ISSN 1211–8796

Acta Mus. Moraviae, Sci. geol.
CV (2020): 1, 65–72, 2020

CHROMEM BOHATÁ MINERÁLNÍ ASOCIACE SPINELU S ILLITEM V KŘEMENNÉ HORNINĚ Z RADŇOVSI U KŘIŽANOVA (GFÖHLSKÁ JEDNOTKA, MOLDANUBIKUM, ČESKÝ MASIV)

CHROMIUM-BEARING SPINEL – ILLITE MINERAL ASSEMBLAGE IN QUARTZ ROCK FROM RADŇOVES NEAR KŘIŽANOV (GFÖHL UNIT, MOLDANUBIAN ZONE, BOHEMIAN MASSIF)

STANISLAV HOUZAR, PAVLA HRŠELOVÁ

Abstract

Houzar, S., Hršelová, P., 2020: Chromem bohatá minerální asociace spinelu s illitem v křemenné hornině z Radňovsi u Křižanova (gföhlská jednotka, moldanubikum, Český masiv). – Acta Musei Moraviae, Scientiae geologicae, 105, 1, 65–72 (with English summary).

Chromium-bearing spinel – illite mineral assemblage in quartz rock from Radňoves near Křižanov (Gföhl Unit, Moldanubian Zone, Bohemian Massif)

Fine-grained quartz rock was found near the southern contact of the garnet-spinel-orthopyroxene serpentinized peridotite body enclosing in the granulites and gneisses of the Gföhl unit (Moldanubian Zone). It is regularly grained, consisting of nearly isometric grains of quartz with accessory chromium-rich spinel. Irregular veinlets with small quartz crystals are also common. Spinel is almost completely replaced by tiny aggregates of chromium mica, which gives the rock a bright green color. The chemical composition of mica (6.53–7.01 wt. % K_2O; 0.542–0.587 *apfu* K; 5.67–6.16 wt. % Cr_2O_3; 0.292–0.317 *apfu* Cr) corresponds to illite with higher chromium content. No relicts of the original rock have been preserved, but according to the occurrence of chromium-rich spinel it can be assumed that the protolith of the quartz rock was peridotite. Whether the silicification is of hydrothermal origin or is associated with the existence of a highly mature lateritic-type weathering is not proven.

Key words: chromium, spinel, green illite, quartz, peridotite, Moldanubian Zone.

Stanislav Houzar, Pavla Hršelová*, Department of Mineralogy and Petrography, Moravian Museum, Zelný trh 6, 659 37 Brno, Czech Republic, *e-mail: phrselova@mzm.cz

ÚVOD

Zelené slídy se zvýšeným obsahem chromu představují nehojné, avšak charakteristické minerály, které vznikají alterací ultramafických hornin (serpentinizovaných peridotitů, některých gaber), zvláště v případech jejich silicifikace a karbonatizace. Alterované horniny jsou tvořeny hlavně zelenou chromovou slídou muskovitem-illitem (*fuchsitem*), křemenem a karbonáty (nejčastěji dolomitem a magnezitem), méně mastkem, chloritem, flogopitem a lizarditem-serpentinem. Vedle hojného pyritu obsahuji akcesorické Ni-Fe a Co sulfidy, chalkopyrit, hematit, magnetit a Cr-spinel (Halls a Zhao 1995, Ferenc *et al.* 2016, Belogub *et al.* 2017).

Nálezy nápadně zelených Cr-slíd v asociaci se spinely, vyznačujícími se zvýšeným obsahem chromu, v bazálních balinských slepencích boskovické brázdy (Houzar *et al.*

2013) vedly k revizi alteračních produktů ultramafických hornin (peridotitů, serpentinitů a některých gaber). Zatímco chromem bohaté spinelidy jsou v nich běžnou akcesorií (srov. Weiss 1966, Čopjaková 2007), chromem bohaté slídy v nich vesměs chybějí (Čopjaková *et al.* 2005).

Výjimečným případem je zjištění téměř monominerální křemenné horniny s akcesorickým Cr-spinelem a zelenými Cr-slídami v Radňovsi u Křižanova (západní Morava), které je proto věnován následující příspěvek.

METODIKA

Chemické složení slíd a spinelidů bylo kvantitativně studováno pomocí elektronového mikroanalyzátoru CAMECA SX 100 na společném pracovišti Ústavu geologických věd, PřF MU a ČGS v Brně za podmínek: urychlovací napětí 15 keV a proud svazku 20 nA. Jako standardy byly použity albit (Na), sanidin (Si, Al, K), almandin (Fe), spessartin (Mn), baryt (Ba), ortoklas (K), titanit (Ti), andalusit (Si), Mg_2SiO_4 (Mg), fluorapatit (P), YAG (Y), topaz (F), leucit (Rb), $SrSO_4$ (Sr), $ScVO_4$ (Sc). Vzorec spinelidů byl vypočítán normalizací na 4 kyslíky a železo rozpočteno na Fe^{2+} a Fe^{3+}. Jako standardy byly u spinelidů použity dobře definované přírodní a syntetické minerální fáze: columbit-Ivigtut (Fe), Mn_2SiO_4 (Mn), anatas-Hardangervidda (Ti), wollastonit (Ca), sanidin (Al), olivín (Mg), titanit (Si), chromit (Cr), gahnit (Zn), vanadinit (V, Cl) a Ni_2SiO_4 (Ni). Získaná data byla zpracována pomoci korekce PAP (Pouchou a Pichoir 1985). Cr-číslo Cr# odpovídá Cr/Cr+Al, Mg-číslo Mg# = Mg/Mg+Fe+Mn.

GEOLOGICKÁ SITUACE A CHARAKTERISTIKA HORNINY

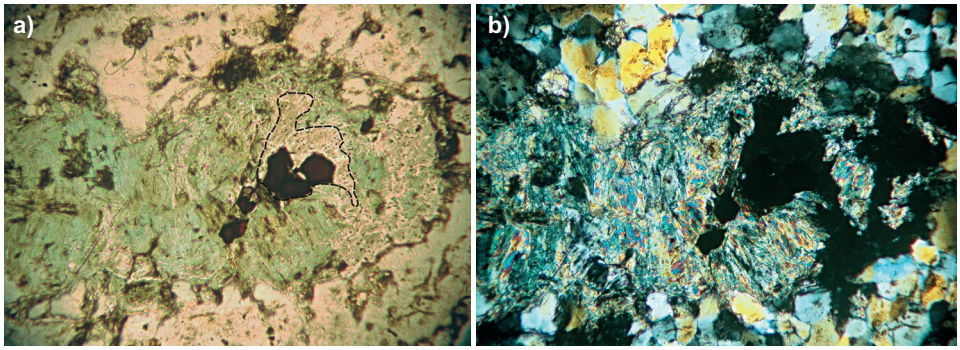
Studovaná křemenná hornina pochází z jižního konce tělesa serpentinizovaného granát-spinel-ortopyroxenového peridotitu, který tvoří nevelké těleso v gföhlských rulách a granulitech gföhlské jednotky strážeckého moldanubika. V blízkosti vystupují i serpentinity s eklogity a amfibolity, které náležejí k vysoce metamorfované suitě „drahonínského granulitu a serpentinitu“ proniknutého částečně durbachity třebíčského plutonu (Němec 1977, Tajčmanová *et al.* 2010).

Vzorky studované horniny s chromovými minerály pocházejí z mineralogické sbírky Mineralogicko-petrografického oddělení Moravského zemského muzea. Stručně je popsal jen Burkart (1953) a to jako *„malachit se zrníčky redruthitu v žíle kvarcitu v rule na hranici se serpentinitem“* na základě nálezu A. Křena při cestě k Bělatkovu (dnes Jeřábkovu) mlýnu nedaleko Vidonína.

Jedná se o drobně zrnitou šedou až hnědavou, zeleně zabarvenou horninu s výraznými, jasně zelenými skvrnami (obr. 1). Mikroskopicky je stejnoměrně zrnitá, tvořená anhedrálními zrny křemene s drobným pigmentem *limonitu*. Pronikají jí četné drobné nepravidelné žilky křemene o mocnosti jen několika milimetrů, obsahující v dutinách jeho krátce prizmatické krystaly. Lokálně se vyskytují agregáty zelené slídy o průměru několika milimetrů. Vzácně je ve středu těchto agregátů, ale i v zrnech křemene, zachován reliktní spinel. Větší zrna a agregáty spinelu jsou obvykle téměř nebo i úplně vyvětraná (obr. 2). Vzácným akcesorickým minerálem velikosti < 0,1 mm je sulfid Fe a Ni s podílem kobaltu, pravděpodobně pentlandit.

Obr. 1. Vzorek křemenné horniny se zelenou Cr-slídou zatlačující Cr-spinel, Radňoves u Křižanova (foto J. Toman, velikost vzorku 15 cm, Mineralog. petr. odd. Moravské zemské muzeum, Brno).

Fig. 1. Sample of green Cr-illite replacing Cr-spinel in quartz rock from Radňoves near Křižanov (photo J. Toman, sample size 15 cm, Dept. of Mineralog. Petr., Moravian Museum, Brno).



Obr. 2. a) Agregát Cr-illitu s reliktním Cr-spinelem v křemeni, Radňoves u Křižanova. Původní rozsah spinelového agregátu je vyznačen (foto J. Toman, PPL, šířka záběru 2 mm); b) dtto, XPL.

Fig. 2. a) Cr-illite aggregate with relic of Cr-spinel in quartz, Radňoves near Křižanov The original range of the spinel aggregate is marked (photo J. Toman, PPL, width of shot 2 mm); dtto, XPL.

POPIS MINERÁLŮ

Křemen

tvoří izometrická až mírně protáhlá zubovitě omezená zrna o průměrné velikosti cca 0,3–0,5 mm s mírně undulózním zhášením, v některých případech s náznaky radiálního uspořádání (pseudomorfózy po vláknitém chalcedonu?).

Chromem bohatá slída

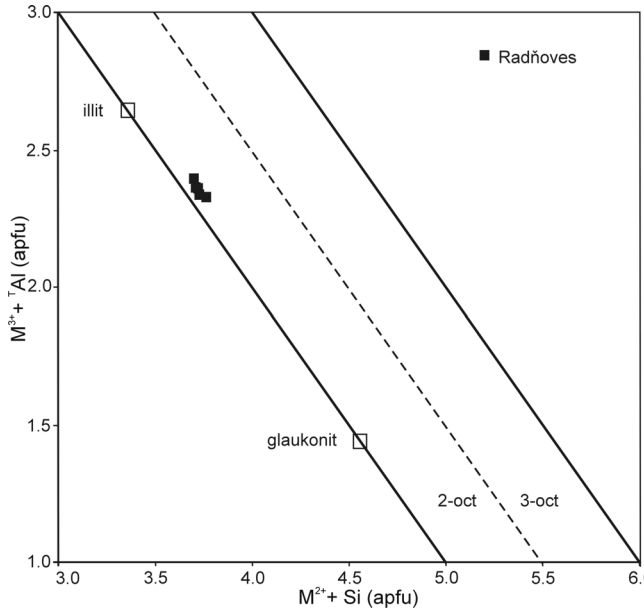
Makroskopicky sytě zelená slída, v mikroskopu s patrným slabým pleochroismem (X = nazelenalá; Y~Z = světle trávově zelená) obrůstá nebo úplně zatlačuje spinel. Velikost jednotlivých lupínků někdy převyšuje 1 mm, v průměru je však menší, < 0,5 mm (obr. 2).

Chemické složení slídy kolísá v nepatrném rozsahu a odpovídá dioktaedrickým slídám s obecným vzorcem $I\ M_2\ \square_{1\text{-}0}\ T_4O_{10}\ A_2$; nejbližší skupině illitu (obr. 3). V pozici *I* dominuje draslík (6,53–7,01 wt. % K_2O; 0,542–0,587 *apfu* K), nízký je podíl Ca, Na a Sr. V oktaedrické pozici M se vedle Al a Cr (5,67–6,16 wt. % Cr_2O_3; 0,292–0,317 *apfu* Cr), uplatňuje hořčík (≤ 0,191 *apfu* Mg) a železo (≤ 0,041 *apfu* Fe_{tot}). Nepatrný je v illitu obsah vanadu, zatímco baryum, nikl, titan, skandium a zinek chybějí (tab. 1).

Tabulka 1. Reprezentativní analýzy Cr-illitu, Radňoves u Křižanova.
Table 1. Representative analyses of Cr-illite, Radňoves near Křižanov.

	Cr-illit 24	Cr-illit 25	Cr-illit 28	Cr-illit 30	Cr-illit 31
SiO_2	52,83	52,59	52,93	53,24	53,11
Al_2O_3	27,02	26,42	26,11	26,42	26,89
Cr_2O_3	6,16	6,05	5,97	5,67	5,71
V_2O_3	0,08	0,06	0,09	0,05	0,10
FeO	0,67	0,75	0,68	0,75	0,76
MgO	1,80	1,74	1,77	1,96	1,87
CaO	0,56	0,55	0,51	0,79	0,55
SrO	0,18	0,12	0,14	0,13	0,10
Na_2O	b.d.	0,09	b.d.	0,07	0,06
K_2O	6,53	6,94	7,01	6,56	6,70
F	0,49	0,51	0,60	0,58	0,53
H_2O*	4,37	4,32	4,28	4,32	4,36
O=F	-0,21	-0,21	-0,25	-0,24	-0,22
celkem/suma	100,49	99,93	99,84	100,30	100,51
Si^{4+}	3,440	3,453	3,476	3,472	3,456
^{IV}Al	0,560	0,547	0,524	0,528	0,544
^{VI}Al	1,513	1,498	1,497	1,502	1,518
Cr^{3+}	0,317	0,314	0,310	0,292	0,294
V^{3+}	0,004	0,003	0,005	0,003	0,005
Fe^{2+}	0,036	0,041	0,037	0,041	0,041
Mg^{2+}	0,175	0,170	0,173	0,191	0,181
	2,045	2,026	2,022	2,029	2,039
Ca^{2+}	0,039	0,039	0,036	0,055	0,038
Sr^{2+}	0,007	0,005	0,005	0,005	0,004
Na^+		0,011		0,009	0,008
K^+	0,542	0,581	0,587	0,546	0,556
	0,588	0,636	0,628	0,615	0,606
F^-	0,101	0,106	0,125	0,120	0,109
H^+	1,899	1,894	1,875	1,880	1,891
O^{2-}	11,899	11,894	11,875	11,880	11,891
CATSUM	6,634	6,662	6,650	6,643	6,646
AN SUM	12	12	12	12	12

* vypočteno ze stechiometrie; determined by stoichiometry



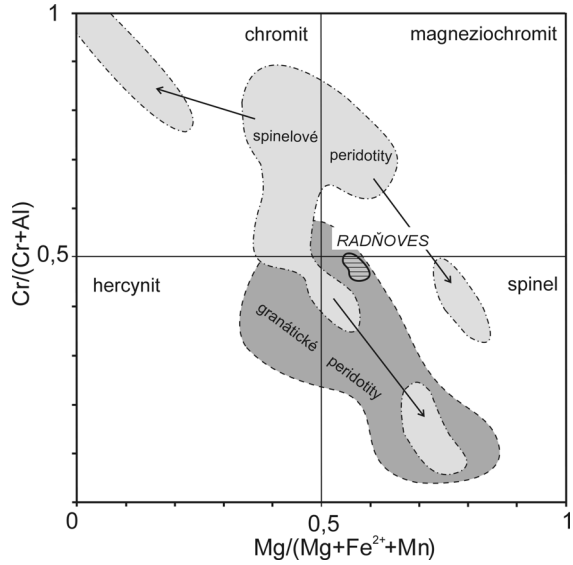
Obr. 3. Reprezentativní složení illit-glaukonitu v diagramu M^{2+} + Si vs. M^{3+} + ^{T}Al. Přerušovaná linie ukazuje hranici mezi dioktaedrickými a trioktaedrickými slídami (Ferenc *et al.* 2016).

Fig. 3. Representative comopositions of illite-glauconite in M^{2+} + Si vs. M^{3+} + ^{T}Al diagram. Dashed line indicates boundary between dioctahedral (2-oct) and trioctahedral (3-oct) micas (Ferenc *et al.* 2016).

Chromem bohatý spinel

představuje vzácný akcesorický minerál. Je reprezentován izometrickými černými zrny o velikosti < 1 mm, v procházejícím světle tmavě hnědé barvy. Je soustředěn do drobných agregátů, zatlačovaných zelenou Cr-slídou.

Chemické složení odpovídá chromem bohatému spinelu, který se blíží magneziochromitu. Všechny analýzy zrn spadají do poměrně úzkého pole s Cr# 0,46–0,51 a Mg# 0,58–0,60 (obr. 4). V rámci vzorku a jednotlivých zrn nebyla pozorována zonálnost. Kromě hlavních složek stojí za zmínku nízký obsah Fe^{3+} (magnetitové komponenty), zinku a manganu, zatímco podíl vanadu, niklu a kobaltu je na hranici stanovení (tab. 2).



Obr. 4. Variace složení chromového spinelu v křemenné hornině z Radňovsi (čárkované pole) a v peridotitech přilehlé gföhlské jednotky. Typy peridotitů byly vymezeny podle Medarise *et al.* (2005). Kromě vlastních nepublikovaných dat byly použity údaje z práce Čopjakové *et al.* (2005).

Fig. 4. Compositions of chromium oxyspinels from quartz rock in Radňoves (dashed box) and peridotites from adjacent Gföhl Unit. For types of peridotites see Medaris *et al.* (2005). In addition to own unpublished data, data from Čopjaková *et al.* (2005) were used.

Tabulka 2. Reprezentativní analýzy Cr-spinelu, Radňoves u Křižanova.
Table 2. Representative analyses of Cr-spinel, Radňoves near Křižanov.

	Cr-spinel	Cr-spinel	Cr-spinel	Cr-spinel	Cr-spinel
	26	27	29	32	33
TiO_2	0,01	0,06	0,04	0,02	0,03
Al_2O_3	30,90	27,17	29,35	31,21	30,34
Cr_2O_3	38,72	42,00	39,84	37,56	38,89
V_2O_3	0,04	0,11	0,12	0,12	0,16
Fe_2O_3	1,34	1,25	1,39	1,07	1,17
FeO	15,99	16,94	16,26	16,18	16,15
MnO	0,15	0,24	0,21	0,19	0,17
MgO	13,57	12,42	13,08	13,23	13,3
ZnO	0,23	0,29	0,30	0,23	0,23
NiO	0,10	0,05	0,09	0,06	0,09
CoO	0,09	0,10	0,14	0,11	0,10
celkem/suma	101,14	100,62	100,82	99,98	100,63
Ti^{4+}		0,001	0,001		0,001
Al^{3+}	1,070	0,965	1,028	1,091	1,059
Cr^{3+}	0,899	1,001	0,936	0,881	0,910
V^{3+}	0,001	0,003	0,003	0,003	0,004
Fe^{3+}	0,030	0,028	0,031	0,024	0,026
Fe^{2+}	0,393	0,427	0,404	0,401	0,400
Mn^{2+}	0,004	0,006	0,005	0,005	0,004
Mg^{2+}	0,594	0,558	0,580	0,585	0,587
Zn^{2+}	0,005	0,006	0,006	0,005	0,005
Ni^{2+}	0,002	0,001	0,002	0,001	0,002
Co^{2+}	0,002	0,002	0,003	0,003	0,002
CATSUM	3	3	3	3	3
O	4	4	4	4	4

DISKUSE A ZÁVĚR

Jasně zelená chromová slída z Radňovsi pochází z horniny tvořené téměř pouze stejnoměrně zrnitou mozaikou izometrických zrn křemene s akcesorickým Cr-spinelem. Tím se odlišuje od dosud známých podobných minerálních asociací v moldanubiku na západní Moravě, ať již od listvenitů u Vícenic (Hreus 2019) nebo od zcela ojedinělých výskytů s chromitem v serpentinitech (Čopjaková *et al.* 2005) a rovněž od výskytů v klastických sedimentech uložených na bázi rosicko-oslavanského souvrství boskovické brázdy (Houzar *et al.* 2013).

Složení slídy z Radňovsi se vyznačuje oproti dosud známým analyzovaným Cr-illitům ze západní Moravy především stálým a relativně vyšším obsahem chromu (~ 6 hm. % Cr_2O_3). Ve Vícenicích (Hreus 2019) se obsahy Cr_2O_3 v illitech pohybují v rozmezí 1,7–2,5 hm. %; 0,09–0,13 *apfu* Cr^{3+}), v balinských slepencích boskovické brázdy kolísá množství chromu v illitu od 0,77 po 2,88 hm. % Cr_2O_3; 0,040–0,153 *apfu* Cr^{3+} (Hršelová *et al.* v přípravě). U ostatních prvků je patrná podobnost illitu z Radňovsi s Vícenicemi. Množství MgO v illitu v Radňovsi se pohybuje v rozmezí 1,74–1,96 hm. % MgO, ve Vícenicích 1,7–2,8 hm. % MgO, zatímco v illitech balinských slepenců je převážně zvýšený (1,92–4,03 hm. % MgO). Obdobně se chová i železo, kdy jak Radňoves, tak i Vícenice vykazují nízký podíl železa (0,67–0,76 a 0,3–0,7 hm. % FeO_{tot}), zatímco ve slepencích jsou jeho obsahy v rozmezí 2,54–5,85 hm. % FeO_{tot} (Hreus 2019, Hršelová *et al.* v přípravě).

Složení spinelu z Radňovsi je značně uniformní a v diagramu (obr. 4) spadá do složení chromem bohatých oxyspinelů pyropových peridotitů (ve smyslu MEDARISE *et al.* 2005). Není ale ani v zásadním rozporu se složením spinelidů peridotitů spinelového typu, které mohou při kontaktech s granulity rovněž obsahovat pyrop-almandinový granát (lit. cit.). Rozdílnost složení chromových oxyspinelů v asociacích s granátem (Cr-spinel) a bez granátu (chromit) je běžná, tak jako např. v tělese peridotitu spinelového typu u Hrubšic na západní Moravě (HRŠELOVÁ *et al.* 2018). Chemické složení Cr-oxyspinelů v tomto tělese kolísá v rozmezí 10,92–54,88 hm. % Cr_2O_3 (0,230–1,429 *apfu* Cr), přičemž jsou patrné dvě zřetelně oddělené podskupiny s rozdílným obsahem Cr# < 0,20 (s Grt) a > 0,70 (bez Grt). Na základě obsahu MgO (8,94–18,96 hm. %, 0,438–0,741 *apfu* Mg) tam lze též odlišit obě skupiny. Nižší obsahy MgO vykazují oxyspinely ze spinelového peridotitu bez granátu (Mg ≤ 0,50), zatímco ty z asociace s granátem mají Mg# naopak vyšší (> 0,70). Zřetelně kolísá podíl TiO_2 (0,01–0,34 hm. %), což odpovídá 0,000–0,008 *apfu* Ti, a Fe_2O_3 (1,65–5,41 hm. %, 0,037–0,133 *apfu* Fe^{3+}), přičemž vyšší podíl magnetitové složky mají oxyspinely bez granátu, velmi nízký je obsah V_2O_3, ZnO a NiO. Zonálnost v jednotlivých zrnech spinelu a chromitu nebyla pozorována, místy mají jen úzký lem magnetitu (HRŠELOVÁ *et al.* 2018).

Geologická pozice studovaných hornin v Radňovsi při kontaktu serpentinizovaného peridotitu, přítomnost chromem bohatého spinelu a akcesorického Fe-Ni sulfidu dovoluje předpokládat vznik křemenné horniny silicifikací ultramafického protolitu. Z genetického hlediska v úvahu připadá jak hydrotermální silicifikace v tektonicky exponovaném kontaktu serpentinitu, tak i „vyzrávání“ hlubší zvětralinové kůry lateritického typu vyvinuté v téže pozici za úplného odnosu Mg a Fe. V druhém případě možné geneze, mozaika křemene obvykle zatlačuje starší vláknité variety SiO_2 (chalcedon, moganit), chlority a serpentinové minerály; touto cestou vznikají masivní a zonální agregáty se specifickou vermiformní strukturou (*plazma*). Draselné dioktaedrické slídy bohaté chromem v těchto zvětrávacích produktech však chybějí (KONÍČKOVÁ *et al.* 2015).

PODĚKOVÁNÍ

Předložená práce vznikla za finanční podpory Ministerstva kultury v rámci institucionálního financování na dlouhodobý koncepční rozvoj výzkumné organizace Moravské zemské muzeum (DKRVO, MK000094862).

LITERATURA

BELOGUB, E. V., MELEKESTSEVA, I. Y., NOVOSELOV, K. A., ZABOTINA, M. V., TREŤJAKOV, G. A., ZALYKOV, V. V., YUMINOV, A. M., 2017: Listvenite-related gold deposits of the South Urals (Russia): A review. – Ore Geology Reviews, 85, 247–270.

BURKART, E., 1953: Moravské nerosty a jejich literatura. – Mährens Minerale und ihre Literatur. – Nakl. ČSAV, 1008 p.

ČOPJAKOVÁ, R., 2007: Odraz změn provenience v psefitické a psamitické frakci sedimentů myslejovického souvrství – MS, Disertační práce, Ústav geologických věd, Přírodovědecká fakulta Masarykovy univerzity v Brně, 81 p.

ČOPJAKOVÁ, R., ŠKODA, R., PERTOLDOVÁ, J., 2005: Cr-bohaté spinely z ultramafických hornin moldanubika. – Acta Musei Moraviae, Scientiae Geologicae, 90, 89–98.

FERENC, Š., UHER, P., SPIŠIAK, J., ŠIMONOVÁ, V., 2016: Chromium- and nickel-rich micas and associated minerals in listvenite from the Muránska Zdychava, Slovakia: products of hydrothermal metasomatic transformation of ultrabasic rock. – Journal of Geosciences, 61, 239–254.

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. – Mineralia Deposita, 30, 3–4, 303–313.

Houzar, S., Kopečná, P., Štelcl, J., Vávra, V., 2013: Zelená slída s podílem chromu v balinských slepencích rosicko-oslavanského souvrství (svrchní karbon) u Oslavan. – Acta Musei Moraviae, Scientiae geologicae, 98, 1, 3–12.

Hreus, S., 2019: Chromová slída – křemen – dolomitová hornina (listvenit) z Vícenic u Naměště nad Oslavou (gföhlská jednotka, moldanubikum). – Acta Musei Moraviae, Scientiae geologicae, 104, 1, 87–95.

Hršelová, P., Houzar, S., Buriánek, D., 2018: Chromem bohaté spinely ze svrchnokarbonských balinských slepenců jižní časti boskovické brázdy. – Acta Musei Moraviae, Scientiae geologicae, 103, 2, 39–51.

Koníčková, Š., Losos, Z., Houzar, S., 2015: Geneze zelené plazmy – specifického mikrokrystalického křemičitého produktu zvětrávání serpentinitů (moravské moldanubikum, Český masiv). – Bulletin mineralogicko-petrologického oddělení Národního muzea (Praha), 23, 1, 81–91.

Medaris, G., Jr., Wang, H., Jelínek, E., Mihaljevič, M., Jakeš, P., 2005: Characteristics and origins of diverse Variscan peridotites in the Gföhl Nappe, Bohemian Massif, Czech Republic. – Lithos, 82, 1–2, 1–23.

Němec, D., 1977: The granulite from Drahonín (western Moravia, Czechoslovakia). – Neues Jahrbuch Mineral Monatshefte, 2, 69–84.

Pouchou, J. L., Pichoir, F., 1985: "PAP" (φ – ρ – Z) procedure for improved quantitative microanalysis. In: Armstrong J. T. (ed.): Microbeam Analysis, 104–106. – San Francisco Press.

Tajčmanová, L., Soejono, I., Konopásek, J., Košler, J., Kloetzli, U., 2010: Structural position of high-pressure felsic to intermediate granulites from NE Moldanubian zone (Bohemian Massif). – Journal of the Geological Society London, 167, 2, 329–345.

Weiss, J., 1966: Ultrabasic rocks of the West Moravian Crystalline Complex. – Krystalinikum, 4, 171–183.