مجله بلورشناسی و کانی شناسی ایران

سال بیست و پنجم، شمارهٔ چهارم، زمستان ۹۶، از صفحهٔ ۸۱۱ تا ۸۲۲

انجمن بلورشناسی و کانی شناسی ایران

بررسی کانی شناسی و شیمی کانی‌ها در سنگ‌های آندزیتی و مقایسه آن با میانبارهای ماگمایی درون آنها در منطقه قخلار (آذربایجان شرقی)

محمد امین صفی خانی، رباب حاجی علی اوغلی*، محسن موید

گروه علوم زمین، دانشکده علوم طبیعی، دانشگاه تبریز

(دریافت مقاله: ۹۵/۱۰/۵، نسخه نهایی: ۹۶/۱/۲۶)

چکیده: منطقه قخلار در شمال غرب شهرستان مرند در استان آذربایجان شرقی واقع شده است. فعالیت‌های آتشفشانی پلیوکواترنر با طیف وسیعی از سنگ‌های آتشفشانی و آذر-آواری وابسته با ترکیب بیشتر آندزیت تا انواع تحت اشباع از سیلیس (لوسیت بازانیت، لوسیت تفریت و تفریت) تقریباً همه واحدهای پیش از سنوزوئیک را پوشانیده است. سنگ‌های آندزیتی شامل فنوکریست‌های آمفیبول، پلاژیوکلاز و کلینوپیروکسن در زمینه ریزبلورین و میکرولیتی هستند. یکی از بارزترین ویژگی‌های این سنگ‌ها حضور میانبارهای متفاوت زنولیتی و اتولیتی در آنها هست. در این پژوهش شیمی کانی‌ها و ویژگی‌های ماگمایی آندزیت میزبان و میانبارهای ماگمایی درون آنها بررسی شده است. انواع میانبارهای ماگمایی شامل میانبارهای همزاد (آندزیتی)، انباشتی و دیوریتی هستند که از نظر ویژگی‌های کانی‌شناسی تقریباً شباهت‌هایی را با سنگ میزبان آندزیتی نشان می‌دهند ولی از نظر بافتی با آنها متفاوتند. میانبار همزاد دانه‌ریزتر و میانبار دیوریتی دانه درشت‌تر از سنگ میزبان است و میانبار انباشتی نیز از تجمع بلورهای درشت مشابه با درشت بلورهای فرومنیزین آندزیت میزبان تشکیل شده است. ترکیب کلینوپیروکسن در سنگ آتشفشانی آندزیتی و میانبار انباشتی اوژیت تا دیوپسید و در میانبارهای همزاد آندزیتی و دیوریتی به ترتیب اوژیت و دیوپسید است. ترکیب پلاژیوکلاز در سنگ آندزیتی دربرگیرنده و میانبارهای درون آن از نوع آندزین است. بر اساس شیمی کانی‌ها ترکیب ماگما در آندزیت میزبان و میانبارهای همزاد و انباشتی از نوع نیمه‌قلیایی با خاستگاه قوس آتشفشانی است. اما میانبار دیوریتی با ترکیب قلیایی ویژگی‌های درون صفحه‌ای را نشان می‌دهد. بر پایه داده‌های کانی‌شناسی، بافتی و شیمی کانی‌ها در آندزیت میزبان و میانبارهای درون آن به نظر می‌رسد که میانبارهای همزاد و انباشتی از نوع اتولیت باشند. میانبار همزاد احتمالاً حاشیه به سرعت منجمد شده مخزن ماگمایی بوده است که طی حرکت ماگمای آندزیتی به سمت بخش‌های بالاتر قطعات گسیخته شده و به درون ماگمای آندزیتی سقوط کرده است. میانبار انباشتی نتیجه تجمع کانی‌های ماگمای آندزیتی در اتاق ماگمایی است. در ارتباط با خاستگاه میانبار دیوریتی به نظر می‌رسد میانبار دیوریتی با سنگ میزبان آندزیتی بیگانه است و احتمالاً ماگمای آندزیتی هنگام گذر از درون سنگ دیواره دیوریتی بخش‌هایی از آن را کنده و با خود به بالا حمل نموده است.

واژه‌های کلیدی: شیمی کانی؛ *آندزیت؛ میانبار؛ قخلار؛ آذربایجان شرقی.*

مقدمه

منطقه مورد بررسی در گستره‌ای با طول‌های جغرافیایی "۳۴ ´۲۲ °۴۵ تا "۴۱ ´۱۸ °۴۵ شرقی و عرض‌های جغرافیایی "۵۰ ´۳۲ °۳۸ تا "۰ ´۳۰ °۳۸ شمالی در شمال غرب شهرستان مرند در استان آذربایجان شرقی واقع است. سنگ‌ای آتشفشانی با ترکیب آندزیت و تراکی آندزیت دارای میانبارهای فراوان از انواع زنولیتی (کربناتی، لامپروفیری، آمفیبولیتی، هورنفلسی، میکا-کلینوپیروکسنیتی، دیوریتی) و اتولیتی (میانبارهای

*نویسنده مسئول، تلفن: ۰۴۱-۳۳۳۹۲۷۰۳، نمابر: ۰۴۱-۳۳۳۵۶۰۲۷، پست الکترونیکی: hajialioghli@tabrizu.ac.ir

[Downloaded from ijcm.ir on 2024-04-20]

[DOI: 10.29252/ijcm.25.4.811]

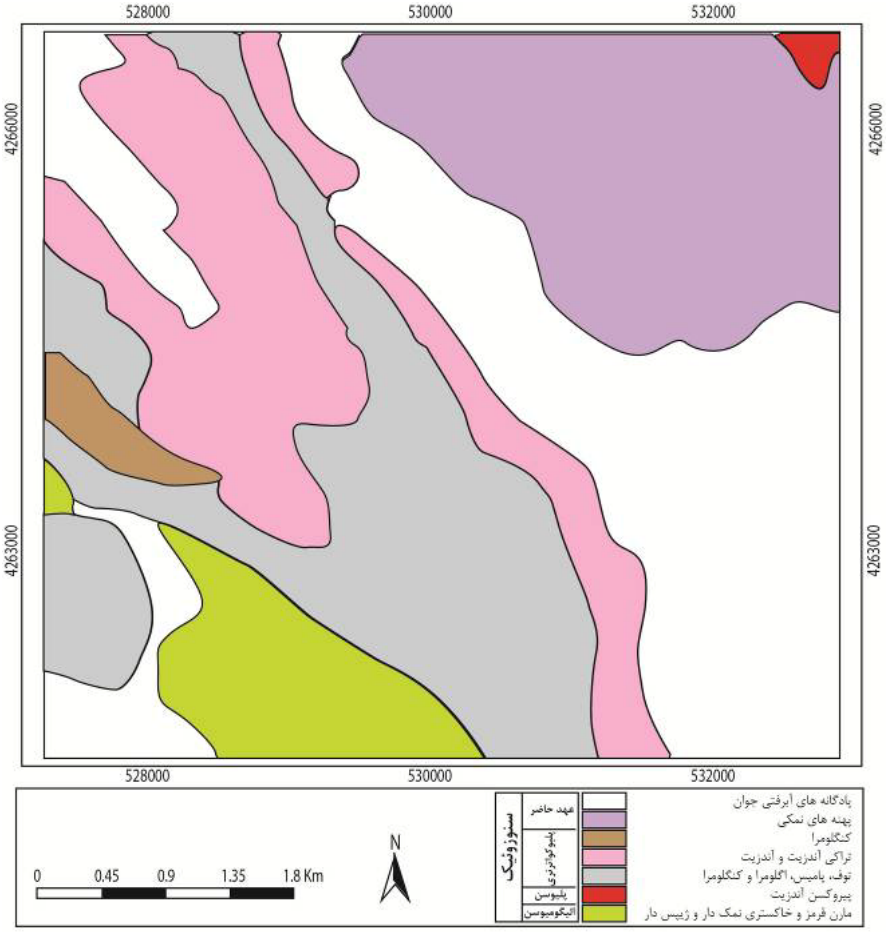
ریزدانه آندزیتی یا همزاد، انباشتی) هستند. ترکیب شیمیایی و کانی‌شناسی میانبارهای داخل سنگ‌های آذرین تقریباً به صورت حفظ شده باقی‌مانده است و بر این اساس بررسی میانبارها اطلاعات مفیدی را در مورد تاریخچه تشکیل خود و ماگمای میزبان و خاستگاه آنها به دست می‌دهد [۱]. کارهای پیشین انجام یافته در منطقه شامل بررسی‌های سنگ‌نگاری، سنگ‌شناسی دایک لامپروفیری قخلار [۲] و بررسی‌های سنگ‌شناسی و زمین‌شیمی سنگ‌های آتشفشانی و آذرآواری شمال غرب مرند است [۴،۳]. در این پژوهش کانی‌شناسی، روابط بافتی و شیمی کانی‌ها در سنگ میزبان آندزیتی و میانبارهای ماگمایی داخل آن بررسی شده و ویژگی‌های ماگمایی، خاستگاه سنگ‌ها و رابطه پیدایشی میانبارها با سنگ میزبان مورد بحث و بررسی قرار گرفته است.

زمین‌شناسی منطقه

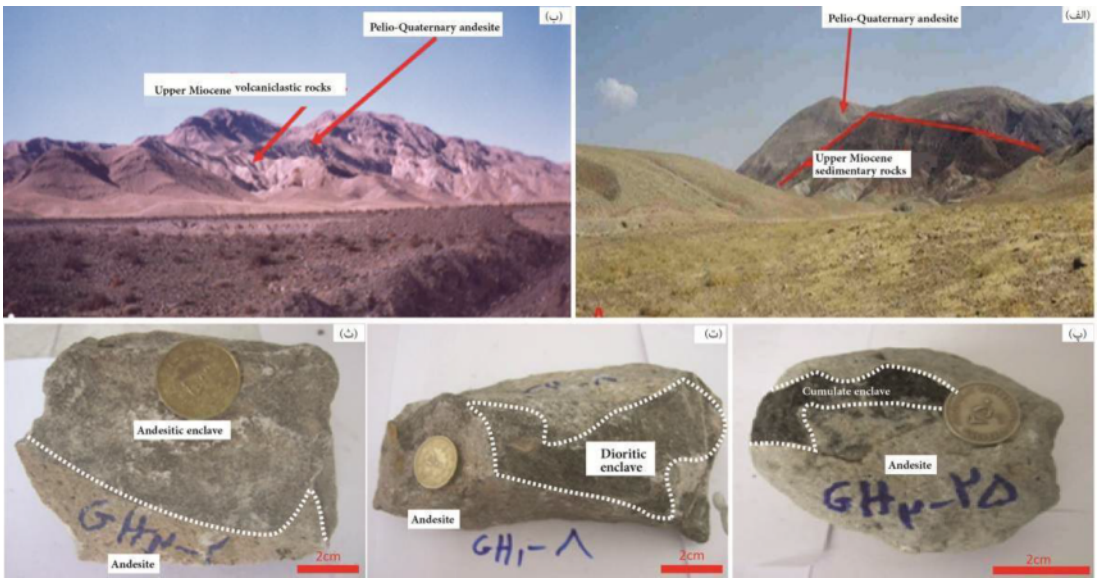
منطقه قخلار در شمال غرب مرند در منطقه‌بندی‌های ساختاری ایران، بخشی از پهنه‌های زمین‌ساختی سلطانیه-میشو [۵]، ایران مرکزی [۶] و البرز غربی- آذربایجان [۷] (شکل ۱) را تشکیل می‌دهد. فعالیت‌های آتشفشانی وسیع مربوط به دوره نوزیستی در منطقه مورد بررسی همچون سایر مناطق آذربایجان تقریباً همه واحدهای پیش از کرتاسه را پوشانیده است [۸]. بررسی‌های صحرایی نشان می‌دهد که طیف وسیعی از سنگ‌های آتشفشانی و آذرآواری وابسته به ترکیب آندزیت و تراکی‌آندزیت تا انواع تحت اشباع از سیلیس (لوسیت بازانیت، لوسیت تفریت و تفریت) در محدوده مورد بررسی برونزد دارند [۹]. مجموعه‌های تحت اشباع از نظر سنی جوان‌تر از مجموعه‌های اشباع از سیلیس هستند و آنها را قطع کرده‌اند [۹]. بررسی‌های صحرایی نشان می‌دهد که حجم سنگ‌های آندزیت بیشتر از سایر سنگ‌های آتشفشانی است. گدازه‌های قدیمی‌تر تقریباً لایه مانند هستند و به‌نظر می‌رسد که فوران به‌طور متناوب همراه با دوره‌هایی از آرامش انجام گرفته است [۹]. این گدازه‌ها علاوه بر حالت بین لایه‌ای به صورت انواع توده‌ای (معدن سنگ قخلار) و برش‌های آتشفشانی نیز مشاهده می‌شوند. سن این نهشته‌های آتشفشانی و آذرآواری در نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ قره ضیاالدین [۹] به ائوسن نسبت داده شده است ولی ویژگی‌های صحرایی سنگ‌های مورد بررسی متفاوت از ویژگی‌های نهشته‌های ائوسن در تمامی نقاط آذربایجان است. شکل‌های ۲ الف، ب دورنمایی از برونزد سنگ‌های آتشفشانی پلیوکواترنری در منطقه را نشان می‌دهد. به‌عنوان نمونه در اطراف روستای زنجیره سنگ‌های آتشفشانی مشابهی روی رسوبات مارنی نمک‌دار و گچ‌دار میوسن بیرون ریخته‌اند [۱۰]. همچنین رخنمون سنگ‌های آتشفشانی مورد بررسی در نزدیک روستای قاپلیق و معدن قخلار روی رسوبات تخریبی و تبخیری میوسن پسین به‌وضوح دیده می‌شوند، لذا با توجه به شواهد صحرایی انتساب این مجموعه از نظر سن فعالیت به ائوسن درست به نظر نمی‌رسد و فعالیت ماگمایی آنها جوانتر از میوسن و به احتمال زیاد قابل مقایسه با فعالیت‌های ماگمایی پلیو-کواترنر آذربایجان است. حضور میانبارهای مختلف داخل سنگ‌های آندزیتی از ویژگی-های بارز سنگ‌های ماگمایی این منطقه است. سنگ‌های آندزیتی در نمونه دستی به رنگ خاکستری روشن بوده و به دلیل اختلاف رنگ سنگ میزبان با میانبارها، تشخیص میانبارها در آن به راحتی امکان‌پذیر است (شکل‌های ۲ پ-ث). کانی-های قابل تشخیص در نمونه دستی سنگ‌های میزبان شامل درشت بلورهای سفید رنگ پلاژیوکلاز و بلورهای تیره رنگ پیروکسن، آمفیبول و کمتر بیوتیت است. بررسی میانبارهای موجود در سنگ‌های آتشفشانی قخلار نشان می‌دهد که میانبارها از هر دو نوع زنولیتی و اتولیتی هستند. زنولیت‌ها شامل انواع میانبارهای آمفیبولیتی، لامپروفیری، کربناته، هورنفلسی هستند که بررسی آنها در این پژوهش مورد نظر نیست. میانبارهای ماگمایی از نوع همزاد (آندزیتی ریزدانه)، دیوریتی و انباشتی هستند که به نظر می‌رسد که در ارتباط با تبلور ماگمای تشکیل دهنده سنگ‌های آندزیتی میزبان بوجود آمده باشند. میانبارهای همزاد یا آندزیتی دارای ترکیب کانی-شناسی و بافتی مشابه با سنگ میزبان آندزیتی است (شکل ۲ پ). این میانبارها احتمالاً قطعات شکسته شده‌ای از حاشیه‌های زودتر متبلور شده ماگما هستند که به درون گدازه سقوط کرده و دارای بافت پورفیری با خمیره ریزدانه‌اند. مرز این میانبارها با سنگ میزبان ناگهانی بوده و رنگ آنها کمی تیره‌تر از سنگ میزبان است. میانبارهای دیوریتی از نظر کانی‌شناسی شباهت زیادی به سنگ میزبان خود دارند و از پلاژیوکلاز و آمفیبول تشکیل شده‌اند ولی از نظر بافتی با آنها متفاوتند (شکل ۲ ت). میانبارهای انباشتی نتیجه تجمع بلورهای درشت پیروکسن و آمفیبول موجود در سنگ‌های آتشفشانی هستند (شکل ۲ ث).

[Downloaded from ijcm.ir on 2024-04-20]

[DOI: 10.29252/ijcm.25.4.811]



شکل ۱ نقشه زمین‌شناسی قخلار، برگرفته از نقشه ۱/۱۰۰۰۰۰ قره ضیاء الدین [۹] با اندکی تغییرات.



شکل ۲ (الف) دورنمایی از سنگ‌های آتشفشانی مورد بررسی روی واحدهای رسوبی میوسن پسین، (ب) دورنمایی از سنگ‌های آتشفشانی مورد بررسی در بالای لایه‌های خاکستر آتشفشانی میوسن پسین، (پ-ث) تصاویری از نمونه‌های دستی میانبارهای همزاد آندزیتی، دیوریتی و انباشتی درون سنگ میزبان آندزیتی.

[Downloaded from ijcm.ir on 2024-04-20]

[DOI: 10.29252/ijcm.25.4.811]

روش انجام پژوهش

به منظور بررسی سنگ‌های آتشفشانی و میانبارهای داخل آنها از سه ایستگاه مجزا و در امتداد رخنمون سنگ‌های آتشفشانی پلیو-کواترنری نمونه‌برداری به عمل آمد که در نهایت ۴۰ نمونه مناسب سنگی به منظور تهیه مقاطع نازک میکروسکوپیکی انتخاب شد. همچنین جهت بررسی شیمی کانی‌ها در میانبار و سنگ دربرگیرنده آندزیتی، تعداد ۷ مقطع نازک تهیه شد و به روش تجزیه نقطه‌ای توسط دستگاه Cameca SX100 در مرکز تحقیقات و فرآوری مواد معدنی کرج مورد بررسی قرار گرفتند. کانی‌های تجزیه‌شده شامل کلینو پیروکسن، پلاژیوکلاز، آمفیبول و بیوتیت هستند (جدول‌های ۱ تا ۳). علایم اختصاری کانی‌ها برگرفته از مرجع [۱۱] هستند.

مطالعات سنگ‌نگاری سنگ‌های آتشفشانی

بر اساس ترکیب کانی‌شناسی، سنگ‌های آتشفشانی مورد بررسی از نوع آندزیت و میانبارهای ماگمایی از نوع همزاد (آندزیتی ریزدانه)، دیوریتی و انباشتی هستند. در این قسمت سنگ‌نگاری سنگ میزبان آندزیتی و میانبارهای ماگمایی داخل آن مورد بررسی می‌شود (جدول ۴).

(الف) سنگ میزبان آندزیتی: سنگ‌های آندزیتی به رنگ‌های خاکستری و سبز دیده می‌شوند. کانی‌های اصلی شامل بلورهای پلاژیوکلاز شکل‌دار تا نیمه شکل‌دار و در ابعاد ۱ تا ۱٫۵ میلی-متر (۵۰ تا ۶۰ درصد)، کلینوپیروکسن شکل‌دار تا نیمه‌شکل‌دار با اندازه بیشینه ۱٫۵ میلی‌متر (۱۵ تا ۲۰ درصد) و آمفیبول غنی از تیتان و بیوتیت شکل‌دار تا نیمه‌شکل‌دار با حاشیه سوخته (۱۵ تا ۲۵ درصد) هستند. درشت‌بلورهای پلاژیوکلاز دارای منطقه‌بندی نوری و بافت گلومروپورفیری هستند و برخی از آنها بافت غربالی نشان می‌دهند. درشت بلورهای کلینوپیروکسن دارای ماکل‌های ساده و نواری هستند و کم و بیش به کلسیت و اپیدوت دگرسان شده‌اند. تشکیل هاله‌های واکنشی از کانی‌های تیره پیرامون هورنبلند و بیوتیت در برخی از نمونه‌ها نشان‌دهنده عدم تعادل این کانی‌های آبدار در محیط بی آب و شرایط افزایش دماست. کانی‌های فرعی شامل آپاتیت، زیرکن و کانی تیره هستند. بافت اصلی این سنگ‌ها پورفیری با خمیره ریزدانه تا شیشه‌ای است. خمیره ریزدانه بیشتر از ریزبلورهای پلاژیوکلاز تشکیل شده است. بافت عمومی این گدازه‌ها ریزبلوری پورفیری و هیالوپورفیری است (شکل ۳ الف، ب).

جدول ۱ نتایج تجزیه شیمی کلینوپیروکسن در سنگ میزبان آندزیتی قخلار و میانبارهای ماگمایی درون آن.

	سنگ میزبان آندزیتی								
	(GH1-3)	(Gh1-12)						(GH3-9)	
SiO_2	۵۱٫۴۷	۵۳٫۱۹	۵۳٫۸۱	۵۳٫۴۶	۵۳٫۳۲	۵۲٫۱۱	۵۲٫۸۲	۵۲٫۴۳	۵۲٫۸۲
TiO_2	۰٫۰۰	۰٫۷۵	۰٫۴۵	۰٫۲۸	۰٫۸۹	۱٫۴۰	۰٫۳۲	۰٫۰۰	۰٫۵۰
Al_2O_3	۲٫۷۵	۱٫۶۲	۱٫۱۵	۱٫۲۱	۱٫۰۶	۱٫۲۱	۱٫۴۵	۱٫۰۲	۱٫۰۰
FeO	۵٫۶۲	۷٫۵۶	۶٫۷۹	۷٫۹۳	۶٫۶۲	۸٫۰۳	۸٫۲۵	۷٫۱۳	۷٫۷۱
MnO	۰٫۱۴	۰٫۲۶	۰٫۳۳	۰٫۳۸	۰٫۴۶	۰٫۳۷	۰٫۴۱	۰٫۸۲	۰٫۸۵
MgO	۱۸٫۵۶	۱۷٫۳۴	۱۶٫۳۴	۱۵٫۵۲	۱۵٫۸۸	۱۶٫۰۴	۱۵٫۲۰	۱۵٫۵۸	۱۴٫۸۸
CaO	۱۹٫۰۴	۱۹٫۱۳	۲۱٫۵۳	۲۱٫۴۵	۲۲٫۱۵	۲۱٫۰۹	۲۱٫۱۹	۲۰٫۷۳	۲۱٫۴۲
Na_2O	۰٫۵۰	۰٫۳۶	۰٫۶۴	۰٫۷۴	۰٫۵۶	۰٫۶۵	۰٫۹۸	۰٫۴۲	۰٫۵۳
K_2O	۰٫۰۰	۰٫۰۰	۰٫۰۱	۰٫۰۱	۰٫۰۰	۰٫۰۰	۰٫۰۰	۰٫۰۱	۰٫۰۰
Total	۹۹٫۴۰	۱۰۰٫۲۱	۱۰۱٫۰۵	۱۰۰٫۹۸	۱۰۰٫۹۴	۱۰۰٫۹۰	۱۰۰٫۶۲	۹۸٫۱۴	۹۹٫۷۱
Si	۱٫۹۰	۱٫۹۴	۱٫۹۵	۱٫۹۵	۱٫۹۴	۱٫۹۱	۱٫۹۳	۱٫۹۷	۱٫۹۶
Ti	۰٫۰۰	۰٫۰۲	۰٫۰۱	۰٫۰۱	۰٫۰۲	۰٫۰۴	۰٫۰۱	۰٫۰۰	۰٫۰۱
Al	۰٫۱۲	۰٫۰۷	۰٫۰۵	۰٫۰۵	۰٫۰۴	۰٫۰۵	۰٫۰۶	۰٫۰۴	۰٫۰۴
Fe^{3+}	۰٫۱۲	۰٫۰۲	۰٫۰۶	۰٫۰۸	۰٫۰۵	۰٫۱۰	۰٫۱۲	۰٫۰۵	۰٫۰۴
Fe^{2+}	۰٫۰۵	۰٫۲۱	۰٫۱۴	۰٫۱۶	۰٫۱۵	۰٫۱۴	۰٫۱۳	۰٫۱۷	۰٫۲۰
Mn	۰٫۰۰	۰٫۰۰	۰٫۰۱	۰٫۰۱	۰٫۰۱	۰٫۰۱	۰٫۰۱	۰٫۰۳	۰٫۰۳
Mg	۱٫۰۲	۰٫۹۴	۰٫۸۸	۰٫۸۴	۰٫۸۶	۰٫۸۷	۰٫۸۳	۰٫۸۷	۰٫۸۲
Ca	۰٫۷۵	۰٫۷۵	۰٫۸۴	۰٫۸۴	۰٫۸۷	۰٫۸۳	۰٫۸۳	۰٫۸۳	۰٫۸۵
Na	۰٫۰۴	۰٫۰۳	۰٫۰۴	۰٫۰۵	۰٫۰۴	۰٫۰۵	۰٫۰۴	۰٫۰۳	۰٫۰۳
K	۰٫۰۰	۰٫۰۰	۰٫۰۰	۰٫۰۰	۰٫۰۰	۰٫۰۰	۰٫۰۰	۰٫۰۰	۰٫۰۰
Total	۴	۴٫۰۰	۴٫۰۰	۴٫۰۰	۴٫۰۰	۴٫۰۰	۴٫۰۰	۴٫۰۰	۴٫۰۰

[Downloaded from ijcm.ir on 2024-04-20]

[DOI: 10.29252/ijcm.25.4.811]

ادامه جدول ۱

	میانبار انباشتی		میانبار دیوریتی (Gh1-8)				میانبار همزاد (Gh2-2)			
SiO_2	۵۴٫۱۶	۵۴٫۱۶	۵۰٫۶۵	۵۲٫۳۳	۵۰٫۷۵	۵۲٫۰۴	۵۲٫۵۱	۵۲٫۲۳	۵۲٫۵	۵۲٫۳۸
TiO_2	۰٫۰۰	۰٫۳۲	۰٫۹۷	۲٫۵۸	۲٫۰۲	۱٫۵۲	۱٫۰۴	۰٫۸۵	۱٫۴۶	۰٫۳۲
Al_2O_3	۰٫۸۰	۱٫۱۵	۱٫۸۲	۱٫۰۴	۲٫۴۱	۱٫۸۱	۲٫۰۵	۱٫۸۶	۱٫۰۶	۱٫۳۸
FeO	۶٫۸۴	۶٫۵۹	۷٫۶۸	۶٫۱۶	۷٫۲۳	۶٫۳۰	۷٫۱۳	۸٫۱۶	۶٫۹۱	۷٫۲۶
MnO	۰٫۳۵	۰٫۳۴	۰٫۲۶	۰٫۲۸	۰٫۲۳	۰٫۲۴	۰٫۲۳	۰٫۴۰	۰٫۳۸	۰٫۳۴
MgO	۱۶٫۲۶	۱۶	۱۴٫۳۶	۱۵٫۴۹	۱۴٫۱۱	۱۴٫۵۴	۱۶٫۴۱	۱۵٫۶۳	۱۵٫۹۹	۱۵٫۵۱
CaO	۲۱٫۵۲	۲۱٫۳	۲۲٫۶۵	۲۲٫۲۰	۲۱٫۴۱	۲۱٫۶۹	۲۰٫۸۳	۲۰٫۶۲	۲۱٫۰۲	۲۱٫۰۷
Na_2O	۰٫۸۶	۰٫۸۶	۰٫۶۸	۰٫۷۴	۰٫۷۴	۰٫۷۰	۰٫۶۲	۰٫۹۸	۰٫۶۶	۰٫۷۴
K_2O	۰٫۰۱	۰٫۰۱	۰٫۰۰	۰٫۰۰	۰٫۰۰	۰٫۰۰	۰٫۰۴	۰٫۰۰	۰٫۰۰	۰٫۰۰
Total	۱۰۰٫۸۰	۱۰۰٫۷۳	۹۹٫۰۷	۱۰۰٫۸۲	۹۸٫۹۰	۹۸٫۸۴	۱۰۰٫۸۶	۱۰۰٫۷۳	۹۹٫۹۸	۹۹٫۰۰
Si	۱٫۹۷	۱٫۹۷	۱٫۸۹	۱٫۹۲	۱٫۹۰	۱٫۹۴	۱٫۹۱	۱٫۹۱	۱٫۹۳	۱٫۹۵
Ti	۰٫۰۰	۰٫۰۱	۰٫۰۳	۰٫۰۷	۰٫۰۶	۰٫۰۴	۰٫۰۲	۰٫۰۲	۰٫۰۴	۰٫۰۱
Al	۰٫۰۳	۰٫۰۵	۰٫۰۸	۰٫۰۵	۰٫۱۱	۰٫۰۸	۰٫۰۸	۰٫۰۸	۰٫۰۵	۰٫۰۶
Fe^{3+}	۰٫۰۹	۰٫۰۵	۰٫۱۳	۰٫۰۳	۰٫۰۳	۰٫۰۰	۰٫۰۸	۰٫۱۳	۰٫۰۵	۰٫۰۹
Fe^{2+}	۰٫۱۲	۰٫۱۵	۰٫۱۱	۰٫۱۶	۰٫۲۰	۰٫۲۰	۰٫۱۴	۰٫۱۲	۰٫۱۶	۰٫۱۴
Mn	۰٫۰۱	۰٫۰۱	۰٫۰۱	۰٫۰۱	۰٫۰۱	۰٫۰۱	۰٫۰۱	۰٫۰۱	۰٫۰۱	۰٫۰۱
Mg	۰٫۸۸	۰٫۸۷	۰٫۸۰	۰٫۸۵	۰٫۷۹	۰٫۸۱	۰٫۸۹	۰٫۸۵	۰٫۸۸	۰٫۸۶
Ca	۰٫۸۴	۰٫۸۳	۰٫۹۱	۰٫۸۷	۰٫۸۶	۰٫۸۷	۰٫۸۱	۰٫۸۱	۰٫۸۳	۰٫۸۴
Na	۰٫۰۶	۰٫۰۶	۰٫۰۵	۰٫۰۵	۰٫۰۵	۰٫۰۵	۰٫۰۴	۰٫۰۷	۰٫۰۵	۰٫۰۵
K	۰٫۰۰	۰٫۰۰	۰٫۰۰	۰٫۰۰	۰٫۰۰	۰٫۰۰	۰٫۰۰	۰٫۰۰	۰٫۰۰	۰٫۰۴
Total	۴٫۰۰	۴٫۰۰	۴٫۰۰	۴٫۰۰	۴٫۰۰	۴٫۰۰	۴٫۰۰	۴٫۰۰	۴٫۰۰	۴٫۰۰

جدول ۲ نتایج تجزیه شیمی پلاژیوکلاز در سنگ میزبان آندزیتی قخلار و میانبارهای ماگمایی درون آن.

	سنگ میزبان آندزیتی (Gh1-12)					سنگ میزبان آندزیتی (Gh1-3)			سنگ میزبان آندزیتی(Gh3-9)	
SiO_2	۶۰٫۴۷	۵۱٫۰۷	۵۹٫۷۳	۵۹٫۱۴	۵۹٫۳۹	۶۱٫۳۵	۵۸٫۶۷	۵۸٫۶۵	۵۹٫۲۴	۵۸٫۱۸
TiO_2	۰٫۰۰	۰٫۳۸	۰٫۱۲	۱٫۲۱	۰٫۹۷	۰٫۲۰	۱٫۱۶	۰٫۰۰	۰٫۰۰	۰٫۰۰
Al_2O_3	۲۴٫۶۴	۲۴٫۱۰	۲۵٫۰۹	۲۵٫۰۷	۲۵	۲۳٫۲	۲۴٫۶۷	۲۵٫۱۶	۲۵٫۹۵	۲۶٫۲۵
FeO	۰٫۳۹	۰٫۴۲	۰٫۴۲	۰٫۴۵	۰٫۴۴	۰٫۱۵	۰٫۴۱	۰٫۱۴	۰٫۲۸	۰٫۴۴
MnO	۰٫۰۱	۰٫۰۰	۰٫۰۰	۰٫۰۱	۰٫۰۲	۰٫۰۱	۰٫۰۰	۰٫۰۱	۰٫۰۱	۰٫۰۱
MgO	۰٫۰۳	۰٫۰۰	۰٫۰۰	۰٫۰۴	۰٫۰۱	۰٫۰۰	۰٫۰۰	۰٫۰۳	۰٫۰۰	۰٫۰۰
CaO	۶٫۳۴	۵٫۵۰	۶٫۳۵	۷٫۰۶	۷٫۰۲	۵٫۱۸	۶٫۹۲	۶٫۷۳	۶٫۵۴	۷٫۰۸
Na_2O	۷٫۸۹	۸٫۴۸	۸٫۱۱	۷٫۴۶	۷٫۲۰	۸٫۱۴	۷٫۴۸	۷٫۷۸	۷٫۳۱	۶٫۹۸
K_2O	۰٫۹۷	۰٫۹۷	۰٫۷۵	۰٫۸۱	۰٫۷۹	۰٫۹۳	۰٫۷۸	۰٫۸۷	۰٫۰۰	۰٫۷۲
Total	۱۰۰٫۷۴	۱۰۰٫۹۲	۱۰۰٫۵۷	۱۰۱٫۲۵	۱۰۰٫۸۴	۹۹٫۱۶	۱۰۰٫۰۹	۹۹٫۳۷	۹۹٫۳۳	۹۹٫۶۶
Oxygens	۸	۸	۸	۸	۸	۸	۸	۸	۸	۸
Si	۲٫۶۷	۲٫۶۸	۲٫۶۳	۲٫۶۱	۲٫۶۴	۲٫۷۵	۲٫۶۲	۲٫۶۲	۲٫۶۶	۲٫۶۰
Ti	۰٫۰۰	۰٫۰۱	۰٫۰۰	۰٫۰۴	۰٫۰۳	۰٫۰۰	۰٫۰۴	۰٫۰۰	۰٫۰۰	۰٫۰۰
Al	۱٫۲۸	۱٫۲۴	۱٫۳۰	۱٫۳۰	۱٫۳۰	۱٫۲۳	۱٫۳۰	۱٫۳۲	۱٫۳۷	۱٫۳۸
Fe	۰٫۰۱	۰٫۰۱	۰٫۰۱	۰٫۰۱	۰٫۰۱	۰٫۰۰	۰٫۰۱	۰٫۰۰	۰٫۰۱	۰٫۰۲
Mn	۰٫۰۰	۰٫۰۰	۰٫۰۰	۰٫۰۰	۰۰٫۰	۰٫۰۰	۰٫۰۰	۰٫۰۰	۰٫۰۰	۰٫۰۰
Mg	۰٫۰۰	۰٫۰۰	۰٫۰۰	۰٫۰۰	۰٫۰۰	۰٫۰۰	۰٫۰۰	۰٫۰۰	۰٫۰۰	۰٫۰۰
Ca	۰٫۳۰	۰٫۲۵	۰٫۳۰	۰٫۳۳	۰٫۳۳	۰٫۲۵	۰٫۳۳	۰٫۳۲	۰٫۳۱	۰٫۳۴
Na	۰٫۶۷	۰٫۷۲	۰٫۶۹	۰٫۶۳	۰٫۶۲	۰٫۷۱	۰٫۶۵	۰٫۶۷	۰٫۶۳	۰٫۶۱
K	۰٫۰۵	۰٫۰۵	۰٫۰۴	۰٫۰۴	۰٫۰۴	۰٫۰۵	۰٫۰۴	۰٫۰۵	۰٫۰۰	۰٫۰۴
Total	۵٫۰۰	۵٫۰۰	۵٫۰۰	۵٫۰۰	۵٫۰۰	۵٫۰۰	۵٫۰۰	۵٫۰۰	۵٫۰۰	۵٫۰۰
Or	۵٫۳۰	۵٫۲۴	۴٫۰۷	۴٫۴۸	۴٫۴۸	۵٫۲۷	۴٫۳۴	۴٫۷۴	۰٫۰۰	۴٫۱۷
Ab	۶۹٫۵۷	۶۹٫۷۵	۶۶٫۹۵	۶۲٫۷۱	۶۲٫۰۷	۷۰٫۰۸	۶۳٫۲۹	۶۴٫۴۵	۶۶٫۹۱	۶۱٫۴۱
An	۲۵	۲۵	۲۸٫۹۷	۳۲٫۸۰	۳۳٫۴۴	۲۴٫۶۴	۳۲٫۳۵	۳۰٫۸۰	۳۳٫۰۸	۳۴٫۴۲

[Downloaded from ijcm.ir on 2024-04-20]

[DOI: 10.29252/ijcm.25.4.811]

ادامه جدول ۲

	میانبار دیوریتی (Gh3-5)				میانبار انباشتی (Gh2-25)			میانبار دیوریتی (Gh1-8)		میانبار همزاد (Gh2-2)	
SiO_2	۵۹٫۷۰	۵۹٫۵۱	۵۹٫۲۶	۵۸٫۸۵	۶۳٫۳۷	۶۲٫۵۰	۶۰٫۱۴	۵۶٫۸۳	۵۵٫۸۶	۶۱٫۶۱	۵۹٫۶۰
TiO_2	۰٫۰۰	۱٫۱۲	۰٫۰۰	۰٫۰۰	۰٫۳۶	۰٫۰۰	۰٫۰۱	۲٫۱۵	۱٫۷۱	۰٫۱۶	۰٫۰۸
Al_2O_3	۲۴٫۲۶	۲۴٫۴۸	۲۵٫۰۸	۲۴٫۶۸	۲۴٫۸۱	۲۵٫۹۷	۲۶٫۰۳	۲۵	۲۴٫۹۸	۲۳٫۴۹	۲۴٫۷۳
FeO	۰٫۴۷	۰٫۳۴	۰٫۱۸	۰٫۵۲	۰٫۳۷	۰٫۳۷	۰٫۳۳	۰٫۶۴	۰٫۲۹	۰٫۴۷	۰٫۴۶
MnO	۰٫۰۰	۰٫۰۰	۰٫۰۱	۰٫۰۳	۰٫۰۰	۰٫۰۱	۰٫۰۰	۰٫۰۱	۰٫۰۱	۰٫۰۰	۰٫۰۱
MgO	۰٫۰۰	۰٫۰۰	۰٫۰۰	۰٫۰۰	۰٫۰۰	۰٫۰۰	۰٫۰۰	۰٫۰۴	۰٫۰۲	۰٫۰۰	۰٫۰۲
CaO	۵٫۸۱	۶٫۷۴	۶٫۲۵	۶٫۴۴	۶٫۲۶	۶٫۴۲	۸٫۳۰	۶٫۹۱	۷٫۰۱	۵٫۳۳	۶٫۷۸
Na_2O	۷٫۸۶	۷٫۳۴	۸٫۳۹	۷٫۷۱	۳٫۵۳	۴٫۲۰	۵٫۴۲	۷٫۳۴	۷٫۲۰	۸٫۰۲	۷٫۷۱
K_2O	۱٫۹۸	۱٫۳۸	۱٫۶۱	۱٫۴۶	۰٫۸۹	۰٫۸۳	۰٫۶۰	۰٫۹۹	۰٫۹۳	۱٫۳۳	۰٫۶۹
Total	۱۰۰٫۰۸	۱۰۰٫۶۶	۱۰۱٫۰۳	۹۹٫۶۹	۹۹٫۵۹	۱۰۰٫۳۰	۱۰۰٫۸۳	۹۹٫۹۱	۹۸٫۰۰	۱۰۰٫۴۱	۱۰۰٫۰۸
Oxygens	۸	۸	۸	۸	۸	۸	۸	۸	۸	۸	۸
Si	۲٫۶۹	۲٫۶۵	۲٫۶۵	۲٫۶۶	۲٫۹۴	۲٫۸۵	۲٫۷۰	۲٫۵۵	۲٫۵۶	۲٫۷۳	۲٫۶۵
Ti	۰٫۰۰	۰٫۰۰	۰٫۰۴	۰٫۰۰	۰٫۰۱	۰٫۰۰	۰٫۰۰	۰٫۰۷	۰٫۰۶	۰٫۰۱	۰٫۰۰
Al	۱٫۲۹	۱٫۳۲	۱٫۲۹	۱٫۳۱	۱٫۳۵	۱٫۳۹	۱٫۳۹	۱٫۳۲	۰٫۳۴	۱٫۲۳	۱٫۲۹
Fe	۰٫۰۲	۰٫۰۱	۰٫۰۱	۰٫۰۲	۰٫۰۱	۰٫۰۱	۰٫۰۱	۰٫۰۲	۰٫۰۱	۰٫۰۱	۰٫۰۱
Mn	۰٫۰۰	۰٫۰۰	۰٫۰۰	۰٫۰۰	۰٫۰۰	۰٫۰۰	۰٫۰۰	۰٫۰۰	۰٫۰۰	۰٫۰۰	۰٫۰۰
Mg	۰٫۰۰	۰٫۰۰	۰٫۰۰	۰٫۰۰	۰٫۰۰	۰٫۰۰	۰٫۰۰	۰٫۰۰	۰٫۰۰	۰٫۰۰	۰٫۰۰
Ca	۰٫۲۸	۰٫۳۰	۰٫۳۲	۰٫۳۱	۰٫۳۱	۰٫۳۱	۰٫۴۰	۰٫۳۳	۰٫۳۴	۰٫۲۵	۰٫۳۲
Na	۰٫۶۹	۰٫۷۳	۰٫۶۴	۰٫۶۸	۰٫۳۲	۰٫۳۷	۰٫۴۷	۰٫۶۴	۰٫۶۳	۰٫۶۹	۰٫۶۶
K	۰٫۱۱	۰٫۰۹	۰٫۰۸	۰٫۰۸	۰٫۰۵	۰٫۰۵	۰٫۰۳	۰٫۰۶	۰٫۰۵	۰٫۰۷	۰٫۰۴
Total	۵٫۰۷	۵٫۱۰	۵٫۰۳	۵٫۰۶	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۵
Or	۱۱	۸	۸	۸	۷٫۷۳	۶٫۵۸	۳٫۷۹	۵٫۵۱	۵٫۲۸	۷٫۳۹	۳٫۸۱
Ab	۶۹	۶۵	۶۱	۶۳	۴۶٫۶۰	۵۰٫۶۴	۵۲٫۱۱	۶۲٫۱۵	۶۱٫۲۸	۶۷٫۷۳	۶۴٫۷۳
An	۲۸	۲۷	۳۱	۲۹	۴۵٫۶۷	۴۲٫۷۷	۴۴٫۰۹	۳۲٫۳۳	۳۳٫۴۳	۲۴٫۸۷	۳۱٫۴۵

جدول ۳ شیمی آمفیبول در میانبار انباشتی و شیمی بیوتیت در میانبارهای دیوریتی و همزاد درون سنگ میزبان آندزیتی قخلار.

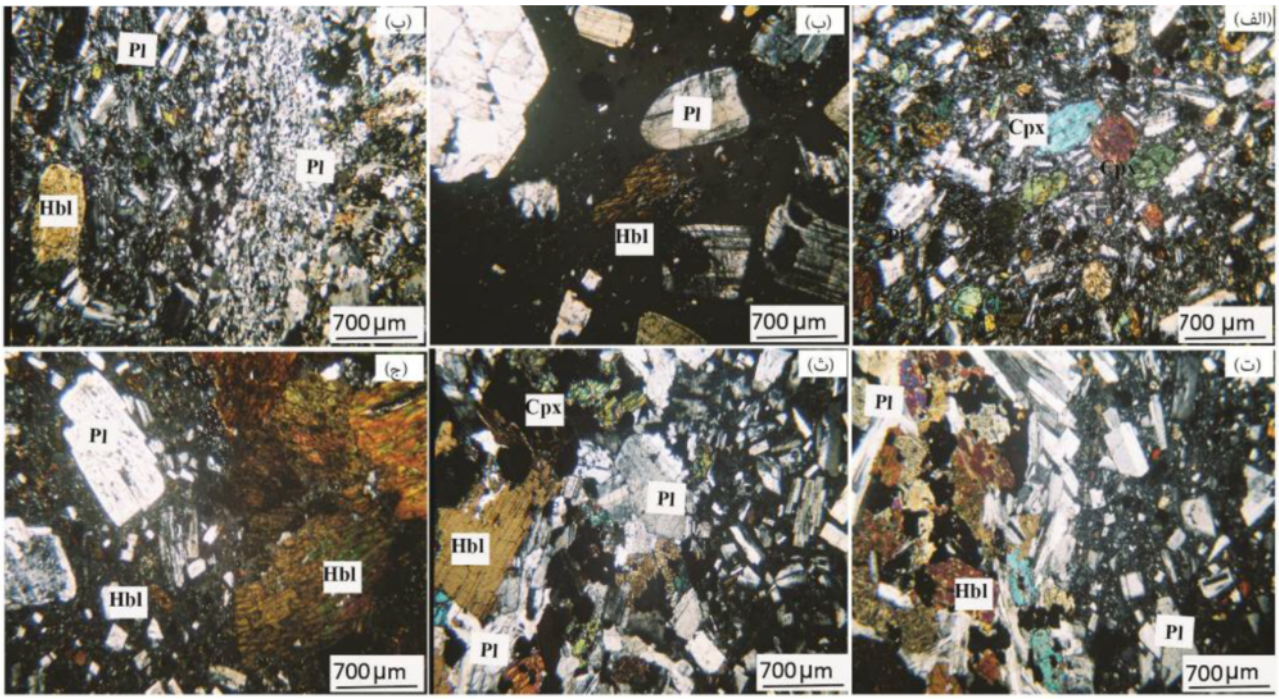
	آمفیبول					بیوتیت				
	میانبار انباشتی (Gh2-25)					میانبار دیوریتی(Gh1-8)		میانبار همزاد (Gh2-2)		
SiO_2	۴۱٫۴۳	۴۱٫۰۹	۴۰٫۹۰	۴۱٫۰۷	۴۱٫۰۵	۳۸٫۹۸	۳۷٫۹۳	۳۷٫۹۸	۳۶٫۵۷	۳۵٫۹۱
TiO_2	۴٫۳۴	۴٫۲۴	۲٫۹۴	۲٫۵۷	۲٫۹۱	۵٫۴۹	۷٫۴۰	۳٫۲۵	۶٫۱۲	۰٫۰۰
Al_2O_3	۱۱٫۶۷	۱۱٫۶	۱۱٫۸۰	۱۲٫۰۸	۱۰٫۷۷	۱۴٫۵۷	۱۳٫۹۲	۱۳٫۲۲	۱۲٫۶۷	۱۳٫۱۵
FeO	۱۰٫۸۸	۱۱٫۵۱	۱۱٫۸۴	۱۲٫۱۲	۳٫۲۸	۱۱٫۵۶	۱۰٫۷۸	۱۱٫۵۰	۱۱٫۱۱	۱۵٫۲۳
MnO	۰٫۱۴	۰٫۱۳	۰٫۱۳	۰٫۱۲	۰٫۱۲	۰٫۰۶	۰٫۰۷	۰٫۰۶	۰٫۱۱	۰٫۰۶
MgO	۱۵٫۰۳	۱۵٫۱۲	۱۵٫۱۳	۱۵٫۲۳	۱۴٫۵۸	۱۸٫۵۲	۱۷٫۴۰	۱۹٫۲۳	۱۷٫۵۳	۱۸٫۸۱
CaO	۱۱٫۵۸	۱۱٫۶۳	۱۱٫۸۰	۱۱٫۶۴	۱۱٫۸۰	۰٫۰۲	۰٫۰۱	۰٫۴۰	۰٫۰۸	۰٫۰۵
Na_2O	۲٫۹۶	۲٫۷۷	۳٫۰۰	۲٫۹۲	۲٫۷۵	۰٫۷۱	۰٫۵۲	۰٫۷۰	۰٫۵۵	۰٫۵۰
K_2O	۱٫۲۳	۱٫۱۲	۱٫۱۸	۱٫۱۲	۱٫۱۵	۱۰٫۰۷	۱۰٫۲۳	۹٫۴۷	۹٫۷۱	۸٫۹۳
Total	۹۸٫۰۳	۹۸٫۰۹	۹۷٫۵۴	۹۸٫۰۴	۹۶٫۸۱	۹۸٫۹۸	۹۸٫۲۶	۹۵٫۸۱	۹۴٫۴۵	۹۲٫۶۴
Si	۶٫۰۰	۵٫۹۵	۵٫۹۶	۵٫۹۶	۶٫۰۸	۵٫۵۱	۵٫۳۷	۵٫۵۷	۵٫۴۶	۵٫۵۵
Al^{iv}	۱٫۹۹	۱٫۹۸	۲٫۰۳	۲٫۰۴	۱٫۹۱	۲٫۳۴	۲٫۳۲	۲٫۲۸	۲٫۲۳	۲٫۳۹
Al^{vi}	۰٫۰۰	۰٫۰۰	۰٫۰۰	۰٫۰۳	۰٫۱۴	۰٫۰۰	۰٫۰۰	۰٫۰۰	۰٫۰۰	۰٫۰۰
Ti	۰٫۴۷	۰٫۴۶	۰٫۳۲	۰٫۲۸	۰٫۳۲	۰٫۵۸	۰٫۷۸	۰٫۳۵	۰٫۶۸	۰٫۰۰
Fe	۱٫۲۷	۱٫۳۳	۱٫۳۷	۱٫۳۸	۱٫۳۰	۱٫۳۶	۱٫۲۷	۱٫۴۱	۱٫۳۹	۱٫۹۶
Mn	۰٫۰۲	۰٫۰۲	۰٫۰۲	۰٫۰۲	۰٫۰۲	۰٫۰۰	۰٫۰۰	۰٫۰۰	۰٫۰۱	۰٫۰۱
Mg	۳٫۲۴	۳٫۲۶	۳٫۲۹	۳٫۳۰	۳٫۲۲	۳٫۹۱	۳٫۸۸	۴٫۲۱	۳٫۹۰	۴٫۳۳
Ca	۱٫۷۹	۱٫۸۰	۱٫۸۴	۱٫۸۱	۱٫۸۷	۰٫۰۰	۰٫۰۰	۰٫۰۶	۰٫۰۱	۰٫۰۱
Na	۰٫۸۳	۰٫۷۸	۰٫۸۵	۰٫۸۲	۰٫۷۹	۰٫۱۹	۰٫۱۴	۰٫۱۹	۰٫۱۵	۰٫۱۵
K	۰٫۲۳	۰٫۲۱	۰٫۲۲	۰٫۲۱	۰٫۲۲	۰٫۸۱	۱٫۸۴	۱٫۷۷	۱٫۸۵	۱٫۷۶
Total	۱۵٫۸۴	۱۵٫۸۸	۱۵٫۸۵	۱۵٫۷۹	۱۵٫۹۱	۱۵٫۷۳	۱۵٫۶۴	۱۵٫۸۸	۱۵٫۷۲	۱۶٫۱۷

[Downloaded from ijcm.ir on 2024-04-20]

[DOI: 10.29252/ijcm.25.4.811]

جدول ۴ کانی شناسی سنگ آندزیتی قخلار و میانبارهای ماگمایی درون آن.

بافت سنگ	کانی های تشکیل دهنده سنگ	نمونه دستی	نوع سنگ
میکرولیت پورفیری و هیالوپورفیری	Pl+Cpx+Hbl	رنگ خاکستری تا سبز	سنگ میزبان آندزیتی
میکرولیت پورفیری دانه‌ریز و هیالوورفیری	Pl+Cpx+Hbl±Bt	رنگ تیره تر از سنگ میزبان	میانبار همزاد (آندزیتی دانه ریز)
دانه‌ای، افتیک، خال خال	Pl+Cpx+Hbl	مزوکرات تا ملانوکرات	میانبار دیوریتی
دانه‌ای، دانه درشت و انباشتی	Cpx+Hbl±Bt	ملانوکرات	میانبار انباشتی



شکل ۳ (الف) بافت میکرولیتی پورفیری در سنگ میزبان آندزیت (XPL)، (ب) بافت هیالوپورفیری در سنگ میزبان (XPL)، (پ) مرز میانبار همزاد با سنگ میزبان (XPL)، (ت، ث) مرز میانبار دیوریتی با آندزیت میزبان (XPL)، (ج) مرز میانبار انباشتی غنی از آمفیبول با آندزیت میزبان (XPL).

(ب) میانبار همزاد (آندزیتی دانه ریز): میانبارهای همزاد دارای رنگ کمی تیره‌تر از سنگ آندزیت میزبان هستند. این میانبارها از نظر کانی‌شناسی شباهت زیادی به سنگ درونگیر خود دارند ولی از نظر بافتی دانه‌ریزتر از آن هستند (شکل ۳ پ). مرز این میانبارها با سنگ میزبان ناگهانی است. کانی‌های اصلی در میانبارهای همزاد شامل پلاژیوکلاز دارای منطقه‌بندی شکل‌دار تا نیمه‌شکل‌دار (۴۰ تا ۵۰ درصد)، آمفیبول قهوه‌ای شکل‌دار تا نیمه‌شکل‌دار (۱۰ تا ۲۰ درصد)، کلینوپیروکسن شکل‌دار تا نیمه‌شکل‌دار (۱۰ تا ۲۰ درصد) و بیوتیت شکل‌دار تا نیمه-شکل‌دار (۵ تا ۱۰ درصد) است. کانی‌های فرعی شامل آپاتیت، زیرکن و کانی‌های تیره است. بافت این میانبارها ریزبلوری پورفیری دانه‌ریزتر است.

(پ) میانبار دیوریتی: میانبارهای دیوریتی نیمه روشن تا تیره هستند. این میانبارها از نظر کانی‌شناسی شباهت زیادی به سنگ میزبان خود دارند ولی از نظر بافتی با آنها متفاوتند. بافت آنها دانه‌ای و مرز آن‌ها با سنگ درون‌گیر آندزیتی ناگهانی است (شکل‌های ۳ ت و ث). کانی‌های اصلی شامل درشت‌بلورهای شکل‌دار تا نیمه شکل‌دار کلینوپیروکسن (۶۰ تا ۷۰ درصد) در ابعاد ۰/۵ تا ۱/۵ سانتی‌متر، پلاژیوکلاز شکل‌دار تا نیمه‌شکل‌دار (۲۰ تا ۲۵ درصد) و دارای منطقه‌بندی و آمفیبول قهوه‌ای (۵ تا ۱۰ درصد) هستند. در برخی نمونه‌ها مقدار مدی

[Downloaded from ijcm.ir on 2024-04-20]
[DOI: 10.29252/ijcm.25.4.811]

کلینوپیروکسن پایین (۲۰ تا ۲۵ درصد) بوده و در مقابل مقدار پلاژیوکلاز (۳۰ تا ۳۵ درصد) و بیوتیت و آمفیبول (۲۵ تا ۳۰ درصد) بیشتر است. برخی از کانی‌های کلینوپیروکسن در حاشیه به آمفیبول قهوه‌ای تجزیه شده‌اند. کانی‌های فرعی شامل آپاتیت و کانی تیره است. بافت این میانبارها دانه‌ای، پوست ماری و خال خال می‌باشد.

(ت) میانبار انباشتی: میانبارهای انباشتی در نمونه دستی تیره رنگ هستند و از درشت بلورهای شکل‌دار تا نیمه‌شکل آمفیبول و در مقادیر کمتر کلینوپیروکسن و بیوتیت با بافت دانه‌ای تشکیل شده‌اند (شکل ۳ ج). به نظر می‌رسد که این انباشت‌ها از تجمع کانی‌های موجود در سنگ‌های آتشفشانی منطقه و در اتاق ماگمایی تشکیل شده‌اند.

بحث و بررسی

اولین رده‌بندی میانبارها توسط [۱۲]، ارائه شده است. در این رده‌بندی میانبارها در دو نوع اصلی دسته بندی شده‌اند: (الف) میانبارهای با خاستگاه متفاوت (زنولیت‌های خارجی یا آنالوژن) که ترکیب و خاستگاه آنها با سنگ میزبان خود هیچ ارتباطی ندارد، (ب) میانبارهای هم خاستگاه (همگن) که شواهدی از وابستگی کانی‌شناسی یا پیدایشی با سنگ میزبان خود را نشان می‌دهند. انواع میانبارهای هم خاستگاه شامل میانبارهای همگن هم‌شکل (هوموورف) و غیر هم شکل (آلوموورف) می‌باشند. بر اساس این رده‌بندی، میانبارهای همزاد یا آندزیتی درون آندزیت‌های مورد بررسی از نوع میانبارهای همگن هم شکل و میانبارهای دیوریتی و انباشتی از نوع میانبارهای همگن غیر هم شکل دسته‌بندی می‌شوند. میانبارهای همگن هم‌شکل در شرایط مشابه سنگ میزبان و با بافت مشابه با سنگ میزبان تبلور یافته‌اند، در حالی‌که میانبارهای همگن غیر هم‌شکل با بافت کاملاً متفاوت با سنگ میزبان در شرایط متفاوت با سنگ میزبان متبلور شده‌اند. همچنین بر پایه رده‌بندی [۱۳]، میانبارهای همزاد، انباشتی و دیوریتی درون آندزیت‌های قخلار را نوع اتولیت می‌نامند. براساس رده‌بندی [۱۳]، خاستگاه اتولیت‌ها با سنگ‌میزبان خود یکی است و تشکیل آنها به تجمع کانی‌های مافیک طی تبلور و بالا آمدن گدازه در شرایط فیزیکوشیمیایی متفاوت (برای مثال میانبار انباشتی [۱۴]) و یا انجماد سریع ماگما در بخش‌های حاشیه‌ای مخزن ماگمایی (برای مثال میانبار همزاد [۱۵، ۱۶]) نسبت داده می‌شود.

در ادامه بحث شیمی کانی‌ها، ویژگی‌ها و سنگ‌زایی ماگمای تشکیل‌دهنده و شرایط دما و فشار تشکیل سنگ میزبان آندزیتی و میانبارهای ماگمایی داخل آن مورد بحث و بررسی می‌شود.

شیمی کانی‌ها در سنگ میزبان آندزیتی و میانبارهای ماگمایی درون آن

کلینوپیروکسن: ترکیب شیمی کلینوپیروکسن در سنگ میزبان آندزیتی و میانبارهای همزاد، دیوریتی و انباشتی مورد بررسی قرار گرفت. فرمول ساختاری کلینوپیروکسن بر اساس ۶ اتم اکسیژن محاسبه شده است (جدول ۱). بر پایه رده‌بندی [۱۷]، ترکیب کلینوپیروکسن در همه سنگ‌ها در نمودار Q نسبت به J در محدوده Quad (Ca-Mg-Fe) قرار می‌گیرند (شکل ۴ الف). در رده‌بندی مثلثی Wo-En-Fs [۱۸] ترکیب کانی‌های کلینوپیروکسن در محدوده دیوپسید تا اوژیت قرار می‌گیرند (شکل ۴ ب [۱۹]). عدد منیزیم در سنگ میزبان آندزیتی در گستره ۸۱٪ تا ۸۷٪، در زنولیت انباشتی در حدود ۸۵٪ تا ۸۸٪، در زنولیت‌های دیوریتی در گستره ۸۰٪ تا ۸۸٪ و در زنولیت همزاد از ۸۵٪ تا ۸۸٪ است. عدد منیزیم بالا در کلینوپیروکسن سنگ میزبان آندزیتی و میانبارهای همزاد و انباشتی نشان دهنده تشکیل آن از یک ماگمای اولیه و به احتمال زیاد از یک خاستگاه ماگمایی همسان است. در نمودار $Al^{IV} + Na$ نسبت به $Al^{VI} + Cr + 2Ti$ (شکل ۴ پ)، ترکیب کلینوپیروکسن در آندزیت میزبان و میانبارهای انباشتی و همزاد در محدوده گریزندگی بالای اکسیژن واقع شده‌اند (شکل ۴ پ). ترکیب کلینوپیروکسن در محدوده گریزندگی پایین اکسیژن مربوط به میانبار دیوریتی است.

پلاژیوکلاز: پلاژیوکلاز کانی اصلی سنگ میزبان آندزیتی و میانبارهای دیوریتی، همزاد و انباشتی را تشکیل می‌دهد. فرمول ساختاری پلاژیوکلاز بر اساس ۸ اکسیژن محاسبه شده است. جدول ۲ ترکیب پلاژیوکلاز در سنگ میزبان آندزیتی و میانبارهای همزاد، دیوریتی و انباشتی را نشان می‌دهد. در نمودار Ab-An-Or ترکیب پلاژپوکلازهای موجود در سنگ میزبان و میانبار همزاد در محدوده اولیگوکلاز تا آندزین و در

[Downloaded from ijcm.ir on 2024-04-20]

[DOI: 10.29252/ijcm.25.4.811]

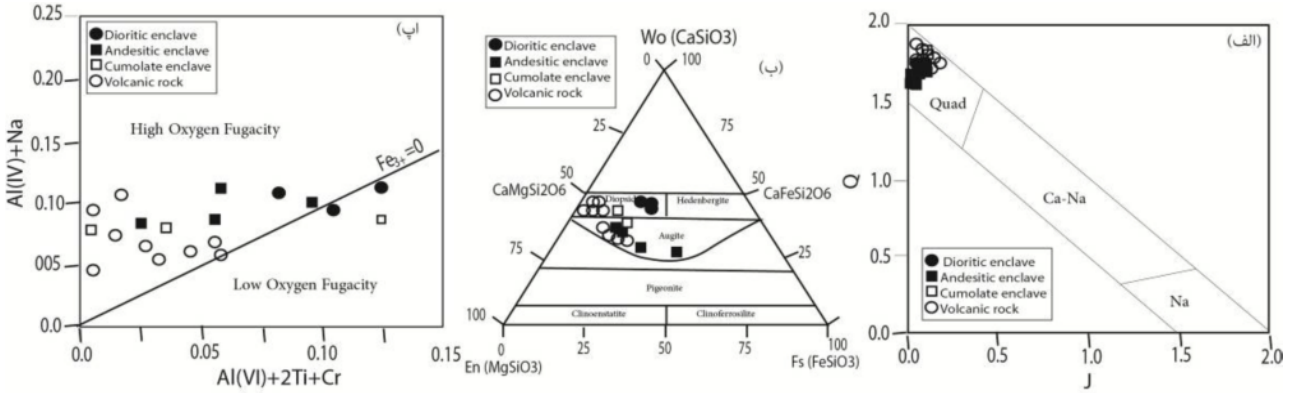
میانبار دیوریتی و انباشتی در محدوده آندزین تا لابرادوریت قرار می‌گیرند (شکل الف ۵).

میکا: ترکیب شیمی میکا در میانبارهای همزاد و دیوریتی در جدول ۳ آورده شده است. در نمودار Al (tot) نسبت به Fe/(Mg+Fe) [۲۰] ترکیب کانی‌های تجزیه شده در محدوده فلوگوپیت واقع هستند (شکل ۵ ب).

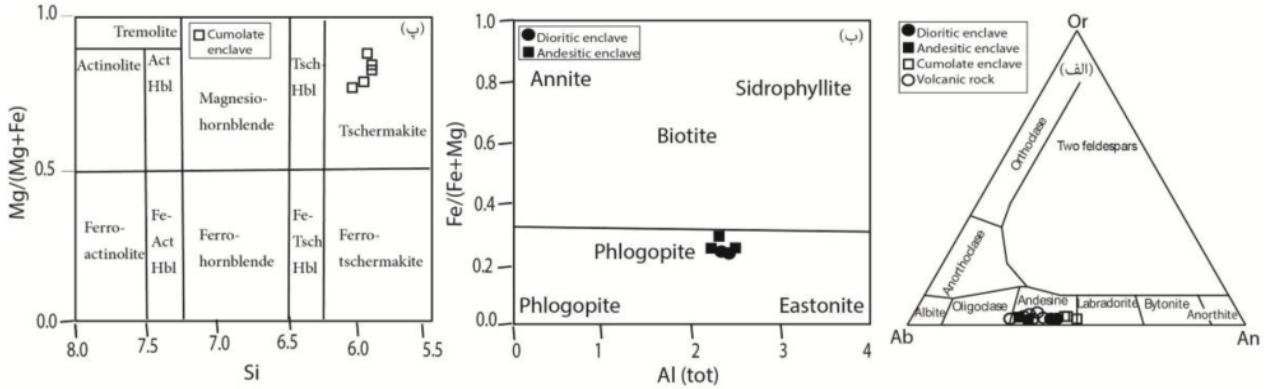
آمفیبول: ترکیب آمفیبول در میانبار انباشتی بررسی شده است (جدول ۳). فرمول ساختاری آمفیبول بر اساس ۲۳ اکسیژن و ۱۳کاتیون با استفاده از روش ارائه شده توسط [۲۱] محاسبه شده است. در نمودار کاتیونی Si نسبت‌به Mg/(Mg+Fe) ترکیب آمفیبول‌های تجزیه شده در محدوده چرماکیت قرار می‌گیرد (شکل ۵ پ).

سری ماگمایی و سنگ‌زایی سنگ‌ها

ترکیب شیمیایی کلینوپیروکسن‌ها تابعی از ترکیب شیمیایی و محیط تشکیل ماگمای سازنده آنهاست و می‌تواند اطلاعات ارزشمندی را در رابطه با سری ماگمایی و محیط زمین‌ساختی تشکیل سنگ‌ها در اختیار قرار دهد [۲۲]. بررسی‌های انجام شده [۲۳، ۲۴] نیز بر وابستگی ترکیب کلینوپیروکسن به ترکیب شیمیایی ماگمای سازنده آنها تاکید دارد. برای تعیین سری ماگمایی سنگ‌میزبان آندزیتی و میانبارهای ماگمایی درون آن از ترکیب کلینوپیروکسن استفاده شده است. در نمودار Al_2O_3 نسبت به SiO_2 [۲۲]، ترکیب همه نمونه‌ها در محدوده نیمه‌قلیایی واقع شده است (شکل ۶ الف). در نمودار Al_2O_3 نسبت به TiO_2 [۲۲] ترکیب سنگ میزبان آندزیتی و میانبارهای انباشتی و همزاد در محدوده تولئیتی و آهکی-قلیایی و ترکیب میانبار دیوریتی در محدوده قلیایی واقع است (شکل ۶ ب). نمودار Ca+Na نسبت به Ti [۲۴] ترکیب نیمه-قلیایی سنگ آندزیت میزبان و میانبارهای همزاد و انباشتی و ترکیب قلیایی میانبار دیوریتی را نشان می دهد (شکل ۶ پ).



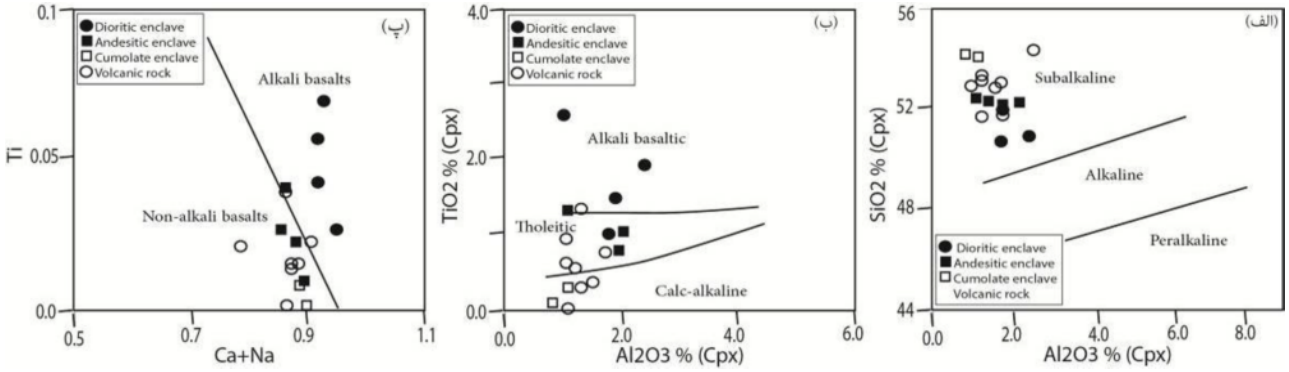
شکل ۴ (الف) ترکیب کلینوپیروکسن در نمودار Q نسبت به J [۱۷]. (II) Q = Ca+Mg+Fe و J = 2Na، (ب) رده بندی پیروکسن‌ها در نمودار Ca-Mg-Fe [۱۸]، (پ) نمودار تغییرات $Na+ Al^{IV}$ نسبت به $Al^{VI} + 2Ti + Cr$ [۱۹].



شکل ۵ (الف) ترکیب پلاژیوکلاز در نمودار رده بندی فلدسپارها [۲۰] (ب) ترکیب میکا در نمودار $Fe^{2+}/(Fe^{2+} + Mg)$ نسبت به Al [۲۰]، (پ) ترکیب آمفیبول در نمودار Si نسبت به $Mg/(Mg + Fe^{2+})$ [۲۱].

[Downloaded from ijcm.ir on 2024-04-20]

[DOI: 10.29252/ijcm.25.4.811]



شکل ۶ سری ماگمایی و موقعیت زمین‌ساختی نمونه ها با استفاده از ترکیب شیمیایی پیروکسن. (الف) نمودار SiO_2 نسبت به Al_2O_3 [۲۲]، (ب) نمودار TiO_2 نسبت به Al_2O_3 [۲۲]، (پ) نمودار Ti نسبت به Ca+Na [۲۴].

برداشت

۱- سنگ‌های آتشفشانی قخلار از نظر ترکیب کانی‌شناسی آندزیت هستند. این سنگ‌ها شامل درشت‌بلورهای آمفیبول، پلاژیوکلاز و کلینوپیروکسن در زمینه ریزبلورین و میکرولیتی هستند. از بارزترین ویژگی این سنگ‌ها حضور انواع زنولیت‌ها (میانبارهای آمفیبولیتی، کربناته، لامپروفیری، میکا کلینوپیروکسنیتی، هورنفلسی) و میانبارهای ماگمایی (همزاد، انباشتی و دیوریتی) در آنهاست.

۲- میانبارهای همزاد، انباشتی و دیوریتی دارای ترکیب کانی‌شناسی مشابه با سنگ‌میزبان آندزیتی هستند اما به لحاظ بافتی تفاوت‌هایی را با آن نشان می‌دهند. میانبار همزاد دانه ریزتر و میانبار دیوریتی دانه‌درشت‌تر از سنگ میزبان است. میانبار انباشتی از تجمع بلورهای درشت مشابه با درشت‌بلورهای فرومنیزین آندزیت میزبان تشکیل شده است.

۳- ترکیب شیمی ماگمای سنگ میزبان آندزیتی و میانبارهای همزاد و انباشتی نیمه‌قلیایی با خاستگاه قوس آتشفشانی است. میانبار دیوریتی با ترکیب قلیایی ویژگی‌های درون صفحه‌ای را نشان می‌دهد.

۴- بر اساس داده‌های کانی‌شناسی، بافتی و شیمی کانی به‌نظر می‌رسد که میانبارهای همزاد و انباشتی از نوع اتولیت هستند. میانبار همزاد در اصل حاشیه به سرعت منجمد شده مخزن ماگمایی است که طی حرکت ماگمای آندزیتی به سمت بخش‌های بالاتر قطعات گسیخته شده آن به درون ماگمای آندزیتی سقوط کرده است. میانبار انباشتی به احتمال زیاد نتیجه تجمع کانی‌های ماگمای آندزیتی در اطاق ماگمایی است. به نظر می‌رسد که میانبار دیوریتی هم خاستگاه با سنگ میزبان آندزیتی نبوده است. با توجه به اینکه ماگمای آندزیتی بخش‌های مافیک مجموعه افیولیتی میشو به سن پالئوزوئیک را قطع کرده است، احتمال دارد که ماگمای آندزیتی طی تبلور هنگام گذر از درون سنگ دیواره دیوریتی بخش‌هایی از آن را کنده و با خود به سمت بالا حمل کرده است. نتایج دقیق و قطعی در این ارتباط نیاز به بررسی‌های شیمیایی بیشتر دارد.

قدردانی

این مقاله بخشی از نتایج پایان نامه کارشناسی ارشد نویسنده اول مقاله است که با حمایت معاونت آموزشی و تحصیلات تکمیلی دانشگاه تبریز انجام گرفته است که از آنها سپاسگزاری می‌شود. همچنین نویسندگان از داوران محترم مجله بلورشناسی و کانی‌شناسی ایران برای ارائه نظرات سازنده کمال تشکر را دارند.

مراجع

[1] Didier J., Barbarin B., *"Granites and their enclaves: Development in petrology"*, Elsevier, Amsterdam, London (1973) 393pp.

[Downloaded from ijcm.ir on 2024-04-20]

[DOI: 10.29252/ijcm.25.4.811]

[۲] موذن م.، موید م.، حسین زاده ق.، *"پتروگرافی و پترولوژی دایک لامپروفیری قخلار (غرب کرند)"مجموعه مقالات هفتمین همایش انجمن زمین شناسی ایران، دانشگاه اصفهان* (۱۳۸۲).

[۳] خضرلو ع.، *"ژئوشیمی و پترولوژی سنگهای آتشفشانی و ولکانی کلاستیک شمال غرب مرند"، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تبریز* (۱۳۸۵) ۱۴۶ ص.

[۴] احمدزاده غ. ر.، *"مطالعه پترولوژیکی سنگهای آتشفشانی شمال غرب مرند با نگرشی ویژه به سنگهای آلکالن منطقه" رساله دکتری، دانشگاه تبریز* (۱۳۸۸).

[5] Eftekharnezhad j., *"Brief history and structural development of Azarbaijan"* Geological Survey of Iran, International Report (1975) 8pp.

[6] Stocklin j., *"Structural history and tectonics of Iran: A review"*, American Association Petroleum Geologists Bulletion 52 (1968) 1229-1285.

[۷] نبوی م. ح.، *"دیباچه ای بر زمین شناسی ایران"* سازمان زمین شناسی کشور (۱۳۵۵) ۳۸۱ ص.

[8] Didon F., Gemain M.Y., *"Le Asabalan, volcano Plio-Quaternaire de Azerbaijan oriental (Iran), Stude geologique et petrographique du l edifice et de son environment regional"* (1976) These, 3 eme cycle, universite Grenoble, France.

[۹] اسکویی ع.، حاج علیلو، ب.، *"گزارش نقشه زمین شناسی ۱/۱۰۰۰۰۰ قره ضیاءالدین"* سازمان زمین شناسی کشور (۱۳۷۶) تهران.

[۱۰] پرکنی م.، *"بررسی ولکانیسم کواترنری در غرب و شمال غرب زنجیره"* پایان نامه کارشناسی ارشد پترولوژی (۱۳۷۷) دانشگاه تبریز.

[11] Kretz R., *"Symbols for rock-forming minerals"*, American Mineralogist 68 (1983) 277-279.

[12] Lacroix A., *"Sur les enclaves acides des roches volcaniques d'Auvergne"* Bulletin des services de la carte géologique de la France 2 (1890) 25-56.

[13] Vernon R.H., *"Restite, Xenoliths and microgranitoid enclave in granites"*, Journal and Proceeding of the Royal Society of New South Wales 116 (1983) 77-103.

[14] Dahlquist J.A., *"Mafic microgranular enclaves: early segregation from metaluminous magma (Sierra de Chepes), Pampean Ranges, NW Argentina"*, Journal of South American Earth Sciences 15 (2002) 643–655.

[15] Bonin B., *"The enclaves of alkaline anorogenic granites: an overview"*, In: Didier J., Barbarin B., (eds) Enclaves and Granite Petrology: Developments in Petrology 13. Amsterdam: Elsevier (1991) 179–189.

[16] Donaire T., Pascual E., Pin C., Duthou J.L., *"Microgranular enclave as evidence of rapid cooling in granitoid rocks: the case of the Los Pedroches granodiorite, Iberian Massif, Spain"*, Contribution to Mineralogy and Petrology 149 (2005) 247-265.

[17] Morimoto N., Kitamura M., *"Q-J diagram for classification of pyroxenes"* Journal of Japanese of Mineralogy and Petrology Economic Geology 78 (1983) 141 p.

[18] Morimoto N., Fabrise J., Ferguson A., Ginzburg I. V., Ross M., Seifert F.A., Zussman J., Akoi K., Gottardi G., *"Nomenclature of pyroxenes"*, Mineralogical Magazine 52 (1988) 535 – 550.

[19] Schweitzer E. L., Papike J. J., Bence, E. *"Statistical analysis of Clinopyroxenes from deep-sea basalts"* American Mineralogist 64 (1979) 501-513.

[20] Deer W.A., Howie R.A., Zussman J., *"An Introduction to the rock – forming minerals"*, Longman, London (1991) 528 p.

[21] Leake B.E., Wolley A.R., Arps C.E.S., Birch W.D., Gilbert M.C., Grice J.D., Hawthorne F.C., Kato A., Kisch H.J., Krivovichev V.G., Linthout K., Laird J., Mandarino J., Maresch W.V., Nickel E.H., Rock N.M.S., Schumacher J.C., Smith D.C., Stephenson N.C.N., Ungaretti L., whittaker E.J.W., Youzhi G., *"Nomenclature of Amphiboles"*, Report of the subcommittee on Amphiboles of the

[Downloaded from ijcm.ir on 2024-04-20]

[DOI: 10.29252/ijcm.25.4.811]

international Mineralogical Association commission on new minerals and mineral names, European Journal of Mineralogy 9 (1997) 623-651.

[22] Le Bas M.J., *"The role of aluminum in igneous: Clinopyroxenes with relation to their parentage",* American Journal of Science 260 (1962) 267-288.

[23] Nisbet E.G., Pearce J.A., *"Clinopyroxene composition of mafic lavas from different tectonic settings"*, Contributions to Mineralogy and Petrology 63 (1977) 161-173.

[24] Letterrier J., Maury R.C., Thonon P., Girard D., Marchal M., *"Clinopyroxene composition as a method of identification of the magmatic affinities of paleo-volcanic series",* Earth and Planetary Science Letters 59 (1982) 139–154.

[Downloaded from ijcm.ir on 2024-04-20]

[DOI: 10.29252/ijcm.25.4.811]