

ترموبارومتری گارنت- بیوتیت و آمفیبول توده تونالیتی ده نو (شمال غرب مشهد)

ولی زاده، محمدولی^۱ - میرنژاد، حسن^۱ - کاواباتا، هیروشی^۲ صمدی، رامین^۱ -

^۱ دانشکده زمین شناسی، پردیس علوم، دانشگاه تهران

^۲ موسسه مطالعه تحولات کره زمین ژاپن

Ramin_samadi@geologist.com

چکیده

از سنگ‌های نفوذی موجود در ناحیه شمال غرب مشهد می‌توان به تونالیت‌ها اشاره کرد. کانی‌های موجود در تونالیت‌ها شامل کوارتز، پلاژیوکلاز، گارنت، بیوتیت و آمفیبول است. با توجه به حضور کانی گارنت موجود در تونالیت‌ها و با استفاده از کالیبراسیون‌های مختلف ژئوترموگرنیت- بیوتیت، دمای تشکیل این گارنت‌ها در حدود ۸۵۰ تا ۱۰۰۰ درجه سانتیگراد بوده و ژئوبارومتر آلومینیم موجود در آمفیبول فشار تشکیل آنها را در حدود ۶ تا ۹ کیلوبار نشان داده است.

واژه‌های کلیدی: ترموبارومتری، تونالیت، دهنو، مشهد

Geothermobarometry of Garnet-Biotite and Amphibole in Dehnow Tonalites (Northwest of Mashhad)

Abstract

Tonalites are one of the intrusive rocks found in the northwest of Mashhad. They comprise of quartz, plagioclase, garnet, biotite and amphibole. Presence of garnet and application of different calibrations of garnet-biotite geothermometry revealed a temperature of 850-1000 °C for the formation of these garnets. In addition, the pressures under which garnets formed, gained by Al-in-amphibole geobarometry were about 6-9 kb.

Keywords: Mashhad, Dehnow, Tonalite, Thermobarometry

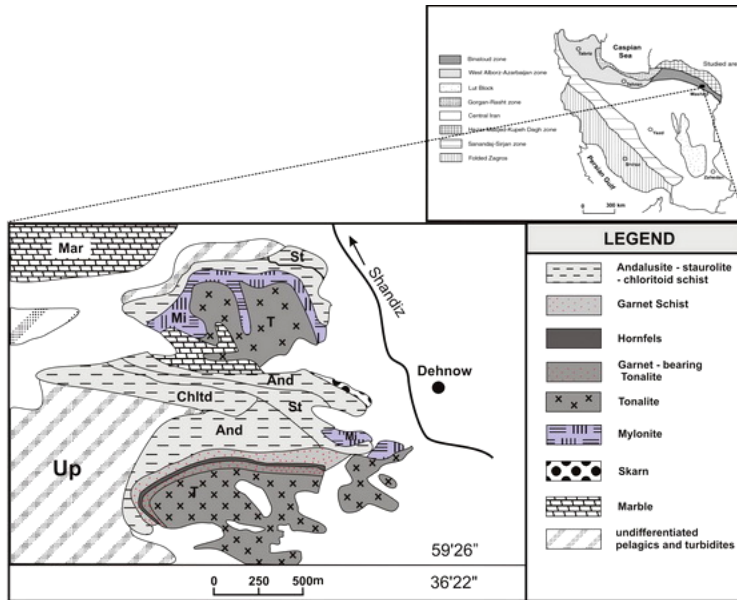
مقدمه

به منظور تخمین و محاسبه شرایط فشار و دمای حاکم در محیط‌های زمین‌شناسی، تاکنون روش‌های گوناگونی توسط محققین پیشنهاد شده است. یکی از معروف‌ترین این ژئوترموترها، روش گارنت - بیوتیت است (بین گارنت و بیوتیت می‌باشد. همچنین با توجه به Fe-Mg) که بر اساس تبادل (Holdaway, 2000) مجموعه کانی‌های موجود از آنجایی که آمفیبول در اغلب سنگ‌های کالک‌آلکانل با ترکیبات مختلف (مافیک، حدواسط و فلسیک) وجود دارد، لذا کانی مناسبی به منظور ژئوبارومتري این سنگ‌ها به شمار می‌آید. در این مقاله بهترین مقادیر فشار و دما از میان کالیبراسیون‌های مختلف ترمومتر گارنت - بیوتیت و بارومتر آلومینیم در آمفیبول مشخص می‌گردد.

زمین‌شناسی منطقه

منطقه مورد مطالعه در شمال‌خاوری ایران، در ۱۵ کیلومتری شمال‌غرب شهر مشهد واقع گردیده است (شکل ۱). این ناحیه در محدوده زون ساختاری بینالود و در امتداد شمال‌شرقی سلسله جبال البرز، در حد فاصل ۳۶° شمالی تا ۳۶°۲۲' و عرض‌های جغرافیایی شرقی ۵۹° ۲۶' تا ۵۹° ۲۲' طول‌های جغرافیایی قرار دارد.

محسوب می‌گردند، G₁ توده‌های نفوذی رخنمون‌یافته در منطقه از نوع توده‌های مزوکرات و جزء فاز ماگمایی که شامل تونالیت، گرانودیوریت و کوارتزیدیوریت بوده و رگه‌های آپلیتی و پگماتیت‌ها نیز در آن برونزد دارند. این سنگ‌ها حاوی آنکلاوهایی از شیسست‌ها، فیلیت‌ها و مجموعه افیولیتی میزبان خود هستند. از نظر کانی‌شناسی این سنگ‌ها شامل کوارتز، فلدسپار پتاسیک، پلاژیوکلاز، بیوتیت و گاهی آمفیبول و پیروکسن به عنوان کانی‌های اصلی و آپاتیت، زیرکن و گارنت به عنوان کانی‌های فرعی می‌باشند (ولی‌زاده و کریم‌پور، ۱۳۷۴).



شکل ۱: نقشه زمین شناسی منطقه مورد مطالعه

(اقتباس از نقشه زمین شناسی ۱/۱۰۰۰۰۰ طریقه، تهیه شده توسط سازمان زمین شناسی ایران)

بحث

برای ژئوترموبارومتري (زمین دما فشارسنجی) توده تونالیتی دهنو، بلورهای گارنت، بیوتیت و آمفیبول، با استفاده از روش تجزیه نقطه‌ای در موسسه مطالعه تحولات کره زمین ژاپن مورد آنالیز شیمیایی قرار گرفتند.

ژئوترموبارومتري

(حاکم بر تشکیل P) و فشار T در این قسمت بر اساس مجموعه کانی‌ها به بررسی و تخمین شرایط دما (گارنت‌ها پرداخته خواهد شد. البته کاربرد هر یک از این روش‌ها مستلزم وجود شرایط خاصی است که رعایت آنها به منظور دستیابی به نتیجه مطلوب، ضروری می‌باشد.

ژئوبارومتري آلومینیم موجود در آمفیبول

موجود در هورنبلند می‌باشد. این بارومتر علاوه بر فشار به Al_{total} موجود در آمفیبول بر اساس Al ژئوبارومتري عامل فوگاسیته اکسیژن نیز حساس است به طوری که فوگاسیته اکسیژن می‌تواند باعث شود که فشار محاسبه کل، در هر ۱۰۰ درجه سانتیگراد فشار بیش از ۲ کیلو بار افزایش یابد Al شده افزایش یافته و بسته به میزان (اندرسون و اسمیت، ۱۹۹۵). از آنجایی که آمفیبول در اغلب سنگ‌های کالک آلکالن با ترکیبات مختلف (مافیک - حدواسط و فلسیک) وجود دارد، لذا کانی مناسبی به منظور ژئوبارومتري این سنگ‌ها به شمار می‌آید. این کانی -

به منظور استفاده از این بارومتر برای تونالیت‌ها، نمونه‌هایی از آمفیبول این سنگ‌ها که دچار دگرسانی نشده بودند مورد آنالیز میکروپروب قرار گرفته و سپس فرمول ساختاری آنها محاسبه شد تا بتوان از آنها در انجام محاسبات بارومتری استفاده کرد. این آمفیبول‌ها از نوع آمفیبول‌های کلسیک (عمدتاً فروهورنبلند) می‌باشند. با گارنت‌های درون توجه به کاربرد کالیبراسیون‌های مختلف این روش ژئوبارومتری، فشار بدست آمده برای تونالیت منطقه در حدود ۵/۴۱ تا ۹/۸۳ کیلو بار (به طور میانگین ۷/۶۲ کیلو بار) محاسبه شد (جدول ۱). همان‌طوری که در این جدول مشاهده می‌شود مقادیر فشاری که از روش جانسون و رادرفورد (۱۹۸۹) بدست آمده‌اند در حدود یک کیلو بار کمتر از سایر مقادیر بدست آمده می‌باشند و بالاترین مقادیر، نسبت به سایر با توجه به اینکه روش اشمیت (۱۹۹۲) جدیدتر روش‌ها، از روش هالیستر و همکاران (۱۹۸۷) بدست آمده است. بوده و مقادیر دقیق‌تری را ارائه می‌کند، در اینجا از نتایج این روش استفاده شده و به این ترتیب محدوده فشار برای گارنت درون تونالیت‌ها در حدود ۶/۹۷ تا ۹/۳ کیلو بار پیشنهاد می‌شود.

 جدول ۱: نتایج فشارسنجی توده تونالیتی بر اساس Al_{total}

Geobarometry	Calculation	P (kbar)
Hammarstrom & Zen (1986)	$P[\pm 3\text{kbar}] = -3.92 + 5.03 Al_{total}$	6.6-9.09
Hollister et al. (1987)	$P[\pm 1\text{kbar}] = -4.76 + 5.64 Al_{total}$	7.06-9.83
Johnson & Rutherford (1989)	$P[\pm 0.5\text{kbar}] = -3.46 + 4.23 Al_{total}$	5.41-7.48
Schmidt (1992)	$P[\pm 0.6\text{kbar}] = -3.01 + 4.76 Al_{total}$	6.97-9.3

ژئوترموتر گارنت - بیوتیت

گارنت شاخص پتروژنتیک مفیدی است، البته نه برای اینکه در محدوده وسیعی از دما پایدار است بلکه توزیع آهسته کاتیونی در گارنت موجب می‌شود که بتوان آنرا در بسیاری از ژئوترموترها بکار برد. بنابراین گارنت‌های Spear et al., دارای منطقه‌بندی می‌توانند بخش مهمی از مسیر زمان - دما - فشار سنگ‌ها را ثبت نمایند (1984).

برابر ۰/۱ تا دمای ۴۷۰ درجه $Mn/(Mn+Fe+Mg)$ به گفته اسپیر و چنی (۱۹۸۹)، گارنت‌های با نسبت سانتیگراد تشکیل نمی‌شوند که این نسبت در گارنت‌های درون تونالیت در حدود ۰/۳ تا ۰/۱ می‌باشد که موید Green, 1977 and 1976، ۴۷۰ است. مطالعات تجربی ($^{\circ}C$ تشکیل این گارنت‌ها در دمایی بالاتر از

جدول ۲: نتایج دماسنجی توده تونالیتی به روش گارنت- بیوتیت در محدوده فشار ۶ تا ۹ کیلو بار

Samples	GB107	GB108	GB149	GB150	GB71	GB72	GB79	T (°C) (Change)
Hold and Lee (1977)	947-962	942-956	980-994	991-1006	975-990	960-975	958-973	14 - 15
Perchuk & Lavrenteva (1983)	859-870	855-866	881-892	889-900	878-889	868-879	866-877	11
Dasgupta et al. (1991)	866-890	857-881	917-942	918-943	870-895	845-869	850-874	24
Bhattacharya et al. (1992) - GS	947-951	941-945	982-986	994-999	968-972	952-956	951-956	4 - 5
Bhattacharya et al. (1992)- HW	920-923	915-918	945-948	955-958	936-939	923-926	923-926	3

نتیجه گیری

کانی‌های موجود در تونالیت‌ها شامل کوارتز، پلاژیوکلاز، گارنت، بیوتیت و آمفیبول است. با توجه به مجموعه کانی‌های موجود در تونالیت‌ها و با استفاده از کالیبراسیون‌های مختلف ژئوترمومتر گارنت - بیوتیت دمای تشکیل گارنت‌ها در حدود ۸۵۰ تا ۱۰۰۰ درجه سانتیگراد

سپاسگزاری

از همکاریهای ارزنده مهندس رضا صمدی سپاسگزاری می گردد.

مرجعها

۱. صمدی، ر.، ۱۳۸۷، بررسی منشا مگاکریستهای گارنت موجود در تونالیت دهنو (شمال غرب مشهد)، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تهران (در حال انجام).
۲. صمدی، ر.، ولیزاده، م. و و میرنژاد، ح.، ۱۳۸۷. مطالعه شیمی مگاکریستهای گارنت در توده اسکارنی دهنو (شمال غرب مشهد). شانزدهمین همایش انجمن بلورشناسی و کانی شناسی ایران، ص ۲۲۳-۲۲۸.
۳. ولیزاده، م. و و کریم پور، م. ح.، ۱۳۷۴. منشا و موقعیت تکتونیکی گرانیت های جنوب مشهد. مجله علوم دانشگاه تهران، ۲۱، ۸۲-۷۱.
4. Anderson J. L., Smith D.R. (1995). The effects of temperature and f_{O_2} on the Al-in-hornblende barometer. *Am. Min.*, v. **80**, pp. 549-559.
5. Bhattacharya A., Mohanty L., Maji A., Sen S.K., Raith M. (1992). Non-ideal mixing in the phlogopite annite binary: constraints from experimental data on Mg-Fe partitioning and a reformulation of the biotite-garnet geothermometer. *Contrib. Mineral. Petrol.*, v. **111**, pp 87-93.
6. Blundy J. D., Holland T. J. B. (1990). Calcic amphibole equilibria and a new amphibole-plagioclase geothermometer: *Contrib. Mineral. Petrol.*, v. **104**, p. 208-224.
7. Dasgupta S., Sengupta P., Guha D., Fukuoka M. (1991). A refined garnet-biotite Fe-Mg exchange geothermometer and its application in amphibolites and granulites. *Contrib. Mineral. Petrol.*, v. **109**, pp. 130-137.
8. Green T. H. (1977). Garnet in Silicic liquids and its possible use as a P-T indicator. *Contrib. Mineral. Petrol.*, v. 65, pp.59-67.
9. Hammarstrom J. M., and Zen E-AN. (1986). Aluminum in hornblende: An empirical igneous geobarometer. *Am. Min.*, v. **71**, pp. 1297-1313.
10. Holdaway M. J. (2000). Application of new experimental and garnet Margules data to the garnet-biotite geothermometer. *Am. Min.*, v. **85**, pages 881-892.
11. Holister L. S., Grissom G.C., Peters E.K., Stowell H., Sisson V.B. (1987). Confirmation of the empirical correlation of Al in hornblende with pressure of solidification of calc-alkaline plutons. *Am. Min.*, v. **72**, pp. 231-239.
12. Johnson M. C., Rutherford M. J. (1989). Experimental calibration of the aluminum-in-hornblende geobarometer with application to Long Valley caldera (California). *Geology*, v. **17**, pp. 837-841.
13. Perchuk L. L., Lavrenteva (1983). Experimental investigation of exchange equilibria in the system cordierite-garnet-biotite. pp. 199-239. in: *Kinetics and Equilibrium in Mineral*

Reactions (S. K. Saxena, editor). *Advances in Physical Geochemistry*, v. **3**, Springer, New York.

14. Schmidt M. V. (1992). Amphibole composition in tonalite as a function of pressure: an experimental calibration of the Al in hornblende barometer. *Contrib. Mineral. Petrol.*, v. **110**, pp. 304-310.

15. Spear F. S., Kimball C., (1984). RECAMP-a Fortran IV program for estimating Fe³⁺ contents of amphiboles. *Computer and Geosciences*, v. **10**, pp. 317-325.