

Cr-Ni muskovit v listvenite z Muránskej Zdychavy pri Revúcej (Slovenské rudohorie, stredné Slovensko)

Cr-Ni rich muscovite in listvenite from Muránska Zdychava near Revúca (Slovenské rudohorie Mountains, central Slovakia)

PAVEL UHER^{*1)}, ŠTEFAN FERENC²⁾ A JÁN SPIŠIAK²⁾

¹⁾ Katedra mineralógie a petrológie, Prírodovedecká fakulta, Univerzita Komenského, Mlynská dolina G, 842 15 Bratislava; *e-mail: puher@fns.uniba.sk

²⁾ Katedra geografie, geológie a krajinnej ekológie, Fakulta prírodných vied, Univerzita Mateja Bela, Tajovského 40, 974 01 Banská Bystrica

UHER P., FERENC Š., SPIŠIAK J. (2013) Cr,Ni muskovit v listvenite z Muránskej Zdychavy pri Revúcej (Slovenské rudohorie, stredné Slovensko). *Bull. mineral.-petrolog. Odd. Nár. Muz. (Praha) 21, 1, 62-66. ISSN 1211-0329.*

Abstract

Unique chromian-nickelous muscovite occurs in magnesite-dolomite-quartz listvenite rock (carbonatized and silicified serpentinite) from Muránska Zdychava near Revúca (Veporic Superunit, Slovenské rudohorie Mts., central Slovakia). Muscovite forms anhedral aggregates and veinlets in quartz and carbonate groundmass, up to 20 µm across. It shows emerald-green colour, electron-microprobe analyses revealed 9.5 to 12 wt. % Cr₂O₃ (0.52 - 0.67 apfu) and 2.1 to 4.5 wt. % NiO (0.11 - 0.25 apfu). The average crystallochemical formula of the Cr,Ni-rich muscovite is close to K_{0.65}(Al_{1.13}Cr_{0.59}Ni_{0.19}Mg_{0.16}Fe_{0.05})_{Σ2.12}(Si_{3.33}Al_{0.67})_{Σ4.00}(OH)_{1.90}F_{0.10}. The Ni contents belong to the highest concentrations of this element ever obtained on a mineral of mica group. The Cr-Ni muscovite is associated with accessory chromite, pyrite, and Ni-sulphide minerals (pentlandite, violarite, ullmannite and millerite). The Cr,Ni-rich muscovite and associated minerals of listvenite originated by hydrothermal-metasomatic overprint on primary, Lower Paleozoic metaultrabasic rocks during Alpine (Cretaceous) orogenesis.

Key words: Cr and Ni rich muscovite, listvenite, Veporicum, Slovenské rudohorie Mountains, Slovak Republic

Obdrženo: 26. dubna 2013; přijato: 6. června 2013

Úvod

Minerály skupiny slúď možno charakterizovať ako vrstevnaté silikáty (fylosilikáty) so všeobecným kryštálochemickým vzorcom $IM_3T_4O_{10}A_2$, kde $I = K^+, Na^+, (NH_4)^+, (H_3O)^+, Ca^{2+}, Ba^{2+}, \square$ (vakancia); $M = Li^+, Na^+, Rb^+, Cs^+, Mg^{2+}, Fe^{2+}, Mn^{2+}, Zn^{2+}, Ni^{2+}, Al^{3+}, Fe^{3+}, Mn^{3+}, Cr^{3+}, V^{3+}, Ti^{4+}, Sn^{4+}, \square$; $T = Be^{2+}, Al^{3+}, Fe^{3+}, B^{3+}, Si^{4+}$; $A = (OH)^-, F^-, Cl^-, O^{2-}, S^{2-}$ (Rieder et al. 1998; Deer et al. 2003; Tischendorf et al. 2007). Slúdy sa vyznačujú širokou izomorfnou miešateľnosťou a veľkým množstvom katiónov, ktoré môžu vstupovať do kryštálovej štruktúry v troch rôznych pozíciách. Do oktaedrickej pozície M s koordináčnym číslom 6 (^{VI}M) obvyčajne vstupujú dvojmocné a trojmocné katióny, v bežných slúďach (muskovit, biotit) sú dominantné Al^{3+} , Fe^{2+} a Mg^{2+} . Vyššie koncentrácie ostaných katiónov sú v prírodných podmienkach oveľa zriedkavejšie, pričom sa vyskytujú v geochemicky špecifických horninách s vysokými koncentraciami týchto prvkov.

Muskovit so zvýšenými obsahmi Cr a Ni bol opísaný z listvenitov, hydrotermálne a metasomaticky metamorfovaných ultrabázických a bázických hornín, ktoré primárne obsahujú vysoké koncentrácie týchto prvkov. Listvenity možno charakterizovať ako karbonatizované a silicifikované metaperidotity (serpentinity), často viazané na zlomové zóny, pozdĺž ktorých prenikali hydrotermálne-metasomatické fluidá, obohatené CO₂ (napr. Halls, Zhao 1995). V takýchto listvenitických horninách bol zistený muskovit (fuchsit) s vysokými obsahmi Cr a Ni na lokalite

Setogawa v Japonsku (Takasawa et al. 1976) a v ofiolitoch sutúry Indu v Pakistane (Arif, Moon 2007). Predmetom tohoto príspevku je opis tretieho známeho svetového výskytu muskovitu s výrazne vysokými obsahmi Cr a Ni, a to z lokality Muránska Zdychava pri Revúcej v Slovenskom rudohorí (stredné Slovensko). Jeho cieľom je základná mineralogická charakteristika Cr-Ni muskovitu, najmä variácie chemického zloženia a možný scenár jeho vzniku.

Lokalizácia a geologická stavba územia

Študovaná lokalita sa nachádza približne 1200 m na SSZ od kostola v obci Muránska Zdychava pri Revúcej, 400 m na SZ od sútoku Hutského potoka s potokom Zdychava, v spodnej časti dolinky Rypalová. Geografické súradnice lokality sú: N 48°45'24'', E 20°08'01''. Na mieste sa nachádza zavalené ústie malej štólne, ktorá bola (mylne) razená za účelom rudného prieskumu na zlato, striebro, prípadne iné kovy. Štôľňa sledovala v dĺžke 18 m približne 2 m hrubú žilnú štruktúru v smere SZ - JV s úklonom k JZ, ktorá obsahovala kalcit, magnezit, kremeň, mastenec, tetraedrit, galenit, chalkopyrit a malachit (Horal 1943). Asi 15 m od ústia štólne sa nachádza malý výkop, odkrývajúci cca 1 m hrubú polohu listvenitu v silne limonitizovaných svoroch.

Študované teleso listvenitu sa nachádza v kohútskej zóne, resp. v kráľovohoľskom komplexe veporika (Kli-nec 1976; Bezák 1982). Okolité horniny listvenitu možno



Obr. 1 Listvenit z Muránskej Zdychavy, dĺžka vzorky 13 cm.
Foto Š. Ferenc.

charakterizovať ako spodnopaleozoické metamorfované diafortity a tektonity svorového charakteru na kontakte s migmatitmi, ortorulami až usmernenými granitoidami, lokálne s polohami pararúl a amfibolitov.

Metodika

Muskovit a sprievodné minerály boli študované v leštených výbrusoch, opticky pomocou polarizačného mikroskopu a analyzované na elektrónovom mikroanalyzátore Cameca SX100 vo vlnovo-disperznom móde (Štátny geologický ústav Dionýza Štúra, Bratislava). Boli použité nasledovné meracie podmienky: urýchľovacie napätie 15 kV, merací prúd 20 nA, priemer elektrónového lúča 3 μm , čas merania prvku: 20 - 30 s. Na meranie koncentrácie jednotlivých prvkov boli použité nasledovné prírodné a syntetické štandardy: wollastonit (Si K α , Ca K α), TiO₂ (Ti K α), Al₂O₃ (Al K α), kovový V (V K α), chromit (Cr K α), fayalit (Fe K α), rodonit (Mn K α), kovový Ni (Ni K α), ZnS (Zn K α), MgO (Mg K α), albit (Na K α), ortoklas (K K α), BaF₂ (F K α) a NaCl (Cl K α). Detekčný limit pre jednotlivé prvky sa pohyboval v rozmedzí 0.01 až 0.2 hm. %. Namerané hodnoty prvkov boli upravené korekciou PAP. Kryštalochemické vzorce muskovitu boli normalizované na 12 aniónov s dopočítaním H₂O a (OH)⁻ na ideálny kryštalo-

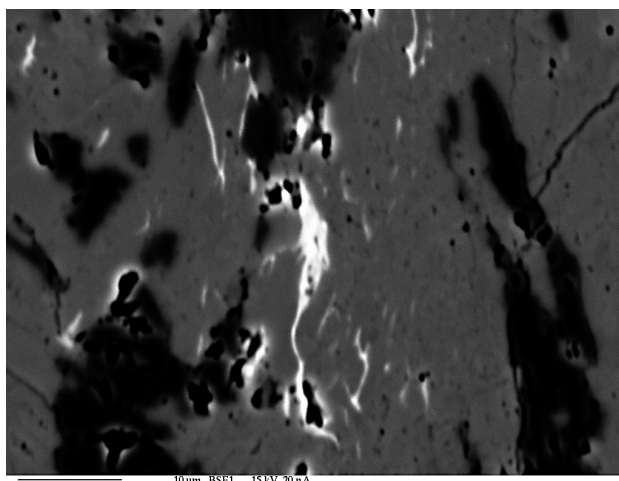
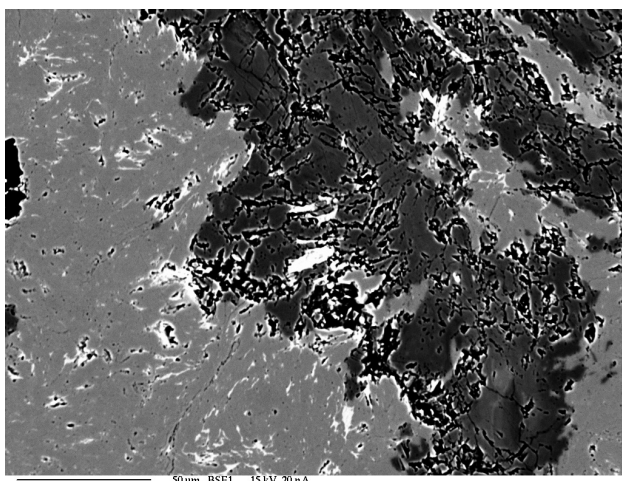
chemický vzorec slúd, sumárne Fe bolo prepočítané ako FeO, resp. Fe²⁺ (Stevens 1946; Rieder et al. 1998).

Výsledky

Listvenit z Muránskej Zdychavy je masívna hornina svetlozelenej farby, lokálne s nepravidelnými sýtejšie zelenými partiami alebo okrovými povlakmi (obr. 1). Základná hmota listvenitu je tvorená najmä železnatým magnetitom (39 hm. % MgO, 9.5 hm. % FeO, obsah CaO a MnO do 0.4 hm. %). V menšej miere je v listvenite zastúpený kremeň, dolomit a Cr-Ni muskovit, v akcesorickom množstve bol identifikovaný chromit, pyrit a sulfidy Ni (pentlandit, violarit, ullmannit a millerit). Hornina je pretínaná niekoľko cm veľkými žilkami bieleho kalcitu.

Muskovit tvorí mikroskopické xenomorfné agregáty, impregnácie a nepravidelné žilky v karbonátoch a kremeni, s veľkosťou zvyčajne 1 až 5, lokálne do 20 μm (obr. 2). Jeho zvýšená koncentrácia je príčinou zeleného sfarbenia listvenitu (práve na základe tohoto sfarbenia sa Horal pri razení štólne domnieval, že ide o malachit).

Najzaujímavejšou črtou muskovitu sú neobvykle vysoké koncentrácie Cr a Ni (tab. 1). Obsahy Cr₂O₃ sa pohybujú v intervale 9.5 - 12 hm. % (0.52 - 0.67 *apfu* Cr), obsahy NiO varírujú od 2.1 do 4.5 hm. % (0.11 - 0.25 *apfu*

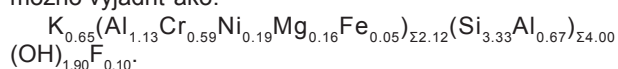


Obr. 2A, B BSE mikrofotografie Cr-Ni muskovitu (biely) v Fe magnetite (svetlosivý) a kremeni (tmavosivý až čierny).
Foto D. Ozdín.

Tabuľka 1 Chemické analýzy Cr-Ni muskovitu z Muránskej Zdychavy (hm. %). H₂O* - obsah vody v analýzach bol vypočítaný na základe ideálnej stechiometrie; T - tetraedrická pozícia; M - oktaedrická pozícia; I - medzivrstevné katióny; A - anióny (symboly sú uvedené podľa Rieder et al. 1998).

	MRZ-1a2	MRZ-1a3	MRZ-1a4	MRZ-1a5	MRZ-1b1
SiO ₂	47.65	47.99	51.43	48.46	46.81
TiO ₂	0.02	0.00	0.01	0.01	0.04
Al ₂ O ₃	23.09	22.53	21.39	21.98	21.49
V ₂ O ₃	0.04	0.05	0.07	0.06	0.07
Cr ₂ O ₃	9.47	11.04	10.75	10.42	12.04
FeO	2.05	0.59	0.43	0.39	1.06
MnO	0.06	0.13	0.07	0.04	0.05
NiO	3.54	3.40	2.09	4.47	3.76
ZnO	0.27	0.32	0.08	0.20	0.13
MgO	1.78	1.69	1.47	1.62	1.29
CaO	0.21	0.14	0.09	0.11	0.08
Na ₂ O	0.10	0.08	0.06	0.11	0.11
K ₂ O	7.51	7.65	7.19	7.54	7.36
H ₂ O*	4.11	4.08	4.25	4.17	4.06
F	0.52	0.59	0.39	0.39	0.45
Cl	0.03	0.01	0.01	0.01	0.01
O=F	-0.22	-0.25	-0.17	-0.17	-0.19
O=Cl	-0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
suma	100.22	100.04	99.61	99.80	98.62
Vzorce normalizované na 10 O <i>apfu</i> a OH+F+Cl=2 <i>apfu</i>					
Si	3.276	3.296	3.479	3.337	3.282
Al T	0.724	0.704	0.521	0.663	0.718
suma T	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000
Ti	0.001	0.000	0.001	0.001	0.002
Al M	1.147	1.120	1.184	1.121	1.058
V	0.002	0.003	0.004	0.003	0.004
Cr	0.515	0.599	0.575	0.567	0.667
Fe	0.118	0.034	0.025	0.022	0.062
Mn	0.003	0.008	0.004	0.002	0.003
Ni	0.196	0.188	0.114	0.247	0.212
Zn	0.014	0.016	0.004	0.010	0.007
Mg	0.182	0.173	0.148	0.166	0.135
suma M	2.178	2.141	2.059	2.139	2.150
vakancia M	0.822	0.859	0.941	0.861	0.850
Ca	0.015	0.010	0.006	0.008	0.006
Na	0.013	0.011	0.008	0.014	0.015
K	0.659	0.670	0.621	0.662	0.658
suma I	0.687	0.691	0.635	0.684	0.679
vakancia I	0.313	0.309	0.365	0.316	0.321
suma kat.	6.865	6.832	6.693	6.824	6.829
OH	1.884	1.871	1.915	1.914	1.899
F	0.113	0.128	0.084	0.085	0.100
Cl	0.003	0.001	0.001	0.001	0.001
suma A	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000
O	11.883	11.871	11.915	11.914	11.899

Ni). Mierne zvýšené sú aj koncentrácie FeO (0.4 - 2.1 hm. %; 0.02 - 0.12 *apfu* Fe) a MgO (1.3 - 1.8 hm. %; 0.13 - 0.18 *apfu* Mg), pomer Fe/(Fe+Mg) = 0.12 - 0.39. Obsahy TiO₂, V₂O₃ a ZnO dosahujú do 0.3 hm. %. Hliník podľa prepočtu vstupuje najmä do oktaedrickej pozície (1.06 - 1.18 *apfu*), menej do tetraedrickej pozície (0.52 - 0.72 *apfu* Al). V rámci alkalických katiónov má jasnú prevahu K (0.62 - 0.67 *apfu*) nad Ca a Na (≤ 0.015 *apfu*), vakencie v pozícií I (alkalické katióny) dosahujú 0.31 až 0.37 *apfu*. Podľa prepočtu má muskovit jasnú prevahu (OH) aniónovej skupiny nad F; (OH) dosahuje 1.87 až 1.92, kým F = 0.08 - 0.12 *apfu*; obsahy Cl sú nepatrné, na úrovni medze detekcie elektrónovej mikroanalýzy. Priemerný kryštalochemický vzorec Cr-Ni muskovitu z Muránskej Zdychavy možno vyjadriť ako:

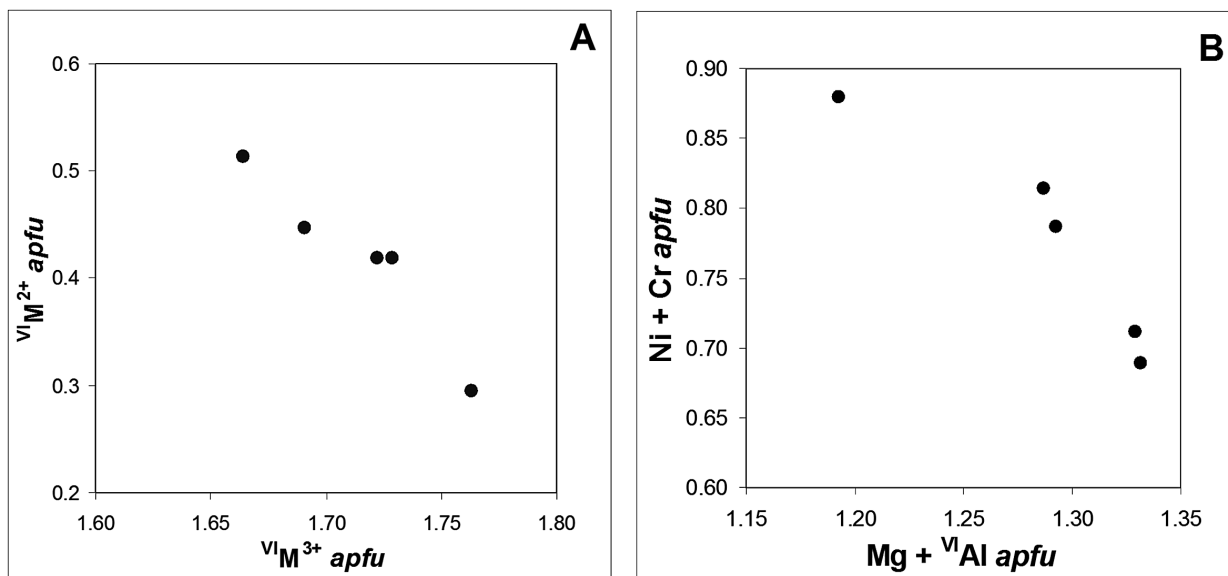


Obmedzený počet analýz Cr-Ni muskovitu neumožňuje presnejšie stanovenie substitučných mechanizmov; dostupné údaje naznačujú pravdepodobnú substitúciu Cr + Ni = Al + Mg v rámci oktaedrickej pozície (obr. 3). Možná substitúcia tschermakitového typu ^{IV}Si + ^{VI}(Fe, Ni, Mg) = ^{VI}Al + ^{VI}(Al, Cr) nebola na základe dostupných analýz preukázaná, je však možné, že je v určitej miere zastúpená.

Diskusia a záver

Svetlá slúda, najmä muskovit, obohatený Cr (fuchsit), patrí k typomorfným minerálom ultrabázických až bázických hornín, často ako produkt ich neskoršej hydrotermálnej alterácie, najmä listvenitizácie. Jemnokryštalický fuchsit s obsahom 0.1 až okolo 1 hm. % Cr₂O₃ v asociácií s kremeňom a karbonátmi (siderit, ankerit) sa napríklad hojne vyskytuje v zónach hydrotermálnych premien (ultra)bázických hornín na sideritových ložiskách Slovenského rudohoria (gemerikum), napr. Dobšiná, Rudňany, Slovinky, Roztoky, Bindt, Nálepko, Mlynky, Stará Voda (Gubač 1975; Ivan 1982, 1984, 1985a,b; Koděra et al. 1990). Listvenity s asociáciou magnezit - kremeň - fuchsit boli opísané ako produkty posledného, najintenzívnejšieho štádia hydrotermálnej metasomatózy (listvenitizácie) ultrabázických hornín v gemeriku, najmä z oblasti Košickej Belej (Ivan 1984, 1985a). Jemnokryštalický zelený muskovit (fuchsit) bol opísaný aj z listvenitu v telese serpentinizovaných ultrabázických hornín na lokalite Muránska Dlhá Lúka v kohútskej zóne veporika (Hovorka 1965; Ivan 1985a); tento výskyt sa nachádza v analogickej geologickej pozícii ako študovaný Cr-Ni muskovit z neďalekej Muránskej Zdychavy. Chrómový muskovit je známy z početných lokalít vo svete, možno spomenúť napr. Cu-Ni-Co ložisko Outokumpu vo Fínsku, kde vystupuje v asociácií s ultramafickými horninami (Treolar 1987), alebo V-Cr muskovit v bázických metapyroklastikách s prímiesou uhlíka z Pezinka-Rybníčka v Malých Karpatoch (Uher et al. 1994, 2008).

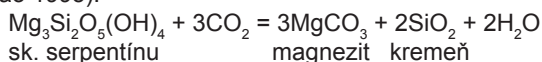
Vo vyššie uvedených prípadoch však Cr obohatený muskovit neobsahoval zvýšené obsahy Ni. V prírode je Cr a zároveň Ni obohatený muskovit oveľa zriedkavejší. Muskovit s výrazne vysokými obsahmi Cr a Ni (≥ 2 hm. % oxidov) bol doteraz opísaný len z dvoch svetových lokalít a treba zdôrazniť, že v oboch prípadoch sa jedná o listvenity. Muskovit s 5.5 hm. % Cr₂O₃ a 2.0 hm. % NiO (0.29 *apfu* Cr a 0.11 *apfu* Ni) bol opísaný z kremeňovo-magnezitových listvenitov s chromitom skupiny Setogawa (východne of mesta Nagoya) v Japonsku (Takasawa et al. 1976). Najvyššie obsahy Cr a Ni obsahuje muskovit z listvenitov v doline Swat v sutúre Indu v Pakistane; mus-



Obr. 3 $VI M^{2+}$ vs. $VI M^{3+}$ (A) a Ni+Cr vs. Mg+ $VI Al$ (B) diagramy Cr-Ni muskovitu z Muránskej Zdychavy.

kovit v asociácií s magnezitom, kremeňom, chromitom, lokálne aj chloritom, turmalínom a berylom (smaragd) obsahuje až do 13.5 hm. % Cr_2O_3 a 8.75 hm. % NiO, čo zodpovedá 0.75 apfu Cr a 0.53 apfu Ni (Arif, Moon 2007).

Samotné listvenity možno charakterizovať ako hydrotermálne metasomatity pôvodne ultrabázických, vzácnejšie až bázických hornín. Najčastejšie vznikajú na tektonicky porušených zlomových líniach, pôsobením fluíd obohatených CO_2 na serpentinity podľa reakcie (Halls, Zhao 1995):



V prípade prítomnosti Cr-Ni muskovitu v listvenitoch však tieto hydrotermálne fluídy museli obsahovať aj K^+ . Hlavným zdrojom Al potrebného na vznik sfudy bol zrejme chlorit (klinochlór), ktorý pochádza hlavne z metamorfnej aureoly okolo chrómspinelidu a lokálne bol fuchsitom nahrádzaný (cf. Ivan 1984, 1985b). Chróm v muskovite zrejme pochádza najmä z asociujúceho chromitu, ktorý na základe pozorovania patrí k najstarším minerálom, pravdepodobne ešte likvačnej resp. ranomagmatickej fázy, v menšej miere zo silikátov. Zdroj Ni možno hľadať v primárnych sulfidoch Ni, prípadne aj v silikátových mineráloch (pyroxény, minerály serpentínovej skupiny).

Pre samotný proces listvenitizácie ultrabázických hornín sa predpokladajú metamorfne podmienky, ktoré zodpovedajú facií zelených bridlíc, najčastejšie v intervale 290 až 340 °C a 1 až 3 kbar (Halls, Zhao 1995). Podobný genetický scenár a $P-T$ podmienky by mohli zodpovedať aj tvorbe Cr-Ni muskovitu a listvenitu z Muránskej Zdychavy, ktorý vznikol pravdepodobne v dôsledku hydrotermálno-metasomatickej premeny staropaleozoických ultrabázických hornín, počas kriedovej alpinskej orogenézy a regionálnej metamorfózy staropaleozoického kryštalickeho komplexu v kohútskej zóne južného veporika. Alpinska (kriedová) regionálna metamorfóza v južnej časti veporika dosiahla hodnoty od 500 °C a 7 - 8 kbar po 620 °C a 9 - 10 kbar (Janák et al. 2001), resp. 430 - 600 °C a 5 - 11 kbar (Jeřábek et al. 2008). Tieto $P-T$ podmienky sú však pravdepodobne príliš vysoké pre tvorbu listvenitov s asociáciou kremeň - karbonát - Cr-Ni muskovit. Vznik listvenitu v Muránskej Zdychave možno preto očakávať až pri neskoršom výzdvihu (exhumácií), počas retrográd-

nej etapy alpinskej metamorfózy kryštalickeho komplexu južného veporika, pri predpokladanej teplote 350 - 500 °C a tlaku 2 až 4 kbar (sensu Kováčik et al. 1996).

PodĎakovanie

Predložená práca bola podporovaná Vedeckou grantovou agentúrou na základe zmlúv VEGA 1/0744/11 a VEGA 1/0255/11, ako aj Agentúrou na podporu výskumu a vývoja na základe zmluvy č. APVV-0081-10. Autori ďakujú D. Ozdínovi za asistenciu pri analyzovaní na elektrónovom mikroanalýzátore, ako aj recenzentom M. Riederovi a P. Ivanovi za konštruktívne pripomienky, ktoré zlepšili kvalitu článku.

Literatúra

- Arif M., Moon C. J. (2007) Nickel-rich chromian muscovite from the Indus suture ophiolite, NW Pakistan: Implications for emerald genesis and exploration. *Geoch. J.* 41, 475-482.
- Bezák V. (1982) Komplexy metamorfítov a granitoidov v kohútskom pásme veporid. *Geol. Práce Spr.* 78., 65-70.
- Deer W. A., Howie R. A., Zussman J. (2003) Rock-forming Minerals. Sheet Silicates. *Micas. Vol. 3A, 2nd edition (Fleet M. E. ed.). 1-758, The Geological Society, London.*
- Gubač J. (1975) Fuchsites of Spišsko-gemerské rudohorie Mts. In: *Proceedings of the tenth Congress of Carpathian-Balkan Geological Association, Part IV: Mineralogy, Geochemistry, Metallogensis, 50-61. Vyd. Geologický ústav D. Štúra Bratislava.*
- Halls C., Zhao R. (1995) Listvenite and related rocks: perspectives on terminology and mineralogy with reference to an occurrence at Cregganbaun, Co. Mayo, Republic of Ireland. *Mineral. Depos.* 30, 303-313.
- Horal A. K. (1943) Au, Ag, Pb, Sb, Fe v katastri obce Muránska Zdychava a Muránska Huta, nákladná stanica Revúca. *MS, Geofond Bratislava.*
- Hovorka D. (1965) Serpentinity kohútskeho kryštalinika a ich metamorfne produkty. *Acta Geol. Geogr. Univ. Comen. Geol.* 9, 91-140.

- Ivan P. (1982) Position and significance of fuchsite in evolution of mineralization of the Spišsko-gemerské rudohorie Mts. (West Carpathians Mts.). *Acta Geol. Geogr. Univ. Comen. Geol.* 38, 157-173.
- Ivan P. (1984) Metasomatites (listvenines) replacing ultrabasics (Paleozoic, Inner Western Carpathians). *Miner. Slov.* 16, 103-114.
- Ivan P. (1985a) Hydrothermally-metasomatic alterations of ultrabasic rocks. In: *Hovorka D. (ed.): Ultramafic rocks of Western Carpathians Czechoslovakia, 171-180. Vyd. Geologický ústav D. Štúra Bratislava.*
- Ivan P. (1985b) Hydrotermálno-metasomatické premeny základných horninových typov v okolí žilných štruktúr rudianskeho rudného poľa. In: *Cambel B., Jarkovský J. (eds.): Rudnianske rudné pole - geochemicko-metalogenetická charakteristika, 130-145. Vyd. Veda Bratislava.*
- Janák M., Plašienka D., Frey M., Cosca M., Schmidt S. T., Lupták B., Méres Š. (2001) Cretaceous evolution of a metamorphic core complex, the Veporic unit, Western Carpathians (Slovakia): P-T conditions and in situ $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ UV laser probe dating of metapelites. *J. Metam. Geol.* 19, 197-216.
- Jeřábek P., Faryad S. W., Schulmann K., Lexa O., Tajčmanová L. (2008) Alpine burial and heterogeneous exhumation of Variscan crust in the West Carpathians: insight from thermodynamic and argon diffusion modelling. *J. Geol. Soc. London* 165, 479-498.
- Klinec A. (1976) Geologická mapa Slovenského rudohoria - západ 1 : 50 000. *Geologický ústav D. Štúra, Bratislava.*
- Koděra M., Andrusovová-Vlčeková G., Belešová O., Briatková D., Dávidová Š., Fejdiová V., Hurai V., Chovan M., Nelišerová E., Ženiš P. (1990) Topografická mineralógia Slovenska 1 - 3. 1-1592, *Veda, Bratislava.*
- Kováčik M., Král J., Maluski H. (1996) Alpínsky metamorfny a termochronologický vývoj juhoveporických predalpínských metamorfítov. *Miner. Slov.* 28, 185-202.
- Rieder M., Cavazzini G., D'yakonov Y. S., Frank-Kamenetskii V. A., Gottardi G., Guggenheim S., Koval' P. V., Müller G., Neiva A. M. R., Radoslovich E. W., Robert J.-L., Sassi F. P., Takeda H., Weiss Z., Wones D. R. (1998) Nomenclature of the micas. *Clays Clay Miner.* 46, 586-595.
- Stevens R. E. (1946) A system for calculating analyses of micas and related minerals to end members. *U. S. Geol. Survey Bull.* 950, 101-119.
- Takasawa K., Sakae T., Takeyama H. (1976) Nickeliferous fuchsite in the quartz-magnetite rocks from the Setogawa Group, Japan. *Clay Sci.* 5, 57-65.
- Tischendorf G., Förster H.-J., Gottesmann B., Rieder M. (2007) True and brittle micas: composition and solid-solution series. *Mineral. Mag.* 71, 285-320.
- Treolar P. J. (1987) Chromian muscovites and epidotes from Outokumpu, Finland. *Mineral. Mag.* 51, 593-599.
- Uher P., Chovan M., Majzlan J. (1994) Vanadian-chromian garnet in mafic pyroclastic rocks of the Malé Karpaty Mts., Western Carpathians. *Can. Mineral.* 32, 319-326.
- Uher P., Kováčik M., Kubiš M., Shtukenberg A., Ozdín D. (2008) Metamorphic vanadian-chromian silicate mineralization in carbon-rich amphibole schists from the Malé Karpaty Mountains, Western Carpathians, Slovakia. *Am. Mineral.* 93, 63-73.