کانی شناسی، زمین شیمی و پتروژنز توده نفوذی یخاب، شمال طبس، شمال شرق ایران سمیه دورانی^۱، محمد پوستی^۲، غلامرضا قدمی^۱، اسماء نظری نیا^۱ ^۱ گروه زمین شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه هرمزگان، بندرعباس، ایران Email: m.poosti@hormozgan.ac.ir

چکیدہ:

منطقه مورد مطالعه در قاصله ۲۰۰ کیلومتری شمال طبس و شمال شرق ایران قرار دارد. از نظر تقسیمات زمین شناسی ایران، جز زون ایران مرکزی بوده و در منتهی الیه شمال شرق بلوک طبس و در زون زبر کوه واقع شده است. کمپلکس نفوذی یخاب، با مجموعهای از استوکهای گرانیتی مشخص میشود که در سنگهای میزبان میکاشیستی نفوذ کردهاند. این مطالعه با ترکیب روشهای پتروگرافی، ژئوشیمیایی و تحلیل تکتونیکی، به بررسی پتروژنز و محیط تکتونیکی این کمپلکس میپردازد. مطالعات پتروگرافی، بافت دانهای با کانیهای اصلی شامل کوارتز، فلدسپات آلکالی، پلاژیوکلاز و بیوتیت را نشان میدهد. دادههای ژئوشیمیایی بیانگر ماهیت کالکآلکالن سنگها، با ترکیبی از متالومینوس تا پرآلومینوس و غنیشدگی عناصر ELL و ELE یا سبت به HFSE است. نمودارهای عنکبوتی نرمال شده نسبت به گوشته اولیه، MORB و کندریتها، تاثیر تفریق ماگمایی و آلودگی پوستهای را برجسته میکنند. نمودارهای تشخیص تکتونیکی نشان میدهند که گرانیتها در محیطهای تصادمی قارهای تا کمان آنشفشانی تشکیل شدهاند و از نوع گرانیتهای تفریق شده (FG) طبقهبندی میشوند. دادههای زمانسنجی، تکامل ماگمایی طولاتیمدت را با تشکیل شدهاند و از نوع گرانیتهای

واژههای کلیدی: کانی شناسی، زمین شیمی، پتروژنز، توده نقوذی یخاب، طبس.، شمال شرق ایران

Mineralogy, geochemistry and petrogenesis of the Yakhab intrusive mass, north of Tabas, northeast Iran

Somayeh Durani¹, Mohammad Poosti^{1*}, Gholamreza Ghadami¹, Asma Nazarinia¹

¹Department of Geology, Faculty of Science, University of Hormozgan, Bandar Abbas, Iran Correspondence: m.poosti@hormozgan.ac.ir

Abstract

The Yakhāb intrusive complex, located in the north Tabas region of central Iran, is characterized by a series of granitic stocks intruding into mica schist host rocks. This study combines petrographic, geochemical, and tectonic analyses to elucidate the complex's petrogenesis and tectonic setting. Petrographic studies reveal a granular texture with major minerals including quartz, alkali feldspar, plagioclase, and biotite. Geochemical data indicates a calc-alkaline affinity, with the rocks ranging from metaluminous to peraluminous and showing enrichment in LILE and LREE relative to HFSE. Spider diagrams normalized to primitive mantle, MORB and chondrites, highlight the influence of magmatic differentiation and crustal contamination. Tectonic discrimination diagrams suggest that the granites formed in a syn-collisional to volcanic arc environment are classified as fractionated granites (FG). The geochronology data suggests a prolonged magmatic evolution, with the syn-collisional and volcanic arc granitoids formed in separate episodes. The petrographic and geochemical signature confirms a crustal origin for the studied granitoids. This study provides a comprehensive understanding of the magmatic evolution and geodynamic setting of the Yakhāb intrusive complex and its associated magmatic systems within the Iranian Central Zone.

Keywords: Mineralogy, Geochemistry, Petrogenesis, Yakhab intrusive mass, Tabas, Northeast Iran

منطقه مورد مطالعه در استان خراسان جنوبی و شمال شهر طبس شرق روستای یخاب و در ۲۰۰ کیلومتری شمال شهر طبس قرار دارد. منطقه طبس، واقع در شرق ایران، به دلیل موقعیت زمینشناسی خاص خود، مجموعهای متنوع از سنگهای آذرین نفوذی را دربرگرفته است که درک ما از فرآیندهای ماگمایی و تکامل زمینشناسی منطقه را غنی میسازد. سنگهای نفوذی، که در اعماق پوسته زمین متبلور می شوند، به دلیل سرعت سرد شدن آهسته، اغلب دارای بافتهای در شتدانه و کانی شناسی مشخصی هستند که اطلاعات ارز شمندی در مورد شرایط تشکیل ماگما، منشأ و تکامل آن فراهم میکنند. بررسی سنگهای نفوذی و بهویژه گرانیتها در منطقه طبس، از چند جهت حائز اهمیت است. اولاً، این سنگها می توانند به عنوان پنجرهای به اعماق پوسته زمین عمل کرده و اطلاعاتی در مورد فرآیندهای ماگمایی در اعماق و ترکیب پوسته در این منطقه ارائه دهند. ثانیاً، مطالعه دقیق کانیشناسی و ژئوشیمی این سنگها، میتواند در تعیین منشأ ماگما، شرایط تشکیل و تحولات بعدی آن مؤثر باشد. ثالثاً، شناسایی دقیق انواع گرانیتها و ارتباط آنها با سایر واحدهای زمین شناسی منطقه، به درک بهتر تاریخچه زمین شناسی و تکتونیکی این ناحیه کمک می کند. منطقه طبس از لحاظ ساختاری و تکتونیکی در موقعیتی حساس واقع شده است. بررسی سنگهای نفوذی این منطقه، میتواند شواهدی از فعالیتهای تکتونیکی گذشته و تأثیر آن بر فرآیندهای ماگمایی ارائه دهد. این منطقه که در حاشیه بلوک ایران مرکزی واقع شده است، تحت تأثیر رویدادهای تکتونیکی گوناگونی از جمله فرورانش و برخورد قارهای قرار گرفته و این امر باعث شده است تا ماگماتیسم متنوعی را در خود جای دهد. بنابراین، بررسی پتروگرافی، ژئوشیمی توده نفوذی منطقه یخاب، میتواند به درک بهتری از تاریخچه زمینشناسی منطقه و تکامل ماگمایی مرتبط با آن منجر شود. در این پزوهش با استفاده از روشهای میکروسکوپی، ژئوشیمیایی، به درک عمیقتری از پتروژنز، منشأ ماگما و تکامل این سنگها دست پیدا کنیم. نتایج این پژوهش میتواند به عنوان پایه ای برای مطالعات زمینشناسی و تکتونیکی در این منطقه عمل کرده و به شناخت بهتر تاریخچه زمین شناسی منطقه طبس کمک کند.

زمین شناسی عمومی

از نظر تقسیمات ساختاری زمین شناسی ایران منطقه مورد مطالعه (شمال طبس) جزوی از ایران مرکزی محسوب می شود، البته موقعیت منطقه به گونه ای است که در مجاورت با بلوک لوت نیز واقع است [۹٬۲۹](شکل۱). بر اساس تقسیم بندی علوی[۴]در نقشه تکتونیک خاورمیانه، منطقه مورد مطالعه در منتهی الیه شمال شرق بلوک طبس و بین بلوکهای لوت و یزد و بلوک پشت بادام قرار می گیرد. در این محدوده دو نسل از گسلها با روندهای شمال شرقی- جنوب غربی و شمالی- جنوب وجود دارد، و براساس مقطع زمین شناسی ورقه مذکور گسلهای شمالی - جنوبی نسل دوم بوده که سیستم شمال شرق به جنوب غرب را قطع می کنند[۵]. توده نفوذی یخاب عمدتا به صورت استوکهای گرانیتی رخنمون یافته اند این توده نفوذی سنگهای میزبان میکاشیستی را قطع کرده است. این توده نفوذی در امتداد جاده خاکی روستای یخاب- چاه پالیز به تدریج به صورت بین انگشتی به ارتوگنیس ها و گنیسهای چشمی سفید رنگ تبدیل می شود. محدوده مطالعاتی در بخش لبه شمال شرق کمربند کاشمر- کرمان موسوم به کوه سرهنگی قرار دارد[۶۹] (شکل ۲). توده نفوذی یخاب به سن نسبی پره کامبرین صورت استوکهای گرانیتی رخنمون یافته اند این توده سنگهای میزبان میکاشیستی را قطع کرده است. این توده نفوذی یخاب به سن نسبی پره کامبرین ول قطع کرده است. این توده نفوذی در امتداد جاده خاکی روستای یخاب- چاه پالیز به تدریج به صورت بین انگشتی به ارتوگنیس ها و گنیسهای چشمی سفید رنگ تغییر می یابد(شکل ۳–الف). محل کنتاکت این گرانیت با میکاشیست ها در بخش جنوبی نسبتاً واضح است ولی در بخش شمالی حالت تدریجی دارد. سنگهای گرانیتی در نموه دستی عمدتا دارای رنگ روشن تا سفید و صورتی می باست تمام بلورین بوده و اندازه قطعات آنها غالبا در حد ریز دانه تا متوسط است. همچنین کانی های فلدسپات، کوارتز و کانی های فرومنیزین از قبیل بیوتیت در آنها قابل تشخیص می باشند. در مجاور جاده خاکی یخاب به ییلاق بخشی از این توده نفوذی به علت هوازدگی و تحمل نورهای تکتونیکی به شدت خرد شده است .در نمونه دستی دارای رنگ روشن تا سفید و صورتی می باشند تمام نورهای تکتونیکی به شدت خرد شده است .در نمونه دستی دارای رنگ روشن تا سفید و صورتی می باشند تمام بلورین بوده و اندازه

روش ها:

برای مطالعه توده های نفوذی منطقه، پس از مشخص شدن پراکندگی و روابط صحرایی موجود اقدام به نمونه برداری های متعدد گردید. پس از مطالعات دقیق صحرایی و ماکروسکوپی، <mark>۴۸ نمونه مناسب جهت تهیه مقاطع میکروسکوپی انتخاب شد.</mark> مطالعات دقیق پتروگرافی جهت تعیین مشخصات سنگها مانند بافت، ساخت و کانی <mark>های تشکیل دهنده توسط میکروسکوپ پلاریزان AS-P5062TR</mark> انجام گرفت. به منظور مطالعات ژئوشیمی تعداد ۱۱ نمونه سالم و فاقد دگرسانی انتخاب و برای آنالیز عناصراصلی به روشFX به شرکت آماتیس شرق و برای آنالیز عناصرکمیاب و نادر خاکی باروش ICP-MS، برای اندازه گیری مقادیر ۵۶ عنصر اصلی و کمیاب برای ارزیابی ویژگی های زمین شیمیایی نمونه های منطقه، به شرکت زرآزما تهران ارسال شد که نتایح آن در (جدول ۱) آمده است.

سنگ نگاری

این توده در نمونه دستی دارای رنگ روشن تا سفید و صورتی می باشند تمام بلورین بوده و اندازه قطعات آنها غالبا در حد ریز دانه تا متوسط است.در نمونه دستی کانی های فلدسپات، کوارتز و کانی های فرومنیزین از قبیل بیوتیت در آنها قابل تشخیص می باشند. این توده به علت هوازدگی و تحمل نیروهای تکتونیکی به شدت خرد شده است. در مقاطع میکروسکوپی، بافت غالب این سنگهای نفوذی گرانولار است. کانی های اصلی تشکیل دهنده شامل کوارتز، آلکالی فلدسیات، پلاژیوکلاز، بیوتیت و کانیهای ایک است. کانی کوارتز به صورت بی شکل با فراوانی ۲۰ تا ۲۵ درصد از حجم کل سنگ در زمینه مشاهده گردید. اندازه کوارتزها از ۰/۱ تا یک میلی متر متغیر است. پلاژیوکلازها با فراوانی ۱۰ تا ۱۲ درصد از حجم سنگ دیده می شوند. اندازه آن ها از ۰/۵ تا ۴ میلی متر متغیر است. پلاژیوکلازها ماکل پلی سنتتیک نشان می دهند. پلاژیوکلازها به کانی های ثانویه سرسیت و کربنات کلسیم تجزیه شده اند. میزان تبدیل آن به سرسیت ۵ تا ۱۰ درصد و به کربنات کلسیم ۵ تا ۱۵ درصد است. آلکالی فلدسپات ها با فراوانی ۵۰ تا ۵۵ درصد از حجم سنگ و اندازه ی ۵/۵ تا ۳ میلی متر می باشند. طبق شواهد میکروسکوپی آلکالی فلدسپات ها از نوع ارتوکلاز و میکروکلین هستند.بیوتیت ها با اندازه ای متغیر از ۵/۵ تا ۳ میلی متر در این نمونه دیده می شوند. فراوانی آن ها ۳ تا ۵ درصد از حجم سنگ است. در برخی قسمت ها بیوتیت ها اپاسیتی شده اند. کانی های ایک به صورت پراکنده در متن سنگ دیده می شوند. فراوانی آن ها از ۲ تا ۳ درصد متغیر است. این کانی ها عمدتاً بی شکل هستند.در این نمونه سیلیس ثانویه به صورت پراکنده و رگچه ای مشاهده گردید. برخی قسمت ها سیلیس ها به صورت تجمعی هستند. ضخامت رگچه سیلیسی حدود ۲/۰ میلی متر است. سنگ مورد مطالعه دارای آلتراسیون کربناتی سیلیسی ضعیف می باشد. این نمونه در گروه سنگ های آذرین اسیدی درونی قرار گرفته و به عنوان بیوتیت سینوگرانیت نامگذاری می گردد. (شکل ۴). بافت های پوئکی لیتیک و میرمکیتی نیز به عنوان بافت فرعی سنگ دیده می شوند. کانی های اصلی تشکیل دهنده این سنگ عبارتند از کانی های کوارتز، آلکالی فلدسپار، پلاژیوکلاز، بیوتیت و کانی های ایک. طبق مطالعات و شواهد میکروسکوپی آلکالی فلدسپات ها از نوع ارتوکلاز و میکروکلین هستند. ماکل تارتن میکروکلین ها به خوبی قابل رؤیت است. بیوتیت ها با اندازه ای متغیر از ۱۵ تا ۲/۵ میلی متر در این نمونه دیده می شوند. فراوانی آن ها ۵ تا ۸ درصد از حجم سنگ است کانی های ایک به صورت پراکنده در متن سنگ مشاهده مي گردند. فراواني آن ها از ۲ تا ۳ درصد متغير است. اين كاني ها عمدتاً مدور و بي شكل هستند.

زمین شیمی

بر اساس داده های آنالیز شیمیایی انجام شده بر روی نمونه های مورد مطالعه طبق جدول ۱ ، مقادیر SiO₂ این سنگها بین ۶۹/۵۲ و ۸۵/۵۲ و ۸۵/۵۲ در ۸۰/۷۰ درصد تغییر می کند. به طوری که با افزایش سیلیس، غلظت برخی اکسیدها مانند K₂O، Al₂O₃ و Na₂O افزایش یافته، در حالی که غلظت اکسیدهای دیگر مانند CaO، MgO، CaO و FeOt کاهش یافته است. این الگوها نشاندهنده تاثیر فرآیند تفریق ماگمایی در تشکیل این سنگ ها است. همچنین با توجه به این تغییرات، میتوان گفت که ماگما در طی زمان با از دست دادن کانیهای مافیک و غنیشدن در کانیهای فلسیک دچار تفریق شده است.

ترکیب سنگ شناختی توده های نفوذی مورد مطالعه بر اساس نمودار SiO در مقابل Na₂O+ K₂O [۸] همچنین بر اساس نمودار R₁ در مقابل R₂ [۹] در محدوده سنگهای گرانیتی قرار می گیرد (شکل۵ الف و ب). همچنین از مجموعه نمودارهای تشخیص وضعیت ژئوشیمیایی سنگهای آذرین که توسط [۱۰]پیشنهاد شده است استفاده گردید(شکل۶). در نمودار MALL در برابر SiO2(شکل ۶-الف) سنکهای مورد مطالعه در در محدوده کالکو آلکالن تا آلکالن قرار دارند، به این معنی که از نظر عناصر قلیایی غنی تر از کلسیم هستند. در نمودار (FeOt + MgO + SiO2 در برابر SiO2 [۱۰](شکل۶- ب) این سنگها به سری فروئن تعلق دارند که نشاندهنده نسبت بالای آهن به منیزیم در این سنگها است. نمودار SiO2 [۱۰](شکل۶- ب) این سنگها به سری فروئن تعلق دارند که نشاندهنده نسبت بالای امن به منیزیم در این سنگها است. نمودار SiO2 [۱۰](شکل۶- ب) این سنگها به سری فروئن معلق دارند که نشاندهنده نسبت بالای نمودار Ago به منیزیم در این سنگها است. نمودار SiO2+K2O)-(Na2O) (All) در برابر FSSI کل [۱۰] (شکل۶-پ) نشان میدهد که نمودار Ago به منیزیم در این سنگها است. نمودار SiO2+K2O)-(Na2O)-(Na2O) (All) مای در برابر FSSI کل [۱۰] (شکل۶-پ) نشان میدهد که نمودار Ago به مخوانی دارد. نمودار SiO2 (SiO [۱۰] (شکل۶-ت) نشان میدهد که تمامی نمونهها پرآلومینوس هستند، که نمودار Ago با Ago با تعاین ای این میدود و ماهیت متالومینوس تا پرآلومینوس را نشان میدهد که با نتایج به دست آمده از دولات بر اشباع آلومینیوم داشته و تقریبا با گرانیتهای نوع S مطابقت دارد، این دادها نشان میدهد که سنگهای گرانیتی مورد مطالعه فروئن، کالکوآلکالن تا آلکالن، پرآلومینوس و اشباع شده از سیلیس هستند که با گرانیتهای مشتق شده از منشأ پوستهای همخوانی

مطالعه سری های ماگمایی در شناخت محیط های زمین ساختی و ژئودینامیکی اهمیت ویژه ای دارد. به منظور بررسی ماهیت ماگمایی و سری تکاملی سنگهای آذرین مورد مطالعه، از دو نمودار AFM [۱۱] و Co-Th [۲۱] استفاده شد. نتایج نمودار AFM (شکل۷-الف) نشان داد که نمونههای مورد مطالعه در محدوده سری کالکآلکالن قرار میگیرند، که حاکی از روند مشخصی از غنی شدگی قلیایی و کلسیمی در این سنگ ها است. بر اساس نمودار Co-Th (شکل ۷-ب)، نمونههای مورد مطالعه در ناحیه سری کالکآلکالن غنی از پتاسیم و شوشونیتی قرار دارند، که این امر نشاندهنده غنیشدگی این سنگها از پتاسیم و توریوم است. بهطور کلی، این دادهها نشان میدهند که سنگهای آذرین مورد مطالعه دارای ماهیت کالکآلکالن غنی از پتاسیم و توریوم است. بهطور کلی، این دادهها نشان

نمودارهای عنکبوتی (Spider plots) برای بررسی و مقایسه غلظت عناصر کمیاب در نمونههای سنگی مورد استفاده قرار میگیرند. در این نمودارها، غلظت عناصر نسبت به مقادیر استاندارد در سه منبع مختلف نرمالسازی شده است: گوشته اولیه (Primitive Mantle)، بازالتهای پشته میانی اقیانوس (MORB) و کندریتها (Chondrites). این نرمالسازی به ما امکان میدهد تا الگوهای غنیشدگی و تهیشدگی عناصر را در نمونهها نسبت به این منابع استاندارد مقایسه و تحلیل کنیم. در نمودار نمودار عنکبوتی نرمال شده نسبت به گوشته اولیه (Primitive Mantle) [۱۳]، (شکل ۸-الف) غنی شدگی مشخصی در عناصر لیتوفیل بزرگ یون (LILE) مانند Th ،Ba ،Rb و U و تهی شدگی در عناصر با شدت میدان بالا (HFSE) مانند Ta ،Nb و T و Zr دیده می شود. الگوهای عناصر خاکی کمیاب (REE) به طور کلی هموار است، اما با اندکی غنی شدگی در عناصر خاکی کمیاب سبک (LREE). این نمودار نشان می دهد که نمونه های مورد مطالعه در مقایسه با گوشته اولیه دارای غنی شدگی در EIL و LILE و تهی شدگی در HFSE هستند.

أنومالي مثبت پتاسيم (K) حاكي از أن است كه غنيشدگي اين عنصر ناشي از وجود فازهاي پتاسيمدار در منشأ ماگما بوده و تفريق بلورين بهتنهايي نميتواند اين غنيشدگي را توجيه كند[۱۴و۱۵] . غنيشدگي اورانيوم(U) ، كاهش نئوبيم (Nb) و افزايش سرب (Pb) در این نمونهها، از ویژگیهای شاخص سنگهای قارهای و بیانگر محیط فرورانش پوسته قارهای است و احتمالاً نشاندهنده آلایش ماگما نوسط سنگهای پوسته قارهای، بهویژه بخش زیرین آن، است [۱۷و۱۷] . در مقابل، تیتانیوم (Ti) و نئوبیم (Nb) بهصورت فروریخته (depleted)دیده میشوند که از مشخصههای ماگماهای حاشیه قارهای است. آنومالی منفی تیتانیوم میتواند ناشی از تفریق اکسیدهای ّهن-تیتانیومدار و پیروکسن باشد[۱۸]. آنومالی منفی در فراوانی نئوبیم نیز نشاندهنده دخالت مولفههای فرورانشی در پتروژنز این سنگها است[۱۹]. باریم (Ba) دارای آنومالی منفی است که حاکی از درگیری پلاژیوکلاز در فرآیند تفریق بلورین است[۲۰]. عناصری مانند توربوم (Th)، سرب (Pb) و نئودیمیم (Nd) غنیشدگی شدیدی نشان میدهند. این عناصر در کنار عناصر با قدرت میدان بالا (HFSE) و عناصر با شعاع یونی بزرگ (LILE) مانند سزیوم (Cs) و روبیدیم (Rb) که تحرک بالایی در سیالات دارند[۲۱و۲۲]. ویژگیهای متمایزی را در الگوهای عناصر کمیاب به نمایش میگذارند. شاخصهای ژئوشیمیایی مذکور همراه با تهیشدگی زیرکن، فسفر و تیتانیم از ویژگیهای ماگماهای مناطق فرورانش با آلایش پوسته قارمای است[۲۳]. آنومالی مثبت سزیوم (Cs) و سرب (Pb) نیز احتمالاً بهدلیل آلایش ماگما با مواد پوسته قارهای است که دارای تمرکز بالاتری از این عناصر هستند[۲۴]. در مجموع، این الگوهای ژئوشیمیایی نشاندهنده فرآیندهای ماگمایی در یک محیط فرورانش با مشارکت یوسته قارهای در ژنز ماگما است. همچنین تحلیل ژئوشیمیایی نمونههای سنگ آذرین نشان میدهد که باریم (Ba) دارای آنومالی منفی است، که نشاندهنده در گیری پلاژیوکلاز در فرایند تفریق بلورین است[۲۵]. در این الگو، عناصری مانند توربوم (Th)، سرب (Pb) و نئودیمیم (Nd) غنیشدگی شدیدی نشان میدهند، در حالی که عناصر با قدرت میدان بالا (HFSE) مانند نئوبیم و تانتال، رفتاری متمایز دارند. سزیوم (Cs) و روبیدیم (Rb)،

این شاخصهای ژئوشیمیایی همراه با تهیشدگی در زیرکن، فسفر و تیتانیم، از ویژگیهای ماگماهای مناطق فرورانش با آلایش پوسته

ار عناصر با شعاع یونی بزرگ (LILE) هستند که بهدلیل تحرک بالای خود توسط سیالات ماگمایی، رفتار متفاوتی نشان میدهند[۲۰و۲۲].

قارهای است[۱۶و۲۴]. آنومالی مثبت سزیوم (Cs) و سرب (Pb) نیز میتواند ناشی از آلایش این ماگما با مواد پوسته قارهای باشد، زیرا

این عناصر در پوسته قارهای متمرکز شدهاند. در مجموع، این الگوهای ژئوشیمیایی نشاندهنده ماگماهایی در جایگاه فرورانش با مشارکت پوسته قارهای در ژنز ماگما میباشند.

در نمودار عنکبوتی نرمال شده نسبت به MORB ، [۲۶] (شکل۸–ب)، غنی شدگی در عناصر Rb, K, Ba, Th و تهی شدگی در عناصر Nb, Ta, Zr, Hf, P و Ti در مقایسه با MORB دیده می شود. این نمودار نشان میدهد که نمونههای مورد مطالعه در مقایسه با MORB دارای غنی شدگی عناصر ناسازگار و LREE و تهی شدگی HFSE هستند.

در نمودار عنکبوتی نرمال شده نسبت به کندریتها، [۲۷] (شکل۸-پ)، غنی شدگی شدید در عناصر LLLE مانند Be و Th دیده می شود. و همچنین تهی شدگی مشخص در عناصر Ta ،Nb و Ti دیده می شود. و همچنین تهی شدگی مشخص در عناصر Ta ،Nb و Ti دیده می شود. و No داری روند نزولی هستند و آنومالی منفی دارند و آنومالی منفی X افزایش یافته و دارای آنومالی مثبت می باشد که نشان دهنده ماگمای کالک آلکالن است که با کمان های آتشفشانی ارتباط دارد. آنومالی منفی X افزایش یافته و دارای آنومالی مثبت می باشد که نشان دهنده ماگمای کالک آلکالن است که با کمان های آتشفشانی لیزباط دارد. آنومالی منفی X نفزیش X نشان دهنده ماگمای حالیه فوال قاره می باشد و در اثر آلودگی پوسته و سیالاتی که آزاد می شود از لیزباط دارد. آنومالی منفی X نشان دهنده ماگمای حاشیه فوال قاره می باشد و در اثر آلودگی پوسته و سیالاتی که آزاد می شود از مرف دیگر، عناصر سنگ دوست درشت یون چون روبیدیم، پتاسچه، توریم و برخی عناصر خاکی نادر سبک نسبت به عناصر با شدت می دارف دیگر، عناصر سنگ دوست درشت یون چون روبیدیم، پتاسچه، توریم و برخی عناصر خاکی نادر سبک نسبت به عناصر با شدت بین آنها زیاد بوده و نشانگر محیط های وابسته به فرارت دیگر، عناصر کمیاب دارای نقاط بیشینه و کمینه ای هستند که اختلاف می دهند. پن زار سوبات و مایعات همراه آنها می توانند باعت غنی شدگی غیر بین آنها زیاد بوده و نشانگر محیط های وابسته به فرورانش هستند، زیرا رسوبات و مایعات همراه آنها می توانند باعت غنی شدگی غیر اینها زیاد بوده و نشانگر محیط های وابسته به فرورانش (Ti) . کمبود یا مالی دارای نیزا آلمای کوشته ای برخی عناصر کمای کواند باعی تای را می دود. (۲۹] بی هنجاری مثبت ای با سنگ های پتاسیم می تواند ناشی از آمیختگی ماکمای گوشته ای برخی عناصر در خاستگاه (آنها می دور زند با می به فرایند داران می دود. (۲۹] . و و و یا بود و یا و ۲۱ می تاند و را می را در (۲۰ از ۲۰ از ماند تایی از آمی از می در داران با می داند و و و بخشی و یا در داران این داران می ورد. با می می داند با توجه یا می از با داند ای مورد درستگاه (۲۳]. و یا در می را می دارای این عناصر می فرایند ذوب بخشی و یا حر در خاستگاه (۲۳]. شرکت پوسته در فرایندهای و و یا به دلیل آلای مالی دارای این عاصر می و دیند ذوب بخشی و یا در در خاستگاه (۲۳]. شرکت و می ماند مای ماول می را می دارای ای می مای

خاستگاه ماگمایی

به منظور تعیین محیط تکتونیکی تشکیل سنگهای گرانیتی مورد مطالعه، از مجموعهای از نمودارهای تشخیص تکتونیکی پیشنهادی توسط[۳۵]استفاده شد. این نمودارها با بهره گیری از غلظت عناصر کمیاب نظیر روبیدیم (Rb)، ایتریم (Y)، نیوبیم (Nb)، تانتال (Ta)

و ایتربیم (Yb)، به تفکیک محیطهای تکتونیکی مختلف که در آن گرانیتها تشکیل میشوند، کمک میکنند. نمودار Rb در برابر Y+Nb (شکل۹-الف) نشان میدهد که بیشتر نمونههای مورد مطالعه در ناحیه مربوط به گرانیتهای همزمان با تصادم قارهای (-syn COLG) قرار می گیرند. این ناحیه مشخصه گرانیتهایی است که در محیطهای مرتبط با کوهزایی و تصادم قارهها تشکیل می شوند. نمونههایی که در نزدیکی مرز ناحیه syn-COLG با گرانیتهای کمان آتشفشانی (VAG) قرار گرفتهاند، ممکن است نشاندهنده ترکیبی از هر دو محیط تکتونیکی باشند. این نمودار به وضوح نشان میدهد که نقش محیطهای پشته اقیانوسی (ORG) و درون صفحهای (WPG) در تشکیل این گرانیتها کمرنگ است. در نمودار Nb در برابر Y (شکل ۹-ب) ، نمونهها عمدتاً در نزدیکی مرز بین ناحیه VAG و ناحیه syn-COLG قرار گرفتهاند. این نشان میدهد که این گرانیتها احتمالاً تحت تأثیر هم محیطهای فرورانش مرتبط با کمانهای آتشفشانی و هم محیطهای تصادم قارهای بودهاند. این نمودار همچنین تأیید میکند که سنگهای مورد مطالعه منشأ متفاوتی از محیطهای ORG و WPG دارند. همچنین، حضور تعدادی از نمونهها در نزدیکی ناحیه VAG+syn-COLG، نشاندهنده وجود برخی از سنگها با خصوصیات حدواسط بین دو محیط است. نمودار Rb در برابر Ta+Yb (شکل۹-ج) تأیید میکند که بیشتر نمونهها در محدوده syn-COLG جای می گیرند، که با یافتههای نمودار Rb در برابر Y+Nb همخوانی دارد. این نمودار نشان میدهد که غلظت روبیدیم در این سنگها بالاست و این ویژگی معمولاً در گرانیتهایی دیده می شود که تحت تأثیر فرآیندهای تصادمی تشکیل شدهاند و در نتیجه ذوب بخشی و تغییر ترکیب پوستهای ایجاد میشوند. در نمودار Ta در برابرYb (شکل ۹-د)، نمونهها بیشتر در ناحیه VAG و تعدادی نیز در نزدیکی مرز با syn-COLG قرار دارند. حضور نمونهها در ناحیه VAG نشان میدهد که بخشی از این سنگها ممکن است در محیطهای فرورانش و مرتبط با کمانهای اَتشفشانی تشکیل شده باشند. تعادل بین نمونهها در این دو محدوده نشاندهنده اثرگذاری همزمان فرآیندهای آتشفشانی و تصادمی در تشکیل این گرانیتها است. تحلیل دادههای به دست آمده از این نمودارها نشان میدهد که سنگهای گرانیتی مورد مطالعه عمدتاً در محیطهای تکتونیکی مرتبط با تصادمات قارمای (syn-COLG) یا کمانهای آتشفشانی (VAG) تشکیل شدهاند. عدم حضور نمونهها در محدودههای ORG و WPG نشان میدهد که این محیطها در تشکیل این سنگها نقش قابل توجهی نداشتهاند. نتایج بهدستآمده حاکی از یک تاریخچه پیچیده تکتونیکی است که شامل فرآیندهای همگرا و فرورانش بوده که منجر به تشکیل گرانیتها در شرایط مختلف شده است. ترکیب این نمودارها با هم، یک تصویر جامع تر از محیط تکتونیکی تشکیل این سنگها به دست میدهد و نقش فرآیندهای تصادم و فرورانش را در این منطقه نشان میدهد.

به منظور تفکیک گرانیتوئیدهای نوع A از سایر انواع گرانیتوئیدها، از نمودارهای پیشنهادی توسط [۳۶] استفاده شد. نتایج حاصل از نمودار FeOt/MgO در برابر مجموع Zr+Nb+Ce+Y (شکل ۱۰–الف) نشان میدهد که بیشتر نمونهها در ناحیه FG (گرانیتوئیدهای تفریقشده) قرار میگیرند و یک نمونه نیز در نزدیکی مرز ناحیه A قرار گرفته است. نمودار CaO//CaO) در برابر مجموع Zr+Nb+Ce+Y (شکل ۱۰–ب) نیز نتایج مشابهی را ارائه میدهد که بیشتر نمونهها در ناحیه FG قرار گرفته اند. نتایج هر دو نمودار بالا نشان میدهد که گرانیتوئید های مورد مطالعه عمدتا در دسته FG قرار گرفته و از ماگما های تفریق شده به وجود آمده اند. این نمودارها نشان میدهند که گرانیتوئیدهای مورد مطالعه بیشتر دارای ویژگیهای گرانیتوئیدهای تفریق شده (FG) بوده و از نظر ژئوشیمیایی در محدوده گرانیت های نوع A قرار نمی گیرند.

همچنین برای تعیین محیط تکتونیکی سنگهای گرانیتوئیدی مورد مطالعه، از نمودار [۳۷] R1-R2 استفاده شد. نتایج نشان داد که بیشتر نمونهها در ناحیه مرتبط با سنگهای سین کولژن (همزمان با تصادم) و اوروژنیک (کوهزایی) قرار می گیرند. این موضوع حاکی از آن است که این سنگها در طی فرآیندهای کوهزایی و یا تصادمات قارهای تشکیل شدهاند. مقادیر بالای پارامتر R1 و مقادیر پایین پارامتر R2 در این نمونهها نیز نشان دهنده تمایز ماگمایی بالا و غنیبودن آنها از سیلیس است. عدم حضور نمونهها در نواحی دیگر نمودار نیز حاکی از آن است که این سنگ های در محیط های خاص دیگر مثل محیط های پشته اقیانوسی و یا محیط های درون صفحه ای تشکیل نشده اند(شکل ۱۱).

برداشت

مطالعات انجام شده بر روی سنگهای آذرین منطقه مورد مطالعه در شمال طبس، با استفاده از روشهای پتروگرافی، ژئوشیمی و بررسی دادههای عنکبوتی و نمودارهای تفکیک تکتونیکی، اطلاعات جامعی در مورد منشأ ماگمایی، محیط تکتونیکی و تاریخچه تکاملی آنها ارائه داده است. بررسیهای پتروگرافی نشان داد که تودههای نفوذی یخاب، عمدتاً به صورت استوکهای گرانیتی رخنمون یافتهاند که سنگهای میزبان میکاشیستی را قطع کردهاند. این تودهها در امتداد جاده یخاب-چاه پالیز، به تدریچ به صورت بین انگشتی به اورتوگنیسها و گنیسهای چشمی سفید رنگ تبدیل میشوند. بافت غالب در این سنگها گرانولار است و کانیهای اصلی شامل کوارتز، آلکالی فلدسپار، پلاژیوکلاز، بیوتیت و کانیهای اوپک هستند. شواهدی از دگرسانی پلاژیوکلاز به سریسیت و کلسیت، و دگرسانی بیوتیت نیز مشاهده شد. بافتهای <mark>فرعی پوئی کلیتیک و میرمکیتی نیز</mark> در این سنگها دیده میشوند. دادههای ژئوشیمیایی نشان میدهد که سنگهای مورد مطالعه دارای مقادیر متغیری از SO2 (بین ۶۹،۵۲ تا در این سنگها دیده میشوند. دادههای ژئوشیمیایی نشان میدهد که سنگهای مورد مطالعه دارای مقادیر متغیری از SO2 (بین ۲۹،۵۴ تا ۲۰،۰۰ درصد) هستند. الگوهای تغییرات اکسیدها یا افزایش سیلیس، حاکی از تفریق ماگمایی است. به طوری که با افزایش سیلیس، غلظت SIOA، SU2 و محوده سری کلکآلکالن و نمودار غلظت Ca-Th آنها را در محدوده کالکآلکالن غنی از پتاسیم تا شوشونیتی قرار میدهد. نمودارهای تشخیمی ژیوشیمیایی نشان داد که این منگها دارای ماهیت آلکالی خانی از کهای و پرآلومینوس هستند و از نظر سیلیس نیز اشباع شده میباشند. الگوهای غنیشدگی عناصر لیتوفیل بزرگ یون (LILE) و عناصر خاکی کمیاب سبک (LREE) و تهیشدگی عناصر با شدت میدان بالا (HFSE) در نمودارهای عنکبوتی نرمال شده نسبت به گوشته اولیه و MORB، نشان میدهد که ماگماهای تشکیلدهنده این سنگها تحت تأثیر فرآیندهای ماگمایی مانند ذوب بخشی، تفریق ماگمایی و احتمالا آلودگی پوستهای قرار گرفتهاند. آنومالیهای منفی Nb و Ti نیز حاکی از دخالت مولفههای فرورانش در پتروزنز این سنگها است. در نمودار نرمال شده نسبت به کندریتها، غنی شدگی عناصر LLE و تهی شدگی عناصر HFSE به خوبی قابل مشاهده است.نمودارهای تشخیص تکتونیکی [۵۵]نشان میدهد که سنگهای گرانیتی مورد مطالعه، شدگی عناصر HFSE به خوبی قابل مشاهده است.نمودارهای تشخیص تکتونیکی [۵۵]نشان میدهد که سنگهای گرانیتی مورد مطالعه، عمدتاً در محیطهای تکتونیکی مرتبط با تصادمات قارهای (Syn-COLG) و کمانهای آتشفشانی (VAG) تشکیل شدهاند و شواهدی از حضور محیطهای پشته اقیانوسی (ORG) و درون صفحهای (WPG) در تشکیل این سنگ ها یافت نشد. همچنین نمودار R1-R2 نیز این سنگ ها را در محدوده سنگ های سین کولژن (همزمان با تصادم) و اوروزنیک (کوهزایی) قرار می دهد. نمودارهای تشخیص ثنیز این سنگ ها را در محدوده سنگ های سین کولژن (همزمان با تصادم) و اوروزنیک (کوهزایی) قرار می دهد. نمودار RGP) شده (FG) هستند و از نظر ژئوشیمیایی در محدوده کرانیتوئیدهای منطقه مورد مطالعه بیشتر دارای ویژگی های گرانیتوئیدهای تفریق شده (FG) هستند و از نظر ژئوشیمیایی در محدوده کرانیتوئیدهای منطقه مورد مطالعه بیشتر دارای ویژگی های گرانیتوئیدهای تفریق شده رGP) هستند و از نظر ژئوشیمیایی در محدوده کرانیت های نوع A قرار نمی گیرند. در مجموع، یافتههای حاصل از این پژوهش شده درGP) هستند و از نظر ژئوشیمیایی در محدوده کرانیتوئیدهای منطقه مورد مطالعه بیشتر دارای ویژگی های گرانیتوئیدهای تفریق نشان می دهد که سنگهای گرانیتی منطقه یخاب در شمال طبس، حاصل تفریق ماگمایی از منشأ پوستهای هستند که در محیطهای تکتونیکی همزمان با تصادم قارهای و یار می مال مایی از دخالت قرآیندهای ماگمایی پوهی کالکآلکان غنی از پتانیم پوه و از نظر آلومینیوم نیز پرآلومینوس هستند. بررسی عناصر کمیاب حاکی از دخالت قرآیندهای ماگمایی پیچیده است که با

قدردانى

بدینوسیله از ریاست محترم دانشکده علوم پایه، مدیر و معاون محترم پژوهش و فناوری دانشگاه هرمزگان که امکان انجام این پژوهش را فراهم نمودند، صمیمانه سپاسگزارم.

مراجع

- [1] Eftekhar-Nejad, J. Geological quadrangle map of Kashmar, 1: 250.000.GSI, Tehran, Iran (in Persian), (1976).
- [2] Berberian, M., King, G.C.P. Towards a paleogeography and tectonic evolution of Iran. Canadian Journal of Earth Sciences (1981) 18 (2), 210–265.

- [3] Stocklin, J. Structural history and tectonics of Iran, A review am. petr Geol. B. u (1968).52, n7.p.1229-1258.
- [4] Alavi, M., Thrust tectonics of the Binalood region, NE Iran, Geological survey of Iran, Tehran (1992).
- [5] Yazdan Panah, A. Investigation of the economic potential of the Dehnu-Obeid region (northeast of Ashgabat, Tabas)", the 7th conference of the Economic Geology Association of Iran, Damghan (in Persian)", (2014).
- [6] Rossetti, F., Nozaem, R., Lucci, F., Vignaroli, G., Gerdes, A., Nasrabadi, M., Theye, T. Tectonic setting and geochronology of the Cadomian magmatism in Central Iran, Kuh-e Sarhangi region NW Lut Block (2014), (in Persian)", Journal of Asian Earth Sciences, 102, 24-44
- [7] Ruttner, A., Nabavi. H.M., Alavi, M., Geological map of Ozbak-kuh, 1:100000, Geological Survey of Iran, (1970).
- Nuzaim, R. Deformation analysis of Sarhangi mountain range in North West of Lut block, PhD thesis, Tarbiat Modares University, Tehran (in Persian)", (2012).
- [8] Middlemost, E.A.K. naming materials HN the magmas/igneous rock system. Eart-Sci.Reu, (1994) 37, 215-224.
- [9] De la Roche, Hubert de, et al. "A classification of volcanic and plutonic rocks using R1R2-diagram and major-element analyses-its relationships with current nomenclature." Chemical geology 29.1-4 (1980): 183-210.
- [10] Frost, B. R., & Frost, C. D. (2008). A geochemical classification for feldspathic igneous rocks. Journal of Petrology, 49(9), 1455-1469.
- [11] Irvine, T.N., Baragar, W.R.A. A guide to the chemical classification of the common Volcanic rocks Can.J. Earth Sci, (1971) 8, 523-548.
- [12] Hastie, A. R., Jowitt, A., McPhie, J., Kridel, E. G., & Carras, H. (2007). Minor element geochemistry of the Mount Lyell volcanic rocks, Tasmania: distinguishing between tholeiitic, calc-alkaline and shoshonitic series. Journal of Volcanology and Geothermal Research, 160(1-2), 113-128.)
- [13] Sun, S.S., Mc Donough, W.F. Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: implications for mantle composition and processes. In: Saunders, A., Norry, M. (Eds.), Magmatism in the Ocean Basins. Geological Society Special Publication, Blackwell, (1989) 313–345.
- [14] Wilson, M., "Review of igneous petrogenesis: a global tectonic approach." Terra Nova 1.2 (1989): 218-222.
- [15] Rollinson, H. Using geochemical data: evaluation, presentation, interpretation. Longman Scientific & Technical, (1993).
- [16] Tatsumi, Y. "The subduction factory: How it operates in the evolving Earth". GSA Today, 15(7), (2005), 4-10.
- [17] Kearey P, Klepeis KA, Vine FJ. Global tectonics. John Wiley & Sons; 2009 Jan 20.
- [18] Ghiorso, M. S., & Sack, R. O. "Fe-Ti oxide geothermometry: thermodynamic formulation and estimating intensive variables in magmatic systems. Contributions to Mineralogy and Petrology, 108(4),(1991), 485-510.
- [19] Pearce, J. A., Geochemical fingerprints of mantle processes by multi-element variations in basaltic rocks. Lithos, 100(1-4), (2008), 51-72.
- [20] Blundy, J. D., & Wood, B. J. 'Prediction of crystal-melt partition coefficients from elastic moduli. Nature, 372(6504), (1994), 452-454.
- [21] Keppler, H., Constraints from partitioning experiments on the composition of subduction zone fluids. Nature, 380(6574), (1996), 237-240.
- [22] Wood, B. J., High field strength elements. In: Magmatic petrology, Springer Netherlands, (1990), pp 275-304.

- [23] Plank, T., & Langmuir, C. H., The chemical composition of subducting sediment and its consequences for the crust and mantle. Chemical Geology, 145(3-4), (1998), 325-394.
- [24] Hawkesworth, C. J., Gallagher, K., Hergt, J. M., & McDermott, F. (1991). Mantle and crust contributions in the genesis of the Aegean magmatism. Geological Society, London, Special Publications, 59(1), 241-266.
- [25] Longhi, J. (1991). Experimental petrology of basaltic rocks. In: Source, transport, and deposition of metals, Mineralogical Society of America, Reviews in Mineralogy, Volume 25, pp 269-319.
- [26]. Pearce, J. A. (1983). Role of the tectonic environment in the interpretation of volcanic rock trace element data. Journal of Petrology, 24(1), 41-73.)
- [27]. Thompson, R. N. "Magmatism of the British Tertiary volcanic province." Scottish Journal of Geology 18.1 (1982): 49-107.
- [28] Glenn, A.G., "The influence of melt structure on trace element partitioning near the peridotite Solidus", Contributions to Mineralogy and Petrology, Vol: 147, (2004) p: 511–527.
- [29] Sajona, F.G., Maury, R.C., Bellon, H., Cotton, T. and Defant, M., "High field strength element Enrichment of Pliocene-Pleistocene Island arc basalts, Zamboanga peninsula, western Mindanao (Philippines)", Journal of petrology, Vol: 37, (1996) p: 693–726.
- [30] Harris, C., "The petrology of lavas and associated plutonic characteristics of collision Zone magmatism. In: Cowards, M.P. and Reis, A.C. (Eds), Collision tectonics", Special Publication, Geological Society of London, Vol: 19, (1986) p: 67–81.
- [31] Hongyan, G., Sun, M., Yuan, C., Xiao, W., Zhao, G., Zhang, L., Wong, K. and Fuyuan, W., "Geochemical, Sr–Nd and Zircon U–Pb–Hf isotopic studies of Late-Subduction", Chemical Geology, Vol: 266, (2009) p: 364–398.
- [32] Wu, F., Jahnb, B., Wilde, S.A., Lod, C.H., Yuie, T.F., Lina, Q., Gea, W. and Suna, D., "Highly fractionated I-type granites in NE China II: isotopic geochemistry and implications for crustal growth in the Phanerozoic", Lithos, Vol: 67, (2003) p: 191–204
- [33] Dostal, J., Church, B.N., Reynolds, P.H. and Hopkinson, L., "Eocene volcanism in the Buck Creek basin, central British Columbia (Canada): transition from arc to extensional volcanism" Journal of Volcanology and Geothermal Research, Vol: 170(1-3), (2001) p: 149–170.
- [34] Shang, G.K., Satir, M., Siebel, W., Nasifa, E.N., Taubuld, H., Liegeoise, J.P. and Tchoua, F.M., "Geochemistry, Rb–Sr and Sm–Nd systematic: case of the Sangmelima region, Ntem complex, southern Cameroon", Journal of African Earth Sciences, Vol: 40(1-2), (2004) p: 61–79
- [35]. Pearce, Julian A., Nigel BW Harris, and Andrew G. Tindle. "Trace element discrimination diagrams for the tectonic interpretation of granitic rocks." Journal of petrology 25.4 (1984): 956-983.
- [36]. Whalen, J.B., Currie, K.L., Chappell, B.W. A-type granites: geochemical characteristics discrimination and petrogenesis. Contrib. Miner. Petrology, Vol: 95 (1987) P; 407-419.
- [37]. Batchelor, Richard A., and Peter Bowden. "Petrogenetic interpretation of granitoid rock series using multicationic parameters." Chemical geology 48.1-4 (1985): 43-55.



[Downloaded from ijcm.ir on 2025-07-10]



شکل ۲– نقشه زمین شناسی منطقه مورد مطالعه برگرفته از نقشه زمین شناسی ازبک کوه[۷]



شکل۳- الف) رخنمونی از توده گرانیتی بخاب با میکاشیست ب) مورفولوژی سنگهای گنیسی در جلو و مورفولوژی سنگهای گرانیتی در دور دست



شکل ۴ – الف) سنگ گرانیت با بافت گرانولار که پلاژیوکلاز (Pl) و آلکالی فلدسپار (Afs) به وضوح قابل مشاهده هستند و بلورهای کلسیت (Cal) در حاشیه و بین بلورهای فلدسپات ها دیده می شوند.کانیهای اوپاک نیز به صورت پراکنده مشاهده می شوند(40X) ب)یسنگ گرانیت با بلور های بزرگ پلاژیوکلاز (Pl) به همراه دگرسانی سریسیتی (ser) دیده می شوند.کانیهای اوپاک نیز به صورت پراکنده مشاهده می شوند(40X) ب)یسنگ گرانیت با بلور های بزرگ پلاژیوکلاز (Pl) به همراه دگرسانی سریسیتی (ser) دیده می شوند.کانیهای اوپاک در لبه و اطراف بلور پلاژیوکلاز دگرسان شده قرار دارد ، بلورهای ریز کوارتز (Qz) در کنار بلور فلدسپات دیده می شوند که دارای بافت همر شدی را نشان می دهند(40X) .ت) بلورهای کانی موسکویت (Ms) به صورت یک نوار طویل در داخل بلور پلاژیوکلاز (Pl) دیده می شوند که دارای بافت همر شدی را نشان می دهند(40X) .ت) بلورهای کانی موسکویت (Ms) به صورت یک نوار طویل در داخل بلور پلاژیوکلاز (Pl) دیده می شود که نشان دهنده دگرسانی پس از تبلور را نشان می دهند(40X) .ت) بلورهای کانی موسکویت (Ms) به صورت یک نوار طویل در داخل بلور پلاژیوکلاز (Pl) دیده می شود که نشان دهنده دگرسانی پس از تبلور را نشان می دهند(40X) .ت) بلورهای کانی موسکویت (Ms) . می صورت یک نوار طویل در داخل بلور پلاژیوکلاز (Pl) دیده می شود که نشان دهنده دگرسانی پس از تبلور است.کانیهای اوپاک در اطراف بلور پلاژیوکلاز مشاهده می شوند(40X) ...) کانی آلکالی فلدسپار (Afs) و کوارتز (Qz) در سنگ گرانیت قابل مشاهده اند و دگرسانی بلور فلدسپار را می توان مشاهده کرد که با دایره های صورتی مشخص شده است(40X) ...) کانی پلاژیوکلاز (Pl) به صورت دگرسان شده با هاله سیاه در بین بلورهای کوارتز (Qz) دیده می شوند.(40X) ...) کانی پلاژیوکلاز (Pl) به صورت دگرسان شده با هاله سیاه در بین بلورهای کوارتز (Qz) در فلدسپار را می توان مشاهده کرد کرد اند. بلور های درسان شده با هاله سیاه در بین بلورهای کوارتز (Qz) درده می شوند.(40X) ...) کانی بیوتیت (Br) در می مورت در می های اوپاک و بلورهای آلکالی فلدسپار (Afs) در دول می می مود و بلورهای بیوی و بلورهای آلکالی فلدسپار (Afs) در درمه می شوند. (40X) درمه می شوند.(40X) و بلورهای رشد کرده اند. بلور های آلکالی فلدسپار (Afs) درمه می می مود و بلورهای درهه کاری درههی می مود ار مره) دار داره کاری و بلورهی



مشاهده است(<mark>40X)</mark> . ه) ماكل دوقلويي شطرنجي ميكروكلين (Mc) به وضوح قابل مشاهده است. علائم اختصاري از[۸]اقتباس شده است. Qz: كوارتز، Pl: پلاژيوكلاز،Cal:

كربنات كلسيم، Bi: بيوتيت، Ms، موسكويت، Opq: اپك.

شکل۵- الف) نمودار SiO2 در مقابل Na2O+K2O ، طبقه بندی سنگهای نفوذی منطقه مورد مطالعه ، ب) نمودار R1 در مقابل R2 جهت طبقه بندی سنگهای آذرین نفوذی منطقه مورد مطالعه که نمونه ها در محدوده گرانیت قرا میگیرند.



شکل ۶- الف) نمودار MALI (Na2O + K2O - Cao) در برابر SiO2 : این نمودار بر اساس شاخص آلکالی-آهک تعدیل شده (MALI) و میزان سیلیس، سنگها را به دستههای آهکی، کالکآلکالن، آلکالی-کالک و آلکالن تقسیم می کند. تمامی نمونهها در محدوده آلکالی-کالک تا آلکالن قرار می گیرند، که نشاندهنده غنی بودن این سنگها از عناصر قلیایی نسبت به کلسیم است،ب) نمودار FeOt/(FeOt + MgO) در برابر SiO2 این نمودار بر اساس میزان آهن و منیزیم

نسبت به سیلیس، سنگها را به دو دسته فروئن (غنی از آهن) و منیزین (غنی از منیزیم) تقسیم می کند. نتایج نشان می دهد که تمامی نمونهها در محدوده فروئن قرار می گیرند، پ) نمودار ((A2O+K2O)-Al2O)، Al2O) در برابر FSSI (شاخص اشباع سیلیس فلسیک): این نمودار بر اساس شاخص اشباع سیلیس فلسیک (FSSI) و مقدار آلومینا منهای مجموع سدیم و پتاسیم، سنگها را از نظر اشباع شدگی سیلیس و ماهیت پرآلکالن یا متالومینوس/پرآلومینوس طبقهبندی می کند. دادهها نشان می دهند که نمونهها در محدوده "اشباع شده از سیلیس، متالومینوس و پرآلومینوس پرآلکالن یا متالومینوس (پر دادهها نشان می دهند که نمونهها در محدوده "اشباع شده از سیلیس، متالومینوس و پرآلومینوس" قرار می گیرند، که نشان دهنده این است که این سنگها از نظر سیلیس اشباع بوده و ماهیت متالومینوس تا پرآلومینوس دارند.ت) نمودار ASI (شاخص اشباع آلومینیوم) در برابرSiO2 : این نمودار بر اساس شاخص اشباع آلومینیوم (ASI)، سنگها را به دو دسته متالومینوس (1 > ASI) و پرآلومینوس (1 < ASI) تقسیم می کند. تمام نمونهها در محدوده پرآلومینوس قرار می گیرند، که نشان دهنده این است که این سنگها را به دو دسته متالومینوس (1 > ASI) و پرآلومینوس (1 < ASI) تقسیم می کند. تمام نمونهها در محدوده پرآلومینوس قرار می گیرند،



شکل۷- الف) نمودار AFM ایروین و باراگر، ۱۹۷۱ ، نمودار با یک خط منحنی به دو ناحیه تقسیم میشود:سری تولئیتی: این سری معمولاً با روند غنیشدگی آهن مشخص میشود.سری کالکآلکالن: این سری معمولاً دارای روند غنیشدگی قلیایی و کلسیمی است. نمونههای مورد مطالعه در این نمودار در قسمت پایین قرار گرفته اند و در محدوده سری کالکآلکالن قرار می گیرند. ب)نمودار Co-Th هستی و همکاران، ۲۰۰۷، نمودار با خطوطی به چند ناحیه تقسیم شده که نشان دهنده سریهای ماگمایی مختلف است: سری تولئیتی: دارای مقادیر کم Th و Co، سری کالکآلکالن: دارای مقادیر متوسط Th غنی از پتاسیم و شوشونیتی: دارای مقادیر بالا Th ، نمونههای مورد مطالعه در این نمودار در قسمت بالای نمودار و در ناحیه "سری کالکآلکالن شوشونیتی" قرار گرفته اند



شکل۸- الف) نمودار عنکبوتی سنگهای منطقه نسبت به ترکیب گوشته اولیه، ب) ۲. نمودار عنکبوتی نرمال شده نسبت به MORB ، پ) نمودار عنکبوتی Chondrite سنگهای منطقه نسبت



شکل۹- الف) نمودار Rb در برابر X+Nb، نمونهها در این نمودار در ناحیه "گرانیتهای همزمان با تصادم قارهای (syn-COLG) تعدادی نیز در نزدیکی مرز این ناحیه با "گرانیتهای کمان آتشفشانی (VAG)" قرار گرفتهاند، ب) نمودار Nb در برابر Y، نمونهها در این نمودار در نزدیکی مرز بین "گرانیتهای کمان آتشفشانی (VAG)" و "گرانیتهای همزمان با تصادم قارهای (syn-COLG)" قرار می گیرند، ج) نمودار Bb در برابر Ta+Yb، بیشتر نمونهها در این نمودار در ناحیه "گرانیتهای همزمان با تصادم قارهای (syn-COLG)" قرار گرفتهاند، د) نمودار Ab در برابر Yb در برابر Yb، بیشتر نمونه در این نمودار در ناحیه "گرانیتهای همزمان با تصادم قارهای (syn-COLG)" قرار گرفتهاند، د) نمودار Ta در برابر Yb، بیشتر نمونهها در این نمودار در آتشفشانی (VAG)" و تعدادی نیز در نزدیکی مرز با ناحیه "گرانیتهای همزمان با تصادم قارهای (syn-COLG)"



شکل۱۰ الف) نمودار FeOt/MgO در برابر مجموع Zr+Nb+Ce+Y نمونهها در ناحیه FG (گرانیتوئیدهای تفریق شده) قرار گرفتهاند. یک نمونه در نزدیکی مرز ناحیه A و تعدادی در ناحیه OTG قرار دارند، ب) نمودار Na2O + K2O)/CaO) در برابر مجموع Zr+Nb+Ce+Y ، نمونهها در ناحیه FG (گرانیتوئیدهای تفریق شده) قرار گرفتهاند. یک نمونه در نزدیکی مرز ناحیه A و تعدادی در ناحیه OTG قرار دارند.



شکل۱۱- نمودار R1 در مقابل R2 ، ، R2 - 2(Fe + Ti) - 2(Fe + Ti) و R2 - 8 در این فرمول، Fe ،K ،Na ،Si ، و Ti به ترتیب نشان دهنده درصد وزنی اکسید سیلیسیم، سدیم، پتاسیم، آهن و تیتانیوم هستند. Mg ،Ca + 6Ca + 2Mg + Al، در این فرمول، Mg ،Ca، و Al به ترتیب نشان دهنده درصد وزنی اکسید کلسیم، منیزیم و آلومینیوم هستند. این پارامتر نشاندهنده میزان کلسیم، منیزیم و آلومینیم موجود در ماگما است و معمولا با تغییرات کانی های فرومنیزین در ارتباط است.

Sample	Gray	Grav	Grav	Grby	Grby	Grbr	Grbt	Gr _{b∆}	Grbe	Gr _{by}	Gr _{bA}	Grby
SiO.	٨ • /٧	64/74	69/72	VA/YA	۷۸/۳۶	٧۶/٢٢	٧٠/۶٩	VV/fA	٧٧/٣١	٧۶/٨٢	٧۶/۶	VV/74
Al _r O _r	11/40	۱۱/۹۵	11/81	17/49	17/11	11/10	۱۱/۸۱	11/AY	۱۰/۷۲	17/10	11/84	۵۰/۰۵
BaO	•/•K	•/•٨	•/•٨	•/11	•/•٨	• / • Y	۰/۱۰۵	•/•۴	۰/۰۲	•/•۴	• / • Y	•/•۶
CaO	1/68	1/97	۲/۰۲	۰/۹۳	• /AY	• / A 1	• /YY	۱/۰۵	2/41	1/49	۱/۰۱	• 99
$Cr_{\tau}O_{\tau}$	•/••٢	•/••۴	•/•)	•/••٢	•/••٢	•/••٢	•/••٢	•/••٣	•/••٢	•/••٢	•/••٣	•/••٢
CuO	•/•)	•/• 1	•/•٩	•/•٩	•/• 1	•/•٩	• ٢/•	• ٩/•	• ٩/•	•/•٣	•/••٣	•/••۶
FerOr EaOt	1/10	1/24	1/4	1/01	1/24	1/17	1/24	•/ Δ Υ	•/٧۵	•/۵۶	1/5	1/+ 5
reol K O	5/11	<u>r/rr</u>	<u>r/> \</u>	1/54	1/05	1/11	1/17	•/01	• /9 4	•/0•	1/14	•/٩٢
Λ _r Ο MαO	1/01	1 1	1/19	1/10	1/11	1/11	1/17	1/09	1/1	1/24	1/14	1/17
MpO	•/١٢	•/٣١	• /91	•/•٩	•/•٩	•/• •	•/• ٨	•/•٩		•/•٨		
Na O	w/	w/vq	~/~	W/6A	*//	w/wr	*/ AV	¥1¥	\$())	\$1.V	*/c*	*/¥
PO		./	./	1/2	• /• ٣		1/67		1/11	1/27		
TiO	• / ٣	. / ٣٣	. /*	.///	.///	. /. 9	. /. 9	.1.8	./.*			.1.8
V.O.	./۲	./۲	./۴	•/••۵	•/••۵	•/• ۵	•/••۵	•/••۵	. /	•/••۵	•/•• •	•/•• \
L.O.I	·/·Y	0/88	¥/1	1/74	TIYA	r/0 ·	۵/۸۰	T/Q -	7/19	7/11	T/AT	۳/۸۳
Total	1.7/4	98/7.	91/80	99/0.	1 / . ۲	99/18	٩٨/٣٣	99/79	99/97	99/14	99/11	99/14
REE (ppn	n)											
Ag	• / • Y	• /۵	۰/۴	•/•Y	• / • Y	۰/۲	• / • Y	۰/۴	• / • Y	• / • Y	•/•Y	• / • Y
Al	8.980	88818	87766	88489	54421	۵۹۳۵۶	82760	81049	51.66	84881	0.461	۵۳۵۱۰
As	۴/۳	١/٨	۴/۲	Δ/Y	٩	٧/٢	٨/٢	۹/۸	818	11/Y	۴/۶	٩/٢
Ba	٨٠٨	٨٠٠	٧٩٠	998	YAY	888	947	۳۹۹	222	40.	۷۱۵	820
Be	۲/۴	۲/۳	۱/٨	۲	۲	۱/۹	۱/٨	١/٢	• /A	1/1	1/Y	1/Y
Bi	• / • Y	• / A	۰/۲	• / • Y	• / • Y	• / • Y	• / • Y	• / • Y	• / • Y	٠/٢	• / • Y	• / • Y
Ca	11777	17747	14040	8778	8828	۵۸۷۷	۵۵۹۲	۲۵۸۶	۱۷۳۵۰	1.14.	۲۰۳۷	478.
Cd	۰/۵	• / • Y	• / • Y	• / 1	• / 1	۰/۲	۰/۲	۰ /٣	•/1	٠/٢	•/1	۰/۲
Ce	۳۹	۵۰	۵١	87	٨۶	۵۲	۶١	۱۳	٨	۵۰	۵۳	4.
Co	۳/۵	۵/۲	818	۱/۸	۱/۸	۲/۲	۲/۴	١/٧	1/8	١/٢	1/1	٢
Cr	18	۳١	89	۱۵	17	17	18	22	18	۱۵	۲۱	۲.
Cs	17/3	8/4	۴/۲	۶/٨	۶/۳	۴/۷	۴/۲	• /Y	• /Y	• /Y	۲/۴	۲/۵
Cu	١	١	• /Y۵	• /Y۵	1	• /Y۵	18	• /Y۵	• /Y۵	٣	٣	۵
Dy E	۴/۸	Δ/Υ	۶/۲	8/8	٨/٩	Y/1	۷/۶	۱/۹	۲/۲	۲/۶	4/8	Υ/Δ
Er	٣	۳/۸	۳/۷	۳/۵	۵/۵	¥/Y	۴/۳	1/1	1/8	1/٣	۲	۴/۹
Eu Ee	•/6٩	•/۵٢	• / ٨	• / ¥	• /9	•/٢١	•/٧٢	•/•٧۵	•/•٧۵	•/•٧۵	•/۶۴	• / ٢
re Gd	17074	17405	1.44	1.4.0	11414	7575	1191.	4.10	6776	FAA 1	4114	Y749
Uu Hf	1/20	1///	T/1 7	0/07 7/6	1/1	ω/1 2/16	0/F7	1/•1	•/٨٢	1/10	1/21	5/91
III In	1/2	1/1	1/2	1/2	1/4	1/5	1/5	1/1	1/5	1/1	1/1	1/1
K	•/1 4	•/\ 4	•/1 9	•/1 4	•/\ ٧	•/\ •	•/1 4	•/1 9	•/1 9	•/1 9	•/\ ٧	•/1 4
n. Í a	11111	17071	72111	1117A	17101	17/11	1 1 1 1 1 Ya	V 111-1	110-1	11111	76	141
La	¥A	76	10	¥.	79			4	¥C I	11 ¥	12	1
£n	+ /¥	•/^	• / ۴	•/*	. 18	• / •	•/^	. /٢	. /٣	./۲	• / 5	• / \
Mo	7.18	TAVA	2116	166	0.05	1659	1699	8.8	F17	A.T	٣٨٣	
Mn	۳.	m1.	194	149	194	141	177	٤١	٨٩	٧٣	1.4	94
Mo	• /۳V	• /9	1/5	• /Y	• 18	• /۳V	• 18	1/5	·/٣٧	• /8	• /V	1/14
Na	17.18	14089	77177	TYTES	74104	TEANY	78810	59110	8.14.1	5.474	TYINE	77477
Nb	17/9	17/1	۶/۹	15/1	18/5	10/9	14/5	9/19	۵/۳	٧/۶	٨	۱۰/۸
Nd	٩/٧	18/8	1 1/1	۲۸/۸	40/5	5 F/V	70/8	· /۳Y	· /۳Y	1A/Y	17/8	17/7
Ni	۵	۱۵	۳۵	۵	۶	٩	γ	۱۹	٨	١٠	γ	11
Р	789	79.	۳۵۵	177	147	۱۲۸	179	117	1.8	١١٩	١٠٩	١٠٣
Pb	۲۳	25	۱۵	۲۷	۲۱	74	۲۷	١٢	١٠	١٢	۲۱	۲۳
Pr	٣/٩	5/42	۵/۹۶	٧/٣٩	۱۱/۲	8/18	γ/•٨	۰/۲۳	۰/۰۳	۵/۶۹	۵/۵۶	۴/۳۷
Rb	177	118	1 • 1	۱۲۸	111	111	118	۵۶	Υ١	۵۰	٨٠	111
S	۳/۴	۳/۴	۳/۴	۳/۴	۳/۴	۳/۴	۳/۴	۳/۴	۳/۴	۳/۴	۳/۴	۳/۴
Sb	۰/۳۷	۰/۳۷	• /۳V	۰/۳۷	• /۳V	• /۳V	• /۳V	۰/۳۷	• /۶	٠/٩	۰/۳۷	۰/۳۷
Sc	۳/ ۰ ۱	۹۱۵	۱۰/۴	۳/ ۰ ۱	۳/۴	۴/۹	۳/۸	۳/۹	۱/۹	۴/۸	٧/۴	۳/۵
Se	۰/۳۷	۰/۳۷	۰/۳۷	۰/۳۷	۰/۳۷	۰/۳۷	۰/۳۷	۰/۳۷	۰/۳۷	۰/۳۷	۰/۳۷	• /۳V
Sm	۳/۱	۳/۶	۳/۹	۳/۱	٧/۴	۴/۹	۵/۵	۰/۲	•/•Y۵	4/1	۳/۶	۴/۱
Sn	۳/۶	۲/۶	٣	۳/۶	۲/۹	۲/۵	۲/۲	۱/۴	۱/۳	1/8	۲/۱	1/Y
Sr	97/9	۱۰۹/۶	۱۳۵/۵	97/9	41/2	۳۵/۸	46/8	٨۶/١	19/4	7676	۵۰	۲۸/۷
Ta	• /Y	•/•Y	• / • Y	• /Y	۱/۸	۱/۳	۱/۳	• /٣	•/•٧	۰/۲	•/•Y	۰/۵
1b Te	• /Y	•/٩	•/٩	• /Y	۱/۵	1/1	1	• /٢	۰/٣	• /۶	• /Y	۱
10	• /۳۷	• /۳٧	• /۳٧	• /۳٧	• /۳٧	• /۳٧	• /۳٧	• /٣٧	• /٣٧	•/٣٧	•/٣٧	• /٣٧
1 h	۱۰/۸	17/0	11/0	۱۰/٨	18/9	17/8	11/1	۵/۲	٧/۴	11/9	۷/۶	17/9
11	1479	1891	1109	1479	•/٧٩	246	۵۸۹	414	268	۳۵۵	۴۰۰	۳۹۷
11	• 18	• /Y	• 18	• 18	• /Y	• 18	• /۵	• /۵	۰ /۳	۰/۳	•/۴	• /۵
Tm	• / ۴	• / ۵	• /۵	۰/۴	• /۵	• /۵	• /۴	• /۶	۰ /٣	۰/۲	۰/۴	• /8
U	۱/۶	۲/۲	۲/۶	1/8	۲/۲	۲/۶	۱/۶	١/٧	٠/٩	١	١	۲/۲
V	11	14	24	17	14	24	٣	٣	٢	٣	1	١
W	•/Y۵	• /YΔ	• /YΔ	•/YΔ	• /YΔ	• /YΔ	• /YΔ	• /YΔ	• /YΔ	• /YΔ	•/Y۵	•/Y۵
r	41/8	۲۳/۷	1411	71/8	77/V	74/7	۲۵	74/7	17/7	1.18	۲۰/۹	۳۱/۹
Vh		1/9 A	1/99	1/09	1/• 0	1/+9	1/V	T/TA	1/59	·/^/	1/24	T/T)
Yb Zr	1/64	1/10		1, 6 1	17 W		r, 1	1717	1/1 1	,		

جدول۱- نتایج آنالیز شیمیاییXRF و ICP-MS نمونه های منطقه مورد مطالعه