



پتروگرافی، ژئوشیمی و کانه‌زایی ورمیکولیت در توده‌های اولترامافیک محمدآباد (شهرستان هوراند، استان آذربایجان شرقی)

ساعد صباغی^{۱*}، محمدرضا حسین زاده^۲، وارطان سیمونز^۳

۱- دانش آموخته گروه علوم زمین، دانشکده علوم طبیعی، دانشگاه تبریز (sabaghi474@gmail.com)

۲- استاد گروه علوم زمین، دانشکده علوم طبیعی، دانشگاه تبریز

۳- دانشیار گروه علوم زمین، دانشکده علوم طبیعی، دانشگاه تبریز

چکیده

سرزمین ایران توسط Stockline (1968) به چند واحد ساختمانی تقسیم شده است که محدوده مورد مطالعه واقع در استان آذربایجان شرقی، جزو ایران مرکزی محسوب می‌شود. توده‌های پیروکسنیتی قدیمی‌ترین واحدهای سنگی منطقه محسوب می‌شوند، که حاوی کانه‌زایی ورمیکولیت می‌باشند. جهت انجام این پژوهش تعدادی از نمونه‌های پیروکسنیت و ورمیکولیت به منظور مشخص شدن عناصر اصلی و کمیاب، تعیین رژیم تکتونیکی منطقه و سری ماگمایی مورد آنالیزهای ژئوشیمیایی قرار گرفتند. داده‌های آنالیز ژئوشیمیایی نشان می‌دهند که توده‌های نفوذی و همچنین نمونه‌های ورمیکولیت، دارای غنی شدگی شدیدی از LILE و آنومالی منفی از HFSE می‌باشند که از مشخصات ماگمای جزایر قوسی است. این محیط‌های تکتونیکی بیشتر توسط نمودارهای ژئوشیمیایی تایید می‌شود، جایی که نمونه‌های پیروکسنیت در محدوده جزایر قوسی قرار می‌گیرند.

کلیدواژه‌ها: پیروکسنیت، ورمیکولیت، LILE، HFSE، جزایر قوسی

Petrography, geochemistry and mineralization of vermiculite in ultramafic massifs of Mohammadabad (Horand city, East Azarbaijan province)

Saied sabbaghi^{1*}, Mohammedreza Hosseinzadeh², Vartan Simonds³

1- Graduated from the department of earth sciences, Faculty of natural sciences, Tabriz university

2- Professor, department of earth sciences, Faculty of natural sciences, Tabriz university

3- Associate Professor, department of earth sciences, Faculty of natural sciences, Tabriz university

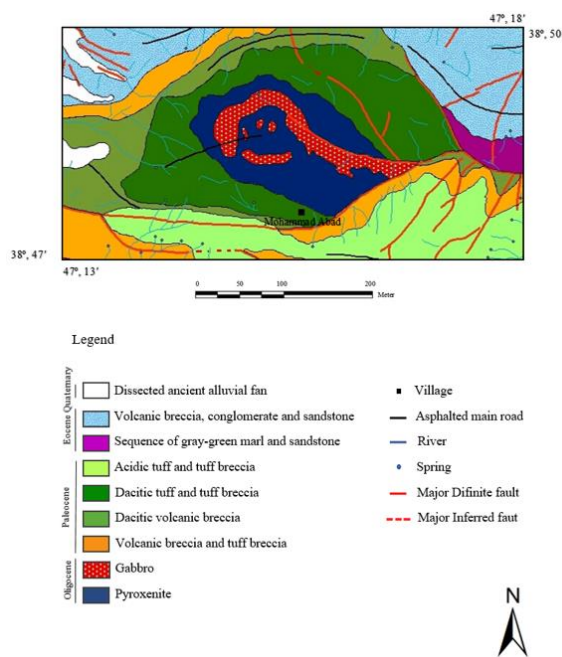
Abstract

As the territory of Iran is divided into several building units by stockline (1968), and the studied area located in East Azarbaijan province is considered as part of central Iran. Pyroxenite masses are the oldest rock units in the region, which contain vermiculite mineralization. In order to carry out this research, a number of pyroxenite and vermiculite samples were subjected to geochemical analysis in order to determine the main and rare elements, determine the tectonic regime of the region and the magmatic series. The data of geochemical analysis show that intrusive masses as well vermiculite samples have a strong enrichment of LILE and a negative anomaly of HFSE, which is a characteristic of arc islands magma. These tectonic setting are further confirmed by geochemical charts, where samples of pyroxenite are located within arc islands.

Keywords: Pyroxenite, Vermiculite, LILE, HFSE, Arc islands

۱- مقدمه

محدوده مورد مطالعه در شمال غرب ایران، ۷ کیلومتری جنوب غربی شهرستان هوراند در استان آذربایجان شرقی، بین طول‌های جغرافیایی ۱۳°، ۴۷° تا ۱۸°، ۴۷° شرقی و عرض‌های جغرافیایی ۳۸°، ۴۷' و ۳۸°، ۵۰' شمالی قرار دارد. این محدوده در زون‌بندی‌های زمین‌شناسی ایران بخشی از زون ایران مرکزی (Stockline, 1969) محسوب می‌شود. سنگ‌های نفوذی با ترکیب سینیت، گابرو و پیروکسنیت رخنمون‌های بارز و مهم محدوده محسوب می‌شوند. سن این توده‌های نفوذی در نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ (مهر پرتو و خان ناظر، ۱۳۷۸) الیگوسن معرفی شده است (شکل ۱). یکی از ایراداتی که به این نقشه وارد می‌شود، عدم تفکیک توده نفوذی اولترامافیک نسبت به تشکیلات جوان‌تر میزبان می‌باشد. در نقشه فوق، به علت عدم مطالعات دقیق، توده‌های مافیک و اولترامافیک منطقه به عنوان توده‌های گرانیت، دیوریت، گرانودیوریت و بیوتیت دیوریت معرفی شده‌اند. توده‌های اولترامافیک پیروکسنیتی، قدیمی‌ترین رخنمون‌های منطقه محسوب می‌شوند که حاوی کانه‌زایی ورمیکولیت می‌باشند.



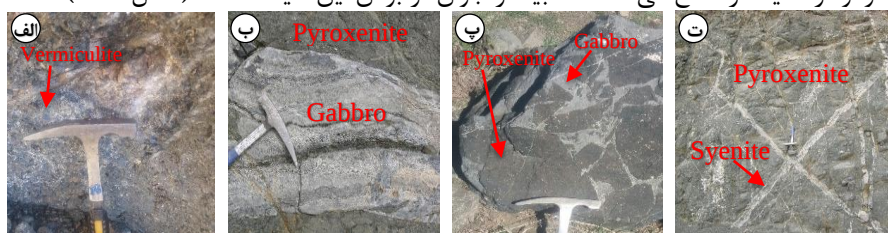
شکل ۱- نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ محمدآباد، برگرفته از نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ (مهر پرتو و خان ناظر، ۱۳۷۸) با اندکی تغییرات

۲- مواد و روش‌ها

به منظور مطالعات صحرایی و نمونه برداری، از منطقه مورد مطالعه بازدید میدانی به عمل آمد و اقدام به جمع‌آوری سالم‌ترین نمونه‌های سنگ و کانی ورمیکولیت گردید. از ۲۰ نمونه سنگ، مقطع نازک و صیقلی جهت مطالعات میکروسکوپی و پتروگرافی تهیه گردید. همچنین تعداد ۶ نمونه سنگ و ۵ نمونه کانی ورمیکولیت به منظور مشخص شدن عناصر اصلی و کمپایب، تعیین رژیم تکتونیکی منطقه و سری ماگمایی مورد آنالیزهای ژئوشیمیایی قرار گرفتند. در این نوشتار تلاش شده است تا با استفاده از آنالیزهای ICP-MS و XRF به بررسی ویژگی‌های ژئوشیمیایی توده‌های نفوذی مورد مطالعه پرداخته و محیط تکتونیکی همخوان با داده‌های ژئوشیمیایی ارائه گردد.

زمین‌شناسی منطقه

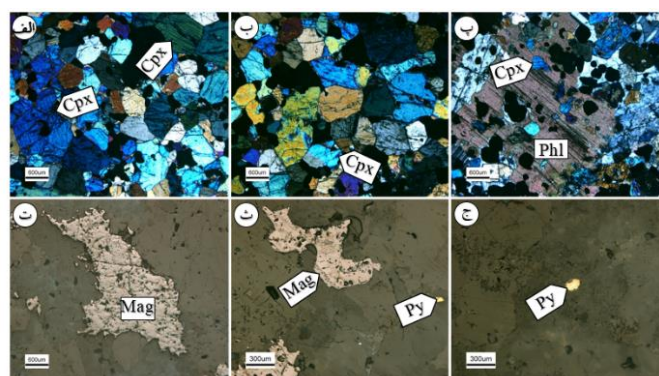
مجموعه پلوتونیک مورد مطالعه، در بخش جنوب غربی شهرستان هوراند و در اطراف روستاهای تازه کند-محمدآباد رخنمون یافته است. توده‌های پیروکسنیتی قدیمی‌ترین واحدهای سنگی منطقه محسوب می‌شوند که حاوی کانه‌زایی ورمیکولیت می‌باشند (شکل ۲-الف). با توجه به این که دایک‌های گابرویی، توده‌های اولترامافیک را قطع می‌کند می‌توان نتیجه گرفت که این دایک‌ها در مقایسه با توده‌های پیروکسنیتی جوان تر می‌باشند (شکل ۲-ب). همچنین زینولیت‌هایی از سنگ‌های اولترامافیک در داخل توده مافیک قابل مشاهده هستند (شکل ۲-پ). دایک‌های سینیتی و نفلین سینیتی موجود در منطقه، توده‌های مافیک و اولترامافیک را قطع می‌کنند که بیانگر جوان تر بودن این دایک‌هاست (شکل ۲-ت).



شکل ۲. الف) تصویر ورمیکولیت‌های محمدآباد درون توده‌های پیروکسنیتی، ب) دایک‌های گابرویی درون توده‌های پیروکسنیتی، پ) تصویر زینولیت‌های پیروکسنیت در گابرو، ت) دایک‌های سینیتی در توده‌های پیروکسنیتی

پetroگرافی توده‌های پیروکسنیتی

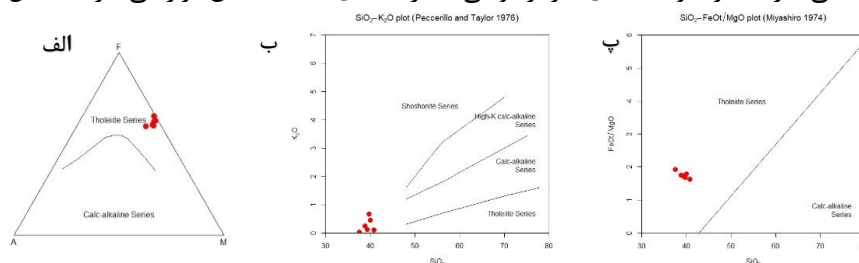
پیروکسنیت عمده‌ترین سنگ‌های اولترامافیک منطقه را تشکیل می‌دهد. بافت پیروکسنیت‌ها غالباً از نوع گرانولار و در مواردی پورفیری گرانولار می‌باشد. کلینوپیروکسن که از دیوپسید غنی بوده، ۸۰-۵۰ درصد متن سنگ را تشکیل می‌دهد و عمدتاً به صورت شکل‌دار و نیمه شکل‌دار دیده می‌شوند (شکل ۳-الف و ب). کانی‌های تیره که بیشتر از نوع مگنتیت و به مقدار کمتر پیریت هستند، ۷ تا ۱۰ درصد این سنگ‌ها را تشکیل می‌دهند و به صورت بی‌شکل تا نیمه شکل‌دار در زمینه‌ی سنگ و همچنین بر روی فنوکریست‌ها مشاهده می‌شوند (شکل ۳-ت، ث و ج). میکا در این پیروکسنیت‌ها بیشتر از نوع فلوگوپیت می‌باشد که به مقدار فرعی ۲ تا ۱۰ درصد در این سنگ‌ها حضور دارند (شکل ۳-پ).



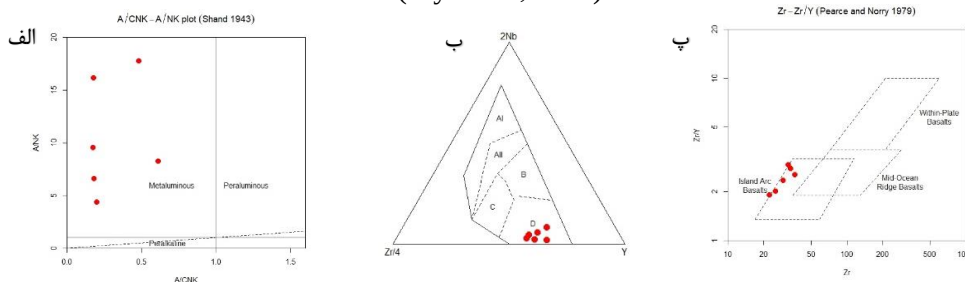
شکل ۳. تصاویر میکروسکوپی توده‌های پیروکسنیتی الف و ب) تجمع بلورهای کلینوپیروکسن و ایجاد بافت گرانولار در پیروکسنیت (XPL) پ) بافت پی‌کیلیتیک در پیروکسنیت که در آن کلینوپیروکسن و کانی‌های تیره در داخل بلورهای درشت فلوگوپیت قابل مشاهده هستند (XPL) ت) بلور درشت مگنتیت (PPL) ث) بلورهای مگنتیت با بافت ته‌نشینی و بلورهای پیریت با بافت افشان در پیروکسنیت (PPL) ج) بلور پیریت با بافت افشان (PPL).

ژئوشیمی توده‌های پیروکسنیتی

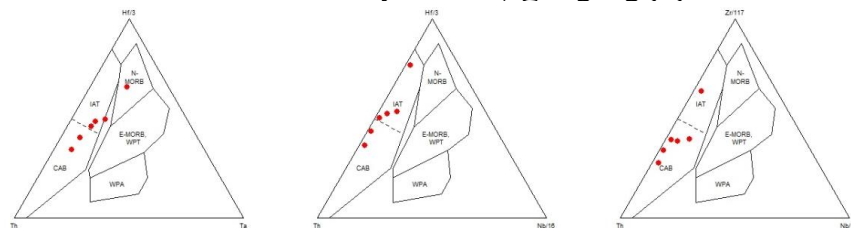
جهت تعیین ماهیت ماگمای مادر توده‌های پیروکسنیتی، از نمودارهای (Irvine and Baragar, 1971)، (Piccerillo and Taylor, 1976) و (Miyashiro, 1974) استفاده شده است. مطابق با این ۳ دیاگرام، توده‌های پیروکسنیتی در گستره سری تولیتی قرار می‌گیرند (شکل ۴). برای سنجش درجه اشباع شدگی توده‌های نفوذی مورد بررسی از آلومینیوم، از نمودار A/NK در برابر A/CNK (Shand, 1943) استفاده شده است. بر پایه این نمودار، تمام توده‌های پیروکسنیتی مورد بررسی در گستره متاآلومینه قرار می‌گیرند (شکل ۵-الف). جهت تعیین محیط تکتونیکی نمونه‌های مورد مطالعه، از نمودارهای تفکیک محیط تکتونیکی استفاده شده است. بر اساس دیاگرام Zr/4-2Nb-Y (Meschede, 1986)، توده‌های پیروکسنیتی در محدوده قوس آتشفشانی قرار می‌گیرند (شکل ۵-ب). همچنین مطابق با نمودار Zr-Zr/Y (Pearce and Norry, 1979)، توده‌های پیروکسنیتی در گستره بازالت‌های جزایر قوسی جای می‌گیرند (شکل ۵-پ). بر اساس نمودار (Wood, 1980) توده‌های پیروکسنیتی، در گستره تولیت‌های جزایر قوسی تا بازالت‌های کالک آلکالن قرار می‌گیرند (شکل ۶).



شکل ۴. الف) نمودار مثلی AFM (Irvine And Baragar 1971) جهت تفکیک سری‌های تولیتی از کالک آلکالن (ب) نمودار K_2O در برابر SiO_2 (Peccerillo And Taylor, 1976) برای تعیین سری ماگمایی (پ) FeO/MgO در برابر SiO_2 (Miyashiro, 1974)

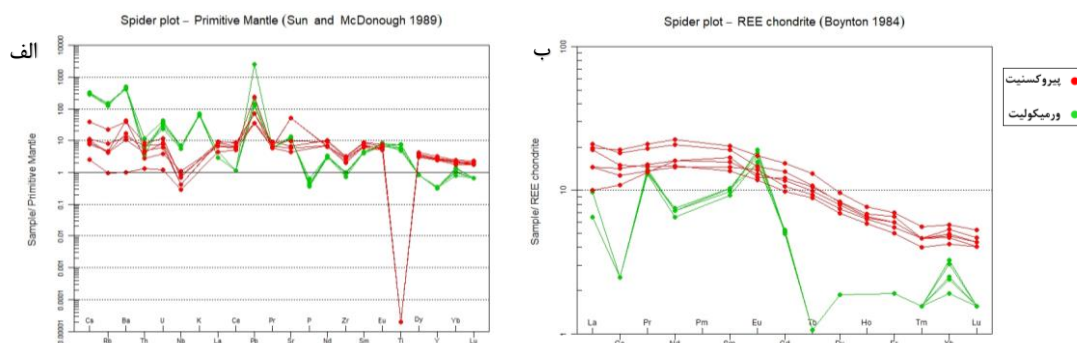


شکل ۵. الف) دیاگرام A/CNK در برابر A/NK (Shand, 1943)، (ب) تعیین محیط تکتونیکی نمونه‌های مورد بررسی بر روی نمودارهای تفکیک محیط تکتونیکی (Meschede, 1986) Al معرف بازالت‌های قلیایی داخل قاره‌ای، All تولیت و بازالت‌های قلیایی داخل قاره‌ای، B بازالت‌های پشته اقیانوسی غنی شده، C بازالت قوس آتشفشانی و تولیت داخل قاره، D بازالت پشته اقیانوسی نرمال و قوس آتشفشانی (پ) (Pearce and Norry, 1979)



شکل ۶- تعیین محیط تکتونیکی نمونه‌های مورد بررسی بر روی نمودارهای تفکیک محیط تکتونیکی (Wood, 1980)

برای تعیین و تشخیص محیط زمین ساختمانی ماگمای سازنده توده‌های نفوذی مورد بررسی، فراوانی عناصر کمیاب نمونه‌های مورد مطالعه بر روی نمودار عنکبوتی به هنجار شده با گوشته اولیه (Sun And McDonough, 1989) و کندریت (Boynton, 1984) بررسی می‌شود (شکل ۷). غنی‌شدگی توده‌های پیروکسنیتی و نمونه‌های ورمیکولیت از LILE (مانند Ba و Rb) و تهی‌شدگی اندک از HFSE نشان‌دهنده مشارکت مولفه‌های فروران‌شان است (Zhang, 2016). غنی‌شدگی از Th و تهی‌شدگی از Nb که در برخی از نمونه‌های پیروکسنیتی دیده می‌شود ویژگی سنگ‌های اولترامافیک پدید آمده در پهنه‌های وابسته به فروران‌شان به شمار می‌رود (Tanirli, 2016). تهی‌شدگی از Nb و Zr و غنی‌شدگی از U نشان از ذوب بخشی ماگمای سازنده این سنگ‌ها از گوه گوشته‌ای دارد که تحت تأثیر مقادیر متفاوتی از سیال‌های برخاسته از صفحه فرورونده و درجات متفاوت ذوب بخشی، غنی‌شدگی متفاوتی نشان می‌دهند (Tian, 2008). آنومالی مثبت مشاهده شده Ba و Rb در نمونه‌های ورمیکولیت، مربوط به جانشینی این عناصر بجای پتاسیم در ساختار فلوگوپیت می‌باشد. همچنین بر اساس آنومالی مشاهده شده در (شکل ۷-ب)، نمونه‌های ورمیکولیت تهی‌شدگی از عناصر نادر خاکی در مقایسه با توده‌های اولترامافیک منطقه نشان می‌دهند، که علت این امر جایگزینی عناصر نادر خاکی در ساختمان کانی‌های کلینوپیروکسن موجود در توده‌های پیروکسنیتی می‌باشد. در مورد توده‌های نفوذی مورد بررسی می‌توان گفت که غنی‌شدگی از LREE نسبت به HREE در الگوی بهنجار شده به کندریت دیده می‌شود (شکل ۷-ب). تفریق شدید LREE در برابر HREE می‌تواند بواسطه حضور گارنت در ترکیب منشأ باشد. همچنین روند غنی‌شدگی LREE نسبت به HREE در سنگ‌های مورد بررسی، می‌تواند به علت حضور کانی‌های فرعی همچون آپاتیت و اسفن (که غنی از REE هستند) و یا ماگمای تشکیل شده در پهنه فروران‌شان باشد (Rollinson, 1993).



شکل ۷. نمودار عنکبوتی عناصر فرعی و کمیاب توده‌های نفوذی مورد بررسی (الف) به هنجار شده با گوشته اولیه (Sun And McDonough, 1989) (ب) بهنجار شده کندریت (Boynton, 1984)

۴- نتیجه‌گیری

باتوجه به تفسیر داده‌های ژئوشیمیایی، توده‌های نفوذی مورد بررسی از نظر سرشت ماگمایی در گستره تولیتی قرار می‌گیرند. نتایج حاصل از تفسیر نمودار عنکبوتی که در آن عناصر کمیاب با گوشته اولیه و کندریت بهنجار شده‌اند، غنی‌شدگی LILE و تهی‌شدگی HFSE مشاهده می‌شود که بیانگر ماگماتیسم مرتبط با فروران‌شان است. از نظر محیط تکتونیکی نیز این سنگ‌ها مرتبط با محیط‌های فروران‌شان بوده و در حوزه بازالت‌های جزایر قوسی قرار می‌گیرند.



۵- منابع

مهرپرتو، م.، خان ناظر، ح.، ۱۳۷۸. نقشه زمین شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰۰ کلبر، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور، تهران.

Boynton, W.V., 1984. Geochemistry of the rare earth elements: meteorite studies. In: Henderson P (eds.), Rare earth element geochemistry, Elsevier, New York 63-114 pp.

Irvine, T.N. And Baragar, W.R.A., 1971. A guide to the chemical classification of the common volcanic rocks. Canadian Journal of Earth Science 8, 523-548.

Meschede, M., 1986. A method of discriminating between different types of mid-ocean ridge basalts and continental tholeiites with the Nb-Zr-Y diagram, Chemical Geology 56, 207-218.

Myashiro, A., 1974. Volcanic rock series in island arcs and active continental margins. American Journal of Science 274, 321-355.

Pearce, J.A. and Norry, M.J., 1979. Petrogenetic implications of Ti, Zr, Y and Nb variations in volcanic rocks, Contribution Mineralogy and Petrology 69, 33-47.

Peccerillo, A. And Taylor, S.R., 1976. Geochemistry of Eocene calc-alkaline volcanic rocks from the Kastamonu area, Northern Turkey. Contribution to Mineralogy and Petrology 58, 63-81.

Rollinson, H., 1993. Using geochemical data: evaluation, presentation, interpretation, Longman Scientific and Technical, 352pp.

Stocklin, J., 1968. Structural history and tectonics of Iran: A review American Associations of Petroleum Geologists Bulletin 57, 1229-1258.

Shand, S.J., 1943. Eruptive Rocks Their Genesis, Composition, Classification and Their Relation to Ore Deposits With a Chapter on Meteorite. New York John Wiley and Sons 444 pp.

Sun, S.S., McDonough, W.F., 1989. Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: implications for mantle compositions and processes. In: Saunders, A.D. and Noore, M.J., (eds.), Magmatism in ocean basins. Geological Society Special Publication 42, 313-345.

Tanirli, M. and Rizaoglu, T., 2016. Whole-rock and mineral chemistry of mafic cumulates from the low-Ti ophiolite in the Southern part of Kahramanmaraş Turkey, Russian Geology and Geophysics 57, 1398-1418.

Tian, L., Castillo, P.R., Hawkins, J.W., Hilton, D.R., Hanan, B.B. and Piatruszka, A.J., 2008. Major and trace element and Sr-Nd isotope signatures of lavas from the Central Lau Basin: Implications for the nature and influence of subduction components in the back-arc mantle, Journal of Volcanology and Geothermal Research 178, 657-670.

Wood, D.A., 1980. The application of a Th-Hf-Ta diagram to problems of tectonomagmatic classification and to establishing the nature of crustal contamination of basaltic lavas of the British Tertiary volcanic Province. Earth and Planetary Science Letters 50, 11-30.

Zhang, C., Liu, C.Z., Wu, F.Y., Zhang, L.L. and Ji, W.Q., 2016. Geochemistry and geochronology of mafic rocks from the Luobusa ophiolite, South Tibet, Lithos 245, 93-108.