE TJ (2010) Nomenclature of the apatite supergroup minerals. Eur J Mineral 22, 2: 163-179
- POLÁK M, JACKO S (EDS.), VOZÁR J, VOZÁROVÁ A, GROSS P, HARČÁR J, SASVÁRI T, ZACHAROV M, BALÁŽ B, KALIČIAK M, KAROLI S, NAGY A, BUČEK S, MAGLAY J, SPIŠÁK Z, ŽEC B, FILO I, JANOČKO J (1996) Geologická mapa Braniska a Čiernej hory 1: 50 000. ŠGÚDŠ, Bratislava
- POLÁK M (ED.), JACKO S, VOZÁROVÁ A, VOZÁR J, GROSS P, HARČÁR J, ZACHAROV M, BALÁŽ B, LIŠČÁK P, MALÍK P, ZAKOVIČ M, KAROLI S, KALIČIAK M (1997) Vysvetlivky ku geologickej mape Braniska a Čiernej hory 1: 50 000. ŠGÚDŠ, Bratislava, 1-201
- SASSI FP, VOZÁROVÁ A (1987) The pressure character of the Hercynian metamorphism in the Gemericum (West Carpathians, Czechoslovakia). Rend Soc Ital Min Petr 42: 73-81
- SASVÁRI T (1992) Litostratigrafia a megaštruktúrna pozícia črmelскеj skupiny. Zborn. predn. 8. banická ved.-tech. konf. Košice: 164-168

- SPIŠIAK J, CAÑO F, HOVORKA D, HRNČÁR A., PITOŇÁK P (1992) Karbonatické fylity v Kamenistej doline; veporikum. *Miner Slov* 24, 1-2: 115-120
- TISCHENDORF G, FÖRSTER HJ, GOTTESMANN B, RIEDER M (2007) True and brittle micas: composition and solid-solution series. *Mineral Mag* 71, 3: 285-320
- VIDAL O, DE ANDRADE V, LEWIN E, MUNOZ M, PARRA T, PASCARELLI S (2006) P-T-deformation-Fe³⁺/Fe²⁺ mapping at the thin section scale and comparison with XANES mapping: application to a garnet-bearing metapelite from the Sambagawa metamorphic belt (Japan). *J Metamorph Geol* 24, 7: 669-683
- VOZÁROVÁ A (1993) Variská metamorfóza a krustálny vývoj v gemeriku. Západné Karpaty *Mineral petrogr geoch metalog* 16: 55-117
- 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
- VOZÁROVÁ A (2004) Tektonogenéza mladopaleozoických bazénov Západných Karpát. MS, Geofond - archív ŠGÚDŠ, Bratislava, 1-68
- VOZÁROVÁ A, VOZÁR J (1988) Late Paleozoic in West Carpathians. ŠGÚDŠ, Bratislava, 1-314
- VOZÁROVÁ A, ŠARINOVÁ K, LAURINC D, LEPEKHINA E, VOZÁR J, RODIONOV N, LVOV P (2019) Exhumation history of the Variscan suture: Constrains on the detrital zircon geochronology from Carboniferous - Permian sandstones (Northern Gemicum; Western Carpathians). *Geol Carpath* 70, 6: 512-530
- VOZÁROVÁ A, NEMEC O, ŠARINOVÁ K, ANCKIEWICZ R, VOZÁR J (2021) Carboniferous mafic metavolcanic rocks in the Northern Gemic Unit: Petrogenesis, geochemistry, isotope composition and tectonic implication. *Geol Carpath* 72, 2: 114-133
- WARR LN (2021) IMA-CNMNC approved mineral symbols. *Mineral Mag* 85, 3: 291-320
- ZANE A, WEISS Z (1998) A procedure for classifying rock forming chlorites based on microprobe data. *Rend Fis Acc Lincei* 9, 1: 51-56
- ZANE A, SASSI R, GUIDOTTI (1998) New data on metamorphic chlorite as a petrogenetic indicator mineral, with special regard to greenschist-facies rocks. *Can Mineral* 36, 3: 713-726