

# SROVNÁNÍ CHEMISMU DETRITICKÝCH PYROP-ALMANDINŮ LULEČSKÝCH SLEPENCŮ S CHEMISMEM GRANÁTŮ VYBRANÝCH GRANULITŮ ČESKÉHO MASIVU

Comparison of the chemistry of detritic pyrope-almandine garnets of the Luleč Conglomerates with the chemistry of granulite garnets from the Czech Massif

Renata Čopjaková<sup>1</sup>, Petr Sulovský<sup>1</sup>, Jiří Otava<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Katedra mineralogie, petrologie a geochemie PFF MU, Kotlářská 2, 611 37 Brno, e-mail: renatkacop@seznam.cz

<sup>2</sup>Česká geologická služba, Leitnerova 22, 600 00 Brno

(24-41 Vyškov)

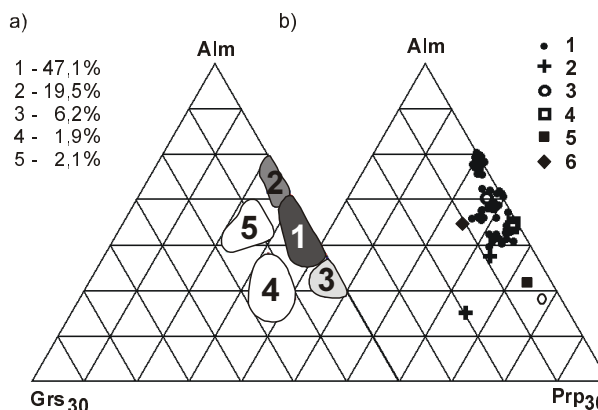
**Key words:** *Drahany Culm, garnet chemistry, trace elements, provenance, cluster analysis*

## Abstract

The paper presents the comparison of major oxides (microprobe) and trace elements (LA-ICP-MS) chemistry of the detrital pyrope-almandines from Luleč Conglomerates with pyrope-almandines of selected granulites of the Czech Massif for the purpose of provenance of the Culm sediments. Chemical compositions of pyrope-almandines from Luleč quarry are in a good correlation with chemical compositions of granulite garnets from Miroslav Crystalline Unit and small granulite bodies W of Jihlava. Pyrope-almandines from leptynites of the Polička Crystalline Unit and Náměšť Granulite Massif show great differences in REE patterns. The results seem to indicate the source areas of granulites might have been changing from the older to the younger horizons of the Luleč Conglomerates.

Studiu chemismu detritických granátů Drahanské vrchoviny se začal věnovat Otava (1995), v uplynulých letech byl soubor analýz zmnohonásoben a detailně statisticky zpracován (Čopjaková 2001) s ohledem na rozlišení jednotlivých typů detritických granátů a jejich přiřazení k možné zdrojové oblasti. Detritické granáty v sedimentech svrchní části myslějovického souvrství jsou charakteristické výraznou dominancí pyrop-almandinů (téměř 80%) nad jinými typy granátů. V rámci těchto pyrop-almandinů bylo pomocí klastrových metod rozlišeno pět podtypů (obr. 1a) (Čopjaková 2001). Pro grafické znázornění hlavních komponent granátů je použit trojúhelník  $Grs_{30}AlmPrp_{30}$ , spessartinová komponenta je vzhledem ke svým nízkým (v průměru 1,4 mol%) a stálým obsahům zanedbávána. Ze srovnání chemismu detritických pyrop-almandinů a granátů granulitových valounů (obr. 1b) je patrné, že výrazně dominující typy 1 a 2 odpovídají granátům felsických granátických granulitů.

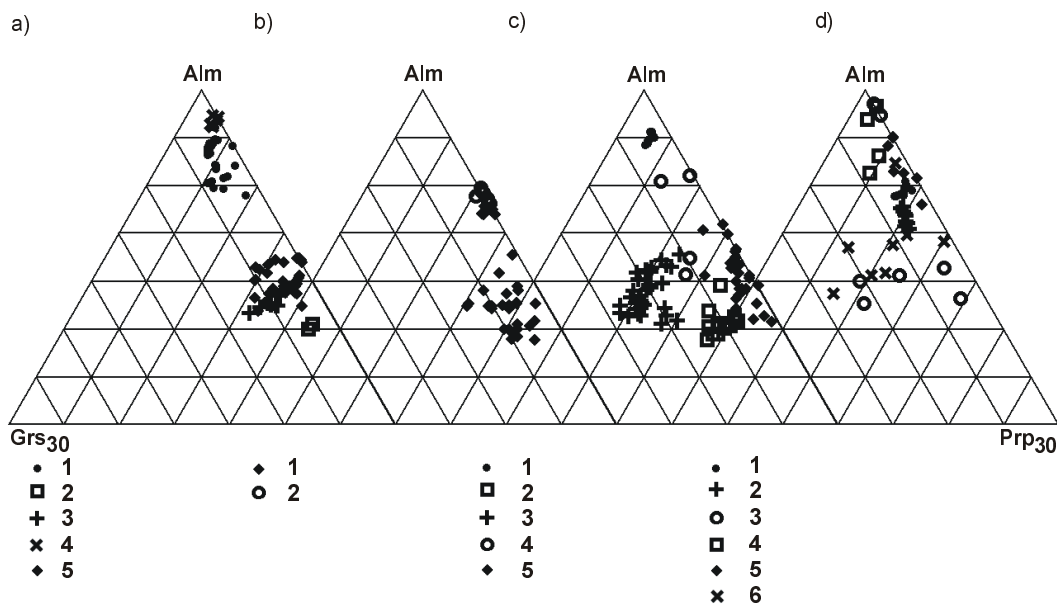
Studiu granulitových valounů v lulečských slepencích se v posledních letech věnovali Vrána - Novák (2000) a Kotková et al. (2001). Několik typů granulitů v rámci valounů rozlišili Vrána - Novák (2000). Nejhojněji zastoupeny uvádějí felsické granátické granulity (jeden vzorek s pseudomorfózou sillimanitu, hercynitu a plagioklasu po kyanitu) s výraznou negativní Eu anomálií a poměrem  $La_n/Yb_n$  3,1-5,8. Ojedinelý vzorek felsického granulitu s frakcionovaným monazitem byl typický strmou distribucí REE ( $La_n/Yb_n = 13,4$ ). Dále uvádějí biotit-granátický granulit a cordierit-granát-sillimanitický granulit, vykazující chemické složení blízké pararulám, s plochou distribucí REE ( $La_n/Yb_n$  5,8-7,9) bez Eu anomálie. Upozorňují na nepřítomnost felsických granulitů s kyanitem, které jsou výrazným typem v současném řezu moldanubika. Kotková et al.



Obr. 1 - Srovnání chemismu (a) různých typů detritických pyrop-almandinů lulečských slepenců s chemismem (b) granátů granulitových valounů (použita data Vrána - Nováka 2000, Kotkové et al. 2001 a vlastní analýzy). U jednotlivých granátových typů (a) je uvedeno jejich procentuální zastoupení v asociaci detritických granátů. b) 1 - felsické granulity; 2 - biotit-granátický granulit (složení blízké pararulám); 3 - cordierit-granát-sillimanitické granulity; 4 - felsický granulit s pseudomorfózou sill., herc. a plag. po kyanitu; 5 - granulit granodioritového složení; 6 - granulit s ortopyroxenem.

Fig. 1 - The comparison of (a) chemical compositions of various types of detrital pyrope-almandines from the Luleč Conglomerates with chemical compositions of (b) garnets of granulite pebbles (results of Vrána - Novák 2000, Kotková et al. 2001, and own analyses). The legend to (a) gives percentages of individual garnet types in detrital garnet assemblage.

b) 1 - felsic granulites; 2 - biotite-garnet granulite of paragneiss-like composition; 3 - cordierite-garnet-sillimanite granulites; 4 - felsic granulite with sill., herc., and plg. pseudomorphs after kyanite; 5 - granulite of granodiorite composition; 6 - granulite with orthopyroxene.



Obr. 2 - Složení granátů granulitových těles Českého masivu.

a) granulit náměšťský a kryst. miroslav. hráští: 1 - Náměšť n. Osl.; 2 - Biskoupky; 3 - Rabštejn; 4 - Templštejn; 5 - Miroslav. b) granulity z. od Jihlavy: 1 - Hybrálec; 2 - Rantířov. c) granulity strážeckého mold. a leptynity poličského kryst.: 1 - Dolní Bory; 2 - Polná; 3 - Víckov; 4 - Drahonín; 5 - Nyklovice. d) granulity rakouské: 1 - Steinaveg; 2 - Rosenberg; 3 - granul. tělesa v gfohlských rulách; 4 - granul. tělesa ve svorové zóně; 5 - granul. tělesa rozhraní pestré a monot. skupiny; 6 - granul. tělesa v pararulách.

Fig. 2 - Garnet compositions of Czech and Austrian granulite massifs.

a) Náměšť Granulite Massif and Miroslav Cryst. Unit: 1 - Náměšť n. Osl.; 2 - Biskoupky; 3 - Rabštejn; 4 - Templštejn; 5 - Miroslav. b) Granulites w. of Jihlava: 1 - Hybrálec; 2 - Rantířov. c) Granulites of the Strážec Mold. and leptynites of the Polička Cryst. Unit: 1 - Dolní Bory; 2 - Polná; 3 - Víckov; 4 - Drahonín; 5 - Nyklovice. d) Austrian Granulites: 1 - Steinaveg; 2 - Rosenberg; 3 - granulites in Gfohl gneiss; 4 - granulites in Mica schist Zone; 5 - granulites at the interface of the Varied and Monotonous Unit; 6 - granulites in the paragneisses.

(2001) dále rozšířili škálu granulitových valounů o granulit s ortopyroxenem a granátem bohatý granulit granodioritového složení.

Pro účely detailního studia chemismu granátů bylo vybráno několik zrn pyrop-almandinů z lomu v Lulči spadajících do sk. 1 a 2 (LUL1, 2, 4, 5, 6, 7, 8) odpovídajících granátům felsických granatických granulitů, jeden vzorek ze sk. 3 (LUL3) nejbohatší pyropovou komponentou a vzorek granulitového valounu (RAK1) z Rakoveckého údolí sz. od Račic. Tyto vzorky byly doplněny o vzorky granulitů z možných snosových oblastí Českého masivu, jejichž granáty se svým složením nejvíce blíží detritickým pyrop-almandinům. Ze srovnání detritických pyrop-almandinů a granátů českých a rakouských granulitů (obr. 1a, 2a-d) je patrné, že granulity v současném erozním řezu mají výrazně pestřejší složení. Vybrány byly vzorky granulitů z drobných granulitových těles z. od Jihlavy (Hybrálec, Rantířov), krystalinika miroslavské hráště (Miroslav 1, 2), náměšťského granulitu (Rabštejn, Templštejn) a leptynitů poličského krystalinika (Nyklovice).

Ze vzorků byly připraveny leštěné nábrusy. Analýzy hlavních oxidů byly provedeny na PřF MU na přístroji CamScan s připojeným ED analyzátozem (analytik R. Čopjaková), obsah Cr byl stanovený na stejném přístroji s připojeným WD analyzátozem (analytik P. Sulovský) a obsah vybraných stopových prvků byl určen pomocí (VG

Elemental) Plasma Quad 3 LA ICP – MS, průměr kráteru 20 mm, kalibrační prvek Si (analytik B. Patterson, EU Geochemical Fac., Bristol University).

Zrna granátů jsou z hlediska obsahu hlavních oxidů výrazně homogenní, pouze v některých případech (např. RAK1, Miroslav 2) se slabá (dekompresní) zonálnost projevuje poklesem CaO směrem k okraji zrn a mírným nárustem FeO.

Ve vzorcích granátů byly stanoveny obsahy těchto stopových prvků: Ti, V, Cr, Y, Zr, Nb, Cs, Ba, La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu, Hf, Pb. Obsahy Nb, Cs, Ba, LREE (La, Ce, Pr, Eu), Hf a Pb jsou obvykle pod mezí detekce. Granáty vykazují typické nabohacení o HFSE a HREE. Průměrné obsahy vybraných stopových prvků a hlavních oxidů v jednotlivých vzorcích jsou uvedeny v tab. 1.

Stopové prvky vykazují dva rozdílné typy zonálnosti (tab. 1, srovnej vzorek LUL4 a RAK1). Zonálnost se projevuje v obsahu V, Cr, Zr, Y a HREE. Obsah V, Cr a Zr u většiny vzorků směrem od jádra k okraji zrna roste, u některých vzorků zonálnost není patrná. Obsah Y a HREE u většiny vzorků vykazuje rovněž vzrůst směrem k okraji, avšak vzorky RAK1, Rabštejn, Templštejn a Nyklovice mají opačný trend, od jádra k okraji obsah těchto prvků klesá. Pyle a Spear (1999) uvádí, že distribuce stopových prvků v granátech odráží události, které nebyly zaznamenány

vzorek	FeO	MnO	MgO	CaO	Ti	V	Cr	Y	Zr	Nd	Sm	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu
LUL1	30.12	0.73	7.36	0.71	125	115	246	237	12.9	0.7	2.1	14.2	5.0	41.2	9.4	26.2	3.6	24.0	3.0
LUL2	27.22	0.47	9.46	1.23	130	179	400	108	12.8	0.4	2.3	11.0	3.0	22.8	4.7	12.9	1.8	13.5	1.7
LUL3	23.84	0.28	12.64	0.69	301	332	598	68	22.7	0.8	3.3	11.2	2.4	14.9	3.2	8.0	1.3	8.8	1.2
LUL4	29.99	0.66	7.54	0.73	228	121	208	359	22.2	0.9	4.6	23.4	7.7	66.4	16.0	48.7	7.0	51.0	6.6
LUL5	27.44	0.44	9.38	1.31	372	215	225	323	35.6	1.2	4.3	19.7	6.4	56.0	13.7	43.6	6.6	47.3	6.4
LUL6	31.20	0.74	7.82	0.73	173	137	330	261	19.7	0.0	0.9	11.2	4.8	41.0	9.2	24.4	3.3	21.0	2.5
LUL7	29.43	0.52	9.05	0.97	164	69	280	407	18.7	0.0	2.4	16.4	6.9	59.7	15.0	41.9	5.7	39.2	5.1
LUL8	31.57	0.61	7.65	0.61	300	217	250	267	39.3	1.0	5.5	21.8	5.7	41.9	9.6	25.6	3.8	24.5	3.3
RAK1	29.80	0.50	6.90	3.60	940	48	10	210	28.7	9.0	21.7	43.4	8.5	45.8	7.3	15.8	2.0	13.8	1.6
Hybrálec	33.26	0.52	6.40	0.81	110	49	140	405	24.2	0.0	1.0	9.5	5.1	56.1	15.0	46.7	7.5	54.5	7.3
Rantířov	33.76	1.74	5.31	0.67	99	66	90	348	37.0	0.0	1.3	13.3	6.2	54.9	12.3	35.8	5.8	43.3	5.3
Mirotslav 1	29.00	0.53	9.24	1.77	275	161	167	227	17.0	1.3	3.2	10.6	3.6	34.3	8.9	29.1	4.4	32.8	4.0
Mirotslav 2	27.99	0.42	8.06	4.19	309	135	85	155	16.1	1.9	5.2	11.6	3.3	23.9	5.7	16.5	2.5	17.3	1.9
Rabštejn	24.78	0.54	8.98	5.25	834	134	160	157	34.0	10.5	11.1	20.4	4.4	28.3	6.1	17.1	2.5	19.7	2.8
Templštejn	39.46	1.15	1.31	1.30	111	17	0	895	9.2	0.0	5.5	46.3	15.0	134.3	38.8	141.6	25.5	216.8	32.7
Nyklovice	26.19	0.22	10.13	3.13	291	14	0	320	27.3	1.1	3.6	13.5	5.2	49.2	14.2	46.6	7.1	50.1	6.4
LUL4 rim	29.35	0.66	7.67	0.66	219	122	200	397	23.8	0.9	4.5	24.5	8.1	72.6	18.4	56.3	7.7	58.8	7.7
LUL4 core	30.09	0.56	7.37	0.86	306	133	170	346	19.8	1.4	4.8	22.4	7.5	67.4	15.3	45.1	6.8	45.4	5.3
RAK1 rim	30.60	0.44	7.30	2.59	899	48	20	167	29.6	8.1	19.6	38.6	7.2	37.1	6.0	13.2	1.7	10.6	1.4
RAK1 core	29.21	0.56	7.07	3.78	982	48	0	254	27.9	9.9	23.7	48.2	9.9	54.5	8.6	18.5	2.4	17.0	1.9

Tab. 1 - Průměrný obsah hlavních oxidů (%) a vybraných stopových prvků (ppm) v granátech. SiO<sub>2</sub> a Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> nejsou vzhledem ke svým stálým obsahům uvedeny (průměrně 38,4% a 21,5%). Poslední čtyři vzorky dokumentují v textu popisované zonálnosti.

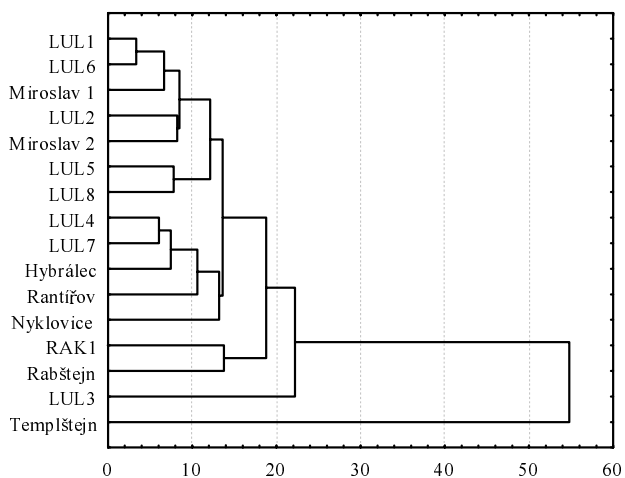
Tab. 1 - Major oxides (%) and trace elements (ppm) contents of studied garnets. Amounts of SiO<sub>2</sub> and Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> are not given for their uniform concentrations (38,4% and 21,5% on the average). Last four samples show garnet zonation mentioned in the text.

hlavními prvky, nebo zaznamenány byly, avšak z důvodu vyšších difuzních rychlostí došlo k jejich reekvilibraci. Zonálnost Y a REE se může významně lišit od zonálnosti hlavních prvků a zaznamenává události z vývoje horniny, které nejsou zachyceny hlavními prvky.

Pro účely určení možné proveniencce pyrop-almandinů v lulečských slepencích bylo provedeno jejich statistické srovnání s granáty vybraných granulitů Českého masivu pomocí programu Statistica. Ke zjištění vzájemné podobnosti jednotlivých vzorků byla použita klastrová analýza, strategie vážená pár-skupinová, vzdálenost Manhattan. Srovnání bylo založeno na obsahu hlavních oxidů i stopových prvků, vzhledem k jejich rozdílnému vyjádření v procentech či ppm a rozdílům v jejich koncentracích byla data normalizována.

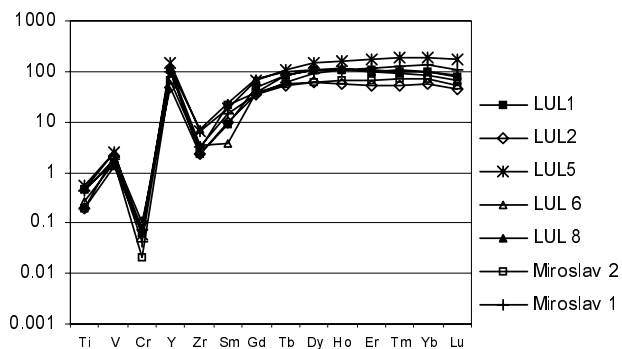
Výsledky klastrové analýzy jsou znázorněny pomocí dendrogramu, kde osa x představuje míru vzájemné vzdálenosti jednotlivých vzorků (obr. 3). Z dendrogramu a tabulky 1 je patrné, že leptynity poličského krystalinika nelze považovat za zdroj pyrop-almandinů v kulmských sedimentech, liší se od nich zejména nepřítomností Cr, nízkým obsahem V a jiným typem zonálnosti stopových prvků. Největší část kulmských pyrop-almandinů (LUL1, 2, 5, 6, 8) vykazuje vysokou podobnost s chemických složením granulitů mirotslavské hrásti (obr. 4a). Vzorky LUL4 a 7 lze dobře přirovnat ke vzorkům z granulitových masivů z. od Jihlavy (zejména Hybrálec) (obr. 4b). Vzorek RAK1 má nejbližší vzorku Rabštejn z náměšťského granulitu (obr. 4c), jejich podobnost je však mnohem menší než podobnost vzorků LUL1-8 (mimo 3) ke granulitům od Mirotslavi či Hybrálce. Podobnost vzorků RAK1 a Rabštejn podporuje

i stejný charakter zonálnosti. Výrazná odlišnost vzorku RAK1 od ostatních vzorků z Luleče (vyšší koncentrace Ti, nízké koncentrace Cr a V, vysoké koncentrace středně těžkých REE - Nd, Sm, Gd) může indikovat i určitý vývojový trend ve zdrojové oblasti ve směru od starších do mladších vrstev lulečských slepenců. Vzorek LUL3 se nápadně odlišuje od ostatních zejména vysokými koncentracemi V, Cr a nízkými koncentracemi Y a HREE, ve srovnání s granáty felsických granatických granulitů má rovněž zvýšený obsah pyropové komponenty. Tyto

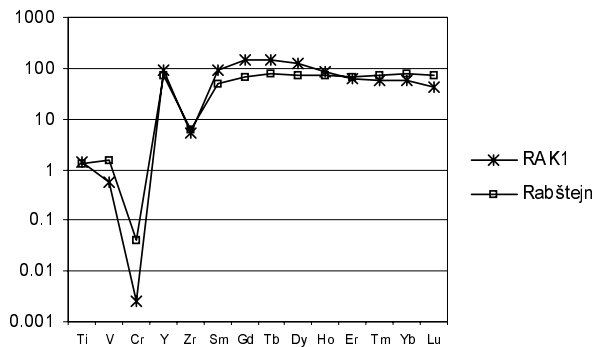


Obr. 3 - Dendrogram znázorňující podobnost chemického složení jednotlivých vzorků granátů.

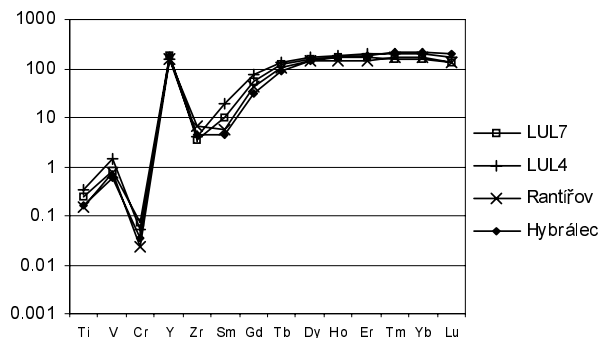
Fig. 3 - Dendrogram showing similarity of chemical composition of garnet samples.



Obr. 4a



Obr. 4c



Obr. 4b

Obr. 4 - Distribuce vybraných stopových prvků v granátech, normalizováno chondritem podle Taylora a McLennana (1985).

Fig. 4 - Chondrite-normalized REE patterns for studied garnets. Chondrite normalization values from Taylor and McLennan (1985).

skutečnosti indikují jeho možný vztah k bazičtějším granulitům.

Studium distribuce stopových prvků v granátech se ukázalo být vhodným doplňujícím nástrojem pro studium

provenience. Studium ATM, detailnější studium chemismu vybraných typů těžkých minerálů a geochemicko-petrologické studium valounů může společně přinést řadu cenných informací v otázkách provenience sedimentů.

#### Literatura:

- Otava, J. (1995): Klastické granáty a chromity spodního karbonu Moravy a jejich provenience. – Geol. výzk. Mor. Slez. v r. 1994, 69-71. Brno.
- Vrána, S. – Novák, M. (2000): Petrology and geochemistry of granulite clasts in the Viséan Luleč conglomerate, Kulm in central Moravia, Czech Republic. – Věst. Čes. geol. Úst., 75, 4, 405-413. Praha.
- Čopjaková, R. (2001): Využití chemismu detritických granátů při určování provenience sedimentů Dražanské vrchoviny. – Dipl. práce, PřF MU 1-80. Brno.
- Kotková at al. (2001): Nature and Provenance of Exotic Rock Types from Lower Carboniferous Conglomerates (Eastern Bohemian Massif). – Geolines, 13, 81-82. Praha.
- Pyle, J. M. – Spear, F. S. (1999): Yttrium zoning in garnet: coupling of major and accessory phases during metamorphic reactions. – Geological Materials Research. 1, 6, 1-49. Troy.