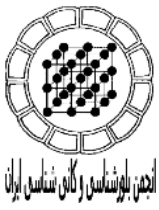
مجله بلورشناسی و کانی شناسی ایران

سال بیست و پنجم، شمارهٔ پنجم، زمستان ۹۶، از صفحهٔ ۸۷۱ تا ۸۷۸



فعالیت فاز کوهزایی کالدونین در شمال‌شرق ایران: با کاربرد داده‌های سن‌سنجی U-Pb زیرکن

فرشته رنجبرمقدم[۱]، فریبرز مسعودی*[۱]، مسعود همام[۲]، فرناندو کرفو[۳]، محمد محجل[۴]

۱- دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی

۲- گروه زمین شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه فردوسی مشهد

۳- بخش علوم زمین، دانشگاه اسلو

۴- گروه زمین شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه تربیت مدرس

(دریافت مقاله: ۹۵/۱۲/۲۵، نسخه نهایی: ۹۶/۲/۱۱)

چکیده: منطقه مورد بررسی که در گوشه شمال‌شرقی پهنه ایران مرکزی واقع است، شامل مجموعه‌ای از سنگ‌های دگرگونی و توده‌های نفوذی گابرویی و گرانیتی در مجاورت این سنگ‌هاست. توده‌های نفوذی گابرویی در ۴۰ کیلومتری جنوب‌شرق فریمان، در مسیر جاده فریمان – تربت‌جام در انتهای مسیر رودخانه بردو و همچنین در روستای چاهک، در تماس گسله با سنگ‌های گرانیتی دیده می‌شوند. در نقشه زمین‌شناسی منطقه بر ارتباط سنی و زایشی بین گرانیت‌ها و گابروها تاکید شده است. لذا در این پژوهش به منظور بررسی این موضوع، توده‌های گابرویی و گرانیتی به روش اورانیوم - سرب بر کانی زیرکن تعیین سن شدند. سن تعیین شده بر توده گرانیتی ۵۴۸٫۳ میلیون سال است که احتمالاً با آخرین مراحل دگرگونی دمای بالا در شیست‌های ناحیه فریمان همخوانی دارد. تعیین سن گابروها سن ۰٫۸۵± ۴۷۱٫۱۴ میلیون سال را برای سنگ‌های گابرویی پیشنهاد می‌دهد که نشان‌دهنده ماگماتیسم بعدی، پس از شکل‌گیری گرانیت‌ها در پالئوزوئیک پیشین است. معرفی فعالیت ژرف توده‌ای اردویسین در این ناحیه برای بازسازی رویداد کالدونین بسیار با اهمیت است. به نظر می‌رسد که سنگ‌های گابرویی یک رویداد کوهزایی کوتاه ناشی از بازشدگی پالئوتتیس در اردویسین و سیلورین پس از کافتش شمال‌شرق ایران را نشان می‌دهند.

واژه‌های کلیدی: *فریمان؛ گابرو؛ فعالیت ژرف توده‌ای؛ پالئوزوئیک پیشین؛ کالدونین.*

مقدمه

در دوره پالئوزوئیک تشکیل کافت‌های قاره‌ای و نبود فازهای کوهزایی در ایران سبب فعالیت ناچیز و محدود ژرف توده‌ای شده‌است [۱] اما در مورد حرکات کالدونین، [۲] بر این باور است که برخی دگرگونی‌ها مانند دگرگونی‌های شمال البرز و فعالیت ماگمایی شکافی در شرق و مرکز ایران نتیجه عملکردهای فاز کوهزایی کالدونین است. اما فعالیت ماگمایی از نوع نفوذی حاصل از این فاز کوهزایی در ایران به ندرت شناسایی و معرفی شده است. قربانی [۱] بیان داشته است که فعالیت آتشفشانی پالئوزوئیک از جمله فعالیت‌های آتشفشانی اردویسین میانی - سیلورین پیشین، بسیاری از نقاط صفحه ایران مانند قطعه یزد، ناحیه چاه‌پلنگ و کوه‌های معراج [۳]، زفره – باقرآباد [۴]، منطقه تکنار شمال‌غرب بردسکن [۵]، سازند نیور در ایران مرکزی، ناحیه‌قره‌بیل، شرق‌سمنان، جنوب‌کاشان و نیز ازبک‌کوه و انارک را تحت تاثیر قرار داده‌است. فعالیت ژرف توده‌ای پالئوزوئیک پیشین نیز به طور محدود در برخی نواحی ایران مانند گرانیت‌های جنوب بهاباد [۶]، بافق [۷] و شمال‌غرب طبس در کوه‌های درنجال [۸]،

*نویسنده مسئول، تلفن: ۰۹۱۲۳۱۸۹۵۰۸ ، نمابر: ۰۲۱۲۲۴۳۱۶۹۰، پست الکترونیکی: drfmasoudi@yahoo.com

[Downloaded from ijcm.ir on 2025-07-03]

[DOI: 10.29252/ijcm.25.4.871]

گزارش شده‌اند. در ناحیه تویه درواز در جنوب‌غرب دامغان گرانیتوئیدهای نوع A به عنوان نشانه‌ای از فعالیت ماگمایی حوضه کششی پالئوتتیس در پالئوزوئیک پیشین البرز و متعلق به اردویسین-سیلورین دانسته شده‌اند [۹] یا در منطقه چاه پلنگ و کوه معراجی در جنوب عروسان متاگابروهای منطقه با تعیین سن به روش K-Ar به ۴۰۰ میلیون سال پیش و اواخر سیلورین نسبت داده شده‌اند، اما نفوذی‌های مربوط به اردویسین پیشین تاکنون در ایران معرفی نشده‌اند.

سن سنگ‌های گرانیتی و گابرویی فریمان در نقشه زمین شناسی ۱/۱۰۰۰۰۰ کاریزنو، پروتروزوئیک مشخص شده است و بر ارتباط سنی و پیدایشی این توده‌های نفوذی تاکید شده است اما پرتوی‌فر [۱۰] ضمن بررسی توده‌های گابرویی و گرانیتی و مقایسه نمودارهای هارکر، شاخص جدایش و شاخص انجماد بیان کرده است که بین واحدهای فلسی و مافیک ارتباط پیدایشی وجود ندارد و وجود دو روند خطی متمایز در بسیاری از نمودارها احتمالاً ناشی از وجود دو خاستگاه مجزا برای توده‌های گرانیتی و گابرویی است. پرتوی‌فر بر اساس نمودارهای عنکبوتی تاکید می‌کند که گدازه توده‌های گرانیتی حاصل از خاستگاه پوسته‌ای است در حالی‌که نمودارهای بهنجار شده عناصر کمیاب مربوط به توده‌های گابرویی نشان‌دهنده ویژگی بارز سنگ‌های آهکی-قلیایی قوس آتشفشانی منطقه‌های فرورانش کرانه قاره‌ای است. در این پژوهش به منظور بررسی این موضوع و با هدف بازسازی تاریخچه فعالیت ماگمایی این ناحیه که به علت قرار گرفتن در کرانه شمال شرقی پهنه ایران مرکزی دارای اهمیت خاصی است، تعیین سن به روش U-Pb بر کانی زیرکن موجود در توده‌های گابرویی و گرانیتی انجام‌شده است.

زمین‌شناسی عمومی

فریمان در شمال‌شرق ایران به عنوان بخشی از پهنه ایران مرکزی در جنوب خط درز پالئوتتیس در نظرگرفته شده است (شکل ۱). نفوذی‌های گابرویی مورد بررسی، در جنوب‌شرق شهرستان فریمان در مسیر جاده فریمان – تربت جام با مختصات ″۳۹ ′۰۲ °۶۰ شرقی و ″۰۲ ′۲۶ °۳۵ شمالی در انتهای مسیر رودخانه بردو و مختصات جغرافیایی ″۲۳ ′۱۰ °۶۰ شرقی و ″۰۴ ′۲۱ °۳۵ شمالی در نزدیکی روستای چاهک واقع شده‌اند و در تماس گسله با گرانیت‌ها دیده می‌شوند (شکل ۱). گابروها و گرانیت‌ها در نزدیکی همتافت سیبک هستند که شامل سنگ‌های آتشفشانی دگرگون شده، شیست‌ها و سنگ‌های کربناته دگرگون شده است [۱۱]. همتافت سیبک در جنوب در نزدیکی با دولومیت‌های بازتبلوریافته پروتروزوئیک که خود در تماس با واحدهای ماسه‌سنگ و کنگلومرای کرتاسه دیده می‌شوند، قرار دارد و در شمال به صورت گسله در نزدیکی واحد دگرگون شده پروتروزوئیک شامل آندالوزیت‌شیست‌هاست. رخنمون اصلی گرانیت‌ها به صورت توده بی‌نظم و طویل با ضخامت ۱ کیلومتر و درازای تقریباً ۱۵ کیلومتر است که با امتداد شمال‌غرب تا جنوب‌شرق از روستای قنداب در جاده فریمان – تربت جام شروع می‌شود. گرانیت‌ها به طور موضعی بافت‌های گنیسی و بلاستومیلونیتی نشان می‌دهند (شکل ۲ ب). این گرانیت‌ها از نوع S و همزمان با دگرگونی معرفی شده‌اند [۱۲]. سن گرانیت‌ها در نقشه زمین‌شناسی ۱/۱۰۰۰۰۰ کاریزنو بر اساس تعیین سن بر زیرکن‌ها پروتروزوئیک (Ma ۶۵۰-۶۳۰) در نظرگرفته شده است. انکلاوهای ریزدانه‌ای که در واقع گرانیت‌های بسیار ریزدانه سرشار از بیوتیت هستند در گرانیت‌ها دیده می‌شود (شکل ۲ ب).

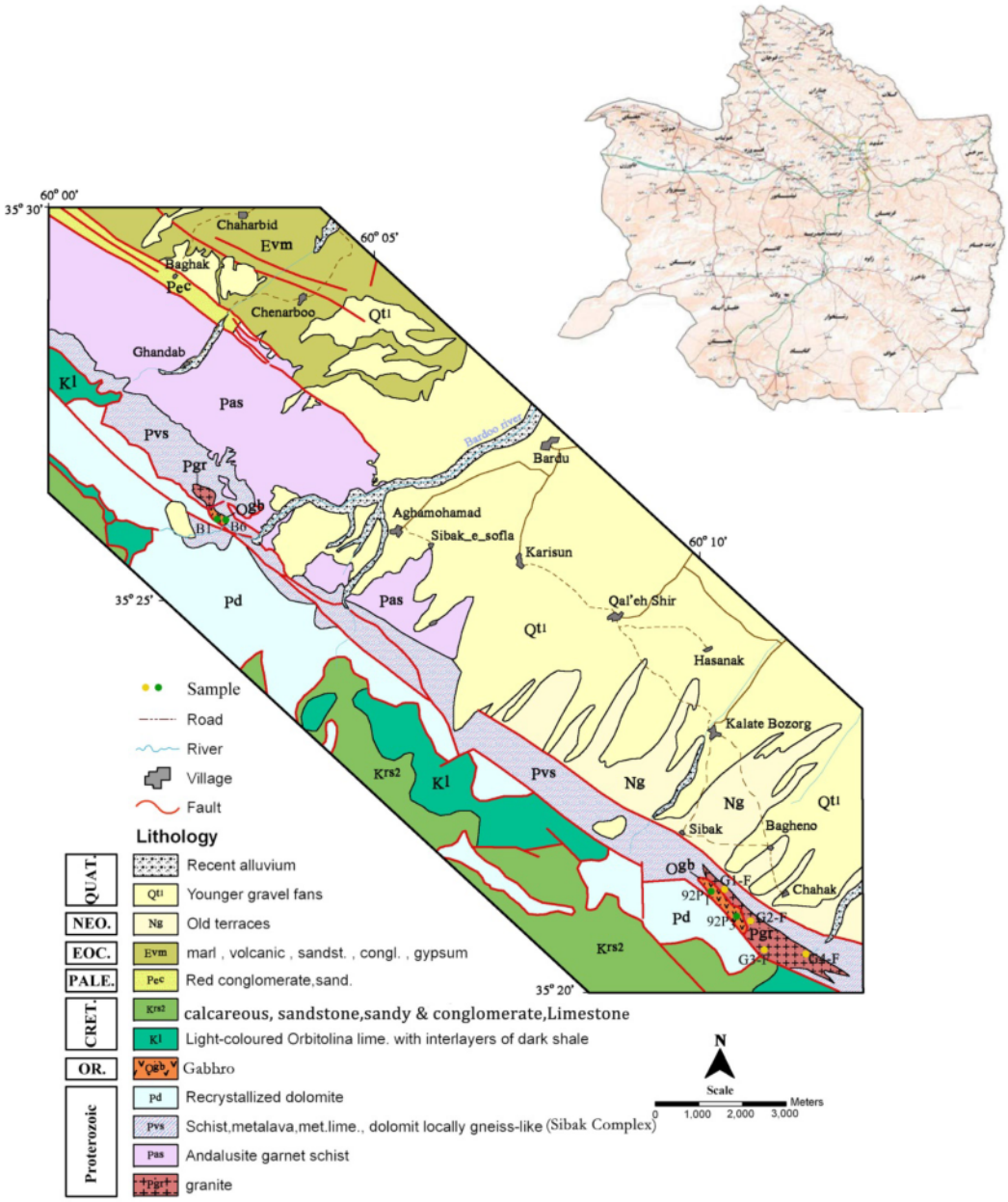
همام [۱۳] ضمن بررسی ارتباط صحرایی گابروها بیان نموده است که به نظر می‌رسد که آنها جوان‌تر از واحدهای اصلی همتافت سیبک باشند و تماس آنها با توده‌های گرانیتی گسله است.

بررسی‌های دقیق صحرایی بر ارتباط بین گرانیت‌ها و گابروها مشخص می‌کند که گابروها به شدت برشی شده‌اند و خش‌لغزها بر سطح آن‌ها دیده می‌شوند. شواهد میدانی نشان می‌دهد که مرز بین توده‌های گرانیتی و گابرویی ناگهانی و فاقد هرگونه حاشیه واکنشی و تغییرات تدریجی است.

سنگ‌نگاری

گابرو: گابروهای فریمان در نمونه دستی دانه‌ریز هستند و به رنگ سبز تیره دیده می‌شود. اندازه توده‌های گابرویی متفاوت بوده و در بعضی مناطق دارای درز و شکاف فراوان هستند. گابروهای ناحیه فریمان شامل پلاژیوکلاز، هورنبلند، بیوتیت، پیروکسن و الیوین به عنوان کانی‌های اصلی و آپاتیت، ایلمنیت و مگنتیت به عنوان کانی‌های فرعی هستند. در بسیاری از نمونه‌ها، هورنبلند و بیوتیت به صورت بافت تاج فردوسی در اطراف پلاژیوکلاز، پیروکسن و الیوین تشکیل شده است. ترکیب پلاژیوکلازها بین آندزین تا بایتونیت متغیر است و به صورت خودشکل تا نیمه‌شکل‌دار هستند. بلورهای پلاژیوکلاز به اپیدوت، زوئیزیت و کلسیت دگرسان شده‌اند (شکل ۳ ب). برخی از بلورهای کلسیت در نمونه‌های مورد بررسی که در اثر نفوذ محلول‌های سرشار از کلسیم تشکیل شده باشند.

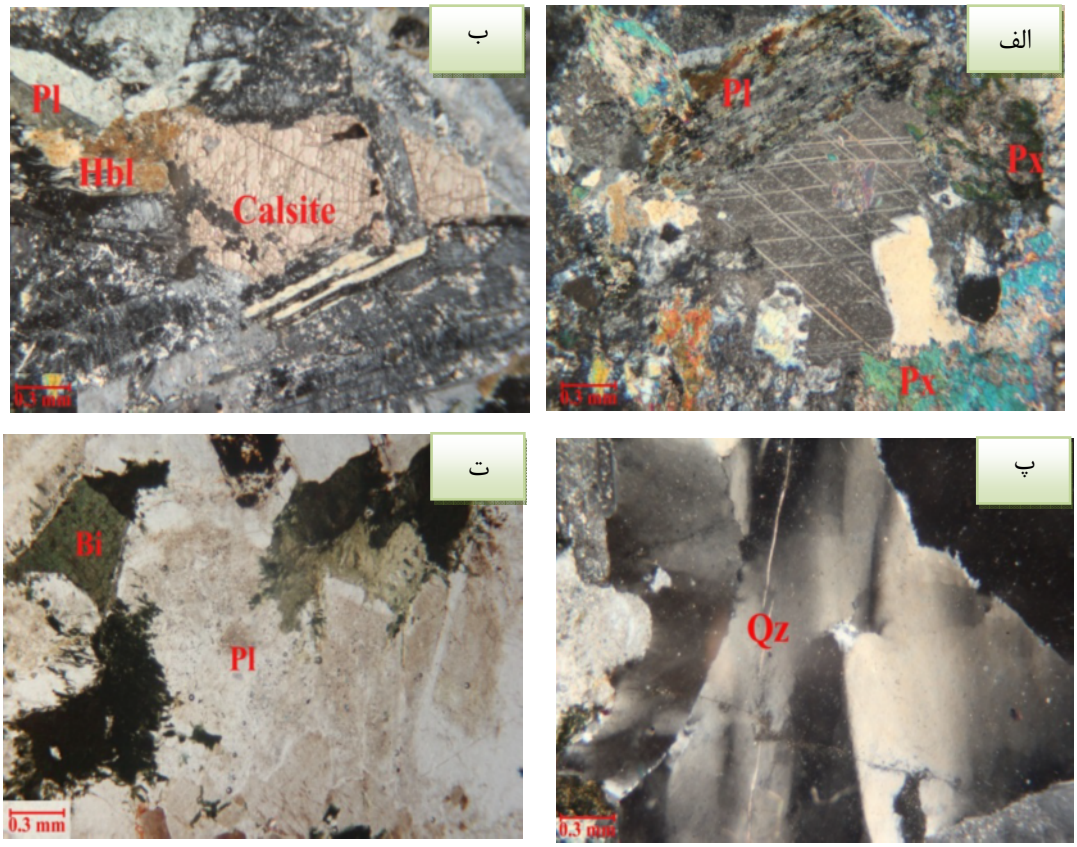
[Downloaded from ijcm.ir on 2025-07-03]
[DOI: 10.29252/ijcm.25.4.871]



شکل ۱ نقشه زمین‌شناسی منطقه برگرفته از نقشه زمین‌شناسی ۱/۱۰۰۰۰۰ کاریزنو و محل برداشت نمونه‌ها. موقعیت منطقه مورد بررسی در خراسان رضوی (برگرفته از پایگاه خبری اداره راه و شهرسازی)

شکل ۲ (الف) نفوذی‌های گابرو در منطقه چاهک در تماس با گرانیت‌ها (ب) توده‌های گرانیتی همراه با انکلاوهای ریزدانه در منطقه چاهک، فریمان.

[Downloaded from ijcm.ir on 2025-07-03]
[DOI: 10.29252/ijcm.25.4.871]



شکل ۳ (الف) تره مولیت-آکتینولیت و اوژیت در گابرو، نمونه MG2(XPL) (ب)کلسیت‌های حاصل از نفوذ محلول‌های سرشار از کلسیم در گابرو نمونه MG1(XPL). (پ) خاموشی موجی کوارتز در گرانیت G2-F(XPL). (ت) بلور درشت بیوتیت در گرانیت G1-F(PPL).

آمفیبول در گابروها از نوع نیمه خودشکل و از نوع هورنبلند سبز است و در برخی نمونه‌ها به فراوانی یافت می‌شود به طوریکه به این گابروها می‌توان عنوان هورنبلند گابرو داد. برخی هورنبلندها به صورت بلورهای مجزا ریزدانه تا متوسط‌دانه دیده می‌شوند برخی دیگر به صورت حاشیه و با بافت خال خال در اطراف بلورهای الیوین، پیروکسن، پلاژیوکلاز به چشم می‌خورد. در این گابروها بلورهای تره‌مولیت – آکتینولیت روی بلورهای قهوه‌ای رنگ هورنبلند قابل مشاهده‌اند (شکل ۳ الف). پیروکسن نیز به صورت بلورهای خودشکل تا نیمه‌شکل‌دار دیده می‌شود. پیروکسن‌ها در بعضی قسمت‌ها کاملا دگرسان شده و به هورنبلند تبدیل شده‌اند. بافت غالب گابروها نیمه خودریخت دانه‌ای است اما بافت‌های میان دانه‌ای و پورفیری نیز دیده می‌شود. این گابروها در حد رخساره شیست سبز دگرگون شده‌اند.

گرانیت: این توده‌های نفوذی لوکوکرات هستند و بافت آنها در نمونه دستی دانه متوسط است. کانی‌های اصلی آنها کوارتز، فلدسپار و پلاژیوکلاز است. کانی‌های کوارتز خاموشی موجی نشان می‌دهند و در بعضی نمونه‌ها باز تبلور و شکستگی در آنها دیده می‌شود. پلاژیوکلازها خودشکل تا نیمه‌شکل‌دار و از نوع الیگوکلاز هستند که در برخی نمونه‌ها دارای منطقه‌بندی هستند. به‌طور کلی فلدسپارهای قلیایی به صورت ارتوز پرتیتی دیده می‌شود و در بعضی موارد ماکل کارلسباد یا میکروکلین نیز دیده می‌شود. فلدسپارهای قلیایی به سریسیت و کانی‌های رسی دگرسان شده‌اند. کانی مافیک متداول در این سنگ‌ها بیوتیت است. بیوتیت‌ها چند رنگی از قهوه‌ای تیره تا روشن و در برخی نمونه‌ها چندرنگی سبز نشان می‌دهند. کانی‌های فرعی شامل زیرکن، آپاتیت و کانی‌های کدر هستند. هماتیت و مگنتیت نیز به عنوان کانی‌های کدر در این سنگ‌ها مشاهده می‌شود. گرانیت‌های منطقه از نوع گرانیت‌های درون صفحه‌ای و پس از کوهزایی جزو گرانیت‌های پرآلومین محسوب می‌شوند [۱۲].

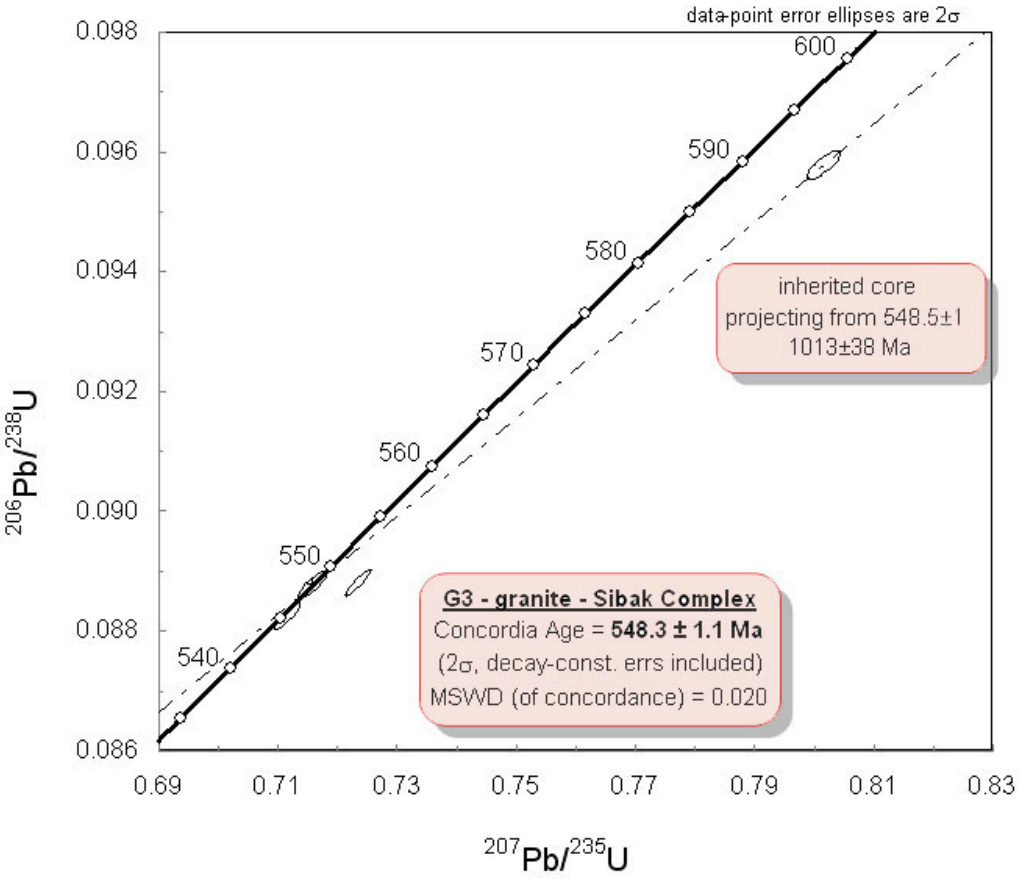
[Downloaded from ijcm.ir on 2025-07-03]
[DOI: 10.29252/ijcm.25.4.871]

سن‌سنجی

از آنجا تاکنون بررسی‌های سن‌سنجی بر سنگ‌های گابرویی منطقه انجام نشده است تفسیر رویدادهای منطقه امکان‌پذیر نیست و لذا در این پژوهش، سن‌سنجی به روش U-Pb بر توده‌های گرانیتی و گابرویی موجود در همتافت سیبک انجام شده است تا با استفاده از آن بتوان به اطلاعاتی درباره تاریخچه فعالیت ماگمایی در این ناحیه دست یافت. به این منظور یک نمونه از توده گرانیتی (G1-F) و یک نمونه از گابروها (92P1) (شکل ۱) از روستای چاهک جهت سن‌سنجی به روش U-Pb زیرکن انتخاب شدند. بررسی‌ها در دانشگاه اسلو به روش U-Pb ID-TIMS انجام شد (Krogh, 1973). پس از جداسازی زیرکن‌ها از الکترون‌های پس پراکنده (BSE) جهت تعیین ویژگی‌های آن‌ها استفاده شد و سپس دانه‌هایی از هر گروه بر اساس کیفیت و ریخت برای بررسی انتخاب شده و در HF در ۱۹۵۰°c حل شدند خالص سازی شیمیایی برای همه نمونه‌ها انجام شد و پس از اضافه شدن یک اسپایک از مخلوطی از ^{202}Pb-^{205}Pb-^{235}U، فرآیند با جدایش از طریق تبادل یونی و طیف‌سنجی جرمی منبع جامد دنبال می‌شود.

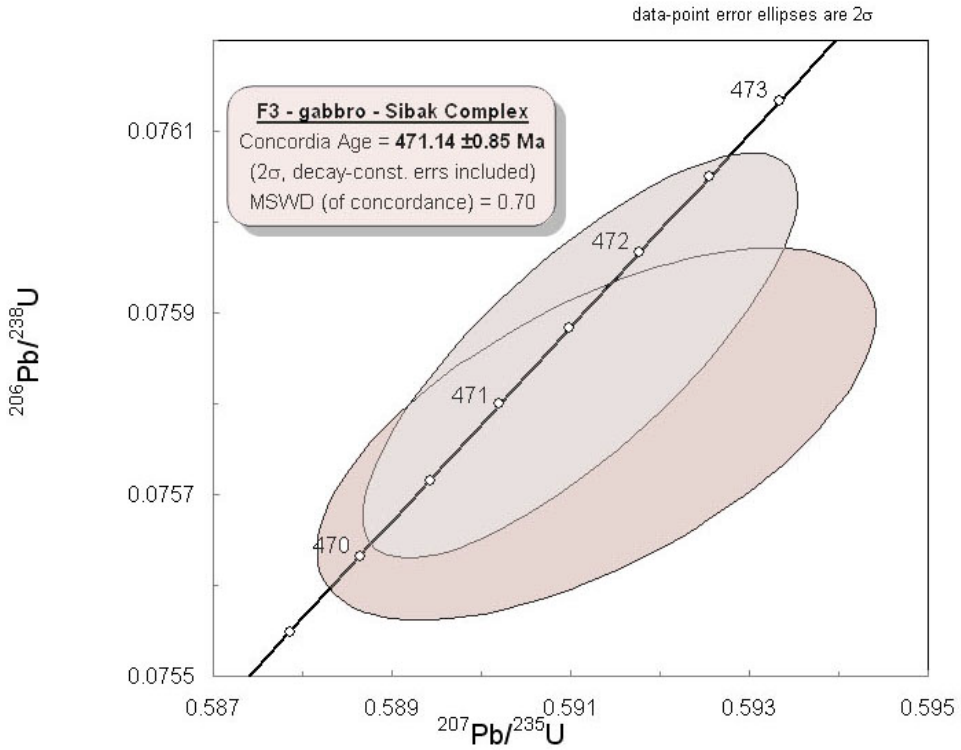
نقاط هماهنگ میانگین سنی ۱/۱ ± ۵۴۸/۳ میلیون سال را برای گرانیت‌ها نشان می‌دهند (شکل ۴). با توجه به اینکه در نقشه زمین‌شناسی برای آندالوزیت‌شیست‌ها سن پروتروزوئیک در نظرگرفته شده است، به نظر می‌رسد که تشکیل گرانیت‌ها با آخرین مراحل دگرگونی دمای بالا در شیست‌های ناحیه فریمان همخوانی دارد. این سن حدود ۱۰۰ میلیون سال از سن به دست آمده توسط سازمان زمین‌شناسی که حدود ۶۵۰-۶۳۰ میلیون سال به روش U-Pb تعیین شده بود، کمتر است.

هشت سن‌سنجی از زیرکن‌ها سن هماهنگ حدود ۰/۸۵± ۴۷۱/۱۴ میلیون سال را برای سنگ‌های گابرویی همتافت سیبک نشان می‌دهند (شکل ۵). بنابراین به نظر می‌رسد که ارتباط سنی میان فازهای گرانیتی و گابرویی در منطقه مورد بررسی وجود ندارد.



شکل ۴ نمودار هماهنگی سن سنجی U-Pb برای توده‌های گرانیتی.

[Downloaded from ijcm.ir on 2025-07-03]
[DOI: 10.29252/ijcm.25.4.871]



شکل ۵ نمودار هماهنگی سن سنجی U-Pb برای توده های گابرویی.

بحث و بررسی

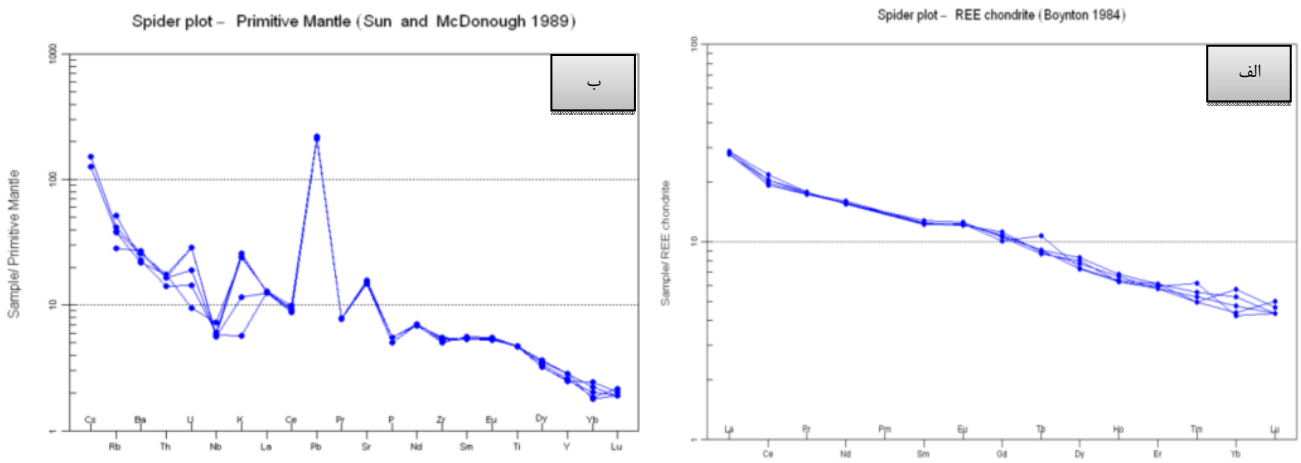
فعالیت ماگمایی نئوپروتروزوئیک - کامبرین پیشین در گستره‌های پرگندوانا که پس از فاز اصلی کوهزایی پان- آفریکن شکل‌گرفته‌اند، به فراوانی دیده می‌شود. این فاز کوهزایی مهم در سنگ‌های پی‌سنگ ایران با فعالیت ماگمایی و دگرگونی همزمان با زمین‌ساخت همراه است [۱۳] و گرانیت‌های فریمان از جمله آثار این فاز در شمال‌شرق ایران مرکزی هستند. تاکنون گزارش‌های چندانی از فعالیت فاز کوهزایی کالدونین به صورت ماگمازایی از نوع نفوذی به ویژه از سنگ‌های ژرف توده-ای متعلق به اردویسین پیشین در ایران ارائه نشده است. در سایر نقاط دنیا نیز سنگ‌های ژرف توده‌ای اردویسین معمول نیستند اما در بعضی مناطق مانند پرتغال [۱۴] ترکیه و هند دیده شده‌اند. گرانیت‌های ترکیه در قطعه مندراس - توروس که با خرده قاره ایرانی هم‌بستگی دارد و در قطعه آناتولی دیده شده‌اند [۱۵]. نفوذی‌های هند نیز به فازکوهزایی آندین ارتباط داده شده‌اند.

مشاهدات صحرایی و بررسی‌های سن‌سنجی و زمین‌شیمی نشان می‌دهند که بین توده‌های نفوذی فریمان ارتباط سنی و پیدایشی وجود ندارد و این توده‌ها حاصل از یک ماگما با خاستگاه اولیه نیستند، گرانیت‌ها نتیجه ذوب‌بخشی پوسته قاره‌ای بوده و توده‌های گابرویی شاهدی بر فعالیت ماگمایی در امتداد کرانه گندوانا تحت تاثیر فاز کالدونین هستند.

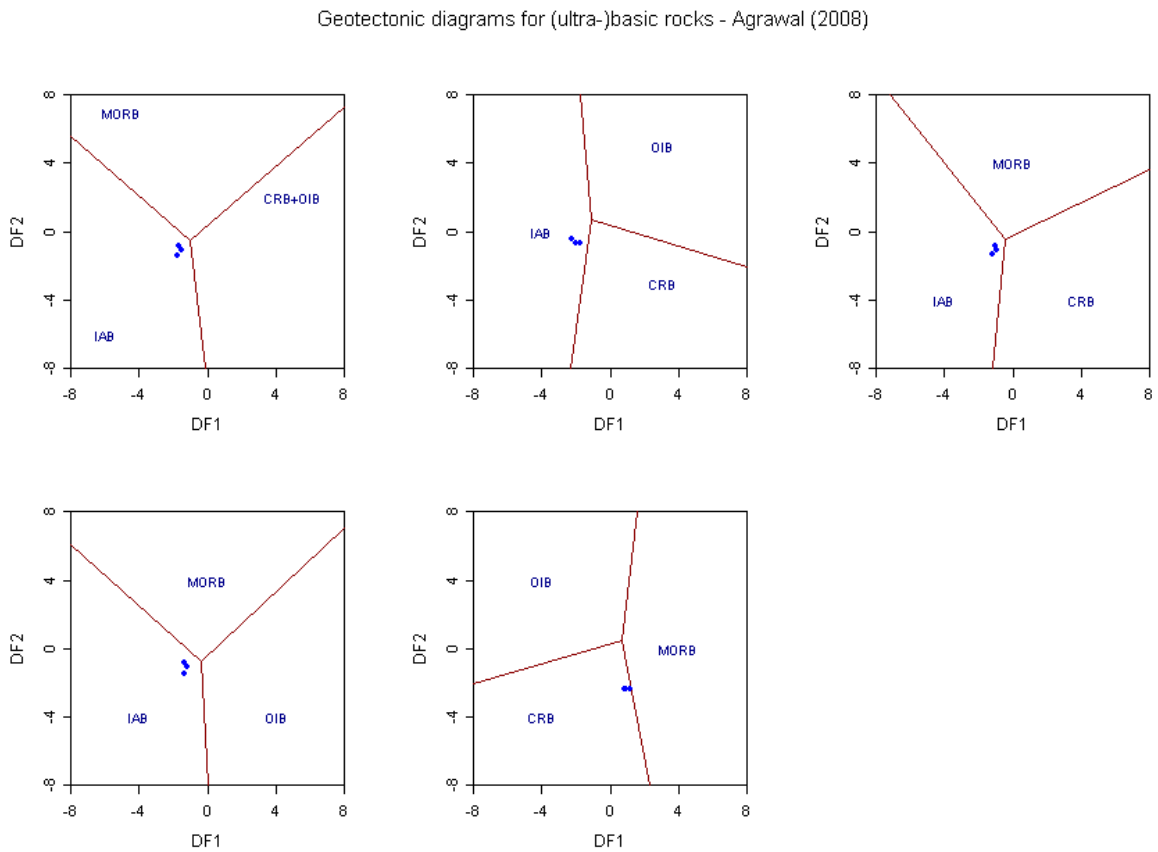
توده‌های گابرویی مقادیر متفاوتی از غنی‌شدگی در عناصر سنگ‌دوست بزرگ‌یون LREE نسبت به HREE را در نمودار بهنجار شده نسبت به کندریت‌ها نشان می‌دهند که یکی از شاخص‌های مهم مناطق وابسته‌به فرورانش است (شکل ۶ الف). در نمودار عنکبوتی بهنجار شده برحسب ترکیب گوشته اولیه ناهنجاری منفی Nb و Zr دیده می‌شود که تشکیل ماگما در مناطق فرورانش را تائید می‌کند (شکل ۶ ب). تهی‌شدگی عناصر با شدت میدان بالا نظیر Nb, P, Ti که از مشخصه‌های محیط‌های کمانی است، می‌تواند از خاستگاه ماگما از یک پوسته اقیانوسی فرورانده شده و گوه گوشته‌ای دگرنهاد روی آن ناشی شده باشد. ناهنجاری مثبت شاخص Pb در نمودار عنکبوتی بهنجار شده برحسب ترکیب گوشته اولیه همچنین می‌تواند بیانگر دگرنهادی گوه گوشته‌ای توسط یون‌های ناشی از پوسته اقیانوسی فرورو باشد. این گابروها ماهیت تولئیتی

[Downloaded from ijcm.ir on 2025-07-03]
[DOI: 10.29252/ijcm.25.4.871]

دارند و در اثر ۳ تا ۱۰٪ ذوب بخشی منبع گارنت لرزولیتی تشکیل شده‌اند و متعلق به منطقه فرورانش مربوط به حاشیه قوس هستند (شکل۷). این نتایج و نتایج حاصل از سن‌سنجی، فعالیت ماگمایی بعدی در اردویسین پیشین، پس از گرانیت‌زایی پروتروزوئیک را تایید می‌کنند و این توده‌های نفوذی می‌توانند نشان‌دهنده یک رویداد کوهزایی کوتاه ناشی از بازشدگی پالئوتتیس در اردویسین و سیلورین در ادامه کافتش آغاز شده در ابتدای پالئوزوئیک باشند [۱۶] که در امتداد کرانه شمالی گندوانا ولی داده است. رخنمون توده‌های اردویسین پیشین موجب شده است که ناحیه فریمان برای بازسازی رویداد کالدونین بسیار با اهمیت باشد.



شکل ۶ الف- نمودارعناصر خاکی نادر بهنجار شده نسبت به کندریت‌ها. ب- نمودار عنکبوتی بهنجار شده نسبت به گوشته اولیه [۱۷].



شکل۷ موقعیت گابروها درکمربندهای آتشفشانی مناطق فرورانش [۱۷].

[Downloaded from ijcm.ir on 2025-07-03]
[DOI: 10.29252/ijcm.25.4.871]

مراجع

[۱] قربانی م.، *"ماگماتیسم- متامورفیسم ایران"*، زمین‌شناسی ایران، تهران نشر آویز (۱۳۹۳).

[۲] آقانباتی س. ع.، *"زمین شناسی ایران"*، انتشارات سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور (۱۳۸۵) ص ۵۸۶

[۳] بیات ف.، ترابی ق.، *"سنگ‌شناسی متابازیت‌های جنوب عروسان (شمال شرق استان اصفهان)"*، نشریه زمین‌شناسی اقتصادی (۱۳۹۱) جلد ۴ شماره ۲ صفحه ۲۷۱-۲۸۴.

[۴] آیتی ف.، نقره ئیان م.، خلیلی م.، *"مروری بر ماگماتیسم پالئوزوئیک در بخشی از ایران مرکزی"*، مجله بلورشناسی و کانی‌شناسی ایران (۱۳۸۹) صفحه ۶۱۵-۶۳۲.

[۵] کریم پور م.ح.، فارمر جی لنگ استون چ.، سانتوس ژ.ف.، ریبیرو س.، رحیمی ب.، حیدریان م. ر.، *"ژئوکرونولوژی (U-Pb) زیرکن، پتروگرافی، ژئوشیمی و رادیوایزوتوپ‌های متاریولیت‌های برنورد (مرکز زون تکنار، شمال‌غرب بردسکن)"*، (۱۳۹۴) جلد ۸، شماره ۱.

[۶] بلاغی ز.، صادقیان م.، قاسمی ح.، *"پتروژنز سنگ‌های آذرین پالئوزوئیک زیرین جنوب بهاباد (بافق، ایران مرکزی)، شاهدی بر کافت‌زایی"*، مجله پترولوژی (۱۳۸۹) شماره ۴ صفحه ۴۵-۶۴.

[۷] محمدی ف.، ابراهیمی م.، مختاری ع.ا.، *"سنگ شناسی و ژئوشیمی توده گرانیتوئیدی همیجان و سنگ‌های اسیدی همراه (جنوب باختر بهاباد، ایران مرکزی)"*، (۱۳۸۹) فصلنامه علوم زمین، سال بیست و پنجم.

[۸] درخشی م.، قاسمی ح.، طاهری ع.، صادقیان م.، حیدرنیا ح.، *"موقعیت چینه‌شناسی، ژئوشیمی و پتروژنز سنگ‌های آذرین پالئوزوئیک زیرین ناحیه شیرگشت شمال‌غرب طبس"*، (۱۳۸۹) دهمین همایش انجمن زمین شناسی ایران.

[۹] قاسمی ح.، خانعلیزاده ع.، *"گرانیتوئیدهای نوع A تویه دردار جنوب باختر دامغان: نشانه‌ای از ماگماتیسم حوضه کششی پالئوتتیس در پالئوزوئیک زیرین البرز"*، مجله بلورشناسی و کانی‌شناسی ایران (۱۳۹۱) دوره‌ی ۲۰، شماره ۱، صفحه ۲۴-۳.

[۱۰] پرتوی فر ف.، *"بررسی ژئوشیمیایی و پترولوژی سنگ‌های گرانیتی منطقه کاریزنو، روستای چاهک (جنوب شرق فریمان، خراسان رضوی)، ایران"*، پایان نامه کارشناسی ارشد (۱۳۹۱) دانشگاه فردوسی مشهد.

[۱۱] *"نقشه زمین‌شناسی۱/۱۰۰۰۰۰ کاریزنو"*، انتشارات سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور (۱۳۷۹).

[۱۲] رنجبر ف.، *"پتروگرافی و پتروژنز سنگ‌های دگرگونی شرق و جنوب‌شرق قنداب"*، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه فردوسی مشهد (۱۳۸۹).

[۱۳] همام م.، *"پترولوژی وژئوشیمی هورنبلندگابروهای پروتروزوئیک جنوب‌شرق فریمان، استان خراسان رضوی"*، مجله بلورشناسی و کانی‌شناسی ایران (۱۳۹۳) جلد ۷ شماره ۱.

[14] Rahmati-Ilkhuchi M., Faryad SW., Holub F.V., *"Magmatic and metamorphic evolution of the ShoturKuh metamorphic complex (Central Iran)"*, PhD thesis submitted to the Faculty of Science, Charles University of the requirements for the degree of Doctor of Philosophy, Institute of Petrology and Structural Geology (2009).

[15] Antunes I.M.H.R., Neiva A.M.R., Corfu F., *"The genesis of I and S type granitoid rock of the early Ordovician Oledo pluton, central Iberian zone central Portugal"*, ScienceDirect (2009), V. 111(3). 168-185.

[16] Okey A.L., Satir M., Shang C.K.,. *"Ordovician metagranitoid from Anatolide-Tauride bluck, northwest Turkey"*, geodynamic implications (2008) Doi:10.1111. .00818

[17] Stampfli G.M., Von Raumer J.F., Borel G.D., *"Paleozoic evolution of pre-Variscan terranes:From Gondwana to the Variscan collision"*, Geological society of America, special paper 364 (2002).

[Downloaded from ijcm.ir on 2025-07-03]

[DOI: 10.29252/ijcm.25.4.871]