

ویژگی های ماگمایی و زمین-دما فشار سنجی سنگ های گابرویی ملانژ افیولیتی اشنویه

ایوب ویسی نیا^{۱*}، ایمان منصف^۲، بهمن رحیم زاده^۱، محمد رهگشای^۱

۱- گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران

۲- دانشکده علوم زمین، دانشگاه تحصیلات تکمیلی علوم پایه زنجان، زنجان، کد پستی ۴۵۱۳۷-۶۶۷۳۱، ایران

آدرس پستی نویسنده مسئول a.vaisy69@gmail.com

چکیده

مجموعه افیولیتی شمال شرق اشنویه (افیولیت دالامپر) بخش ناشناخته ای از افیولیت نئو تتیس است که بین افیولیت های پیرانشهر و سلماس در داخل کمربند دگرگونی سنندج - سیرجان در شمال غرب ایران قرار دارد. پریدوتیت های سرپانتینی شده، بازالت بالشی، گابرو، سنگ آهک پلاژیک و رادیولاریت همراه با واحدهای رسوبی-آتشفشانی از انواع سنگ های اصلی در این منطقه هستند. کانی های اصلی سنگ های گابرویی شامل پلاژیوکلاز و کلینوپیروکسن می باشند. از کانی های ثانوی نیز می توان به سرسیت، کلریت، کربنات، ترمولیت و اکتینولیت اشاره کرد. بررسی های کانی شناسی و زمین دماسنجی کلینوپیروکسن و پلاژیوکلازها نشان می دهند که گابروها در دمای ۹۰۰ تا ۱۱۰۰ درجه سانتیگراد پدید آمده اند. ترکیب شیمیایی کانی های پیروکسن، بیانگر تبلور آن ها از یک ماگمای دارای فوگاسیته اکسیژن بالا می باشد.

کلیدواژه ها: شیمی کانی، زمین دما فشار سنجی، محیط زمین ساختی، فرورانش، دالامپر.

Magma signification and geothermobarometry of Gabbroic rocks of the Oshnavieh ophiolitic mélange

Ayoub Veisinia ^{1*}, Iman Monsef ², Bahman Rahimzadeh ¹, Mohammad Rahgoshay ¹

¹ Department of Mineral Resource and Groundwater, Faculty of Earth Sciences, Tehran, Iran,
a.vaisy69@gmail.com

² Department of Earth Sciences, Institute for Advanced Studies in Basic Sciences, Zanjan, Iran

Abstract

The Northeast Oshnavieh ophiolite complex (Dalampar ophiolite) is an unknown part of the Neo-Tethys ophiolite located between the Piranshahr and Salmas ophiolites within the Sanandaj-Sirjan metamorphic belt in northwestern Iran. Serpentinized peridotites, pillow basalt, various gabbro, pelagic limestone, and radiolarite along with volcano-sedimentary units are the main rock types in the area. The main minerals of gabbroic rocks include plagioclase and clinopyroxene. Secondary minerals include Sericite, chlorite, carbonate, tremolite, and actinolite. Mineralogical and geothermometry studies of the clinopyroxene and the plagioclase from the gabbro reveal that these rocks have originated at 900 to 1100 °C. The chemical composition of pyroxene minerals indicates their crystallization from a magma with high oxygen fugacity.

Keywords: Mineral chemistry, Geothermobarometry, Tectonic setting, Subduction, Dalampar.

۱- مقدمه

استفاده از ترکیب شیمیایی کانی‌ها برای برآورد شرایط فیزیکوشیمیایی حاکم بر تبلور توده‌های ماگمایی و جایگزینی نهایی آنها در پوسته، یکی از موضوعات مهم در سنگ‌شناسی آذرین است. به باور بسیاری از پژوهشگران، ترکیب شیمیایی کانی‌های سازنده سنگ از سری ماگمایی سنگ میزبان پیروی می‌کنند. از اینرو بررسی‌های سنگ‌نگاری و شیمی کانی‌ها از بهترین راه‌های شناخت فرآیندهای ماگمایی است که شرایط تبلور و فرآیندهای تأثیرگذار بر تبلور کانی‌ها را با دقت بیشتری توضیح می‌دهد. به این منظور، پژوهشگران از کانی‌های مختلفی چون پیروکسن، آمفیبول و پلاژیوکلاز استفاده می‌کنند. در این پژوهش، شیمی کانی‌ها، دما، فشار و گریزندگی اکسیژن ماگمای مادر سنگ‌های گابرویی ملانژ افیولیتی دالامپر و محیط زمین‌ساختی ماگمایی تشکیل دهنده آنها بررسی شده است.

۲- مواد و روش‌ها

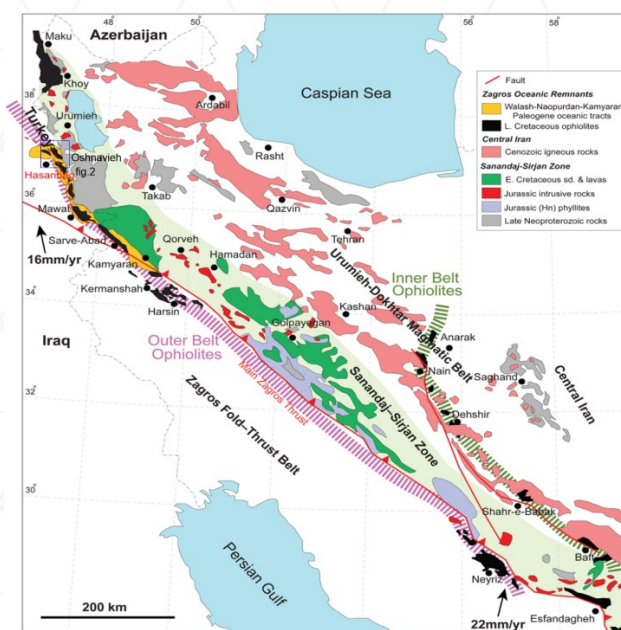
در جریان بازدیدهای صحرایی ضمن جمع‌آوری اطلاعات زمین‌شناسی و سنگ‌شناسی تعداد ۴۰ نمونه از واحدهای سنگی افیولیت دالامپر (پریدوتیت و گابروها) که دارای حداقل هوازدگی و دگرسانی بودند برای تهیه مقاطع نازک و نازک-صیقلی و همچنین تجزیه شیمیایی کانی‌ها انجام گرفت. مطالعات سنگ‌نگاری مقاطع نازک و نازک-صیقلی میکروسکوپی به منظور تعیین بافت سنگ‌ها و ریز ساختارهای آنها با استفاده از میکروسکوپ پلاریزان دو منظوره GX انجام گردید. سپس از تعدادی از نمونه‌های گابرویی، مقاطع نازک-صیقلی به تعداد ۱۰ نمونه، تهیه و پس از مشخص کردن کانی‌های مورد نظر برای آنالیز نقطه‌ای به روش میکروپروب و پس از انجام پوشش کربنی، از کانی‌های مزبور توسط دستگاه میکروسوند الکترونی مدل JEOL.JXA-8600 در دانشگاه یاماگاتا در کشور ژاپن با ولتاژ ۲۰ کیلو وات و جریان 2×10^{-8} آمپر با روش WDS انجام شد. قطر پرتوی الکترونی ۵ میکرون و غلظت داده‌ها بر اساس برنامه کامپیوتری ZAF محاسبه شده است.

۳- بحث

زمین‌شناسی عمومی و منطقه

کوهزاد زاگرس نتیجه بسته شدن نئوتتیس جنوبی بوده و بین صفحات ایران و عربی قرار گرفته است (Alavi 1994). افیولیت‌ها که بقایای لیتوسفر اقیانوسی نئوتتیس هستند در امتداد این کوهزاد قرار گرفته‌اند و شامل دو کمربند اصلی هستند: کمربند افیولیتی زاگرس داخلی شامل مناطق خوی-نابین-شهربابک-دهشیر-بافت که بین سسندج-سیرجان و ایران مرکزی قرار گرفته‌اند و کمربند افیولیتی زاگرس خارجی که شامل مناطق اشنویه-کردستان-کرمانشاه-نیریز و حاجی آباد بوده و بین سسندج-سیرجان و زاگرس قرار گرفته‌اند (Shafaii Moghadam and Stern, 2011) (شکل ۱). هنوز دیدگاه‌های متفاوتی درباره چگونگی تکامل نئوتتیس در زاگرس به ویژه زمان بسته شدن و برخورد پایانی آن وجود دارد و اطلاعات ما در این باره کم می‌باشد و نیازمند درک بهتر از این افیولیت هاست. به طور خاص برخی از افیولیت‌های شمال غرب زاگرس از جمله آمیزه افیولیتی دالامپر در امتداد مرز ایران-عراق-ترکیه، می‌توانند حاوی اطلاعات مهم و ارزشمندی درباره تاریخچه تشکیل و انباشت افیولیت‌ها در این قسمت از کوهزاد زاگرس باشند (Ao et al., 2020). منطقه دالامپر در نقشه زمین‌شناسی 1:10000 سیلوانا (Hajmolla Ali et al., 2006) در جنوب ارومیه بین طول‌های جغرافیایی $44^{\circ} 45'$ و $44^{\circ} 55'$ و عرض‌های جغرافیایی $37^{\circ} 5'$ و $37^{\circ} 15'$ قرار دارد (شکل ۲). در منطقه دالامپر مجموعه‌ای از افیولیت‌های زاگرس با واحدهای متناوب سنگی و رخنمون‌های گسترده وجود دارند. از نظر ساختاری این منطقه به پنج زیر زون تقسیم شده است: زون آمیزه افیولیتی (OMZ) که توسط گسل معکوس اسبی بنار از شمال با زون‌های فروافتادگی سیلوانه-زیوه (SZD)، واحد پرکامبرین-پالئوزوئیک (Pr-Pz) و واحد مولاس (Mo) هم مرز بوده و از جنوب با زون آمیزه افیولیتی-رسوبی (SOZ) و زون دگرگونه

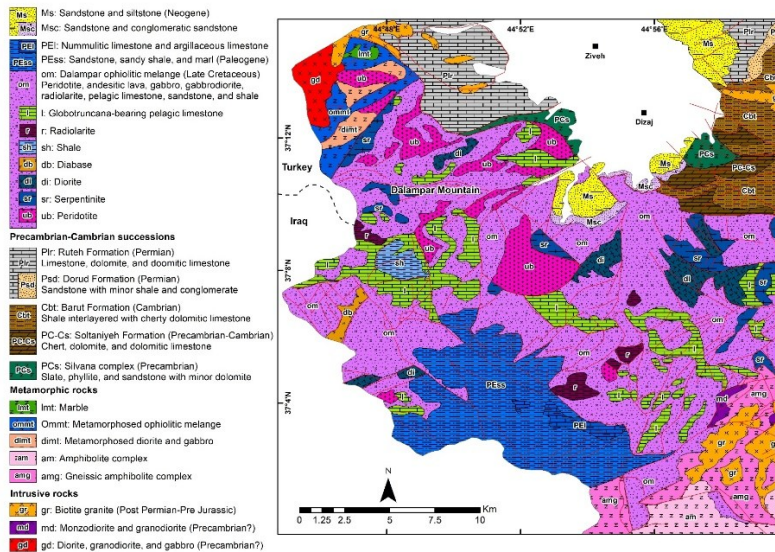
(MZ) مجاور است (Hajmolla Ali et al., 2006). در آمیزه رنگی دالامپر که روستاهای کچله، سوسن آباد، سوره دوکل، پروانه، چریک آباد و گند ملاعیسی را شامل می شود: مجموعه ای از سنگ های الترامافیک سرپانتینیته شده (هارزبورژیت و دونیت) با ساختار ورقه ای و به رنگ سبز روشن تا تیره، پیروکسنیت، انواع مختلف گابرو (میکروگابرو، پگماتیت گابرو)، بازالت، دیوریت، دیاباز، توف های آتشفشانی، شیل، چرت های رادیولاریت دار و سنگ آهک پلاژیک گلوبوترونکانایی همراه با مقداری سنگ های دگرگونه با همبری گسله، واحد افیولیتی منطقه را تشکیل می دهند (شکل ۳ a). در نقاط مختلف دایک و توده های مافیک از جنس گابرو، دیوریت و گرانیت به فراوانی در ملانژ افیولیتی دیده شده و در آن نفوذ نموده اند. در بیشتر موارد به دلیل قطع امتداد دایک ها توسط گسل در سطح رخنمون بیشتر از یک الی چند متر قابل مشاهده نیستند که شاهدی دیگر بر گسل خوردگی و فعالیت های زمین ساختی شدید در آمیزه دالامپر می باشد. گابروها به دو صورت دانه درشت با بافت پگماتوئیدی و گابروهای ریزبلور به صورت توده ای و دایک قابل تفکیک هستند (شکل ۳ b, c). گابروها مزوکرات بوده و دارای ساخت توده ای و متراکم هستند و در نمونه دستی عمدتاً متوسط تا درشت دانه می باشند. گابروها تحت تأثیر نیروهای برشی و چین خوردگی میلونیته شده اند (شکل ۳ d).



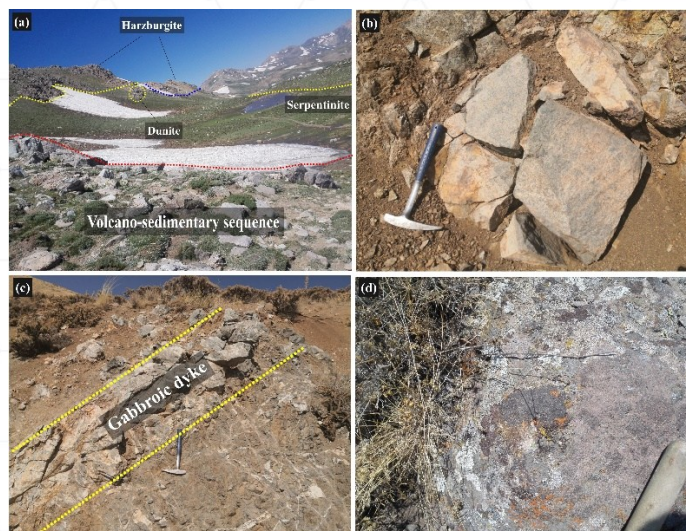
شکل ۱: نقشه زمین شناسی ساده شده ایران که افیولیت های کرتاسه پایانی کمر بند داخلی و خارجی زاگرس، زون سنندج-سیرجان، کمر بند ماگمایی ارومیه-دختر و سنگ های نئوپروتروزئیک پایانی را نشان می دهد (Azizi et al., 2018).

۳-۱. سنگ نگاری

به صورت کلی گابروها از کانی های اصلی پلاژیوکلاز (۶۰-۵۰ درصد حجمی) و کلینوپیروکسن (۳۰-۲۰ درصد حجمی) تشکیل شده اند. سریسیت، کلریت، کلسیت و ترمولیت-اکتینولیت از کانی های ثانوی این سنگ ها هستند. بافت غالب سنگ گرانولار هم بعد تا ناهم بعد می باشد (شکل ۳ a). ولی بافت های فرعی مانند افیتیک، سابافیتیک نیز مشاهده می شوند. پلاژیوکلاز فراوان ترین کانی سازنده سنگ های گابرویی منطقه است. فنوکریستال پلاژیوکلاز با ابعاد (کوچکتر از ۱ میلی متر تا

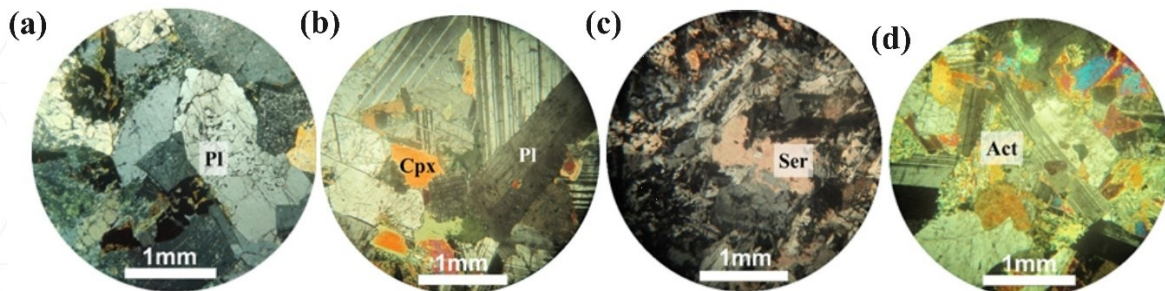


شکل ۳: نقشه زمین شناسی ساده شده ملانژ افیولیتی دالامپر اقتباس از (Hajmolla Ali et al., 2006).



شکل ۴: تصاویر صحرایی ملانژ افیولیتی دالامپر. (a) نمایی کلی ملانژ افیولیتی دالامپر و مرز تدریجی بین این واحد و واحد دگرگونی؛ (b) توده گابرویی درشت بلور درون پریدوتیت ها؛ (c) دایک گابرویی در پریدوتیت ها؛ (d) لنز گابرویی شدیداً تکتونیزه شده درون هارزبورژیت های گشته ای.

۳ میلی‌متر) به صورت شکل‌دار تا نیمه شکل‌دار و دارای ماکل‌های نواری و آلبیت-کارلسباد می‌باشد (شکل b ۵). پلاژیوکلازها گاه دارای منطقه بندی بوده به درجات متفاوتی متحمل دگرسانی سریسیتی و سوسوریتی (اپیدوت، آلبیت، کلسیت، کلریت و اکتینولیت) شده‌اند (شکل c ۵). فنوکریست‌های کلینوپیروکسن به صورت بلورهای بی‌شکل تا نیمه شکل‌دار دارای حاشیه‌ی واکنشی هستند و به کانی‌های ترمولیت-اکتینولیت، اپک و کلریت دگرسان شده‌اند (شکل d ۵). در بعضی از فنوکریست‌های کلینوپیروکسن، خوردگی‌هایی دیده می‌شود که بافت غربالی را به وجود آورده است.



شکل ۵: تصاویر میکروسکوپی گابروهای ملانژ افیولیتی دالامپر. (a) پلاژیوکلاز در کنار کلینوپیروکسن و کانی‌های اپک و ایجاد بافت گرانولار؛ (b) درشت بلورهای پلاژیوکلاز دارای ماکل پلی سنتتیک در کنار پیروکسن‌های دگرسان به اکتینولیت و کانی‌های اپک؛ (c) دگرسانی سرسیتی در بلورهای پلاژیوکلاز؛ (d) بلورهای پیروکسن تجزیه شده به اکتینولیت همراه با پلاژیوکلاز دارای ماکل نواری.

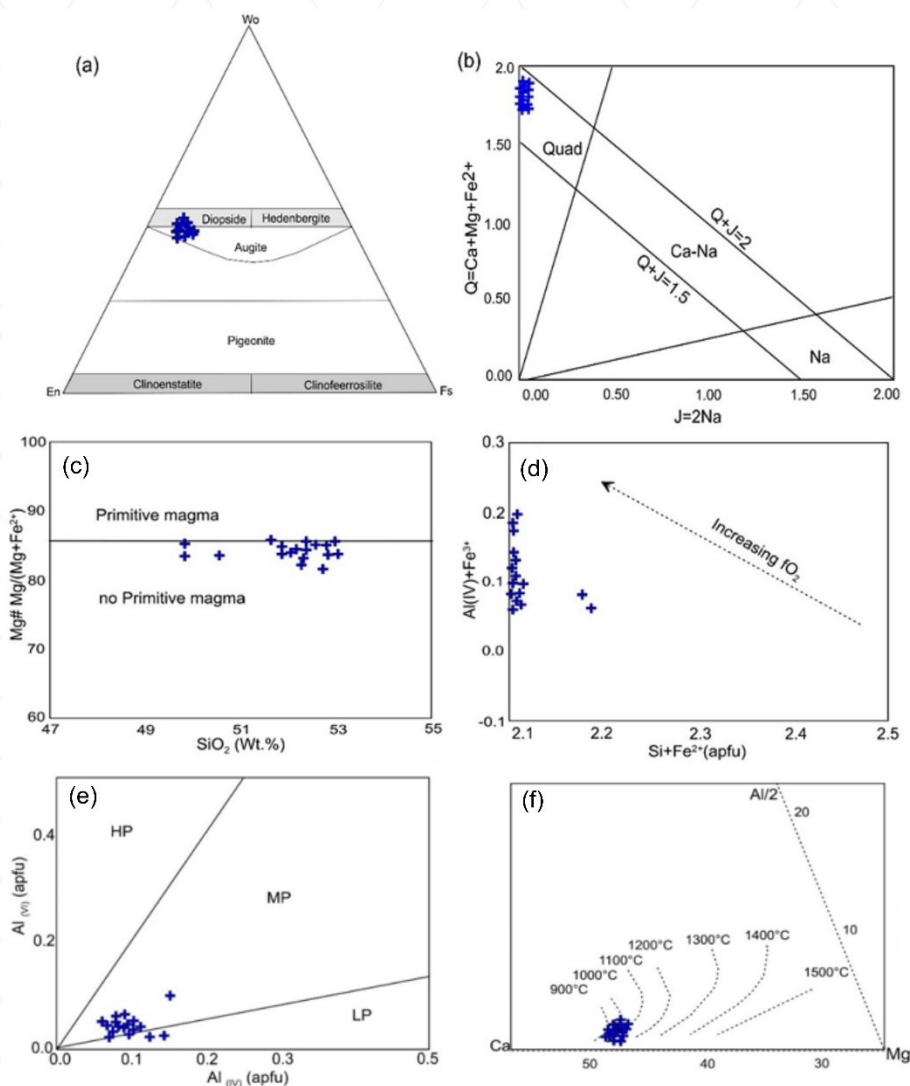
۳-۲. شیمی کانی

کلینوپیروکسن

نتایج آنالیز شیمی کانی کلینوپیروکسن در (جدول ۱) ارائه شده است. در کلینوپیروکسن میزان TiO_2 تمرکز بالایی نداشته و حدود ۰/۲ تا ۰/۹۵ درصد وزنی است. Na_2O هم از ۰/۴ درصد وزنی فراتر نمی رود. Al_2O_3 و Cr_2O_3 به ترتیب تمرکزی در حدود ۲/۱۵ تا ۴/۶ و ۰/۱۵ تا ۰/۸۶ درصد وزنی دارند که مقادیر نسبتاً بالایی محسوب می شوند. کلینوپیروکسن‌های مورد بررسی در نمودار مثلثی Wo-En-Fs (شکل a ۶) در گستره دیوپسید قرار می گیرند و نسبت سه سازنده ولاستونیتی، انستاتیتی و فروسیلیتی به ترتیب $Wo_{45.35-48.09}En_{48.07-50.61}Fs_{3.69-4.08}$ درصد است. در نمودار تغییرات Q در برابر J (Morimoto, 1988) هم از نوع پیروکسن‌های آهن-کلسیم-منیزیم دار می باشند (شکل b ۶). برای تعیین اولیه یا تحولی بودن ماگمای تشکیل دهنده کلینوپیروکسن‌ها از نمودار تغییرات میزان سیلیس در برابر عدد منیزیم (Vaca, 2012) استفاده شد (شکل c ۶)، در این نمودار نمونه‌های مورد مطالعه در زیر خط جدا کننده انواع ماگما قرار می گیرند، این موضوع نشان دهنده اولیه نبودن ماگمای تشکیل دهنده سنگ میزبان است. کلینوپیروکسن‌ها در نمودار تغییرات $Si^{4+}+Fe^{2+}$ در مقابل $Fe^{3+}+Al(IV)$ شیب منفی نشان می دهند، چنین روندی نشانگر فوگاسیته بالای اکسیژن در زمان شکل گیری این کانی هاست (شکل d ۶). وس (Wass, 1979) پیشنهاد کرد که $Al(VI)/Al(IV)$ پیروکسن‌ها می تواند برای تعیین فشار تبلور مورد استفاده قرار گیرد. در نمودار $Al(VI)/Al(IV)$ ملاحظه می شود، نمونه‌ها در منطقه فشار پایین تا متوسط قرار می گیرند (شکل e ۶). برای تعیین میزان دمای تشکیل این کانی‌ها نیز از نمودار مثلثی Ca-Al-Mg استفاده شد (Nickel et al., 1985) و تمامی پیروکسن‌های مورد بحث در محدوده دمایی ۹۰۰ تا ۱۱۰۰ درجه سانتی گراد جای گرفتند (شکل f ۶).

۴- نتیجه‌گیری

در آمیزه رنگی دالامپر مجموعه‌ای از سنگ‌های الترامافیک سرپانتینیتی شده (هارزبورژیت) و توده‌های کوچکی از دونیت با ساختار ورقه‌ای، انواع مختلف گابرو، بازالت، دیوریت، دیاباز، توف‌های آتشفشانی، شیل، چرت‌های رادیولاریت دار و سنگ آهک پلاژیک گلوبوترونکانایی آمیزه افیولیتی منطقه را تشکیل می‌دهند. در نقاط مختلف دایک و توده‌های مافیک از جنس گابرو، دیوریت و گرانیت به فراوانی در ملانژ افیولیتی دیده شده و در آن نفوذ نموده اند. بررسی شیمی کانی‌ها نشان می دهد که ترکیب کلینوپیروکسن‌ها از نوع دیوپسید-اوزیتی می باشد. پلاژیوکلازها نیز در محدوده آلبیت تا آندزین قرار می گیرند. ترمومتری بر اساس روش‌های مختلف، دامنه حرارتی تبلور توده‌ها و دایک‌های گابرویی را از ۹۰۰ تا ۱۱۰ درجه سانتی گراد و فشار جایگیری آن را ۳ تا ۵ کیلوبار در یک محیط با فوگاسیته بالای اکسیژن نشان می دهند.



شکل ۶- نمودارهای رده بندی پیروکسن ها در گابروها، (a) نمودار مثلثی Wo-En-Fs (Morimoto, 1989)، (b) نمودار Q-J (Morimoto, 1989)، (c) نمودار تغییرات سیلیس در برابر عدد منیزیم (Vaca, 2012)، (d) نمودار تغییرات $Si^{4+}+Fe^{2+}$ در مقابل $Fe^{3+}+Al(IV)$ (et al., 1988)، (e) نمودار توزیع آلومینیوم در موقعیت چهار وجهی و هشت وجهی (Schweitzer et al., 1979)، (f) نمودار سه تایی Ca-Al-Mg (Nickel et al., 1985).

۵- مراجع

- Alavi, M. (1994) Tectonics of the Zagros orogenic belt of Iran: New data and interpretations. *Tectonophysics* 229,211-238.
- Ao, S., Mao, Q., Khalatbari-Jafari, M., Windley, B.F., Song, D., Zhang, Z., Zhang, J., Wan, B., Han, C. and Xiao, W., 2020. U-Pb age, Hf-O isotopes, and geochemistry of the Sardasht ophiolite in the NW Zagros orogen: Implications for the tectonic evolution of Neo-Tethys. *Geological Journal* 56, 1315-1329.

- Azizi, H., Lucci, F., Stern, R. J., Hasannejad, S., Asahara, Y., 2018. The Late Jurassic Panjeh submarine volcano in the northern Sanandaj-Sirjan Zone, Northwest Iran: Mantle plume or active margin? *Lithos* 308, 364-380.
- Hajmolla Ali, E., Shahrabi, M., Tahooneh, M., Shokri, S., 2006. *Silvana*, geological quadrangle map, 1:100000 scale. Geological Survey of Iran.
- Morimoto, N. (1988) Nomenclature of pyroxenes. *Mineralogy and Petrology* 39,55-76.
- Vaca, S., 2012. Variability in the Nicola/Takla Group basalts and implications for alkalic Cu-Au porphyry prospectivity in the Quesnel terrane, British Columbia, Canada.
- Wass, S.Y. (1979) Multiple origins of clinopyroxenes in alkali basaltic rocks. *Lithos* 12, 115-132.
- Nickel, K.G., Brey, G.P. and Kogarko, L. (1985) Orthopyroxene-clinopyroxene equilibria in the system CaO-MgO-Al₂O₃-SiO₂ (CMAS): new experimental results and implications for two-pyroxene thermometry. *Contributions to Mineralogy and Petrology* 91(1), 44-53.
- Shafaii Moghadam, H., and Stern, R.J. (2011) Geo-dynamic evolution of late Cretaceous Zagros ophiolites: Formation of Oceanic Lithosphere above a Nascent Subduction Zone. *Geological Magazine*, 148, 762-801.