

کانی‌شناسی و شیمی‌کانی گارنت در لوکروگرانیت شاولی (شمال ازنا، استان لرستان)

سیدوحید شاه‌رخی*

۱- گروه زمین‌شناسی، واحد خرم‌آباد، دانشگاه آزاد اسلامی، خرم‌آباد، ایران

چکیده

گارنت به‌عنوان کانی فرعی در لوکروگرانیت شاولی در شمال ازنا، که بخشی از پهنه دگرگونی سنندج-سیرجان را تشکیل می‌دهد، حضور دارد. لوکروگرانیت شاولی در میان سنگ‌های دگرگونی رخمون یافته است. گارنت‌ها عمدتاً بی‌شکل تا نیمه‌شکل‌دار بوده، فاقد حاشیه‌های واکنشی و اذخال هستند و ترکیب شیمیایی یکنواختی از خود نشان می‌دهند. این گارنت‌ها غنی از مؤلفه اسپسارتین می‌باشند. بر اساس شواهد پتروگرافی و شیمی‌کانی، گارنت‌ها دارای منشأ ماگمایی بوده و از مذاب‌های فلسیک مشتق شده‌اند. مقدار پایین CaO (کمتر از ۴ درصد وزنی) و مقادیر متغیر اما نسبتاً بالای MnO نشان می‌دهد که این گارنت‌ها در یک ماگمای نوع S، شدیداً پرالومینه و تحت فشار کم در پوسته بالایی متبلور شده‌اند. همچنین، محتوای پایین CaO همراه با غنای MnO بیانگر خاستگاه متاپلیتی مذاب مادر است. بررسی شیمی‌کانی گارنت‌ها دلالت بر S-تایپ بودن ماگمای لوکروگرانیت شاولی دارد.

کلیدواژه‌ها: گارنت، لوکروگرانیت، شیمی‌کانی، شاولی، ازنا.

Mineralogy and Mineralchemistry of Garnet in Shavali leucogranite (North Azna, Lorestan Province)

Seyed Vahid Shahrokhi^{1*}

¹Department of Geology, Khorramabad Branch, Islamic Azad University, Khorramabad, Iran

Vahid.shahrokhi@iau.ac.ir

Abstract

Garnet occurs as an accessory mineral in the Shavoli leucogranite located in the north of Azna within the Sanandaj-Sirjan metamorphic zone. The Shavoli leucogranite intrudes metamorphic rocks and is spatially associated with high-grade metamorphic lithologies. Garnet crystals are predominantly anhedral to subhedral, lack reaction rims and mineral inclusions, and display a homogeneous chemical composition. The garnets are notably enriched in the spessartine component. Petrographic observations combined with mineral chemical data indicate a magmatic origin for the garnets, crystallized directly from felsic melts. The low CaO contents (<4 wt.%) and variable but relatively elevated MnO values suggest crystallization from a strongly peraluminous S-type magma under low-pressure conditions in the upper crust. The low CaO coupled with high MnO concentrations further implies a metapelitic source for the parental melt. Mineral chemical characteristics of the garnets provide robust evidence for an S-type affinity of the Shavoli leucogranite magma, consistent with partial melting of metasedimentary protoliths within the Sanandaj-Sirjan zone.

Keywords: Garnet, Leucogranite, Mineralchemistry, Shavali, Azna.

۱- مقدمه

لوکوگرانیت شاولی میزبان کانی مهم گارنت است. این کانی ترکیبات متغیری داشته و یکی از تشکیل دهنده‌های نامتداول در گرانیت‌ها به شمار می‌رود. بر اساس مطالعات انجام شده گرانیت‌های گارنت‌دار در نوارهای کوهزایی گسترش دارد (برای مثال Samadi et al., 2014) و انواع غنی از اسپسارتین معمولاً در گرانیت‌های نوع S و در واقع در ماگماهای گرانیتی سرشار از آلومینیوم و منگنز و در فشارهای نسبتاً پایین متبلور می‌شود (Dalquist, 2007). گارنت‌ها بر اساس طبیعت گرانیت میزبانشان ترکیب شیمیایی متغیری نشان می‌دهد. گارنت موجود در گرانیت‌های نوع S دارای مقادیر بالایی از FeO, MnO و مقادیر پایین MgO می‌باشند (Zhang et al., 2012). همچنین گارنت ماگمایی موجود در سنگ‌های آذرین را می‌توان به سه گروه ۱- گارنت‌هایی که در گرانیت‌های شدیداً پرآلومینه که تحت فشار کم در پوسته بالایی متبلور شده است و دارای مقدار بالای FeO (بیشتر از ۳۰ درصد) و MnO بین ۵ تا ۱۵ درصد می‌باشد (Zhang et al., 2012). گارنت‌هایی که در بازالت‌ها، آندزیت‌ها، داسیت‌ها، ریولیت‌ها، تونالیت‌ها، و گرانیت‌های پورفیری که تحت فشار بالا در پوسته زیرین و یا گوشته متبلور شده باشد و دارای مقدار FeO (۲۰ تا ۳۰ درصد) MgO (۵ تا ۱۰ درصد) و CaO حدود ۵ درصد است (Zhang et al., 2012; Yuan et al., 2009) گارنت‌هایی که در پگماتیت‌ها، آپلیت‌ها و گرانیت‌هایی که از سیالات پست ماگماتیک یا ماگمای شدیداً تفریق یافته متبلور شده دارای MnO حدود ۳۰٪ و FeO بین ۱۰-۱۵٪ می‌باشد (Whithworth, 1992). هدف از این مقاله استفاده از ویژگی‌های کانی‌شناسی و شیمی کانی گارنت در لوکوگرانیت شاولی جهت شناسایی نوع این کانی‌ها و شرایط تشکیل آن‌ها می‌باشد.

۲- مواد و روش‌ها

به منظور شناسایی سنگ‌های منطقه مورد مطالعه، بررسی‌های صحرایی و آزمایشگاهی انجام گرفت. در ابتدا از کلیه رخنمون‌های سنگ‌های منطقه بیش از ۲۰۰ نمونه برداشت شد. سپس از نمونه‌ها برای مطالعات میکروسکوپی به تعداد یکصد و بیست مقاطع نازک تهیه گردید. بررسی دقیق کانی‌شناسی و روابط بافتی انجام شد و با استفاده از میکروسکوپ پلاریزان (Olympus) مدل BH-2 ۸ نقطه از چهار مقطع از نمونه‌های مناسب جهت انجام تجزیه الکترونی انتخاب گردید. تعیین ترکیب و مقادیر اکسیدهای کانی گارنت با استفاده از دستگاه تجزیه الکترونی (الکترون مایکروپروب) مدل Cameca Sx-50 با ولتاژ شتاب دهنده KeV 20 (کیلو الکترون ولت) و شدت جریان 20 nA (نانو آمپر) در دانشگاه دولتی مسکو کشور روسیه به روش آنالیز نقطه‌ای صورت پذیرفته است (جدول ۱). محاسبه فرمول ساختاری این کانی بر پایه ۳۱ آنیون (O, OH) و آهن کل دوزلفیتی انجام شد. در محاسبه فرمول ساختاری کانی‌ها و ترسیم نمودارها از نرم افزارهای Minpet, Mineral structural formulae, Excel استفاده گردید.

۳- بحث

۳-۱- زمین‌شناسی

ناحیه شاولی به عنوان بخشی از زون دگرگونه سندنچ-سیرجان بین طول جغرافیایی ۲۴' ۴۹° تا ۳۲' ۴۹° شرقی و عرض جغرافیایی ۳۱' ۳۳° تا ۳۸' ۳۳° شمالی، در جنوب محدوده نقشه ۱/۱۰۰۰۰۰ شازند (سهندی و همکاران، ۱۳۸۵) و در ۷ کیلومتری شمال ازنا، استان لرستان واقع شده است (شکل ۱). گرانیت‌های شمال ازنا از نوع لوکوگرانیت، گرانیت و گرانودیوریت معرفی شده و مطالعات ژئوشیمیایی بیانگر ماهیت ساب آکالن (کالک آکالن)، سرشت پرآلومین و نوع S است و خاستگاه این

سنگ‌ها پوسته بالایی (ذوب بخشی متاپلیت‌ها) و از لحاظ ژئوتکتونیک در جایگاه همزمان با برخورد است (Darvishi et al., 2015).

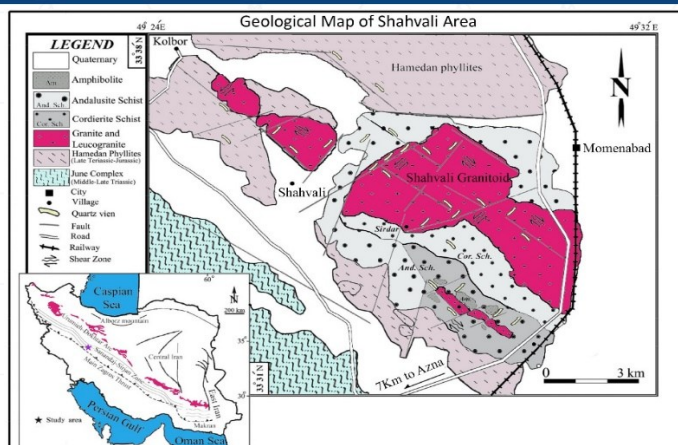
جدول ۱: نتایج آنالیز مایکروپروب کانی گارنت موجود در سنگ‌های لوکوگرانیتی منطقه شاولی

Sample	Az-24	Az-24	Az-24	Az-24	S-20	S-20	S-20	S-20
Rock type	Leucogranite	Leucogranite	Leucogranite	Leucogranite	Leucogranite	Leucogranite	Leucogranite	Leucogranite
SiO ₂	36.28	36.24	36.22	36.26	36.12	36.21	36.09	36.15
Al ₂ O ₃	20.75	20.71	20.74	20.73	20.70	20.65	20.75	20.70
FeO _t	32.57	33.20	33.22	32.8	33.14	32.83	32.9	32.85
MnO	7.70	7.06	7.09	7.20	7.18	7.22	7.1	7.16
MgO	2.02	2.09	2.05	2.06	1.95	2.16	1.96	2.06
CaO	0.28	0.26	0.24	0.25	0.26	0.25	0.24	0.25
Total	99.60	99.56	99.54	99.3	99.35	99.32	99.04	99.17
O	12	12	12	12	12	12	12	12
Si	2.97	2.96	2.95	2.96	2.96	2.97	2.97	2.97
Al	2	2	2	2	2.002	1.96	2.01	1.98
Fe ³⁺	0.06	0.07	0.07	0.06	0.07	0.07	0.05	0.06
Fe ²⁺	2.16	2.2	2.3	2.19	2.2	2.18	2.21	2.20
Mn	0.533	0.489	0.482	0.51	0.499	0.501	0.495	0.498
Mg	0.246	0.255	0.250	0.25	0.239	0.264	0.24	0.25
Ca	0.025	0.023	0.021	0.024	0.023	0.022	0.021	0.022
Total	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00
Almandine	72.9	74.1	74.6	73.2	74.3	73.5	74.5	74.1
Spessartine	18	16.5	16.2	17.2	16.8	16.9	16.7	16.8
Pyrope	8.3	8.6	8.2	8.5	8	8.9	8.1	8.5
Grossular	0.8	0.7	0.7	0.8	0.7	0.7	0.7	0.7

بر اساس مشاهدات صحرایی، گارنت در نمونه دستی به صورت بلورهای دانه درشت به رنگ قهوه‌ای روشن مایل به کرم در لوکوگرانیت‌های منطقه دیده می‌شود که از فراوانی متوسطی برخوردار است. (شکل ۵). در اطراف هاله دگرگونی توده اصلی شاولی مجموعه‌ای از لوکوگرانیت‌های تورمالین و گارنت‌دار، آپلیت‌ها و پگماتیت‌ها، میگماتیت‌ها و میلونیت‌ها وجود دارد. این سنگ‌ها دارای کانیهای عمده کوارتز، پلاژیوکلاز، ارتوزکلاز و کانیهای فرعی بیوتیت، تورمالین، گارنت، موسکویت و سیلیمانیت بوده که براساس شواهد پتروگرافی و داده‌های ژئوشیمیایی این سنگ‌ها را میتوان در شمار گرانیت‌های تیپ S طبقه بندی نمود (Darvishi et al., 2015).

۳-۲- کانی‌شناسی

از دیدگاه کانی‌شناسی، گارنت همراه با تورمالین و موسکویت کانی فرعی لوکوگرانیت‌ها بوده و کوارتز، پلاژیوکلاز، فلدسپار پتاسیم و بیوتیت نیز کانی‌های اصلی این سنگ‌ها می‌باشد. براساس مطالعات پتروگرافی بافت اصلی این سنگ‌ها گرانولار تا سری‌ایت تغییر می‌کند و مرز بین دانه‌ها پلی‌گوناخ تا اینترلوبیت می‌باشد. کوارتزها دارای خاموشی موجی وصله‌ای و صفحه شطرنجی می‌باشند. پلاژیوکلازها به صورت شکل‌دار تا نیمه شکل‌دار و دارای ماکل آل‌بیت و آل‌بیت پریکلین هستند. فلدسپار پتاسیم به صورت نیمه شکل‌دار تا بی‌شکل در اندازه‌های بزرگ تا ریز بلور و برخی مواقع به صورت میکروکلین پرتیتی دیده می‌شود. گارنت‌ها بی‌شکل تا شکل‌دار، در نور عادی به صورت قهوه‌ای کم رنگ با برجستگی بالا، بدون حاشیه واکنشی با کانی‌های مجاور و بدون ادخال مشاهده شدند.



شکل ۱- نقشه زمین‌شناسی ناحیه شاولی برگرفته از نقشه ۱/۱۰۰۰۰۰ شازند (سهندی و همکاران، ۱۳۸۵) همراه با اندکی تغییر.

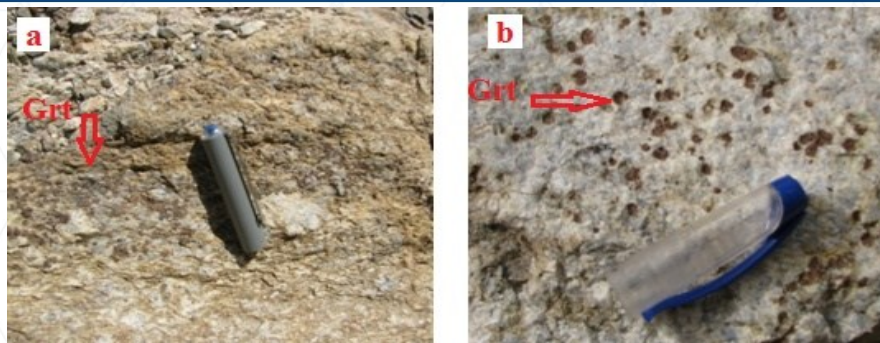
گارنت در لوکوگرانیت‌های منطقه در نمونه دستی به رنگ قهوه‌ای روشن مایل به کرم (حنایی) و به صورت متوسط تا درشت دانه دیده می‌شود (شکل ۲، a و b). فراوانی این کانی در حاشیه توده نفوذی، و به‌ویژه در لوکوگرانیت‌ها بیشتر می‌باشد. در زیر میکروسکوپ و در نور عادی به صورت قهوه‌ای کم رنگ با برجستگی بالا، بی‌شکل تا شکل‌دار (به صورت چند ضلعی با مرزهای واضح و صاف) و نیز به شکل اتول (دارای فرورفتگی‌های خلیج مانند)، خرد شده با اندازه‌های کوچک و بزرگ (حدود ۲ میلی‌متر تا یک سانتی‌متر) بدون واکنش با کانی‌های مجاور دیده می‌شود که گاه به کلریت و بیوتیت تبدیل شده است (شکل ۳، a و b). بر اساس بررسی‌های پتروگرافی، وجود گارنت بدون اذخال و بی‌شکل در گرانیت‌های پرآلومینه نشانگر تبلور گارنت در شرایط حرارت و فشار بالا و اکتیویته کم آب می‌باشد (Clemens and wall, 1981). گارنت عموماً در مجموعه رستیت پایدار است که نتیجه ذوب لیتولوژی پوستانه‌ای می‌باشد، مگر اینکه ذوب در درجه حرارت کمتر از ۷۵۰ درجه سانتی‌گراد توسط واکنش زیر رخ دهد (Guillot et al., 1995):



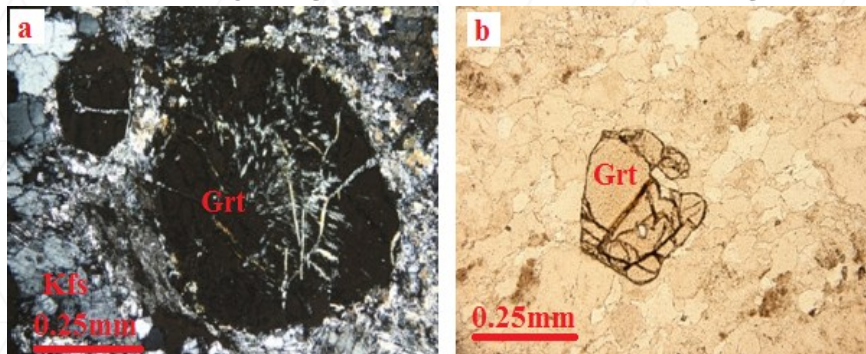
از طریق این واکنش در یک پروتولیت بدون گارنت یا ذوب در فشار کمتر از ۵ کیلوبار، کوارتز و مسکویت به‌وسیله گارنت و فلدسپار جایگزین می‌شود.

۳-۳- ترکیب شیمیایی و تعیین شرایط تشکیل گارنت:

بر اساس فرمول ساختاری و طبق تقسیم‌بندی کارپر، ترکیب گارنت‌های مورد مطالعه به سری اسپسارتین ($[SiO_4]_3$) (Al_2Mn_3) و آلماندین ($[SiO_4]_3 Al_2Fe_3$) تعلق دارد (جدول ۱) (Miller and Stoddard, 1981). فنوکریست بودن گارنت‌ها، با توجه به این که گارنت‌های شکل‌دار و فاقد منطقه‌بندی معمولاً به عنوان فنوکریستال شناخته می‌شوند (Harrison, 1988) می‌تواند دلیلی بر غنی بودن آنها از اسپسارتین باشد (Miller and Stoddard, 1981). گارنت ماگمایی با ویژگی محلول جامد آلماندین- اسپسارتین در گرانیت‌های پرآلومینه گزارش شده است. همچنین گارنت‌هایی که در گرانیت‌های شدیداً پرآلومینه که تحت فشار کم در پوسته بالایی متبلور شده است و دارای مقدار بالای FeO (بیشتر از ۳۰ درصد) و MnO بین ۵ تا ۱۵ درصد می‌باشد (Zhang et al., 2012; Samadi et al., 2014). بنابراین با توجه به ترکیب شیمیایی گارنت‌های لوکوگرانیت‌های منطقه مورد مطالعه (که دارای بیش از ۳۰ درصد FeO و حدود ۸ درصد MnO)، می‌توان نتیجه گرفت که گارنت‌های مورد بحث در یک ماگمای نوع S و شدیداً پرآلومینه و تحت فشار کم در پوسته بالایی متبلور شده و نظر به محتوای CaO کمتر از ۴ درصد و MnO بالا، دارای خاستگاه متاپلیتی است.

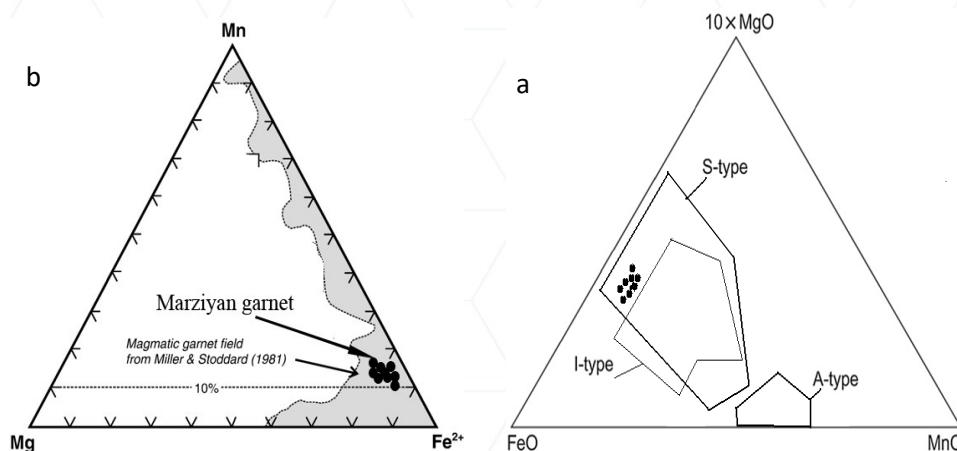


شکل ۲- (a) نمایی از رشد بلورهای گارنت بصورت پراکنده. (b) نمایی از تجمع گارنت‌ها درون لوکوگرانیت‌ها



شکل ۳- (a) بلوهای گارنت تبدیل شده به کلریت. (b) تجمع بلورهای درشت گارنت در لوکوگرانیت‌های منطقه شاولی (تصویر a: XPL، تصویر b: PPL).

گارنت‌های منطقه مرزیان بر اساس نمودار $\text{FeO}-10^*\text{MgO}-\text{MnO}$ در محدوده گارنت‌های موجود در گرانیت‌های S-type واقع می‌شود (شکل ۵-۱). بررسی‌های Harangi و همکاران (۲۰۰۱)، نشان می‌دهد که گارنت‌های دارای MnO کمتر از ۴ درصد و CaO بالا، طبیعت ماگمایی (ماگمای نوع I یا M) دارد و گارنت‌های دارای MnO بیشتر از ۴ درصد دارای خاستگاه متاپلیتی است. لذا با توجه به مقدار MnO گارنت‌های منطقه (بیشتر از ۷ درصد) و نیز ترکیب محلول جامد آلماندین-اسپسارتین (جدول ۱)، می‌توان خاستگاه متاپلیتی را برای آنها تصور نمود. در نمودار $\text{Mn}-\text{Mg}-\text{Fe}^{2+}$ (Miller, 1981)، گارنت‌های منطقه تحت مطالعه در محدوده گارنت‌های ماگمایی واقع می‌شود (شکل ۵-۲).



شکل ۵- (a) موقعیت گارنت‌های گرانیت شاولی در نمودار مثلثی $\text{FeO}-\text{MgO}^*10-\text{MnO}$ (Zhang et al., 2012). (b) ترکیب گارنت‌های گرانیت شاولی در نمودار $\text{Fe}^{2+}-\text{Mg}-\text{Mn}$ (Miller and Stoddard, 1981).

۴- نتیجه‌گیری

بررسی شیمی کانی‌های سنگ‌های گرانیتی شاولی نشان می‌دهد که گارنت‌ها از نوع ماگمایی و متعلق به سری آلماندین-اسپسارتین می‌باشد و با توجه به اینکه دارای بیش از ۳۰ درصد FeO و حدود ۸ درصد MnO می‌باشند، می‌توان نتیجه گرفت که گارنت‌های مورد بحث در یک ماگمای نوع S و شدیداً پرآلومینه و تحت فشار کم در پوسته بالایی متبلور شده و نظر به محتوای CaO کمتر از ۴ درصد و MnO بالا، احتمالاً گارنت‌ها دارای خاستگاه متاپلیتی است. تورمالین‌های منطقه در محدوده شورلیت تا دراویت قرار دارند که حاکی از زیاد بودن مقدار آهن در مقایسه با منیزیم در ترکیب شیمیایی نمونه‌های مورد مطالعه است و با توجه به مقدار $Fe^{\#}$ تورمالین‌های منطقه (۰/۷ - ۰/۴۸) در یک سیستم ماگمایی با نسبت بالای Fe/Fe+Mg و Al و هیدروترمالی با $Fe^{\#}$ پایین رده‌بندی می‌شوند. و نیز مقدار کم تیتان در تورمالین‌های منطقه می‌تواند به خوبی دلالت بر S تایپ بودن ماگمای گرانیت شاولی داشته باشد. وجود گارنت و تورمالین ماگمایی دلالت بر پرآلومینه لوکوگرانیت‌های منطقه دارد.

۵- مراجع

- سهندی، م، ا، رادفر، ج، حسینی دوست، محجل، م، ۱۹۸۵. نقشه زمین‌شناسی سازند به مقیاس ۱/۱۰۰۰۰۰.
- Allan, B.D. and Clarke, D.B., 1981. Occurrence and origin of garnets in the south mountain batholith, Nova Scotia. *The Canadian Mineralogist* 19, 19-24.
- Clemens, J.D., Wall, V.J., 1981. Origin and crystallization of some peraluminous (S-type) granitic magmas, *Canadian Mineralogist* 19, 111-131.
- Darvishi, E. Khalili, M, Koksai, S, Koksai, F. Roy, B., 2015. Geochemistry, Sr-Nd isotope data and petrogenesis of the Marziyan granitoid, Sanandaj-Sirjan Zone, western Iran, *Neues Jahrbuch für Mineralogie-Abhandlungen Journal of Mineralogy and Geochemistry* 192, 195-210.
- Guillot, S., Le Fort, P., 1995. Geochemical constraints on the bimodal origin of High Himalayan leucogranites, *Lithos* 95, 221-234.
- Harangi, S., Downes, H., Kosa, L., Szabo, C., Thirlwall, M.F., Mason, P.R.D. and Matthey, D., 2001. Almandine garnet in calc-alkaline volcanic rocks of the Northern Pannonian Basin (Eastern-Central Europe): geochemistry, petrogenesis and geodynamic implications. *Journal of Petrology* 42, 1813-1843.
- Harrison, T.N., 1988. Magmatic garnets in the Cairngorm granite. *Mineralogical Magazine* 52, 4, 659-670.
- Miller, C.F. and Stoddard, E.F., 1981. The role of manganese in the paragenesis of magmatic garnet: an example from the Old Woman-Piute Range, California. *Journal of Geology* 89, 233-246.
- Samadi, R., Miller, N.R., Mirnejad, H., Harris, C., Kawabata, H., Shirdashtzadeh, N., 2014. Origin of garnet in aplite and pegmatite from Khajeh Morad in northeastern Iran: A major, trace element, and oxygen isotope approach, *Lithos* 208-209, 378-392.
- Shakerardakani, F., Neubauer, F., Masoudi, F., Mehrabi, B., Liu, X.m Dong, Y., Mohajjel, M., Monfaredi, B. and Friedl, G., 2015. Panafrikan basement and Mesozoic gabbro in the Zagros orogenic belt in the Dorud-Azna region (NW Iran): Laser-ablation ICP-MS zircon ages and geochemistry. *Tectonophysics* 647: 146-171.
- Whithworth, M.P., 1992. Petrogenetic implications of garnets associated with lithium pegmatites from SE Ireland. *Mineralogical Magazine* 56, 1, 75-83.
- Yuan, C., Sun, M., Xiao, W., Wilde, S., Li, X., Liu, X., Long, X., Xia, X., Ye, K., Li, J., 2009. Garnet-bearing tonalitic porphyry from East Kunlun, Northeast Tibetan Plateau: implications for adakite and magmas from the MASH zone, *International Journal of Earth Sciences (Geol Rundsch)* 98, 1489-1510.
- Zhang, J., Ma, C., She, Z., 2012. An Early Cretaceous garnet-bearing metaluminous A-type granite intrusion in the East Qinling Orogen, central China: Petrological, mineralogical and geochemical constraints. *Geoscience Frontiers* 3, 5, 635-646.