

معرفی کانی‌شناسی واحدهای لامپروفیری - کربناتیتی شاهکوه، استان گلستان

هادی عمرانی^{۱*}، مارتین تیمرمن^۲، ماسافومی سودو^۲، کریستینا گونتر^۲، عزیز رحیمی^۱، مهرداد مقصودلو^۱

۱- گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه گلستان

۲- دانشکده علوم زمین، دانشگاه پتسدام، آلمان

پست الکترونیکی نویسنده مسئول:

* h.omrani@gu.ac.ir

چکیده

سیل‌های لامپروفیری-کربناتیتی شاهکوه در استان گلستان در درون لایه‌های مارنی و کربناتی سازند شمشک با سن ژوراسیک جایگیری کرده‌اند. از نظر پتروگرافی، این سیل‌ها شامل اولیوین، بیوتیت، فلدسپات آلکالن، کانی‌های کربناتی، \pm پیروکسن، اسپینل، پیریت، آنالسیم و کلریت هستند. کانی‌های بیوتیت معمولاً منطقه‌بندی به‌سوی حاشیه را نشان می‌دهند که بیانگر تحول ترکیبی ماگما یا فرآیندهای بعد از حادثه ماگمایی است. شواهد صحرایی حاکی از آن است که ماگمای مادر به احتمال زیاد از نوع سنانائیتی (لامپروفیر آلکالن) بوده است. برهم‌کنش این ماگما با سنگ‌های میزبان مارنی، شیلی و کربناتی موجب غنی‌شدگی کربناتی و شکل‌گیری توده‌های کربناتیتی در محدوده مورد مطالعه شده است. با توجه به اینکه این توده‌ها در سنگ‌های ژوراسیک نفوذ کرده‌اند، سن جایگیری آن‌ها به احتمال زیاد به فعالیت‌های ماگمایی کرتاسه یا جوان‌تر مربوط می‌شود. فعالیت ماگمایی کرتاسه در امتداد کوه‌های البرز از غرب به شرق گزارش شده است.

کلیدواژه‌ها: سیل لامپروفیری-کربناتیتی، کانی‌شناسی، شاهکوه

Introduction of the Shahkuh lamprophyric/carbonatitic units, Golestan Province

Hadi Omrani^{*1}, Martin Timmerman², Masafumi Sudo², Christina Günter², Aziz Rahimi¹, Mehrdad Maghsudlu¹

¹ Department of Geology, Faculty of Science, Golestan University

² Institute of Geosciences, Golm, University of Potsdam, Germany

Abstract

The Shahkuh lamprophyric - carbonatitic sills in Golestan Province are emplaced within the marly and carbonate strata of the Jurassic Shemshak Formation. Petrographically, these sills consist of olivine, biotite, alkali feldspar, carbonate minerals, \pm pyroxene, spinel, pyrite, analcime, and chlorite. Biotite crystals commonly exhibit rimward zoning, reflecting magmatic or late-stage compositional evolution. Field relationships suggest that the parental magma was most likely of sannaitic (alkaline lamprophyre) affinity. Interaction between this magma and the surrounding marly, shaly, and carbonate host rocks likely promoted carbonatitic enrichment and the formation of carbonatitic bodies in the study area. Considering that these intrusions cut Jurassic strata, their emplacement is plausibly related to Cretaceous or younger magmatic activity. Cretaceous magmatism has been widely documented along the Alborz Mountain belt from west to east.

Keywords: lamprophyric/carbonatitic sills, Mineralogy, Shahkuh

۱- مقدمه

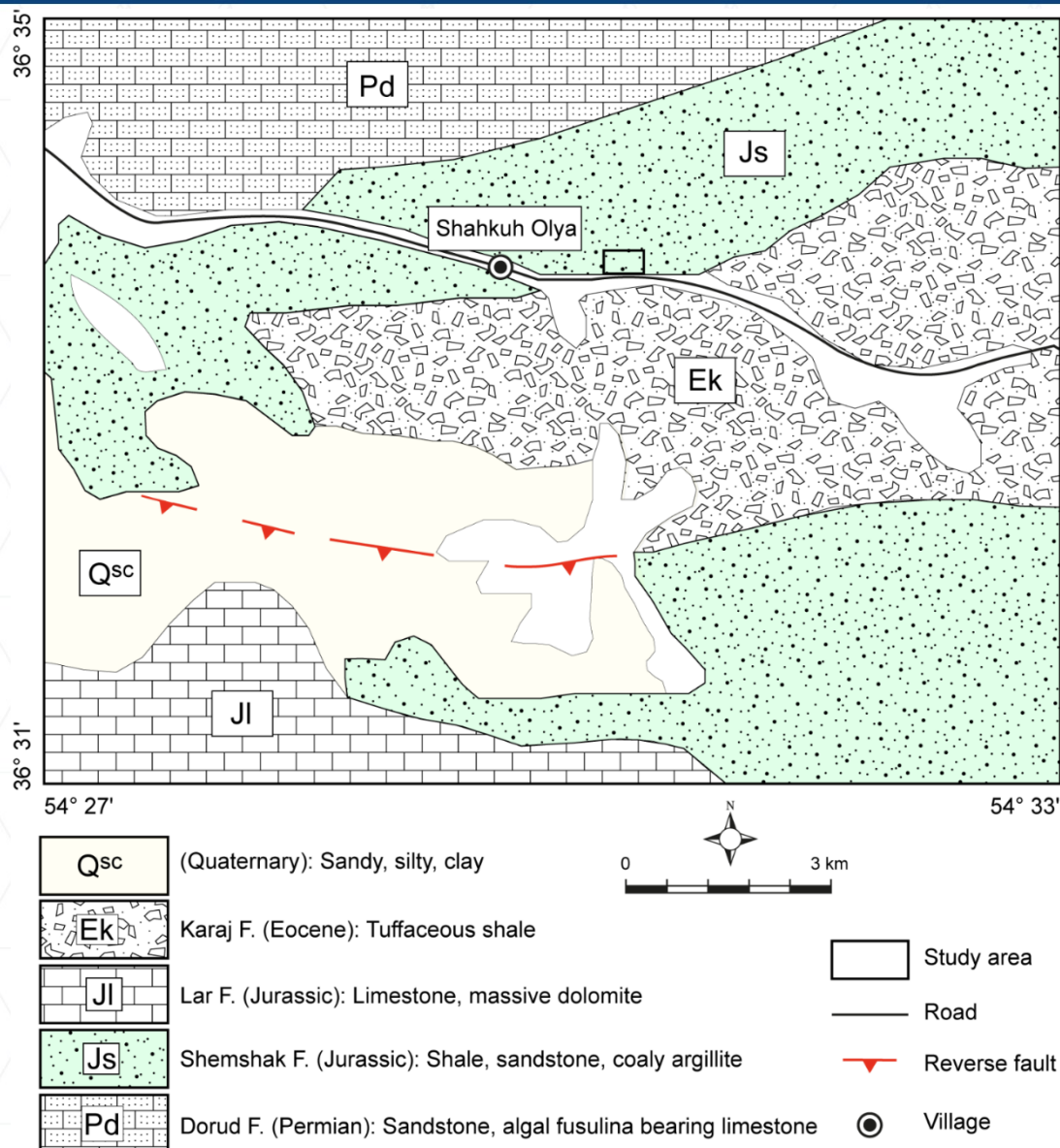
لامپروفیرها به‌عنوان یکی از شاخص‌ترین فرآورده‌های ماگماتیسیم گوشته‌ای غنی‌شده، نقش مهمی در بازسازی فرایندهای ژئودینامیکی کمربندهای کوهزایی ایفا می‌کنند. در پهنه آلپ-همالیا، این سنگ‌ها اطلاعات ارزشمندی درباره ماهیت متاسوماتیسیم گوشته، برهم‌کنش سیالات وابسته به فروران و تحول ماگماتیسیم پسابرخوردی فراهم می‌سازند. داده‌های ژئوشیمی عناصر کمیاب و ایزوتوپ‌های رادیوژنیک نشان می‌دهد که منبع گوشته‌ای لامپروفیرهای کوهزایی اغلب پیش از ذوب‌بخشی نهایی، تحت تأثیر سیالات و مذاب‌های مشتق از صفحه فرورونده دچار غنی‌شدگی شده است؛ پدیده‌ای که می‌تواند در بازه زمانی نسبتاً کوتاهی پیش از صعود ماگما رخ دهد (عبدالقدیل و همکاران، ۲۰۱۳؛ کونتیسلی و همکاران، ۲۰۱۵). از این منظر، لامپروئیت‌ها و لامپروفیرهای مرتبط با محیط‌های همگرای قاره‌ای ابزار مناسبی برای ردیابی ترکیب شیمیایی لیتوسفر فرورونده، چه در کوهزادهای جوان و چه در کمربندهای کهن، محسوب می‌شوند. از نظر رخساره‌شناسی، لامپروفیرها عمدتاً به‌صورت دایک و سیل در پوسته جایگزین می‌شوند و بافت غالب آن‌ها پورفیری است؛ به‌گونه‌ای که بلورهای نسبتاً درشت و اغلب خودشکل در زمینه‌ای ریزدانه تا میکروولیتی قرار گرفته‌اند. این ویژگی‌ها بازتاب تبلور سریع ماگماهای غنی از مواد فرار در سطوح بالایی پوسته و در شرایط کششی یا فروکش کردن تنش‌های تراکمی است (اشتوپا و همکاران، ۲۰۱۴). غنی‌شدگی از H_2O ، CO_2 و سایر اجزای فرار، سبب تبلور مجموعه‌ای متمایز از کانی‌های آبدار نظیر فلوگوپیت و آمفیبول (مانند پاراگازیت) در کنار فازهای بدون آب همچون اولیوین و کلینوپیروکسن می‌شود. این مجموعه‌های کانیاپی در بسیاری موارد تحت تأثیر فرآیندهای خودمتاسوماتیسیمی و دگرسانی‌های بعد از فرآیند ماگمایی قرار گرفته و بافت‌ها و ترکیب‌های ثانویه ویژه‌ای ایجاد می‌کنند (راک، ۱۹۹۱؛ میشل، ۲۰۲۱). از دیدگاه رده‌بندی، چارچوب نظام‌مند ارائه‌شده توسط International Union of Geological Sciences و کمیسیون فرعی رده‌بندی سنگ‌های آذرین، همچنان مبنای اصلی طبقه‌بندی این سنگ‌ها به‌شمار می‌رود. بر اساس این نظام، لامپروفیرها در سه گروه کالک‌آلکال، آلکال و ملیلیتی جای می‌گیرند (اشتریکایزن، ۱۹۷۹، لمایتز، ۱۹۸۹ و ۲۰۰۲، تپه و همکاران، ۲۰۰۵). تفکیک این گروه‌ها بر پایه ترکیب کانی‌شناسی، ویژگی‌های شیمیایی و جایگاه تکتونیکی صورت می‌گیرد. لامپروفیرهای کالک‌آلکال عمدتاً در محیط‌های وابسته به فروران تشکیل شده و شامل گونه‌هایی مانند مینت، کرسانتیت، اسپسارتیت و ووززیت هستند (راک، ۱۹۹۱). در مقابل، لامپروفیرهای آلکال بیشتر با مراحل آغازین ریفیتینگ یا محیط‌های پسابرخوردی مرتبط‌اند و انواعی نظیر کامپتونیت، مونشیکیت و سانائیت را در بر می‌گیرند (ساندرز و رومر، ۲۰۱۸). گروه ملیلیتی که غالباً معادل لامپروفیرهای اولترامافیک در نظر گرفته می‌شود، با محیط‌های کششی درون‌قاره‌ای پیوند دارد و سنگ‌هایی مانند آلنوئیت، آلیکیت و دامتجریت را شامل می‌شود (تپه و همکاران، ۲۰۰۵؛ میشل، ۲۰۲۱). تمایز لامپروفیرهای اولترامافیک از لامپروئیت‌های الیوین‌دار و کیمبرلیت‌ها عموماً بر پایه حضور کربنات‌های اولیه و کلینوپیروکسن انجام می‌شود؛ با این حال، در موارد پیچیده‌تر، ترکیب شیمیایی اسپینل، فلوگوپیت و کلینوپیروکسن معیار دقیق‌تری برای تفکیک آلیکیت، کیمبرلیت و اورانژیت فراهم می‌کند (دونگره و همکاران، ۲۰۲۰؛ کارگین و همکاران، ۲۰۲۱). از نظر ژنتیکی، کیمبرلیت‌ها و لامپروئیت‌ها با لامپروفیرها خویشاوندی داشته و همگی از منابع گوشته‌ای غنی‌شده و متاسوماتیزه منشأ می‌گیرند؛ به همین دلیل در برخی منابع تحت عنوان خانواده لامپروفیری معرفی شده‌اند (راک، ۱۹۹۱؛ میشل، ۲۰۲۱). در عمل، شناسایی و نام‌گذاری این سنگ‌ها بر اساس نوع و فراوانی مودال کانی‌های اصلی نظیر الیوین، پیروکسن، فلوگوپیت، فلدسپارها و فلدسپاتوئیدها، آمفیبول، کلسیت و اسپینل و نیز روابط بافتی آن‌ها انجام می‌شود (اشتوپا و همکاران، ۲۰۱۴). مطالعات اخیر نشان داده‌اند که رخداد آتشفشانی پتاسیک (به‌ویژه لامپروئیت‌ها) با نسبت بالای Th/La

می‌تواند با ملانژ رخساره شیبست آبی، به‌خصوص حضور لاوسونیت، ارتباط نزدیکی داشته باشد (وانگ و همکاران، ۲۰۲۱). لامپروفیرها اغلب حامل کانی‌های فرعی غنی از عناصر کمیاب و باارزش اقتصادی هستند. شواهد متعددی از ارتباط مستقیم و غیرمستقیم میان ماگماتیسم لامپروفیری و کانه‌زایی طلا، مس و عناصر نادر خاکی (REE) حکایت دارد (مولر و گروز، ۲۰۱۹). لامپروفیرها و کربناتیت‌ها اغلب در قالب یک طیف ماگمایی مشترک و منتسب به منابع گوشته‌ای غنی‌شده و متاسوماتیزه بررسی می‌شوند. شواهد ژئوشیمیایی و ایزوتوپی نشان می‌دهد که هر دو گروه سنگی می‌توانند از ذوب‌بخشی کم‌درجه گوشته لیتوسفیری غنی از دی اکسید کربن و عناصر ناسازگار منشأ گرفته باشند و در بسیاری از ایالت‌های آلکالن به‌صورت هم‌زاد یا هم‌رخداد ظاهر شوند (وولی و کجارسگارد، ۲۰۰۸؛ بل و سیمونتی، ۲۰۱۰). در برخی موارد، گذار تدریجی از لامپروفیرهای آلکالن به کربناتیت‌ها از طریق تفریق ماگمایی، عدم امتزاج سیال-مذاب (liquid immiscibility) یا جدایش کربناتی از مذاب سیلیکاته پیشنهاد شده است (میشل، ۲۰۰۵؛ بروکر و کجارسگارد، ۲۰۱۱). حضور دایک‌های لامپروفیری در مجاورت توده‌های کربناتیتی و شباهت در الگوهای عناصر کمیاب به‌ویژه غنی‌شدگی در LREE و عناصر بزرگ‌یون (LILE) مؤید خاستگاه ژنتیکی مرتبط آن‌هاست. بر اساس طبقه‌بندی ارائه‌شده توسط International Union of Geological Sciences، کربناتیت‌ها سنگ‌های آذرینی هستند که بیش از ۵۰ درصد حجمی آن‌ها را کانی‌های کربناته اولیه و ماگمایی تشکیل می‌دهد (لمایتره، ۲۰۰۲). این سنگ‌ها از نظر ترکیب کانی‌شناسی و شیمیایی به سه گروه اصلی تقسیم می‌شوند: کلسیتی (سوویت ۳۴)، دولومیتی/آنکریتی (راهوجایت ۳۵) و فری کربناتیت‌ها که به‌ترتیب فراوانی با کلسیت، دولومیت-آنکریت و کربنات‌های آهن‌دار است (وولی و کمپ، ۱۹۸۹؛ میشل، ۲۰۰۵). برخی پژوهش‌ها همچنین ناتروکربناتیت‌های سدیم‌دار را به‌عنوان زیرگروهی ویژه معرفی کرده‌اند که نمونه شاخص آن در آتشفشان Oldoinyo Lengai تانزانیا گزارش شده است (کِلر و کرافت، ۱۹۹۰). از دیدگاه تکتونیکی، کربناتیت‌ها عمدتاً با ریف‌های درون‌قاره‌ای، استان‌های آلکالن و گاه محیط‌های پس‌برخوردی همراه‌اند و از نظر اقتصادی با تمرکز عناصر نادر خاکی (REE)، P، Nb و Sr اهمیت فراوان دارند (بل و سیمونتی، ۲۰۱۰؛ گودایناف و همکاران، ۲۰۲۱).

در استان گلستان و در محدوده شاهکوه، واحدهای لامپروفیری/کربناتیتی برونزد دارد که برای اولین بار در این همایش گزارش می‌شوند.

³⁴ Sövite

³⁵ Rauhaugite



شکل ۱: نقشه ساده شده زمین‌شناسی محدوده مورد مطالعه

۲- مواد و روش‌ها

منطقه شاهکوه در مرز استان گلستان و سمنان در ارتفاعات کوه‌های البرز واقع شده است. بنابراین قبل از نمونه برداری، به کمک GoogleEarth محدوده مورد مطالعه با دقت مورد بررسی قرار گرفت. سپس در طی بازدید میدانی، اقدام به نمونه برداری از واحدهای آذرین شد و حدود ۵۰ نمونه برداشت شد. در دانشگاه گلستان نمونه‌ها برش و مقاطع میکروسکوپی تهیه گردید. مقاطع مد نظر با استفاده از میکروسکوپ پلاریزان (Olympus) مقاطع میکروسکوپی در دو نور عبوری و انعکاسی مطالعه شدند.

۳- بحث

مطالعات میدانی

واحدهای لامپروفیری - کربناتیته شاهکوه به صورت سیل در منطقه مورد مطالعه برونزد دارند. این واحدهای آذرین در رسوبات مربوط به ژوراسیک و به موازات لایه بندی نفوذ کرده اند (شکل ۲).



شکل ۲: نمایی از سیل های لامپروفیری - کربناتیته شاهکوه

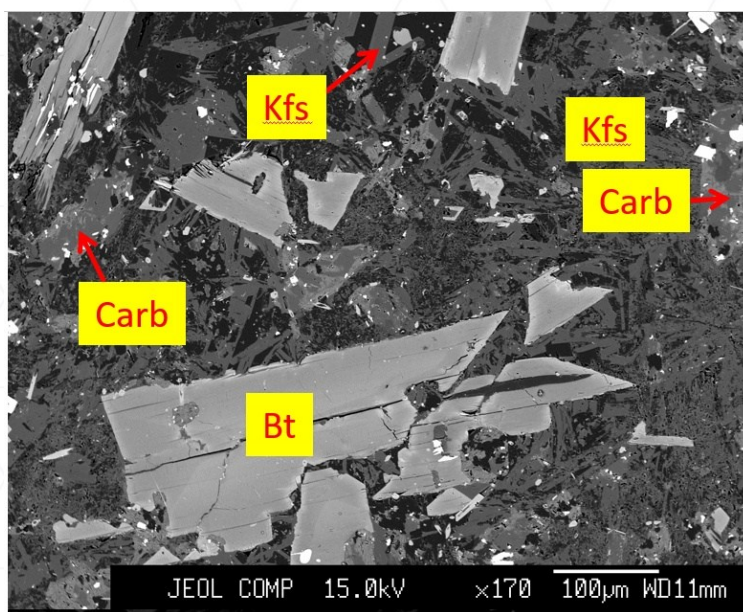


شکل ۳: نمایی نزدیک از سطح برونزد سیل های لامپروفیری - کربناتیته شاهکوه. کانی های تیر درشت، میکای تیره می باشد.

سنگ نگاری:

در مطالعات میکروسکوپی مشخص شد حدود نیمی از کانی های تشکیل دهنده نمونه های مورد مطالعه از نوع کربناتی می باشند و نیمی دیگر شامل اولیوین، کلینوپیروکسن، فلدسپار پتاسیم دار، بیوتیت، فلدسپاتوئید و اسپینل می باشد. کانی های بیوتیت درشت دانه (در اندازه ۱ تا ۲ سانتیمتر) و فراوان در نمونه های مورد مطالعه حضور دارد. در مطالعات میکروسکوپی

منطقه بندی در بیوتیت ها قابل مشاهده می باشد. اولیوین ها کاملاً از بین رفته و توسط کانی های کربناته جایگزین شده است ولی قالب آنها بر جای مانده است. این کانی (اولیوین) به صورت ادخال در بیوتیت ها و در زمینه دیده می شوند. کانی های کربناته خود دارای منطقه بندی و گاهی به صورت بیضوی شکل دیده می شوند. کانی های فلدسپات پتاسیم و فلدسپاتوئیدها دانه ریز و در بین کانی های دیگر قرار دارند. اسپینل و پیریت کانی فرعی نمونه های مورد مطالعه می باشد از حاشیه تجزیه شدگی به کانی های هماتیت را نشان می دهند. کانی های دیگری مانند آنالسیم و کلریت در نمونه های مورد مطالعه دیده می شوند که از تجزیه کانی های دیگر حاصل شده اند.



شکل ۴: تصویر بک اسکتر از نمونه لامپروفیر - کربناتیتهی شاهکوه. کانی های کربناتی (Carb)، بیوتیت (Bt) و فلدسپات آلکان (Kfs)

۴- نتیجه گیری

نتیجه گیری در این مطالعه به صورت کاملاً ابتدایی می باشد و برای تجزیه و تحلیل این واحدها نیاز به مطالعات بیشتر می باشد. با این وجود به صورت اولیه می توان نتیجه گرفت که لامپروفیر-کربناتیتهی شاهکوه به صورت سیل در درون سازند شمشک (ژوراسیک) نفوذ کرده است. می توان نتیجه گرفت که سن واحدهای آذرین می بایست جوانتر از ژوراسیک و احتمالاً کرتاسه باشد. این سنگ تقریباً از ۵۰ درصد کربنات (عمدتاً آنکرت) و کانی های سیلیکاته شامل بیوتیت، فلدسپار پتاسیم دار، الیوین دگرسان شده و کلینوپیروکسن تشکیل شده و همچنین حاوی پیریت و کانی های ثانویه ای نظیر کلریت و آنالسیم است. حضور الیوین همراه با کلینوپیروکسن، فلدسپار پتاسیم دار، بیوتیت، فلدسپاتوئید و کربنات نشان می دهد که ماگمای اولیه از نوع سانائیت (لامپروفیر آلکان) بوده است. آرایش ماگمای لامپروفیری سانائیتی با مارن و سنگ های کربناته واحد میزبان (ژوراسیک) موجب جاننشینی اولیوین توسط کربنات ها و تشکیل بیوتیت های جدید شده است. در این مرحله، فلدسپار یا فلدسپاتوئید نیز دچار دگرسانی و به آنالسیم تبدیل شده اند.

۵- مراجع

- Abdelfadil, K. M., Romer, R. L., Seifert, T., & Lobst, R. (2013). Calc-alkaline lamprophyres from Lusatia (Germany) evidence for a repeatedly enriched mantle source. *Chemical Geology*, 353, 230-245.
- Bell, K., & Simonetti, A. (2010). Source of parental melts to carbonatites-critical isotopic constraints. *Mineralogy and Petrology*, 98, 77-89.
- Brooker, R. A., & Kjarsgaard, B. A. (2011). Silicate–Carbonate Liquid Immiscibility and Phase Relations in the System $\text{SiO}_2\text{-Na}_2\text{O-Al}_2\text{O}_3\text{-CaO-CO}_2$ at 0.1-2.5 GPa with Applications to Carbonatite Genesis. *Journal of Petrology* 52, 1281-1305.
- Conticelli, S., Avanzinelli, R., Ammannati, E., & Casalini, M. (2015). The role of carbon from recycled sediments in the origin of ultrapotassic igneous rocks in the Central Mediterranean. *Lithos*, 232, 174-196.
- Dongre, A., Viljoen, K. S., Belyanin, G., Roux, P. L., & Malandkar, M. (2020). Petrogenesis of the diamondiferous Pipe-8 ultramafic intrusion from the Wajrakarur kimberlite field of southern India and its relation to the worldwide Mesoproterozoic (1.1 Ga) magmatism of kimberlite and related rocks. *Geoscience Frontiers*, 11, 793-805.
- Kargin, A. V., Nosova, A. A., Sazonova, L. V., Tretyachenko, V. V., Larionova, Y. O., & Kovalchuk, E. V. (2021). Ultramafic alkaline rocks of KepinoCluster, Arkhangelsk, Russia: Different evolution of Kimberlite Melts in sills and pipes. *Minerals*, 11, 540.
<https://doi.org/10.3390/min11050540>
- Keller, J., & Krafft, M. (1990). Effusive natrocarbonatite activity of Oldoinyo Lengai. *Bulletin of Volcanology*, 52, 629-645.
- Le Maitre, R. W. (Ed.). (2002). *Igneous Rocks: A Classification and Glossary of Terms (Recommendations of the IUGS Subcommittee on the Systematics of Igneous Rocks)* (2nd ed.). Cambridge: Cambridge University Press.
- Mitchell, R. H. (2005). Carbonatites and Carbonatites and Carbonatites. *Canadian Mineralogist*, 43, 2049-2068. <https://doi.org/10.2113/gscanmin.43.6.2049>
- Mitchell, R. H. (2021). *Kimberlites, Orangeites, and Related Rocks*. New York: Springer.
- Müller, D., & Groves, D. I. (2019). Potassic igneous rocks and their association with gold and copper mineralization. *Ore Geology Reviews*, 107, 1-28.
- Rock, N. M. S. (1991). *Lamprophyres*. Glasgow: Blackie & Son Ltd., PP. 285.

Sonders, C. G., & Romer, R. L. (2018). Post-collisional potassic ultrapotassic magmatism of the Variscan Orogen: Implications for mantle metasomatism during continental subduction. *Journal of Petrology* 59, 1007-1034.

Stoppa, F., Rukhlov, A. S., Schiazza, M., & Vichi, G. (2014). Lamprophyres of Italy: Early cretaceous alkaline lamprophyres of southern Tuscany, Italy. *Lithos*, 188, 97-112.

Streckeisen, A. (1979). Classification and nomenclature of volcanic rocks, lamprophyres, carbonatites and melilitic rocks. *Neues Jahrbuch für Mineralogie (Abhandlungen)* 134, 1-14.

Tappe, S., Foley, S. F., Jenner, G. A., Heaman, L. M., Kjarsgaard, B. A., Romer, R. L., Stracke, A., Jozce, N., & Hoefs, J. (2006). Genesis of ultramafic lamprophyres and carbonatites at Aillik Bay, Labrador: A consequence of incipient lithospheric thinning beneath the North Atlantic Craton. *Journal of Petrology*, 47, 1261-1315.

Wang, Y., Foley, S. F., Buhre, S., Soldner, J., & Xu, Y. (2021). Origin of potassic postcollisional volcanic rocks in young, shallow, blueschist rich lithosphere. *Science Advances*, 7, eabc029. <https://doi.org/10.1126/sciadv.abc0291>

Woolley, A. R., & Kempe, D. R. C. (1989). Carbonatites: nomenclature, average chemical compositions, and element distribution. In: Bell, K. (Ed.), *Carbonatites: Genesis and Evolution*. Unwin Hyman, 1-14.

Woolley, A. R., & Kjarsgaard, B. A. (2008). Carbonatite occurrences of the world: Map and database. *Geological Survey of Canada Open File*, 5796, 28. Natural Resources Canada. <https://doi.org/10.4095/225115>