

سنگ شناسی سریهای مافیک شمال خاور هشتجین،

جنوب اردبیل، ایران

نوشته: دکتر محمد رهگشای*، هادی شفائی مقدم*، رهبر غفاری* و محمد رضا کتابداری**

Petrology of Mafic Rock Series in Northeastern of Hashtjin, South of Ardabil, Iran

By: Dr. M. Rahgoshay*, H. Shafaii Moghadam*, R. Ghafary* & M.R. Ketabdary**

چکیده

سنگهای مافیک شمال خاوری هشتجین شامل توالیهایی از بازالتها، اسپیلیتها، الیوین بازالتها، بازالتهای آندزیتی، آندزیتها، داسیتها و سنگهای آذرآواری است که دایکهای دلریتی متعدد این توالیهای سنگی را قطع کرده‌اند. به طور کلی، ترکیب بازالتهای منطقه گرایش به بازالتهای کلسیمی - قلیایی و درون صفحه‌ای را نشان می‌دهد. این بازالتها از عناصر LIL، LREE و همچنین از عناصر HFS غنی شدگی نشان می‌دهند. دانه‌های تیتانومگنتیت موجود در سنگهای مافیک را می‌توان به دو دسته غنی از تیتان و کمتر غنی از تیتان (غنی از Fe^{+3}) تقسیم کرد. پلاژیوکلازهای موجود در این سنگها دارای زون بندی عادی بوده، فنوکریستهای پلاژیوکلاز نسبت به میکروولیت‌های پلاژیوکلاز آنورتیت بیشتری دارند. پیروکسینها عمدتاً دارای ترکیب سالیته بوده و غنی از آلومینیم، آهن و تیتان می‌باشند. غنی بودن سنگهای مافیک منطقه از عناصر ناسازگار، گرایش بازالتهای منطقه به بازالتهای کلسیمی - قلیایی درون صفحه‌ای و غنی بودن آنها از آلومینیم، غنی بودن پیروکسینها از آلومینیم، آهن و تیتان همگی نشان دهنده عملکرد یک زون فرورانش قاره‌ای برای زایش این سنگهای مافیک است.

کلیدواژه‌ها: بازالت‌های کلسیمی - قلیایی، ژئوشیمی کل سنگ، شیمی کانیاپی، زون فرورانش قاره‌ای.

Abstract

Mafic rocks in NE of Hashtjin area are composed of basalts, spillite, olivine basalts, andesitic basalts, andesites, dacites, pyroclastic rocks and numerous doleritic dikes cutting all these rock units. In this area, basalts have calc-alkaline and within plate affinity. These basalts have high content of LIL, LREE and HFS elements. Titano-magnetite grains in mafic rocks are divided into Ti-rich varieties and less Ti-rich types (rich in Fe^{+3}). Plagioclases show normal zoning and their phenocrysts have high An content compared to the plagioclase microlites. Salite composition and the high content of Al, Fe and Ti are the main characteristics of Pyroxenes. The enrichment of mafic rocks in incompatible elements, calc-alkaline and within plate nature as well as high Al content of basalts, enrichment of pyroxenes in Al, Ti and Fe, could be all an indication to suppose the implication of a continental arc for the genesis of these rocks.

Keywords: Calc-alkaline basalts, Whole Rock Geochemistry, Mineral Chemistry, Continental Subduction Zone.

مقدمه

زمین‌شناسان بسیاری در دهه‌های اخیر سعی در حل مسائل زمین‌شناختی این کمربند کوهزایی و مقایسه با دیگر کمربندهای آتشفشانی کرده‌اند (برای مثال Stocklin, 1960, 1968, 1974a,b; Assereto, 1966a,b; Stampfli, 1978; Alavi, 1996; Alberti et al., 1976; Bailey et al., 1948; Gansser & Huber, 1962; Riou et al 1981; Dostal & Zebri, 1978; Kazmin et al., 1986; Innocenti et al., 1982).

کمربند کوهزایی البرز به شکل یک کمربند سینوسی شکل و متأثر از حرکات کوهزایی سیمین و آلپی از شمال باختر کشور تا شمال خاور کشیده شده است. این کمربند کوهزایی در شمال باختر به رشته کوههای قفقاز کوچک (Lesser Caucasus) و در شمال خاور به رشته کوههای پاراپامپوس یا فیروزکوه افغانستان می‌پیوندد.

توفاها و برشها مشخص بوده در حالی که ریزشهای زیرآبی با پیدایش لاپیلی توفاها و بازالت‌های به شدت اسپیلیتی شده مشخص می‌شوند. در این مطالعه، برداشتهای صحرایی و نمونه برداریهای سنگی در اطراف مناطق اصلی یعنی سوسه‌هاب، ونن، ترازوج، چنار، کرکزی و هشتجین صورت پذیرفته است. در منطقه خاور و شمال خاوری ترازوج سنگهای موجود شامل متابازالتها، متاندزیتها و آذرآواریهای اسپیلیتی شده است. اندازه‌های بازالتی کمتر دگرسان شده نیز این مجموعه را همراهی می‌کنند. در یک نقطه روانه‌های بازالتی در همبری بلا فصل با سنگهای آذرآواری قرار گرفته‌اند که در مرز این دو، دگرگونی ضعیفی دیده می‌شود. اساساً بازالتها و آندزیت‌های این ناحیه دارای بافت بادامکی بوده و پرشدگی با کلسیت، کوارتز و زئولیت را نشان می‌دهند. این سنگها در بیشتر موارد آفیریک بوده و به ندرت پلاژیوکلاز پورفیر می‌باشند. در منطقه ونن و سوسه‌هاب نیز همراهی سنگهای آذر آواری و آتشفشانی بازالتی-آندزیتی دیده می‌شود (شکل ۳-۲).

در اطراف جاده هشتجین به خلخال یک سری سنگهای بازالتی-آندزیتی دیده می‌شود که نسبت به مناطق قبلی دگرسانی کمتری را متحمل شده‌اند (شکل ۲-۲). سنگهای آذر آواری نیز این سربهای سنگی را همراهی می‌کند. سنگهای بازالتی موجود در این ناحیه در برخی موارد ساختهای منشوری ضعیفی را نشان می‌دهند. برشهای آتشفشانی موجود در این منطقه، از قطعات سنگی بسیار متنوعی تشکیل شده که هم از نظر اندازه و هم از نظر سنگ شناسی متفاوت هستند. این قطعات از نظر اندازه از کمتر از ۱ میلی‌متر تا بیش از یک متر متغیرند. از نظر سنگ شناسی این قطعات شامل برشهای فاز فورانی قبلی، قطعات بازالتی آفیریک و پورفیریک، آندزیت پورفیری و آفیریک و داسیت است که در یک سیمان آتشفشانی عمدتاً با ترکیب داسیتی شناورند. در ترازهای بالاتر قطعات بزرگ بازالتی با الیوین پورفیر (الیوین بازالتها) نیز قطعات سنگی موجود در برشها را شامل می‌شوند (شکل ۴-۲). وجود دایکهای متعدد با ترکیب دلریتی نیز از خصوصیات عمده این منطقه است (شکل ۱-۲).

روش مطالعه

از حدود ۱۰۰ نمونه سنگی از منطقه، مقاطع نازک و صیقلی در دانشگاه شهید بهشتی تهران تهیه شده است. بخشی از تجزیه‌های XRF در سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی و بخشی دیگر در سازمان انرژی اتمی انجام پذیرفته است. نسبت آهن دو ظرفیتی به آهن سه ظرفیتی براساس Middlemost (1989) تصحیح شده است. تجزیه میکروپروب برای تعیین ژئوشیمی کانیایی توسط دستگاه Cameca SX-50 در دانشگاههای Nancy و Paris VI فرانسه صورت پذیرفته است. برای انجام این تجزیه‌ها،

طیفی از سنگهای آتشفشانی و پلوتونیک با ترکیبات و سنهای متفاوت در بخش شمال باختر و باختر این کمربند کوهزایی یعنی ایالت سنگ شناسی آذربایجان رخنمون دارند. بخشی از این ایالت سنگ شناختی، یعنی سنگهای آتشفشانی شمال خاور و خاورهشتجین (جنوب اردبیل) نخستین بار توسط مؤید (۱۳۸۰) مورد بررسی قرار گرفت. زمین شناسان بسیاری بر اساس تقسیم بندیهای اصلی زمین ساختی در ایران، این منطقه را در زون البرز-آذربایجان قرار می‌دهند (برای مثال نبوی، ۱۳۵۵؛ Stocklin, 1968, 1971; Stampfli, 1978). برخی از واحدهای سنگی موجود در این منطقه در نقشه زمین شناسی منطقه هشتجین تنها با نام واحدهای سنگی بازی تفکیک نشده مشخص شده است (شکل ۱). در این مطالعه ژئوشیمی و سنگ شناسی این واحدها برای نخستین بار مورد بررسی قرار می‌گیرند.

زمین شناسی منطقه

محدوده مورد مطالعه جزئی از زون البرز باختری - آذربایجان بوده که بین ۱۵' ۴۸۵ تا ۳۰' ۴۸۰ طول جغرافیایی و بین ۳۰' ۳۷ تا ۲۰' ۳۷ عرض جغرافیایی قرار دارد (شکل ۱). به طور کلی مرز این واحدهای سنگی (واحدهای بازی تفکیک نشده) در بیشتر موارد با واحدهای جوان تر گسلی بوده، اما در جنوب روستای کرکزی بر روی آهکهای سسازند زیارت (به سن پالئوسن پسین - ائوسن پیشین) قرار گرفته‌اند. در شمال باختر سوسه‌هاب نیز لایه‌های کنگلومرای و ماسه سنگی کواترن بر روی این واحدهای سنگی تفکیک نشده قرار دارند. همچنین این واحدهای تفکیک نشده توسط سنگهای ریوداسیتی به سن ائوسن قطع شده‌اند، افزون بر این، در شمال هشتجین نیز سنگهای بازالتی و آندزیتی جوان تر (الیگومیوسن؟) بر روی آنها قرار گرفته‌اند. به طور کلی، سنگهای محدوده مورد مطالعه را می‌توان در سه سری سنگ شناسی دسته بندی کرد: ۱- سری سنگهای بازالتی (شامل بازالت، متابازالت، آندزی بازالت، الیوین بازالت و دایکهای دلریتی) ۲- سری سنگهای آندزیتی (شامل آندزیت، آندزیت بازالت، هورنبلند آندزیت و داسیت) ۳- سری سنگهای آذر آواری (شامل برشهای آتشفشانی، توفاها و لاپیلی توفاها).

سربهای سنگی فوق به صورت مجموعه‌ای آتشفشانی معرف چندین چرخه فورانی می‌باشند. این فورانها شامل فورانهای آرام با خروج بازالتها و همچنین فورانهای فریاتوماگماتیک (Phreatomagmatic) و پیدایش آذر آواریها هستند.

فورانهای این ناحیه عموماً به صورت ریزشهای خشکی (Subaerial fallout) و در برخی موارد به صورت ریزشهای زیر آبی (Subaqueous fallout) بوده است. ریزشهای خشکی توسط لاپیلی

۴- بازالت‌های آندزیتی (Andesitic Basalt): بافت‌های میان دانه‌ای، افیتیک تا ساب افیتیک و پورفیری با خمیره میکرولیتی - شیشه‌ای از ویژگی این سنگ‌هاست. درشت بلورهای پلاژیوکلاز در این سنگ‌ها سوسوریتی شده‌اند و حتی گاه به صورت پسدمرف دیده می‌شوند. این دگرسانی میکرولیتهای پلاژیوکلاز را نیز تحت تأثیر قرار داده است. درشت بلورهای پلاژیوکلاز در این سنگ دارای بافت غربالی و بافت Dusty texture هستند. الیون نیز گاهی در این سنگ‌ها دیده می‌شود (شکل ۴D).

۵- دلریتها و الیون دلریتها: این تیپ سنگ‌ها به صورت دایک در منطقه هشتجین دیده می‌شوند. این سنگ‌ها عمدتاً با بافت پورفیریتیک، میکرولیتیک، افیتیک تا ساب افیتیک و یا میان دانه‌ای دیده می‌شوند. پلاژیوکلاز موجود در این سنگ‌ها به دو صورت درشت بلور و میکرولیت دیده می‌شوند. میکرولیتهای پلاژیوکلاز نسبت به درشت بلورها آلپیت بیشتری دارند. درشت بلورهای پیروکسن (اوژیت) دارای دوقلوبی بوده و همچنین در برخی موارد زون بندی ساعت شنی نیز نشان می‌دهند (شکل ۳C).

۶- آندزیت: آندزیتها قسمت اعظم سنگ‌های موجود در منطقه را تشکیل می‌دهند. پلاژیوکلاز کانی اصلی این سنگ‌ها بوده و به صورت درشت بلور و میکرولیت حضور دارند. درشت بلورهای پلاژیوکلاز دارای زون بندی بوده که این زون بندی از نوع عادی و یا گاهی وصله‌ای (Patchy) است. بافت‌های ناتعادلی مانند بافت غربالی یا Dusty در این سنگ‌ها دیده می‌شود (شکل ۴B). پلاژیوکلازها نیز تحت تأثیر دگرسانی سیرسیتی قرار گرفته‌اند. کانیهای پیروکسن، آمفیبول، بیوتیت (شکل ۴C) و به مقدار ناچیزی الیون نیز در این سنگ‌ها حضور دارند. آمفیبولها حاشیه سوخته خوب توسعه یافته‌ای دارند.

۷- آندزیت‌های بازالتی: این گروه سنگ‌ها بیشتر در منطقه شمال هشتجین دیده می‌شوند. دارای بافت پورفیری با خمیره شیشه‌ای و میکرولیتی هستند. کانیهای پلاژیوکلاز، پیروکسن و به مقدار کمتر الیون از کانیهای تشکیل دهنده این سنگ‌ها هستند. دگرسانی سیرسیتی در پلاژیوکلازها (شکل ۴A)، اورالیتی و کلریتی در پیروکسوها و ایدینگریتی در الیونها دیده می‌شود. در اغلب موارد تنها شکل دروغین الیون بر جا مانده است.

۸- هورنبلند آندزیتها: این سنگ‌ها بیشتر در ناحیه سوسهاب دیده شده و با بافت پور فیری با خمیره میکرولیتی - شیشه‌ای، تراکتی و گلوومروپورفیری مشخص می‌شوند. پلاژیوکلازها به صورت درشت بلورهای بزرگ همراه با درشت بلورهای هورنبلند به صورت گلوومروپورفیری در این سنگ‌ها ظاهر شده‌اند. اغلب این هورنبلندها خوش وجه هستند (شکل ۵B). تیغه‌های

ولتاژ 12keV و جریان 10nA مورد استفاده قرار گرفته است. محاسبات کاتیون در کانیهای الیون و پلاژیوکلاز، به ترتیب بر اساس ۴ و ۳۲ اکسیژن بر طبق Dear et al (1993) انجام شده است. محاسبات کاتیونی و تعیین نوع پیروکسوها با استفاده از نرم‌افزار PX-NOM (Sturm, 2002) و بر اساس ۶ اتم اکسیژن صورت پذیرفته است. تعیین نسبت $\text{Fe}^{+3}/\text{Fe}^{+2}$ با استفاده از روش Carmichael (1964) انجام شده است.

سنگ شناسی واحدهای سنگی

۱- بازالتها: این سنگ‌ها عمدتاً دارای بافت میکرولیتی پورفیری، پورفیری با خمیره شیشه‌ای، تراکتی، اینترسرتال میان دانه‌ای، (اینترگرانولر)، ساب افیتیک تا افیتیک و حتی بادامکی می‌باشند. عمده کانیهای موجود در این سنگ‌ها شامل پیروکسن و پلاژیوکلاز بوده که به صورت درشت بلور (یا تجمعات گلوومروپورفیریتیک) و هم به صورت دانه ریز و میکرولیتی در خمیره این سنگ‌ها دیده می‌شوند. درشت بلورهای پلاژیوکلاز به طور بخشی تا به شدت سیرسیتی و سوسوریتی شده‌اند. در حاشیه پلاژیوکلازها و گاه پیروکسوها تجمعات دانه ریزی از تیتانومگنتیت دیده می‌شود. الیون نیز در بیشتر نمونه‌های بازالتی به صورت دانه ریز (کمتر از ۵٪) دیده می‌شوند که ایدینگریتی، سرپانتینی و حتی بولینزیتی شده‌اند (شکل ۳D).

۲- اسپیلیته: بافت این سنگ‌ها عمدتاً بادامکی و گاه اسفرولیتی (تجمعات شعاعی کوارتز، کلسیت، کلریت و زئولیت) بوده و حتی بافت جریان‌ی حاصل از شاردهایی شیشه‌ای که اکنون رسی و کلریتی شده‌اند را نیز نشان می‌دهند. بافت بین دانه‌ای مشتمل بر پیروکسوها اورالیتی شده دانه ریز همراه با دانه‌های کوچک مگنتیت در بین میکرولیتهای پلاژیوکلاز که به شدت رسی - کلریتی شده‌اند و همچنین شبی از بافت اینترسرتال که در آن قطعات شیشه‌ای بین میکرولیتهای پلاژیوکلاز بسیار کلریتی شده‌اند نیز به چشم می‌خورد (شکل ۳-B). کانیهای کلریت، کلسیت، زئولیت، اکتینولیت، کوارتز و اورالیت همراه با سودومرفهای پیروکسن در این تیپ سنگ‌ها دیده می‌شوند.

۳- الیون بازالتها: حضور درشت بلورهای بزرگ الیون به همراه پیروکسن به صورت گلوومروپورفیری از ویژگی این تیپ سنگ‌هاست (شکل ۳A). بافت غالب این سنگ‌ها، پورفیری با خمیره میکرولیتی - شیشه‌ای است. این بازالتها به دو صورت دیده می‌شوند ۱- به صورت قطعات سنگی کوچک تا بسیار بزرگ در برشهای آتشفشانی منطقه هشتجین ۲- به صورت روانه‌های الیون بازالتی در ناحیه سوسهاب و گاه در ناحیه ون.

محسوسی را نشان می‌دهند (شکل ۷). به طور کلی، با افزایش میزان SiO_2 از بازالتها به سمت آندزیتها و داسیتها میزان عناصر Rb , Zr , Al_2O_3 و Na_2O افزایش و عناصر FeO , TiO_2 و MgO کاهش می‌یابند که نشانه‌ای از رابطه زایشی بازالتها و سریهای تفریق یافته‌تر است. در نورم نمونه‌های بازالتی، برخی از نمونه‌ها دارای کوارتز نورماتو (فوق اشباع از سیلیس)، برخی دارای نفلین نورماتو (زیراشباع از سیلیس) و برخی نمونه‌ها دارای الوین نورماتو (همراه با یا بدون نفلین نورماتو و همچنین همراه با یا بدون هیپرستن نورماتو) هستند (جدول ۲).

در نمودار AFM نمونه‌های بازالتی ترکیب کلسیمی-قلیایی را نشان می‌دهند (شکل ۸). از برخی نمودارهای زمین‌ساختی ماگمایی برای تعیین نسبی محیط ژئودینامیکی نمونه‌های بازالتی استفاده شده است. در نمودار $\text{Ti}/100\text{-Zr-Y}^*3$ (Pearce & Cann, 1971) نمونه‌های بازالتی در محدوده بازالت‌های کلسیمی-قلیایی و بازالت‌های درون صفحه‌ای واقع شده‌اند (شکل ۸).

در نمودار $\text{Ti}/100\text{-Zr-Str}/2$ (Pearce & Cann 1973) نیز نمونه‌های بازالتی در محدوده بازالت‌های کلسیمی-قلیایی قرار می‌گیرند (شکل ۸). در نمودار $\text{Zr}/\text{Y-Zr}$ (Pearce & Norry, 1979) نمونه‌های بازالتی تمایل به حوزه بازالت‌های درون صفحه‌ای را نشان می‌دهند (شکل ۸).

همان‌طور که در نمودار عنکبوتی (به‌نجار شده نسبت به گوشته اولیه) نیز دیده می‌شود، نمونه‌های بازالتی از Pb , Sr , Y , Ba , Zr , Rb و Cs غنی و از Ni , Tb , Cr و Nb فقیر است. نیز یک کاهش نسبی نشان می‌دهد (شکل ۹).

ژئوشیمی کانیایی

به منظور پی بردن به ترکیب شیمیایی کانیهای تشکیل دهنده سنگهای منطقه، تجزیه میکروپروب بر روی برخی از نمونه‌ها انجام پذیرفته است. بدین منظور از نمونه‌های الوین دلریت (H.18) که از یک دایک برداشته شده است، نمونه بازالت (V.13)، الوین بازالت (S.28 و V.24) و نمونه دیاباز اسپیلیتی شده (T.15) برای تجزیه میکروپروب انتخاب شده‌اند. در زیر به بررسی شیمی هر کدام از کانیهای موجود در این تیپ سنگها پرداخته می‌شود.

۱- الوین: این کانی تنها در نمونه T.15 یعنی دیاباز اسپیلیتی شده مورد تجزیه قرار گرفته است. ترکیب الوینها متغیر بوده و شامل تقریباً ۷۳٪، ۷۹٪ و ۸۹٪ فرستریت است. مرکز الوینها فرستریت بالاتری دارد (شماره ۴۵ با ۸۹.۶۴٪ فرستریت، جدول ۳). به سبب واکنش هسته الوین با مذاب تفریق یافته‌تر، حاشیه آنها درصد فایالیتی بیشتری دارد.

آپاتیت نیز در این سنگها دیده می‌شود. افزون بر این پیروکسن نیز در مجموعه کانیایی این سنگها وجود دارد.

۹- داسیتها: این گونه سنگها گسترش کمتری داشته و قسمت اعظم آنها به صورت قطعات سنگی در برشهای آتشفشانی دیده می‌شوند. پلاژیوکلاز در این سنگها به صورت درشت بلور و میکروولیت دیده می‌شوند. کوارتز به صورت اولیه و هم به صورت ثانویه در این سنگها دیده می‌شود. کوارتزهای اولیه در فضای بین پلاژیوکلازها به مقدار کم دیده می‌شوند در صورتی که کوارتزهای ثانویه در داخل یک سری حفره‌ها تشکیل شده‌اند.

۱۰- سنگهای آذرآواری: این سنگها نیز در منطقه گسترش قابل ملاحظه‌ای داشته و شامل برشها، لاپیلی توفها، لیتیک، ویتریک و کریستال توفها می‌باشند. قطعات سنگی موجود در لاپیلی توفها به مجموعه‌ای از کانیهای ثانویه شامل کوارتز، کلریت و زئولیت دگرسان شده‌اند. افزون بر این قطعات بلورین نیز دگرسانی نشان داده، شاردهای شیشه‌ای نیز به کانیهای رسی و کلریت تبدیل شدگی نشان می‌دهند.

۱۱- تراکیتها: مقادیر اندکی از سنگهای تراکیتی در منطقه ونن دیده می‌شوند. در این سنگها درشت بلورهای سانیدین با ماکل کارلسبادی در خمیرهای متشکل از میکروولیت‌های سانیدین شناور هستند (شکل ۵A). درشت بلورهای کوارتز نیز بریدگیهای خلیج مانند ضعیفی را نشان می‌دهند. آمفیبول و گاهی پیروکسن نیز در این سنگها دیده می‌شوند.

ژئوشیمی کل سنگ

نمونه‌های بازالتی، آندزیتی، داسیتی، دیابازی و آذرآواریها تجزیه XRF شده‌اند. از نمونه‌های ژئوشیمیایی به منظور تفکیک محیط ژئودینامیکی این سنگها کمک گرفته شده است. از نمونه‌هایی که دارای آلتراسیون بالاتر و در نتیجه LOI بیشتری می‌باشند در نمودارهای مربوطه استفاده نشده است.

به طور کلی، میزان SiO_2 بازالتها از دست کم حدود ۴۷ درصد تا حد اکثر ۵۳ درصد در نوسان است (جدول ۱). نمونه S.28 دارای ترکیب پیکروبازالتی ($\text{MgO}\%=11.232$) و نمونه V.24 دارای ترکیب پیکریتی با $\text{MgO}\%=15.914$ هستند. این نمونه در روی زمین و در مقطع نازک با بلورهای درشت الوین مشخص بوده و ترکیب آنکارامیتی نیز دارند ($\text{Al}_2\text{O}_3\%=10.492$, $\text{CaO}\%=9.296$). دیگر نمونه‌های بازالتی مقدار آلومین بالایی دارند. همان‌طور که در نمودارهای هارکر دیده می‌شود (شکل ۶) با افزایش میزان SiO_2 ، میزان Al_2O_3 و Na_2O نیز افزایش یافته و همچنین مقادیر MgO ، FeO ، TiO_2 کاهش می‌یابد. CaO نیز کاهش محسوسی را با افزایش میزان SiO_2 نشان می‌دهد. Rb و Sr نیز افزایش

ترکیب مرکز درشت بلورهای پلاژیو کلاز در نمونه H.18 از حد اقل ۶۲٪ تا حد اکثر ۸۹٪ آنورتیت در نوسان است، در حالی که ترکیب حاشیه آنها از ۶۳٪ تا ۷۹٪ آنورتیت در نوسان می‌باشد. ترکیب میکرولیتهای پلاژیو کلاز حداقل ۵۷٪ و حداکثر ۷۴٪ آنورتیت دارد.

نمونه V.24 دارای پلاژیو کلازهایی با مناطق غنی از پتاسیم است. مقدار Or این پلاژیو کلازها در این مناطق غنی از پتاسیم به ۱۵.۸۳ Or% می‌رسد (جدول ۵).

در نمونه‌های T.15، S.28 و V.13 نیز زون بندی در پلاژیو کلازها از نوع زون بندی عادی است. درصد An در مرکز پلاژیو کلازهای نمونه‌های S.28 و V.13 نسبت به بقیه نمونه‌ها کمتر است. میزان Or در میکرولیتهای پلاژیو کلاز در تمامی نمونه‌ها بالاتر از درشت بلورهاست.

در نمودار اکسید آهن در برابر درصد آنورتیت (شکل ۱۰)، به طور کلی هر چه میزان آنورتیت پلاژیو کلاز (به طرف حاشیه) کمتر می‌شود، اکسید آهن افزایش می‌یابد. این امر می‌تواند به حضور میانبارهای اکسید آهن در حاشیه پلاژیو کلاز (یا افزایش سریع دما) مرتبط باشد.

۴- پیروکسنها: به طور کلی، در دایک الیون دلریتی منطقه (H.18) دو نوع پیروکسن با ترکیب آلومین دیوپسید و اوژیت (به همراه آلومین اوژیت) دیده می‌شود. درصد ولاستونیت این پیروکسنها از دست کم حدود ۴۱٪ تا حداکثر ۴۶٪ در نوسان می‌باشد. در نمونه‌های الیون بازالتی (یعنی نمونه‌های V.24 و S.28) ترکیب پیروکسنها در طیف دیوپسید بوده، برخی از آنها غنی از آلومین، کروم و آهن هستند (آلومین-کرومین-فرین دیوپسید) و گاهی نیز فقط از آلومین و یا کروم غنی هستند (جدول ۶). در نمونه بازالتی (V.13) ترکیب پیروکسنها در دو طیف آلومین دیوپسید و آلومین اوژیت متغیر است. بیشتر دانه‌های پیروکسن در نمونه دیاباز اسپیلیتی شده (T.15) در طیف دیوپسید غنی از آلومین (و گاهی نیز غنی از آهن) بوده، هر چند اوژیت‌های غنی از آلومین نیز به مقدار کمتر وجود دارند. به طور کلی، همان طور که در جدول ۶ نیز دیده می‌شود، میزان آهن، آلومین و تیتان پیروکسهای سنگهای مافیک منطقه بالا بوده و در نمونه‌های الیون بازالتی با ترکیب پیکریتی و پیکرو بازالتی میزان کروم نیز در پیروکسنها بالاست. بیشتر دانه‌های پیروکسن موجود در این سنگها گرایش به ترکیب سالیت (Salite) دارند (شکل ۱۱). در نمودار SiO_2 برابر Al_2O_3 (با تغییرات از Nisbet & Pearce, 1977; LeBas, 1962)، کلبیوپروکسهای موجود در سنگهای مافیک منطقه سه محدوده این نمودار یعنی محدوده‌های پرآلکالن (P)، ساب آلکالن (S) و آلکالن (A) را می‌پوشانند (شکل ۱۲). کلبیوپروکسهای نمونه V.24 (الیون بازالت) غنی از آلومینیم بوده و نسبت به دیگر نمونه‌ها فقیر از SiO_2 است و بنابراین

۲- تیتانومگنتیتها: تیتانومگنتیت با ترکیب $Fe_{3-x} Ti_x O_4$ مشخص می‌شود که X حجم جزء آلوواسپینل (Ulvo spinel) با $0 < X < 1$ است (Zhou et al., 2000). تیتانومگنتیت در سنگهای بازی این منطقه به دو صورت دیده می‌شود ۱- به صورت دانه‌های کوچکی در خمیره سنگ و ۲- به صورت تجمعات دانه ریزی در حاشیه پلاژیو کلازها و همچنین به میزان محدودتر در پیروکسنها. دانه‌های تیتانومگنتیت در نمونه‌های مورد مطالعه، بیشتر خودریخت (بر عکس دانه‌های مگنتیتی حاصل ازدگرسانی و اسپیلیتی شدن) و دانه ریز هستند. طیف اندازه آنها در نمونه V.13 بین ۲۰-۶۰ μm ، در نمونه T.15 بین ۴۰-۵۰ μm و در نمونه H.18 حدود ۳۰ μm است. دانه‌های تیتانومگنتیت موجود در نمونه‌های H.18، V.24 و T.15 دارای بیشترین مقدار Ti بوده و بنابر این دارای عدد $X = 3Ti/(Ti+Fe)$ بالاتر است (جدول ۴). بر عکس، دانه‌های تیتانومگنتیت در نمونه V.13 دارای کمترین میزان Ti بوده و دارای آهن سه ظرفیتی بالاتری است. میزان آهن دو ظرفیتی دانه‌های تیتانومگنتیت در نمونه V.13 نیز نسبت به سایر نمونه‌ها کمتر است (جدول ۴).

به طور کلی، تغییر در ترکیب تیتانومگنتیتها بستگی به دما و فوگاسیته اکسیژن مذاب در زمان تشکیل دانه‌های تیتانومگنتیت دارد. زمانی که میزان و سرعت سرد شدن افزایش می‌یابد، دانه‌های تیتانومگنتیت در دماهای پایین تری هسته بندی و رشد می‌کنند و این امر منجر به پایین آمدن میزان X بر اثر افزایش آهنگ سرد شدن در دانه‌های تیتانومگنتیت می‌شود (Zhou et al., 2000). تشکیل تیتانومگنتیت به صورت تجمعات دانه ریز در حاشیه پلاژیو کلازهای سنگهای منطقه مورد مطالعه به صورت بافت Dusty ممکن است در اثر ناهم‌آمیزی سیال (Liquid immiscibility) به سبب افت فشار (ناشی از صعود سریع ماگما) باشد. این عمل در یک سیال بازمانده به شدت تفریق یافته انجام می‌شود. این نحوه تشکیل، با زایش دانه‌های تیتانومگنتیت درشت‌تر در زمینه نمونه‌های مورد مطالعه تفاوت دارد.

۳- پلاژیو کلازها: پلاژیو کلازهای دانه درشت در نمونه‌های مورد مطالعه درصد An بالایی در هسته پلاژیو کلاز و درصد An پایین تری در حاشیه پلاژیو کلاز دارند. بنابر این در نمونه‌های مورد مطالعه زون بندی پلاژیو کلازها از نوع عادی است. در مطالعات سنگ‌نگاری نیز در نمونه‌های سنگی منطقه مورد مطالعه زون بندی عادی در پلاژیو کلازها دیده می‌شود. میکرولیتهای پلاژیو کلاز که حاصل تبلور از ماگمای تفریق یافته‌تر و تکامل یافته‌تری است، درصد An پایین تری نسبت به حتی حاشیه درشت بلورهای پلاژیو کلاز دارد. در این میکرولیتها درصد Or نیز بالاست.

پایین‌ترین حد خود می‌رسد. این میکرولیت‌ها ارتوکلاز بالاتری نیز دارند. در نمودار FeO در برابر %An، به طرف حاشیه دانه‌های پلاژیوکلاز و با کاهش درصد آنورتیت میزان FeO افزایش یافته که این امر می‌تواند به حضور میانبره‌هایی از اکسید آهن در حاشیه پلاژیوکلازها و همچنین افزایش دما (ناشی از صعود نسبتاً سریع ماگما) مرتبط باشد. وجود بافت‌های ناعادلی از قبیل بافت غربالی در دانه‌های پلاژیوکلاز به دو صورت تفسیر شده است: ۱- آمیختگی ماگمایی (برای مثال Dongan & Rhodes, 1978; Tsuchiyama, 1985) و

۲- افت فشار ماگمایی با Magmatic Decompression (برای مثال Nelson & Montana, 1992). عدم وجود زون‌بندی نوسنی و یا معکوس در پلاژیوکلازها، فرضیه اول یعنی آمیختگی ماگما را تأیید نمی‌نماید. بنابراین افت فشار ناشی از صعود نسبتاً سریع ماگما (از یک آشیانه ماگمایی نسبتاً عمیق به یک آشیانه نزدیک به سطح) می‌تواند عامل به وجود آورنده بافت غربالی در برخی از پلاژیوکلازها باشد.

۶- پیروکسنهای موجود در نمونه‌های مورد مطالعه از نوع اورژیت و دیوپسید بوده که غنی از تیتان، آهن و آلومین است. در نمونه‌های الیوین بازالتی میزان کروم نیز بالاست. ترکیب اغلب پیروکسنها در حد سالیست است. نمودار SiO_2/Al_2O_3 نشان می‌دهد که پیروکسنهای موجود در نمونه‌های مافیک مورد مطالعه ترکیبات مختلفی داشته و روندهای متفاوتی را نشان می‌دهند. نمونه‌هایی از الیوین بازالت با ترکیب پیکریتی که به صورت قطعات سنگی در برشهای منطقه هشتجین دیده می‌شوند، دارای ترکیب ابتدایی و تفریق نیافته بوده و حاوی کلینوپیروکسنهایی با Al_2O_3 بالا و فقیر از Si_2O هستند در حالی که نمونه‌های دیگری از الیوین بازالت با ترکیب پیکروبازالتی دارای پیروکسنهایی با Al_2O_3 کمتر و SiO_2 بالایی هستند. این تغییرات در میزان Al_2O_3 و Si_2O می‌تواند با درجات متغیر تفریق ماگمایی توجیه شود. تشکیل این پیروکسنها می‌تواند در نتیجه تبلور از دو ماگمای متفاوت یکی با ترکیب اولیه و در اعماق بالاتر (جایی که فشار بالا بوده و در نتیجه آلومینیم در پیروکسنها پایدارتر می‌باشد) و دیگری با ترکیب تفریق یافته‌تر و در اعماق سطحی‌تر مرتبط باشد.

نتیجه‌گیری

برپایه عقیده مشترک تعدادی از محققان مجموعه ماگمایی ارومیه- دختر یک کمپلکس آتشفشانی جزایر کمانی بوده که با فرورانش پوسته اقیانوسی نوتیس در اواخر مزوزویک- سنوزویک در ارتباط است. در نتیجه این فرورانش، یک حوضه پشت کمانی نیز در حد فاصل البرز و ارومیه- دختر به وجود آمده که فرورانش (به طرف شمال خاور) این پوسته اقیانوسی پشت کمانی در زیر بخش باختری- جنوب باختری بلوک

در محدوده پراکالکال نمودار قرار می‌گیرند. کلینوپیروکسنهای نمونه‌های S.28 و تا حدی H.18 دارای SiO_2 بالاتر و محتوای Al_2O_3 کمتری بوده، بنابراین در محدوده ساب آلکالین پیاده شده‌اند. کلینوپیروکسنهای نمونه‌های V.13 و T.15 (به ترتیب بازالت و دیاباز اسپیلیتی) در محدوده آلکالین نمودار پیاده شده‌اند. این نمودار نشان می‌دهد که اگر چه نمونه‌های S.28 و V.24 دارای ترکیب الیوین بازالت است اما حاوی کلینوپیروکسنهای متفاوت با درجه غنی‌شدگی متفاوتی می‌باشند. این پدیده می‌تواند یکی از دلایل وجود دو ماگمای متفاوت در شکل‌گیری این واحدهای سنگی نیز باشد.

بحث

۱- سنگهای مافیک شمال خاور هشتجین که در نقشه زمین‌شناسی این منطقه با عنوان واحدهای سنگی بازی تفکیک نشده مشخص شده است، متشکل از سنگهای آذرآواری، بازالتی، آندزیتی و داسیتی است. دایکهای دلریتی متعدد این توالیهای سنگی را قطع کرده‌اند. سنگهای آذرآواری گسترش زیادی داشته و شامل برشها، لاپیلی توفها، لیتیک، ویتریک و یا کریستال توفها می‌باشند.

۲- سریهای بازالتی منطقه شامل بازالتها، متابازالتها (اسپیلیتها)، الیوین بازالتها، آندزی بازالتها و دایکهای دلریتی است. بازالتهای منطقه دارای بافت میکرولیتی پورفیری، پورفیری با خمیره شیشه‌ای، اینترسرتال، افیتیک و میان‌دانه‌ای است. الیوین بازالتها هم به صورت گدازه و هم به صورت قطعات سنگی در آذرآواریهای منطقه دیده شده و دارای درشت بلورهای بزرگ الیوین است. آندزیت‌های منطقه دارای درشت بلورهای پلاژیوکلاز با بافت‌های ناعادلی مانند بافت غربالی و همچنین Dusty می‌باشند.

۳- ترکیب سریهای سنگی منطقه در حد سری کلسیمی-قلیایی است. بازالت‌های منطقه عمدتاً از نوع بازالت‌هایی با آلومین بالا بوده هرچند برخی از نمونه‌ها دارای ترکیب پیکروبازالتی و پیکریتی است. نمونه‌های بازالتی ترکیب بازالت‌های درون صفحه‌ای و کلسیمی-قلیایی را نشان می‌دهند. این بازالت‌ها از عناصر LIL, LREE و همچنین HFS غنی بوده، در این میان Nb یک کاهش نسبی را نشان می‌دهد.

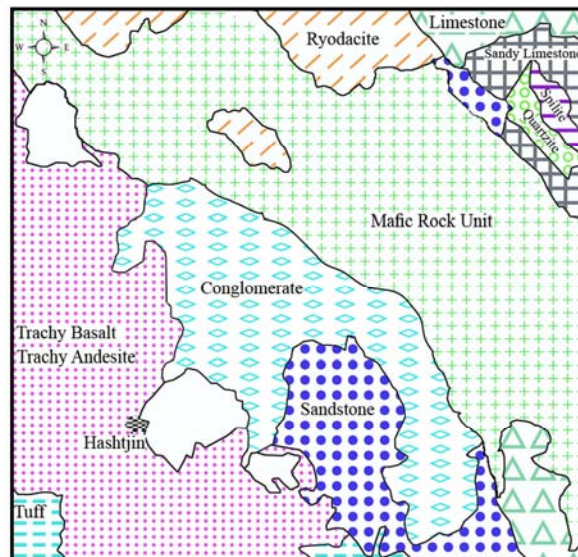
۴- متغیر بودن عدد X در دانه‌های تیتانومگنتیت تابعی از دما و ترکیب مذاب (شامل فوگاسیته اکسیژن) است که سنگهای منطقه از آن منشأ گرفته‌اند. بعضی از نمونه‌های بازالتی دارای دانه‌های تیتانومگنتیتی با عدد X پایین بوده، بنابراین از یک ماگمایی دارای سرعت سرد شدن بالا، فوگاسیته اکسیژن بالا و ترکیب تفریق یافته‌تر حاصل شده است.

۵- درشت بلورهای پلاژیوکلاز دارای زون‌بندی عادی بوده علاوه بر این درصد آنورتیت در میکرولیت‌های پلاژیوکلاز موجود در خمیره سنگ به

همچنین بالا بودن میزان تیتان و آلومینیم کلینوپیروکسنهای منطقه نشان از منشأ گرفتن ماگمای مادر (با ترکیب کلسیمی-قلیایی) سنگهای منطقه از یک زون فرورانش قاره‌ای دارد. اما همان طور که در نمودارهای عنکبوتی برای بازالت‌های منطقه آشکار است، بی‌هنجاری منفی شدیدی برای Nb که خاص محیط‌های فرورانش است، در بیشتر نمونه‌ها دیده نمی‌شود. این امر می‌تواند ناشی از آرایش ماگمایی ماگمای والد سنگهای منطقه با مواد پوسته‌ای باشد. وجود مناطق غنی از پتاسیم در درشت بلورهای پلاژیوکلاز در نمونه الیون بازالتی (V.24) نیز می‌تواند ناشی از همین فرایند (آرایش ماگمایی) باشد. مذاب تشکیل شده توسط ذوب بخشی یا انحلال بخشی پلاژیوکلازها برای مثال (Tsuchiyama, 1985) نیز می‌تواند چنین مناطق غنی از پتاسیم را ایجاد کند. می‌دانیم که این فرایند موقعی می‌تواند صورت پذیرد که دمای مذاب به صورت موضعی از لیکیدوس پلاژیوکلاز فراتر رفته که این امر نیز می‌تواند در اثر افت چشمگیر فشار حاصل گردد.

قاره‌ای البرز، باعث بسته شدن حوضه پشت کمانی و برخورد کمان-قاره در اوایل سنوزوییک شده است (Alavi, 1996). مطالعات مؤید (۱۳۸۰) نشان می‌دهد که سری سنگهای آتشفشانی و پلوتونیک ائوسن-الیگوسن منطقه هشتجین، کلسیمی-قلیایی با پتاسیم بالا و شوشونیتی است. علاوه بر این، محیط زمین‌ساختی برای این نوار کوهزایی، کمان ماگمایی پس از برخورد فرض شده است. بر پایه این مدل، کمربندهای آتشفشانی-پلوتونیک ترشیری زونهای ارومیه-دختر و البرز باختری-آذربایجان به عنوان کمانهای ماگمایی پس برخوردی در نتیجه فرورانش نوتیس در نظر گرفته می‌شوند.

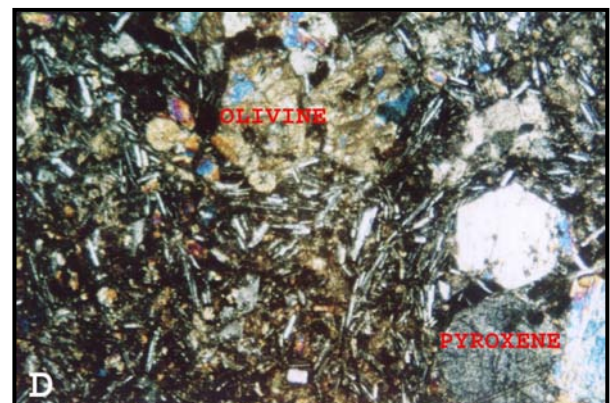
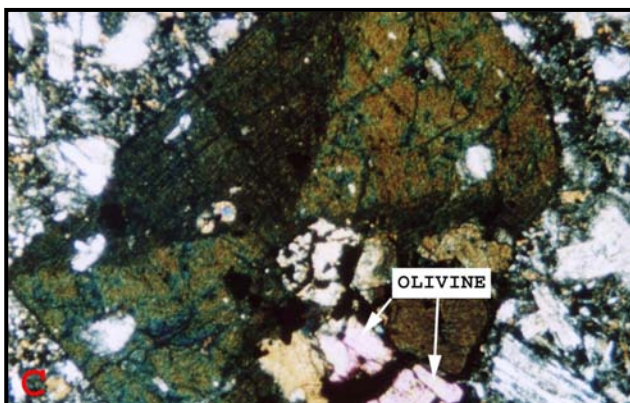
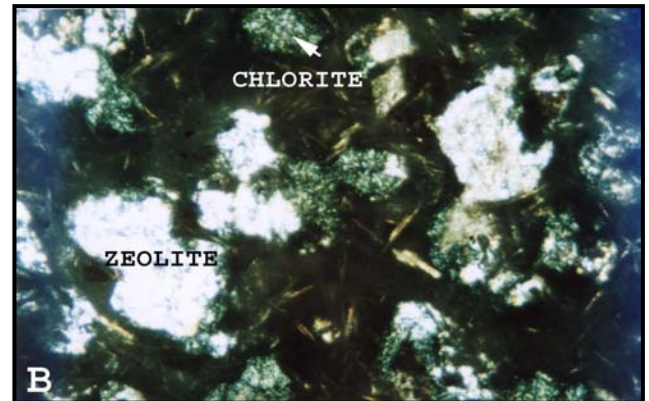
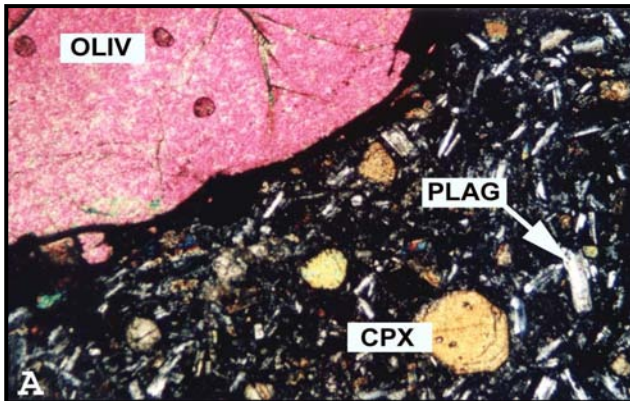
مطالعه حاضر نشان می‌دهد که سری سنگهای بازی تفکیک نشده شمال خاور هشتجین شامل سنگهای مافیک و حدواسطی است که دارای روند تبلور عادی (زون‌بندی عادی پلاژیوکلازها) بوده و از هرگونه آمیختگی ماگمایی به دور می‌باشند. روند غنی‌شدگی در عناصر LIL, LREE و همچنین عناصر HFS در نمونه‌های بازالتی منطقه (و حتی نمونه‌های پیکروبازالتی و پیکریتی که نتیجه تبلور از یک مذاب ابتدایی می‌باشند) و



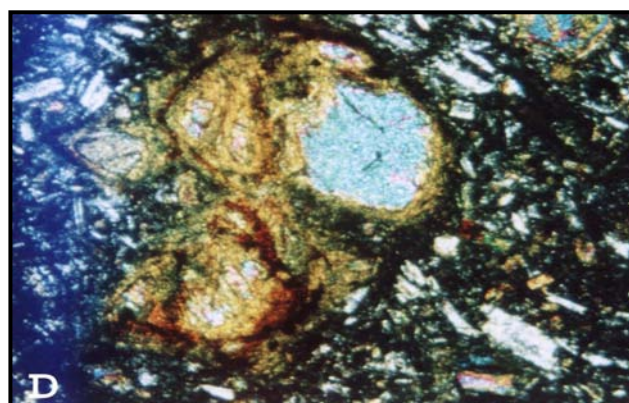
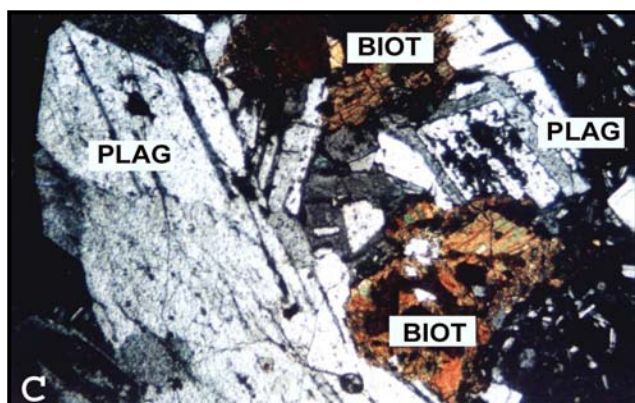
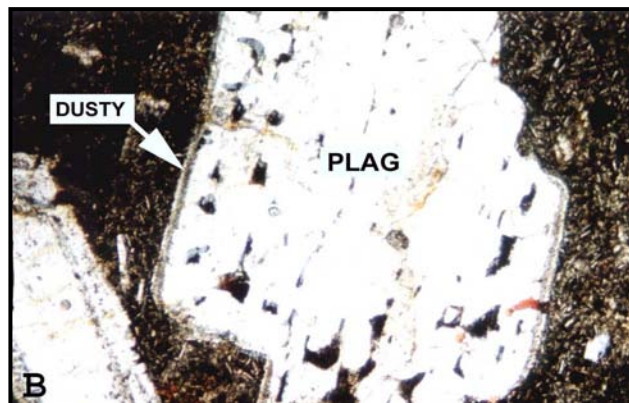
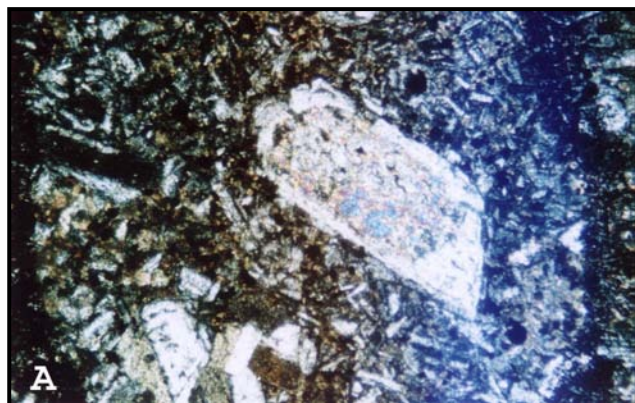
شکل ۱- نقشه زمین‌شناسی منطقه هشتجین و موقعیت سنگهای مافیک مورد مطالعه (با تغییرات از نقشه زمین‌شناسی ۱/۱۰۰۰۰۰ چهارگوش هشتجین)



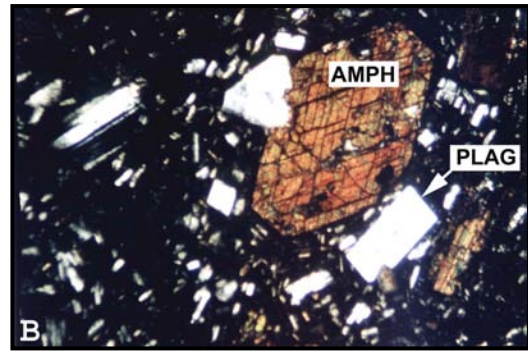
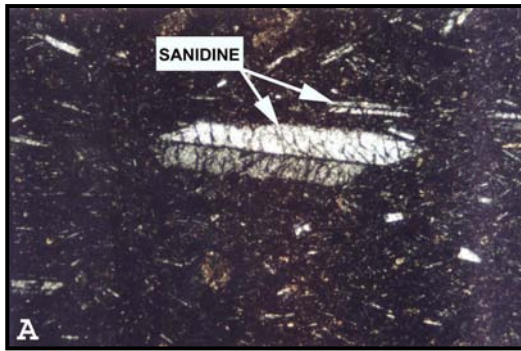
شکل ۲- A) دایک بزرگ دیابازی در آذرآواریهای منطقه شمال خاور هشتجین. B) نمایی از بازالت‌های توده‌ای منطقه مورد مطالعه. C) تناوب برش آتشفشانی با بازالت‌های منطقه مورد مطالعه. D) قطعات بزرگ سنگی از جنس الوین بازالت در آذرآواریهای منطقه شمال خاور هشتجین.



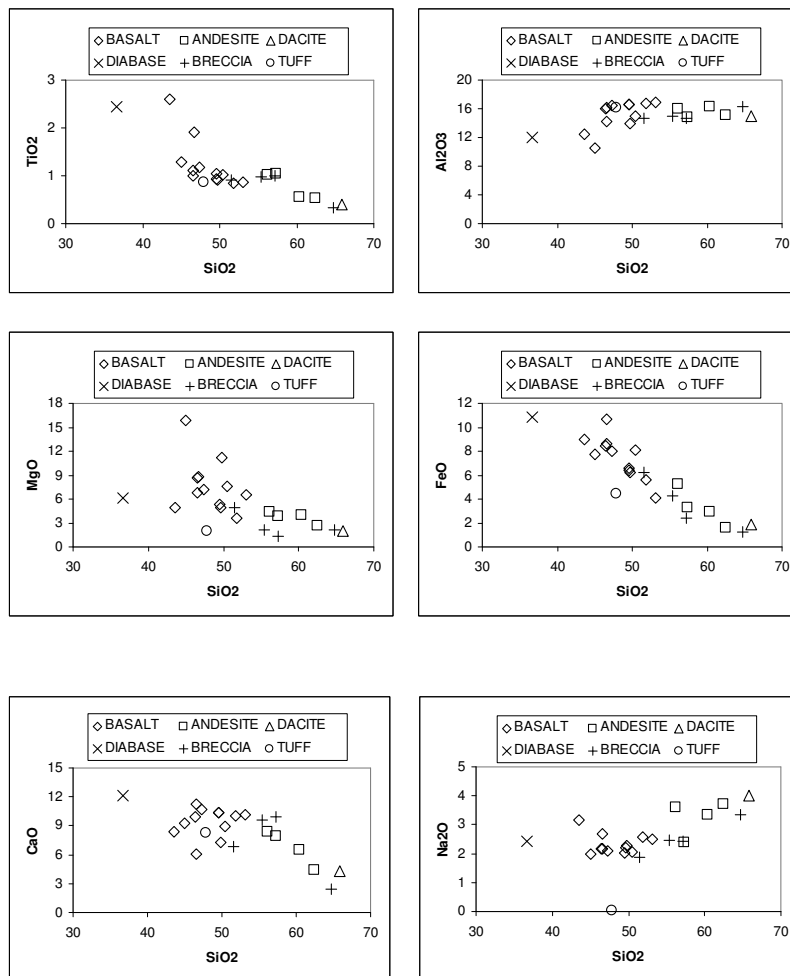
شکل ۳- A) درشت بلور بزرگ الیوین به همراه درشت بلورهای کوچک پیروکسن و میکرولیت‌های پلاژیوکلاز در الیوین بازالت. B) حفره‌های پر شده توسط کلریت و زئولیت به همراه سوزنهای دگرسان شده پلاژیوکلاز در بازالت اسپیلیتی شده با بافت بادامکی - اسفرولیتی. شیشه بین حفره‌ها و پلاژیوکلازهای به شدت رسی و کلریتی شده‌اند. C) زون بندی ساعت شنی در اوژیت. همچنین به همراه درشت بلورهای اوژیت دانه‌های الیوین نیز دیده می‌شود. تصویر مربوط به نمونه دیابازی است. D) جریان‌های از میکرولیت‌های پلاژیوکلاز در اطراف پیروکسن و همچنین الیوین در بازالت‌های منطقه. دانه‌های الیوین به مجموعه‌ای از کلریت-کلسیت و سربانتین دگرسان شده است. طول تصویر ۴ میلی‌متر و نور XPL است.



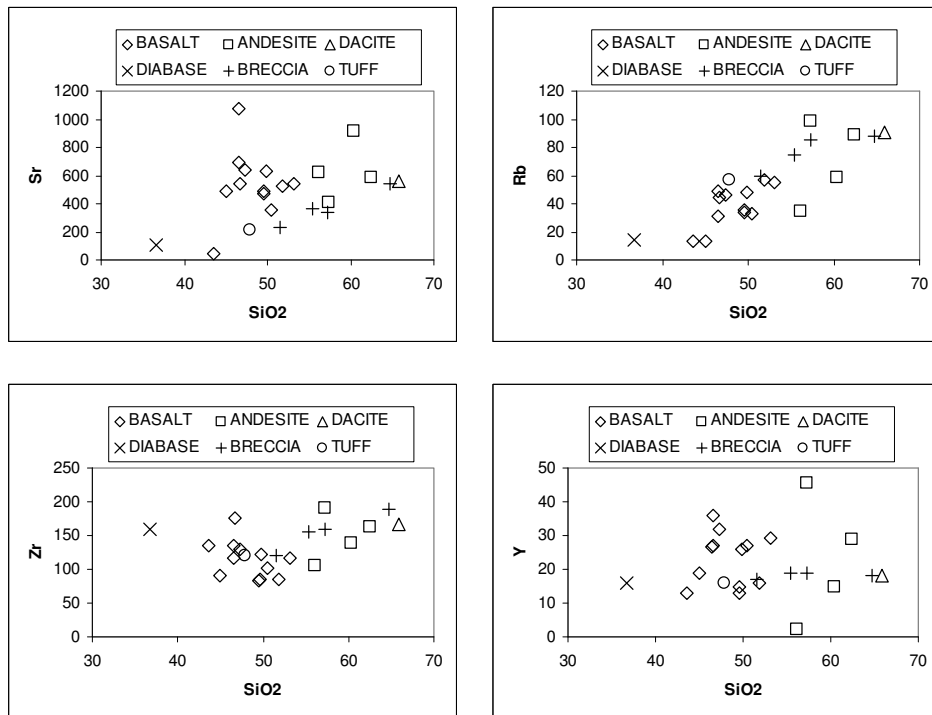
شکل ۴ - A) دگرسانی سریستی (SERICITIZATION) در مرکز درشت بلور پلاژیوکلاز در آندزیت‌های بازالتی منطقه. B) درشت بلور بزرگ پلاژیوکلاز یا بافت غربالی و بافت DUSTY در آندزیت‌های منطقه. C) درشت بلورهای بزرگ پلاژیوکلاز همراه با درشت بلورهای بیوتیت به صورت تجمعات گلومروپورفیریتیک در آندزیتها. D) الیونهای که در اطراف سرپانتینی - کلریتی شده‌اند به همراه میکروولیت‌های پلاژیوکلاز و پیروکسن در بازالت‌های آندزیتی منطقه. طول تصاویر ۴ میلی متر و نور XPL است.



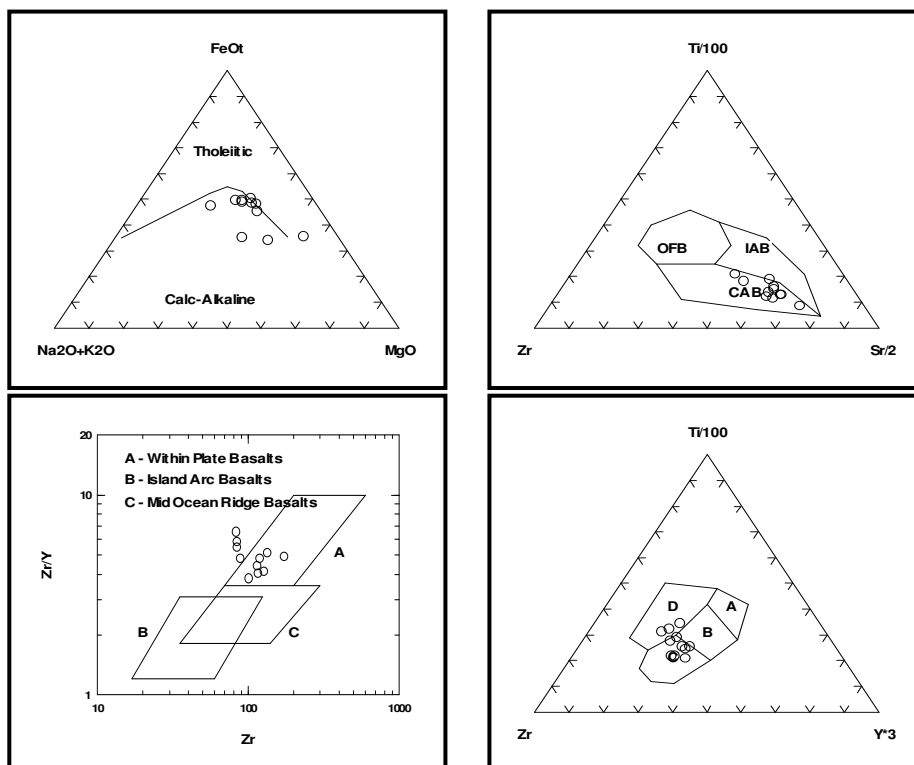
شکل ۵- (A) درشت بلور سانیدین به همراه میکرولیتهای سانیدین در تراکیت که بافت تراکیتی را نیز نشان می‌دهند. (B) درشت بلور خودریخت هورنبلند همراه با درشت بلورو میکرولیتهای پلاژیوکلاز در هورنبلند آندزیت‌های منطقه.



شکل ۶- نمودارهای Harker برای عناصر اصلی.



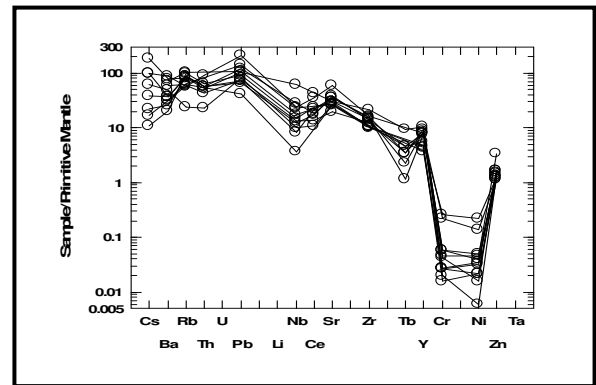
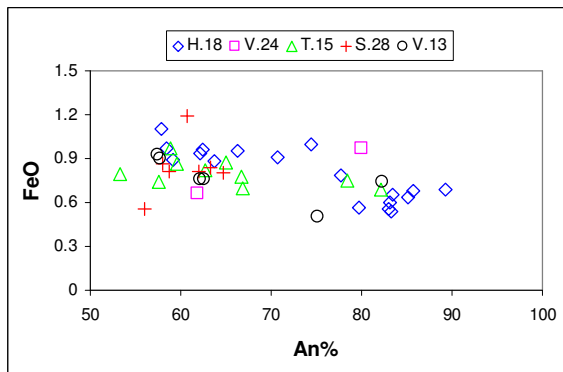
شکل ۷- نمودارهای Harker برای عناصر کمیاب.



شکل ۸- نمودار AFM برای نمونه‌های بازالتی. همان طور که در این نمودار دیده می‌شود، نمونه‌های بازالتی گرایش کلسیمی - قلیایی را نشان می‌دهند.

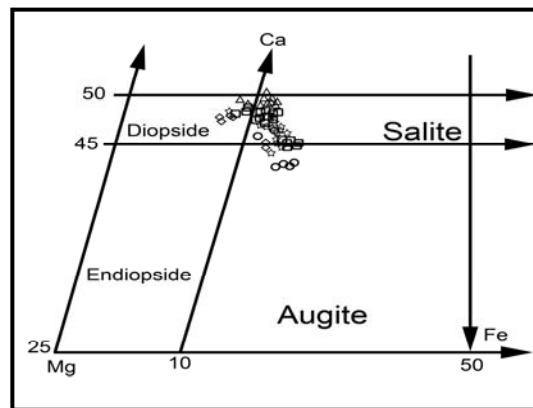
نمودارهای زمین ساختمانی ماگمایی (Pearce & Cann 1973) $Ti/100-Zr-Sr/2$ و $Ti/100-Zr-Y*3$ (Pearce & Cann 1973)

و همچنین نمودار $Zr/Y-Zr$ (Pearce & Norry, 1979) برای سنگهای بازالتی منطقه شمال خاور هشتجین.



شکل ۱۰- مقدار آنورتیت به عنوان تابعی از مقدار اکسید آهن پلاژیوکلازها.

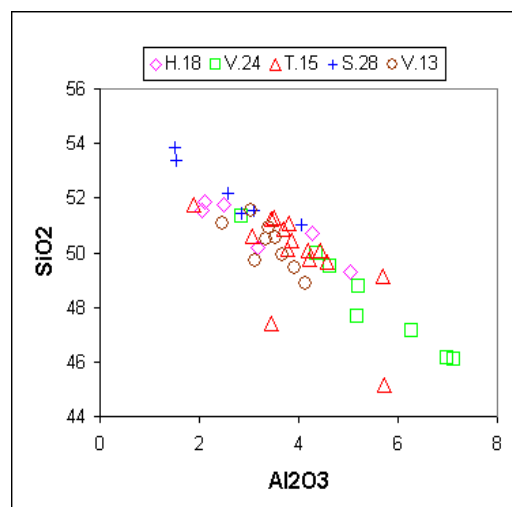
شکل ۹- نمودار عنکبوتی برای نمونه‌های بازالتی منطقه مورد مطالعه (به‌نجار شده نسبت به گوشته اولیه Sun & McDonough, 1989).



شکل ۱۱- ترکیب کلینوپیروکسنهای سنگهای مافیک منطقه مورد مطالعه در نمودار سه وجهی Ca-Mg-Fe

(ولاستونیت- اورتوفروسیلیت- انستاتیت). همان طور که در نمودار نیز مشخص است، ترکیب بیشتر پیروکسنهای منطقه در محدوده سالیت قرار دارد.

(دایره: H.18، مثلث: V.24، مربع: T.15، لوزی: S.28، ستاره: V.13).



شکل ۱۲- ترکیب کلینوپیروکسنهای سنگهای مافیک شمال خاور منطقه هشتجین در نمودار SiO₂ در برابر Al₂O₃ برای تفکیک بازالتیهای منطقه

(S:Subalkaline; A:Alkaline; P:Peralkaline). (After Le Bas, 1962; Nisbet & Pearce, 1977)

جدول ۱- تجزیه XRF سنگها در منطقه شمال خاور هشتجین، جنوب باختر اردبیل.

Rock	No.	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	LOI
BASALT	H.20	50.476	1.033	14.906	2.533	8.073	0.158	7.577	8.976	2.051	1.647	0.172	
BASALT	H.27	49.55	0.924	16.54	2.424	6.606	0.139	5.38	10.42	2.03	1.62	0.288	4.16
BASALT	H.28	47.322	1.177	16.469	2.677	7.959	0.138	7.16	10.726	2.109	1.788	0.313	
BASALT	H.30	49.62	1.039	16.66	2.539	6.401	0.127	4.91	10.32	2.2	1.72	0.299	3.73
BASALT	H.37	46.494	1.108	16.069	2.608	8.431	0.161	8.699	9.955	2.155	2.172	0.292	
BASALT	H.42	46.55	0.995	16.079	2.495	8.597	0.155	6.777	11.303	2.7	1.92	0.255	
BASALT	S.28	49.786	0.914	13.914	2.414	6.237	0.126	11.232	7.284	2.275	2.845	0.331	
BASALT	T.11	46.637	1.904	14.294	3.404	10.701	0.203	8.831	6.099	2.168	2.575	0.392	
BASALT	V.13	51.83	0.842	16.7	2.342	5.618	0.113	3.61	10.01	2.59	2.44	0.341	2.44
BASALT	V.24	45.001	1.284	10.492	2.784	7.708	0.15	15.914	9.296	1.991	0.845	0.261	
BASALT	S.20	53.097	0.876	16.908	2.376	4.073	0.12	6.594	10.142	2.484	2.386	0.26	
BASALT	T.20	43.56	2.593	12.47	4.093	8.937	0.299	4.91	8.43	3.17	1.02	0.373	10.12
ANDESITE	S.15	62.475	0.537	15.045	2.037	1.632	0.069	2.612	4.444	3.703	1.946	0.211	
ANDESITE	S.18	60.39	0.549	16.28	2.049	2.941	0.093	3.98	6.46	3.36	1.76	0.338	1.78
ANDESITE	V.20	56.149	1.029	15.949	2.529	5.28	0.088	4.345	8.417	3.615	1.531	0.398	
ANDESITE	S.24	57.31	1.052	14.809	2.552	3.247	0.125	3.93	7.953	2.403	3.196	0.286	
DACITE	S.11	65.85	0.411	15.02	1.911	1.849	0.08	1.97	4.25	3.99	1.82	0.171	2.63
DIABASE	T.17	36.67	2.442	12.06	3.942	10.808	0.284	6.13	12.17	2.44	0.63	0.385	11.04
BRECCIA	H.21	51.53	0.912	14.63	2.412	6.258	0.094	4.94	6.89	1.86	2.32	0.165	8.05
BRECCIA	V.21	64.7	0.341	16.25	1.841	1.259	0.047	2.14	2.42	3.33	3.97	0.247	2.77
BRECCIA	H.23	57.24	1.002	14.64	2.502	2.398	0.132	1.3	9.96	2.43	3.05	0.232	5.24
BRECCIA	H.24	55.42	0.977	15.02	2.477	4.283	0.123	2.1	9.55	2.47	2.81	0.221	5.99
TUFF	H.46	47.87	0.873	16.1	2.373	4.47	0.114	1.94	8.23	0.02	2.23	0.187	16.79

Rock	No.	Ba	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Th	Pb	Ga	Zn	Cu	Ni
BASALT	H.20	163.9	32.6	357.7	26.9	102.3	7.5	2.8	9	15.3	82.3	56.5	32.2
BASALT	H.27	306	34	467	13	84	2		5		57	33	43
BASALT	H.28	189.9	46.2	642.1	31.7	128.9	15.8	3.6	14.4	21	77.7	55.8	64.2
BASALT	H.30	171	36	485	15	86	13		17		66	28	43
BASALT	H.37	189.7	48.5	695.9	26.8	116.6	6.8	3.7	7.9	13.8	71.9	41.2	77.5
BASALT	H.42	445.2	31.1	1073.2	26.9	135.5	13.3	5.9	25.1	17.8	84	41.7	70.5
BASALT	S.28	134.2	48.2	632.2	25.8	122	4.7	3.7	8.6	9.2	58	61.2	274.7
BASALT	T.11	405.7	44.2	542.1	36	175.1	35	3.4	12.2	27	170.1	117.5	90.4
BASALT	V.13	370	57	522	16	86	10		13		68	30	12
BASALT	V.24	250.3	13.1	487.5	18.9	90.1	5.6	1.5	9.9	7.7	63.6	65.7	440.6
BASALT	S.20	105.3	54.9	545.7	29.4	117.4	8.3	4.1	11	14.7	63.4	44.3	99.6
BASALT	T.20	175	13	44	13	136	14		8		97		25
ANDESITE	S.15	7.7	88.5	589.6	29	162.8	7.1	6.2	7.8	5.1	34.3	17.2	21
ANDESITE	S.18	542	59	918	15	139	10	2	11		64	1	21
ANDESITE	V.20	729.2	34.5	618.1	2.1	106	3.7	1	1.9	15.1	74.6	45.1	25.3
ANDESITE	S.24	145.9	99.1	407.3	45.5	191	21.7	6.8	15	17.8	62.7	52.9	63.8
DACITE	S.11	695	91	556	18	167	14	13	18		50		42
DIABASE	T.17	364	14	110	16	160	24		3		87		35
BRECCIA	H.21	329	60	232	17	121	10	1	11		64	15	23
BRECCIA	V.21	983	88	544	18	188	17	6	13		50		13
BRECCIA	H.23	551	85	341	19	159	16	9	14		61	7	9
BRECCIA	H.24	489	75	368	19	156	10	7	9		79	13	21
TUFF	H.46	46	57	212	16	121	17		5		71		13

Rock	No.	V	Cr	Hf	Cs	Sc	Ta	Co	La	Ce	Nd	Sm	Eu
BASALT	H.20	163.8	124.6	2	0.3	32.2	1	37.2	25.3	20	1	4.2	1.3
BASALT	H.27	147	79					23	31				
BASALT	H.28	177.9	79.8	1.9	1.8	33.1	1	36.8	36.7	26.5	25.1	3	0.9
BASALT	H.30	155	47					20					
BASALT	H.37	176.2	175.4	1.4	0.7	34.1	0.4	40.3	37	25.4	16.6	4.4	1.4
BASALT	H.42	206.9	81.3		1.8	31.1		39.2	36.9	51.1	19.6	7.3	0.2
BASALT	S.28	150.4	652.4	2.2	0.4	19.5	1.2	31.7	26.4	32.3	4.4	2.9	0.8
BASALT	T.11	266.5	137.1	4.3	3.3	35.3	3.4	48.7	43.1	61.4	38.9	5.8	1.9
BASALT	V.13	143	61					22	27				
BASALT	V.24	195.3	761.7	2.3	1.1	27.9	1.3	40.6	19.5	15.8	4.5	3.9	1.2
BASALT	S.20	141.4	170.5	1.6	0.2	25	0.5	21.4	24.5	34.1	1	2.4	0.7
BASALT	T.20	217	11					9					
ANDESITE	S.15	97.6	61.3	0.6	0.2	2.7	0.2	8.9	10.1	51.1	1	0.2	0.2
ANDESITE	S.18	64	32					9	23				
ANDESITE	V.20	85	55.5		7.8	20.4	0.2	15.3	38.1	83.8	19.3	4.6	1.4
ANDESITE	S.24	155.5	117.1	1.8	0.8	21	0.9	17.8	39.7	48.5	10.9	2.3	0.7
DACITE	S.11	58	427					11	51				
DIABASE	T.17	167	65					20	23				
BRECCIA	H.21	137	128					19	60				
BRECCIA	V.21	44	5					7	41				
BRECCIA	H.23	106	57					7	30				
BRECCIA	H.24	115	49					11	36				
TUFF	H.46	122	20					11	11				

<i>Rock</i>	<i>No.</i>	<i>Tb</i>	<i>Yb</i>	<i>Rb/Sr</i>	<i>Sm/Nd</i>	<i>K2O/TiO2</i>	<i>Nb/Zr</i>
<i>BASALT</i>	H.20	0.3	2.4	0.091138	4.2	1.642074	0.073314
<i>BASALT</i>	H.27			0.072805		1.753247	0.02381
<i>BASALT</i>	H.28	0.3	2.7	0.071951	0.119522	1.519116	0.122576
<i>BASALT</i>	H.30			0.074227		1.655438	0.151163
<i>BASALT</i>	H.37	0.4	2.8	0.069694	0.26506	1.960289	0.058319
<i>BASALT</i>	H.42		2.8	0.028979	0.372449	1.929648	0.098155
<i>BASALT</i>	S.28	0.1	4.6	0.076242	0.659091	3.112691	0.038525
<i>BASALT</i>	T.11	0.8	3	0.081535	0.1491	1.352416	0.199886
<i>BASALT</i>	V.13			0.109195		2.897862	0.116279
<i>BASALT</i>	V.24	0.4	6	0.026872	0.866667	0.6581	0.062153
<i>BASALT</i>	S.20	0.2	3	0.100605	2.4	2.723744	0.070698
<i>BASALT</i>	T.20			0.295455		0.393367	0.102941
<i>ANDESITE</i>	S.15	0.2	2.3	0.150102	0.2	3.623836	0.043612
<i>ANDESITE</i>	S.18			0.06427		3.205829	0.071942
<i>ANDESITE</i>	V.20		6	0.055816	0.238342	1.487852	0.034906
<i>ANDESITE</i>	S.24	0.2	2.7	0.24331	0.211009	3.038023	0.113613
<i>DACITE</i>	S.11			1.625		4.428224	0.083832
<i>DIABASE</i>	T.17			0.127273		0.257985	0.15
<i>BRECCIA</i>	H.21			0.258621		2.54386	0.082645
<i>BRECCIA</i>	V.21			0.161765		11.64223	0.090426
<i>BRECCIA</i>	H.23			0.249267		3.043912	0.100629
<i>BRECCIA</i>	H.24			0.203804		2.876151	0.064103
<i>TUFF</i>	H.46			0.268868		2.55441	0.140496

جدول ۲- کانیهای نورماتیو در برخی سنگهای منطقه شمال خاور هشتجین.

Norm	V.13	T.11	V.24	V.20	S.24	S.20	S.28	S.15	S.18	H.42	H.37	S.11
Q	2.81	0	0	6.65	12.03	1.15	0	2	15.4	0	0	24.69
Or	14.97	15.67	5.22	9.12	19.52	14.21	17.28	12.15	10.6	11.61	13.09	11.06
Ab	22.7	18.85	16.9	30.76	20.97	21.14	19.75	33.04	28.92	12.48	14.17	34.65
An	27.67	22.24	17.94	22.89	20.79	28.08	19.83	19.69	24.54	26.62	28.23	18.15
Ne	0	0	0.37	0	0	0	0	0	0	5.88	2.38	0
Di(Wo)	9.09	2.73	11.96	7.02	7.61	8.79	6.39	0.96	2.54	12.19	8.5	1.04
Di(En)	4.89	1.59	8.66	4.26	5.56	6.33	4.51	0.78	1.79	6.77	5.2	0.75
Di(Fs)	3.89	1.01	2.18	2.37	1.33	1.65	1.31	0.07	0.53	4.93	2.81	0.2
Hy(En)	4.47	6.9	0	6.68	4.59	10.26	6.28	6.12	8.34	0	0	4.31
Hy(Fs)	3.56	4.39	0	3.73	1.09	2.67	1.83	0.52	2.49	0	0	1.12
Ol(Fo)	0	9.96	23.03	0	0	0	12.63	0	0	7.38	11.87	0
Ol(Fa)	0	6.99	6.39	0	0	0	4.06	0	0	5.94	7.1	0
Mt	3.52	5.08	4.22	3.69	3.82	3.47	3.6	3.12	3.03	3.7	3.85	2.85
Ilmenite	1.66	3.72	2.55	1.97	2.06	1.68	1.78	1.08	1.06	1.93	2.15	0.8
Ap	0.77	0.88	0.6	0.87	0.64	0.57	0.74	0.49	0.75	0.57	0.65	0.38
Total	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Norm	H.28	H.30	H.20	H.27
Q	0	2.02	0.64	2.02
Or	10.81	10.62	9.98	9.99
Ab	18.22	19.4	17.76	17.89
An	30.81	31.78	27.21	32.51
Ne	0	0	0	0
Di(Wo)	9.07	8.28	7.26	8.2
Di(En)	5.38	4.75	4.31	4.72
Di(Fs)	3.22	3.16	2.57	3.1
Hy(En)	1.25	8.06	15.1	9.3
Hy(Fs)	0.74	5.36	9	6.12
Ol(Fo)	8.17	0	0	0
Ol(Fa)	5.39	0	0	0
Mt	3.97	3.84	3.76	3.66
Ilmenite	2.29	2.06	2.01	1.83
Ap	0.7	0.68	0.38	0.66
Total	100	100	100	100

جدول ۳- ترکیب الیوم در داباز اسپیلیتی شده (شمال خاور منطقه هشتجین).

Number	35	36	44	45
SiO ₂	38.869	38.21	38.336	40.009
Na ₂ O	0	0.028	0.036	0.059
Cl	0	0.005	0.017	0.008
K ₂ O	0.013	0.033	0	0.006
CaO	0.144	0.213	0.132	0.126
TiO ₂	0	0.02	0.025	0.0015
Cr ₂ O ₃	0.039	0.007	0.009	0
MnO	0.382	0.391	0.338	0.192
FeO	23.899	24.055	18.716	9.902
MgO	37.371	36.574	39.863	48.24
Al ₂ O ₃	0.011	0.004	0.028	0.009
Si	1.01	1.01	1.01	0.99
Na	0	0.002	0.002	0.002
Cl	0	0.0002	0.0008	0.0003
K	0.00044	0.001	0	0.0002
Ca	0.0041	0.006	0.004	0.003
Ti	0	0.005	0.0005	0.00003
Cr	0.0009	0.0002	0.0002	0
Mn	0.0084	0.009	0.008	0.004
Fe	0.515	0.528	0.4	0.207
Mg	1.45	1.43	1.56	1.79
Al	0	0.0001	0.0009	0.0003
Fo	73.79	73.03	79.59	89.6
Fa	26.21	26.907	20.41	10.36

جدول ۴- ترکیب تیتانومگنتیتها.

Rock	Number	Na ₂ O	SiO ₂	Cl	K ₂ O	CaO	TiO ₂	Cr ₂ O ₃	MnO	FeO _t	MgO	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃
H.18	4	0.046	0.623	0	0.07	0.05	21.938	0.013	0.424	68.805	0.09	1.113	20.3
H.18	10	0.057	0.344	0	0.022	0.111	23.164	0	0.599	67.166	0.076	1.525	18.1
V.24	110	0.004	0.27	0.009	0	0.091	22.717	0.251	1.343	65.306	1.607	2.526	19.4
V.24	114	0.039	0	0.038	0.01	0.007	22.095	0.165	0.917	66.278	3.139	2.704	23
T.15	9	0.074	2.27	0.069	0.037	0.406	21.911	0.048	0.132	63.575	0.313	0.665	14.4
T.15	26	0.028	2.336	0.013	0	0.511	22.435	0	0.222	63.583	0.252	0.818	13.6
V.13	122	0	0.096	0	0.035	0.083	17.748	0	0.686	67.4	1.638	2.36	27.6
V.13	130	0.042	3.055	0	0.055	1.07	16.083	0	0.971	67.795	0.935	2.636	25
V.13	136	0.026	1.027	0	0.014	0.179	11.586	0.178	0.159	74.527	0.159	0.565	38.1
V.13	143	0.05	0.036	0	0	0.113	15.973	0.034	0.678	70.776	0.03	2.743	29.8

Rock	Number	FeO	Ulvospinel	Si	Ti	Al	Fe+3	Fe+2	Mn	Mg	Ca	Na	K
H.18	4	50.3	2.353	0.0244	0.6463	0.0514	0.605	1.6484	0.0141	0.0053	0.0021	0.0035	0.0035
H.18	10	50.8	2.3553	0.0135	0.6831	0.0705	0.535	1.6669	0.0199	0.0044	0.0047	0.0043	0.0011
V.24	110	47.8	2.2879	0.0103	0.6508	0.1134	0.5589	1.5228	0.0433	0.0912	0.0037	0.0003	0
V.24	114	45.6	2.229	0	0.6167	0.1182	0.6428	1.4136	0.0288	0.1736	0.0003	0.0028	0.0005
T.15	9	50.6	2.4415	0.0922	0.6698	0.0318	0.4408	1.7199	0.0045	0.019	0.0177	0.0058	0.0019
T.15	26	51.3	2.42	0.0941	0.6798	0.0388	0.4129	1.7289	0.0076	0.0151	0.0221	0.0022	0
V.13	122	42.5	2.3803	0.0038	0.529	0.1102	0.8238	1.4093	0.023	0.0967	0.0035	0	0.0018
V.13	130	45.3	2.2998	0.1169	0.4631	0.1189	0.7195	1.4508	0.0315	0.0534	0.0439	0.0031	0.0027
V.13	136	40.2	2.4535	0.049	0.3559	0.0272	1.1706	1.3745	0.0055	0.0097	0.0078	0.0021	0.0007
V.13	143	43.9	2.411	0.0014	0.4822	0.1297	0.9009	1.4742	0.0023	0.0018	0.0049	0.0039	0

Rock	Number	Cr	Total	Mg/Mn	X
H.18	4	0.0004	3.004	0.375887	0.668655
H.18	10	0	3.004	0.221106	0.710329
V.24	110	0.0076	3.002	2.106236	0.714511
V.24	114	0.0048	3.002	6.027778	0.692118
T.15	9	0.0015	3.0048	4.222222	0.70991
T.15	26	0	3.0014	1.986842	0.722781
V.13	122	0	3.0036	4.204348	0.574563
V.13	130	0	3.0036	1.695238	0.527569
V.13	136	0.0057	3.0017	1.701754	0.368046
V.13	143	0.0011	3.0024	0.782609	0.506282

جدول ۵- ترکیب پلاژیو کلازها.

Name	No.	Na2O	SiO2	Cl	K2O	CaO	TiO2	Cr2O3	MnO	FeO	MgO	Al2O3	Si	Al	Fe	Ca	Na	K	An	Ab	Or	Position
H.18	1	3.028	50.566	0.01	0.32	14.258	0.057	0	0.035	0.912	0.119	30.616	9.26	6.61	0.14	2.75	1.08	0.06	70.7	27.8	1.5	core
H.18	2	3.582	51.713	0	0.451	13.8	0.075	0	0	0.949	0.109	29.974	9.4	6.3	0.14	2.74	1.28	0.11	66.3	31	2.7	border
H.18	3	4.036	53.176	0	0.495	12.716	0.073	0.018	0.001	0.964	0.143	29.243	9.57	6.3	0.14	2.49	1.4	0.1	62.4	35.1	2.5	microlite
H.18	6	3.793	51.779	0.01	0.631	12.816	0	0	0.008	0.88	0.088	29.175	9.52	6.37	0.133	2.55	1.32	0.132	63.7	33	3.3	border
H.18	8	4.082	53.277	0.05	0.547	12.398	0.125	0.035	0	0.89	0.89	28.606	9.7	6.14	0.131	2.4	1.52	0.14	59.1	37.4	3.5	inclusion
H.18	5	1.591	46.793	0	0.098	17.343	0.007	0	0	0.536	0.536	33.32	8.6	7.3	0.08	3.4	0.66	0.02	83.3	16.2	0.5	core
H.18	12	1.531	46.788	0	0.145	17.446	0.057	0	0	0.632	0.632	33.411	8.6	7.3	0.097	3.4	0.55	0.04	85.2	13.8	1	core
H.18	13	1.697	47.195		0.098	17.267	0	0.079	0	0.652	0.652	33.22	8.6	7.3	0.099	3.41	0.66	0.022	83.37	16.14	0.54	core
H.18	14	1.426	46.408	0.01	0.067	17.728	0.075	0	0	0.687	0.081	33.781	8.55	7.4	0.11	3.51	0.4	0.02	89.31	10.18	0.51	core
H.18	15	4.412	53.133	0	0.475	12.018	0.08	0	0.058	0.975	0.106	29.067	9.665	6.231	0.148	2.342	1.56	0.11	58.43	38.82	2.75	microlite
H.18	18	3.958	53.283	0.01	0.514	12.745	0.115	0.079	0.101	0.934	0.116	29.107	9.654	6.215	0.142	2.474	1.39	0.119	62.11	34.91	2.98	core
H.18	19	4.404	54.231	0	0.51	11.775	0.095	0.035	0.04	1.101	0.099	28.271	9.828	6.038	0.167	2.286	1.55	0.118	57.86	39.16	2.98	microlite
H.18	20	1.878	47.054	0	0.058	17.09	0.023	0	0.049	0.597	0.114	32.7	8.725	7.146	0.093	3.395	0.68	0.014	83.13	16.53	0.34	core
H.18	21	2.212	48.859	0.02	0.152	16.473	0.067	0	0.014	0.569	0.124	32.334	8.922	6.958	0.087	3.223	0.78	0.035	79.75	19.38	0.88	border
H.18	22	1.551	47.028	0	0.131	17.715	0	0.018	0.022	0.677	0.118	33.322	8.644	7.218	0.104	3.488	0.55	0.031	85.67	13.57	0.75	core
H.18	24	2.401	48.63	0.02	0.208	15.994	0.092	0.105	0	0.786	0.139	31.531	8.982	6.863	0.121	3.165	0.86	0.049	77.69	21.11	1.2	core
H.18	25	2.734	49.561	0.03	0.289	15.453	0.062	0.018	0.05	0.997	0.103	31.627	9.049	6.806	0.152	3.023	0.97	0.067	74.49	23.85	1.66	microlite
H.18	27	1.832	47.295	0.01	0.136	17.004	0.062	0.026	0.087	0.554	0.099	32.606	8.76	7.117	0.086	3.374	0.66	0.032	83.02	16.19	0.79	core
V.24	108	2.193	47.935	0.03	0.057	16.145	0.093	0	0	0.974	0.192	32.419	8.843	7.049	0.15	3.191	0.78	0.013	80	19.66	0.34	microlite
V.24	109	2.441	50.432	0	2.63	12.233	0	0	0	0.664	0.036	27.827	9.605	6.246	0.155	2.496	0.9	0.639	61.84	22.33	15.83	microlite
T.15	1	4.415	53.354	0.02	0.44	12.509	0.033	0	0	0.866	0.08	28.748	9.689	6.152	0.132	2.434	1.55	0.102	59.5	38	2.49	microlite
T.15	3	2.256	48.22	0	0.216	15.811	0.048	0.035	0.048	0.746	0.036	32.135	8.912	7	0.115	3.131	0.81	0.051	78.46	20.26	1.28	border
T.15	6	4.518	53.578	0	0.376	12.055	0.075	0.018	0	0.79	0.081	28.245	9.781	6.077	0.121	2.358	1.6	0.088	53.3	39.54	2.16	microlite
T.15	7	3.381	51.621	0	0.423	13.373	0.03	0.035	0	0.695	0.061	30.08	9.446	6.487	0.106	2.622	1.2	0.099	66.88	30.6	2.52	microlite
T.15	10	1.984	47.218	0	0.088	16.701	0.077	0.009	0	0.687	0.02	32.768	8.754	7.152	0.106	3.314	0.7	0.021	82.15	17.34	0.52	core
T.15	13	3.819	51.906	0	0.293	13.446	0	0.053	0.107	0.871	0.053	29.959	9.449	6.426	0.133	2.622	1.35	0.068	64.94	33.38	1.68	border
T.15	24	4.412	53.384	0	0.411	12.107	0.075	0	0	0.969	0.07	28.768	9.709	6.166	0.147	2.359	1.56	0.095	58.83	38.79	2.38	microlite
T.15	25	3.967	52.671	0	0.276	12.628	0.122	0.018	0.001	0.825	0.04	29.014	9.638	6.257	0.126	2.476	1.41	0.064	62.72	35.65	1.63	border
T.15	27	3.586	51.826	0.02	0.281	13.673	0.172	0	0.017	0.777	0.075	29.963	9.446	6.436	0.118	2.67	1.27	0.065	66.71	31.66	1.63	border
T.15	30	4.47	53.204	0	0.43	11.661	0.09	0.088	0	0.742	0.063	18.481	9.758	6.156	0.114	2.291	1.59	0.101	57.55	39.92	2.53	microlite
S.28	39	3.87	52.295	0.02	0.251	12.856	0.08	0	0.012	0.834	0.05	29.791	9.544	6.407	0.127	2.461	1.37	0.058	63.28	35.21	1.5	core
S.28	40	3.735	51.642	0	0.558	13.575	0.145	0.088	0.071	0.803	0.217	30.15	9.402	6.469	0.122	2.648	1.32	0.13	64.65	32.19	3.16	core
S.28	41	3.4	52.457	0.02	1.452	12.204	0.15	0	0.035	1.191	0.045	28.903	9.631	6.254	0.183	2.4	1.21	0.34	60.76	30.63	8.61	c-b

S.28	42	4.491	52.883	0.02	0.341	12.104	0.028	0.026	0	0.812	0.068	28.933	9.663	6.23	0.124	2.369	1.59	0.079	58.65	39.38	1.97	border
S.28	47	4.549	53.998	0	0.341	11.931	0.215	0.07	0	0.862	0.235	28.776	9.763	6.131	0.13	2.311	1.59	0.079	58	40.02	1.97	border
S.28	51	4.703	53.666	0.03	0.387	11.413	0.158	0.079	0	0.556	0.068	28.338	9.817	6.109	0.085	2.237	1.67	0.09	55.93	41.75	2.26	microlite
S.28	52	4.114	52.276	0	0.275	12.688	0.117	0	0.058	0.816	0.033	29.279	9.573	6.319	0.125	2.489	1.45	0.064	62.01	36.39	1.6	core
V.13	121	4.059	52.894	0.01	1.049	11.616	0.128	0.009	0	0.928	0.065	28.192	9.759	6.13	0.143	2.296	1.45	0.247	57.48	36.34	6.18	microlite
V.13	123	2.607	48.652	0	0.23	15.09	0.06	0	0	0.504	0.045	31.555	9.033	6.905	0.078	3.002	0.94	0.054	75.14	23.49	1.36	core
V.13	125	4.001	51.559	0.02	0.453	13.005	0.042	0.096	0	0.756	0.108	29.307	9.501	6.364	0.116	2.567	1.43	0.106	62.51	34.83	2.6	core
V.13	126	3.955	51.568	0.01	0.352	12.448	0.03	0	0.05	0.758	0.05	29.246	9.546	6.38	0.117	2.469	1.42	0.083	62.16	35.74	2.09	core
V.13	138	4.435	53.069	0	0.437	11.634	0.063	0	0.096	0.898	0.045	28.287	9.753	6.133	0.138	2.293	1.58	0.103	57.65	39.77	2.58	microlite
V.13	139	1.919	46.848	0.03	0.139	16.92	0.008	0	0.048	0.737	0.028	32.906	8.688	7.192	0.114	3.362	0.69	0.033	82.3	16.89	9.81	core

جدول ۶- ترکیب CPx سنگهای مافیک (شمال خاور منطقه هشتجین)

Dio:diopside; alu:alumina; fer:ferrian; sub:subsiliicic.

Name	No.	Na2O	SiO2	Cl	K2O	CaO	TiO2	Cr2O3	MnO	FeO	MgO	Al2O3	Total
H.18	7	0.224	51.84	0.002	0.05	20.25	0.72	0.178	0.158	10.264	14.735	2.114	100.537
H.18	11	0.321	51.56	0	0.02	19.94	0.74	0	0.262	10.46	13.792	2.056	99.146
H.18	16	0.329	50.69	0	0	21.68	0.63	0.095	0.172	6.709	14.758	4.278	99.342
H.18	17	0.305	49.31	0.019	0	21.89	0.92	0.111	0.155	8.092	13.427	5.032	99.261
H.18	23	0.301	51.75	0.014	0	20.24	0.9	0	0.325	9.622	14.261	2.503	99.922
H.18	26	0.297	50.19	0.014	0.04	19.49	1.08	0.145	0.262	10.148	13.898	3.18	98.743
V.24	100	0.356	47.65	0.012	0.03	23.07	1.53	0.381	0.132	6.814	13.621	5.186	98.785
V.24	101	0.195	46.13	0	0	22.95	1.78	0.275	0.01	6.187	13.316	6.989	97.828
V.24	102	0.266	47.17	0	0.02	23.26	1.6	0.035	0.112	6.564	13.12	6.265	98.416
V.24	103	0.16	51.32	0.005	0.02	23.94	0.68	0.313	0.147	4.472	15.777	2.855	99.686
V.24	104	0.257	46.11	0.007	0	23.43	1.74	0	0.212	6.342	13.056	7.11	98.27
V.24	105	0.181	49.51	0	0	23.23	1.16	0.107	0.227	6.178	14.516	4.62	99.725
V.24	106	0.239	49.98	0	0.03	23.17	0.99	0.607	0.056	5.021	14.695	4.365	99.15
V.24	111	0.386	48.79	0.02	0	22.78	1.31	0.053	0.081	6.917	13.394	5.203	98.935
T.15	4	0.245	45.13	0.397	0.01	20.35	0.97	0.077	0.106	7.675	11.85	5.734	92.547
T.15	5	0.17	47.41	0.412	0	20.99	0.61	0	0.137	6.539	12.951	3.448	92.676
T.15	8	0.423	51.74	0.012	0.01	21.48	0.88	0.034	0.372	10.014	13.641	1.899	100.499
T.15	11	0.202	50.13	0	0.01	16.7	0.08	0.009	0	0.687	0.02	32.768	99.515
T.15	12	0.233	50.44	0	0.03	21.94	0.75	0.026	0.092	7.664	14.123	3.862	99.149
T.15	14	0.236	49.65	0	0	22.72	0.94	0.018	0.114	8.52	13.906	4.582	100.682
T.15	15	0.178	51.3	0.019	0	23.33	0.71	0.086	0.028	6.739	14.777	3.512	100.682
T.15	16	0.213	51.22	0.022	0	22.98	0.69	0	0.194	6.439	14.861	3.443	100.061
T.15	17	0.363	50.58	0.024	0	21.79	0.97	0	0.316	9.485	13.457	3.055	100.039
T.15	18	0.449	49.76	0.012	0.04	22.21	0.91	0	0.176	8.667	13.541	4.227	99.99
T.15	19	0.181	51.09	0	0.01	23.2	0.68	0.051	0.23	6.878	14.432	3.798	100.55
T.15	31	0.272	49.11	0.036	0	23.77	1	0.181	0.121	6.516	13.913	5.691	100.617
T.15	32	0.195	50.88	0	0	23.58	0.69	0.113	0.194	6.036	14.7	3.692	100.079
T.15	33	0.329	50.08	0	0.02	22.27	0.67	0.06	0.112	7.105	14.273	4.185	99.105
T.15	34	0.233	50.09	0.01	0	22.83	0.76	0.018	0.098	7.243	13.696	4.446	99.423
S.28	37	0.297	51.01	0.01	0	22.25	0.95	0.121	0.253	6.776	14.488	4.047	100.195
S.28	38	0.368	51.46	0.036	0	21.86	1.03	0.137	0.367	7.534	14.624	2.851	100.272
S.28	46	0.148	53.84	0.027	0	23.91	0.3	0.706	0.159	3.607	16.756	1.5	100.958
S.28	48	0.162	53.37	0	0.02	24.12	0.38	0.541	0.076	3.587	16.632	1.532	100.414
S.28	49	0.356	51.53	0.01	0.02	24	0.53	0.557	0.142	4.678	15.51	3.104	100.437
S.28	50	0.208	52.19	0	0	24.06	0.46	0.645	0.058	4.167	15.727	2.568	100.078
V.13	131	0.197	50.94	0	0	23.43	0.57	0	0.132	6.74	14.906	3.405	100.317
V.13	132	0.434	50.48	0.002	0.03	21.8	1	0	0.329	9.058	13.492	3.335	99.96
V.13	133	0.35	49.44	0	0.01	21.86	1.02	0	0.155	8.605	13.134	3.915	98.501
V.13	134	0.293	50.56	0	0	21.55	0.74	0.042	0.253	8.511	14.366	3.531	99.841
V.13	135	0.373	48.88	0.027	0.01	21.8	1.07	0	0.21	8.414	12.784	4.138	97.712
V.13	137	0.276	49.9	0	0.03	22.29	0.43	0	0.331	7.173	14.082	3.662	98.18
V.13	140	0.35	49.71	0	0.01	20.89	1	0.035	0.132	8.937	13.856	3.121	98.041
V.13	141	0.124	51.54	0	0.01	23.65	0.5	0.2	0	4.885	15.46	3.053	99.427
V.13	142	0.34	51.08	0.041	0.01	20.74	0.76	0.026	0.341	8.664	14.468	2.469	98.945

Si	Ti	Al(T)	Al(M1)	Fe+3(T)	Fe+3(M1)	Fe+2	Mn	Mg	Ca	K	Na	Cr	Total	Name	En	Fs	Wo
1.92	0.02	0.08	0.014	0	0.037	0.281	0.005	0.81	0.8	0.003	0.016	0.005	4	augite	41.93	16.64	41.43
1.94	0.02	0.06	0.036	0	0.003	0.327	0.008	0.78	0.81	0.001	0.023	0	4	augite	40.4	17.62	41.96
1.82	0.02	0.12	0.066	0	0.041	0.67	0.005	0.82	0.86	0	0.24	0.003	4	alu+diopside	43.15	11.29	45.56
1.84	0.03	0.16	0.065	0	0.058	0.195	0.005	0.75	0.88	0	0.02	0.003	4	alu+diopside	39.74	13.7	46.56
1.93	0.03	0.07	0.04	0	0.001	0.299	0.01	0.79	0.81	0	0.002	0	4	alu+augite	41.47	16.23	42.3
1.9	0.03	0.1	0.039	0	0.021	0.299	0.008	0.78	0.79	0.002	0.022	0.004	4	alu+augite	41.18	17.31	41.51
1.79	0.04	0.22	0.014	0	0.131	0.083	0.004	0.76	0.93	0.001	0.026	0.011	4	al+chr+fer+dio	39.94	11.43	48.63
1.74	0.05	0.26	0.053	0	0.11	0.085	0	0.75	0.93	0	0.014	0.008	4	al+fer+sub+dio	40	10.44	49.55
1.77	0.05	0.23	0.051	0	0.104	0.102	0.004	0.74	0.94	0.001	0.019	0.001	4	al+fer+dio	39.07	11.15	49.78
1.89	0.02	0.11	0.011	0	0.068	0.068	0.005	0.87	0.94	0.001	0.011	0.009	4	alu+diopside	44.38	7.22	48.4
1.73	0.05	0.27	0.049	0	0.136	0.063	0.007	0.73	0.94	0	0.019	0	4	alu+fer+sub+wo	38.89	10.96	50.16
1.83	0.03	0.17	0.033	0	0.081	0.11	0.007	0.8	0.92	0	0.013	0.003	4	alu+diopside	41.71	10.33	47.96
1.85	0.03	0.15	0.045	0	0.046	0.11	0.002	0.81	0.92	0.001	0.017	0.018	4	alu+chr+diop	42.98	8.33	48.69
1.83	0.04	0.18	0.055	0	0.073	0.143	0.003	0.75	0.91	0	0.028	0.002	4	alu+diopside	39.75	11.65	48.5
1.82	0	0.17	0.029	0	9.086	0.217	0.008	0.73	0.86	0	0.03	0.001	4	alu+diopside	38.42	14.15	47.42
1.9	0.02	0.1	0.066	0	0.007	0.213	0.005	0.78	0.9	0	0.013	0	4	alu+diopside	40.75	11.79	47.47
1.93	0.03	0.08	0.008	0	0.048	0.263	0.012	0.76	0.86	0	0.031	0.001	4	augite	39.07	16.7	44.23
1.87	0.02	0.13	0.041	0	0.057	0.174	0.005	0.78	0.9	0	0.015	0.001	4	alu+diopside	40.62	12.31	47.08
1.89	0	0.11	0.065	0	0.059	0.182	0.003	0.79	0.88	0.001	0.017	0.001	4	alu+diopside	41.24	12.71	46.05
1.83	0.03	0.17	0.029	0	0.105	0.158	0.004	0.76	0.9	0	0.017	0.001	4	alu+fer+diop	39.64	13.81	46.54
1.88	0.02	0.12	0.033	0	0.057	0.15	0.001	0.81	0.92	0	0.013	0.002	4	alu+diopside	41.81	10.74	47.45
1.89	0.02	0.11	0.038	0	0.052	0.147	0.006	0.82	0.91	0	0.015	0	4	alu+diopside	42.31	10.61	47.08
1.89	0.03	0.11	0.021	0	0.064	0.232	0.01	0.75	0.87	0	0.026	0	4	alu+diopside	38.87	15.89	45.24
1.85	0.03	0.13	0.033	0	0.103	0.166	0.006	0.75	0.88	0.002	0.032	0	4	alu+fer+diop	39.29	14.4	46.31
1.88	0.02	0.12	0.043	0	0.054	0.158	0.007	0.79	0.91	0.001	0.013	0.001	4	alu+diopside	41.12	11.37	47.51
1.8	0.03	0.2	0.048	0	0.108	0.092	0.004	0.76	0.94	0	0.019	0.005	4	alu+fer+diop	40.07	10.73	49.2
1.87	0.02	0.13	0.034	0	0.065	0.121	0.006	0.81	0.93	0	0.014	0.003	4	alu+diopside	41.83	9.95	48.23
1.87	0.02	0.14	0.049	0	0.072	0.149	0.004	0.79	0.89	0.001	0.024	0.002	4	alu+diopside	41.58	11.8	46.63
1.87	0.02	0.13	0.061	0	0.047	0.179	0.003	0.76	0.91	0	0.017	0.001	4	alu+diopside	40.02	12.04	47.94
1.88	0.03	0.12	0.057	0	0.028	0.181	0.008	0.8	0.88	0	0.021	0.004	4	alu+diopside	42.09	11.46	46.45
1.9	0.03	0.1	0.026	0	0.038	0.195	0.011	0.81	0.87	0	0.026	0.004	4	alu+diopside	42.06	12.75	45.19
1.95	0.01	0.05	0.014	0	0.009	0.1	0.005	0.91	0.93	0	0.01	0.02	4	chr+diopside	46.47	5.86	47.67
1.94	0.01	0.06	0.008	0	0.027	0.082	0.002	0	0.04	0.001	0.011	0.016	4	chr+dionside	46.17	5.71	48.12

1.94	0.01	0.06	0.008	0	0.027	0.082	0.002	0	0.04	0.001	0.011	0.016	4	chr+diopside	46.17	5.71	48.12
1.88	0.02	0.12	0.014	0	0.087	0.056	0.004	0.84	0.94	0.001	0.025	0.016	4	alu+chr+diop	43.73	7.63	48.64
1.91	0.01	0.09	0.022	0	0.038	0.09	0.002	0.86	0.94	0	0.015	0.019	4	alu+chr+diop	44.44	6.7	48.86
1.87	0.02	0.13	0.02	0	0.091	0.116	0.004	0.82	0.92	0	0.014	0	4	alu+diopside	41.87	10.83	47.3
1.88	0.03	0.12	0.027	0	0.069	0.213	0.01	0.75	0.87	0.001	0.031	0	4	alu+diopside	39.19	15.3	45.51
1.87	0.03	0.13	0.043	0	0.057	0.215	0.005	0.74	0.89	0.001	0.026	0	4	alu+diopside	38.9	14.56	46.54
1.88	0.02	0.12	0.032	0	0	0.195	0.008	0.8	0.86	0	0.021	0.001	4	alu+augite	41.32	14.14	44.54
1.86	0.03	0.14	0.049	0	0.054	0.214	0.007	0.73	0.89	0.001	0.28	0	4	alu+diopside	38.4	14.54	47.07
1.88	0.01	0.12	0.04	0	0.079	0.147	0.011	0.79	0.9	0.002	0.02	0	4	alu+diopside	41.04	12.27	46.69
1.89	0.03	0.12	0.024	0	0.059	0.225	0.004	0.78	0.85	0	0.026	0.001	4	alu+augite	40.8	14.98	44.22
1.9	0.01	0.1	0.035	0	0.039	0.112	0	0.85	0.94	0.001	0.009	0.006	4	alu+diopside	43.93	7.79	48.29
1.92	0.02	0.08	0.026	0	0.038	0.234	0.011	0.81	0.83	0	0.025	0.001	4	alu+augite	42.02	14.68	43.29

کتابنگاری

مؤید م.، ۱۳۸۰- بررسیهای پترولوژیکی نوار ولکانو - پلوتونیک ترشیاری البرز غربی - آذربایجان با نگرشی ویژه بر منطقه هشتجین، پایان نامه دکتری، دانشگاه شهید بهشتی، ۳۲۸ صفحه.

نبوی، م.ح.، ۱۳۵۵- دیباچه ای بر زمین شناسی ایران، سازمان زمین شناسی ایران.

References

- Alavi, M., 1996- Tectonostratigraphic synthesis and structural style of the Alborz Mountain system in Northern Iran, *J. Geodynamic*, No 21, 1-33.
- Alberti, A.A.; Comin-Chiaramonti, P.; Dibattistini, G.; Nicoletti, M.; Petrucciani, C.; Siniqoi, S., 1976- Geochronology of the eastern Azarbaijan volcanic plateau (north- west Iran), *Rc. Soc. Ital. Miner. Petrol.*, 32, 579-589.
- Assereto, R., 1966a- Explanatory notes on the geological map of upper Djadjerud and lar valleys (central Alburz. Iran) *Series G. publication no. 232. Institute of geology of the University of Milan. Italy.*
- Assereto, R., 1966b- The jurasic shemshak formation in central Elburz (Iran), *Riv. Ital. paleont. Stratigr. T2*, 1133-1182.
- Bailey, E.B.; Jones, R.C.B.; Asfia, S., 1948- Notes on the geology of the Elborz mountains, north-est of Tehran, Iran, *Quart. J. Geol. Soc. Lond.*, 104 (pp), 1-42.
- Carmichael, I.S.E., 1964- The petrology of Thingmuli, a Tertiary volcano in eastern Iceland, *J. petrology*, 5, 435-460.
- Deer, W.A.; Howie, R.A.; Zussman, J., 1993- An introduction to the rock-forming minerals, *The English language Book Society and Longman*, 528p.
- Dungan, M.A.; Rhodes, M.J., 1978- Residual glasses and melt inclusions in basalts from DSDP legs 45 and 46: Evidence for magma mixing, *Contrib. Mineral. Petrol.*, 67, 417-431.
- Dostal, J.; Zebri, M., 1978- Geochemistry of Savalan volcano (northwestern Iran), *Chem. Geol.*, 22, 31-42.
- Gansser, J.; Huber, H., 1962- Geological observations in the central Elburz, *Schweie. Miner. Petrogr. Min.*, 42, 583-630.
- Innocenti, F.; Manetti, P.; Mazzuoli, R.; Pasquare, G.; Villari, 1982- Anatolia and north-western Iran, In: Thorpe R.S. (ed.), *Andesites*, Wiley, Chichester, 327-349.
- Kazmin, V.G.; Sbotshikov, J.M.; Ricou, L.; Zoneshain, L.P.; Boulin, J.; Knipper, A.L., 1986- Volcanic belts as markers of the Mesozoic-Cenozoic active margin of Eurasia, *Tectonophysics*, 123, 123-152.
- LeBas, M.J., 1962- The role of aluminium in igneous clinopyroxenes with relation to their parentage, *Am. Jour. Sci.* 260., 267-288.
- Middlemost, E.A.K., 1989- Iron oxidation ratios, norms and the classification of volcanic rocks, *Chem. Geol.*, 77, 19-26.
- Nelson, S.T.; Montana, A., 1992- Sieve-textured plagioclase in volcanic rocks produced by rapid decompression, *Am. Min.*, 11-12, 1242-1250.
- Nisbet, E.G.; Pearce, J.A., 1977- Clinopyroxene composition in mafic lavas from different tectonic settings, *Contrib. Mineral. Petrol.*, 63, 149-160.
- Pearce, J.A.; Cann, J.R., 1971- Ophiolite origin investigated by discriminant analysis using Ti, Zr and Y, *Earth Planet. Sci. Lett.*, 12, 339-349.
- Pearce, J.A.; Cann, J.R., 1973- Tectonic Setting of basic Volcanic rocks determined using trace element analysis, *Earth Planet. Sci. Lett.*, 19, 290-300.
- Pearce, J.A.; Norry, M.J., 1979- Petro-genetic implications of Ti, Zr, Y and Nb Variations in volcanic rock, *Contr. Mineral. Petrol.*, 69, 33-47.
- Riou, R.; Dupuy, C.; Dostal, 1981- Geochemistry of coexisting alkaline and calc-alkaline volcanic rocks from northern Azarbaijan (N.W. Iran): *J. Volcan. Geotherm. Res.*, 11, 253-275.
- Stampfli, G.M., 1978- Etude geologique general de l'Elburz oriental au S de Gonbad-e Qabus (Iran, N-E): *These de Docteur des Sciences. No. 1868, Universite de Geneve*, pp.328.
- Stocklin, J., 1960- Ein Querschnitt durch den ost Elburz: *Ecol. Geol. Helv.*, 72, 681-694.
- Stocklin, J., 1968- Structural history and tectonics of Iran : A review, *Am. Ass. Petrol. Geol. Bull.* 52, 1229-1258.
- Stocklin, J., 1971- Stratigraphic Lexicon of Iran. Part 1: central, north, and east Iran. *Geological Survey of Iran, Report No. 18, Tehran.*
- Stocklin, J., 1974a- Northern Iran: Alborz Mountains: *Geol. Soc. Lon. Special Publication no. 4*. 213-234.
- Stocklin, J., 1974b- Possible ancient continental margins in Iran; in Burke C.A. and Drak C.L. (eds.), *The geology of continental margins*, Berlin, West-Germany, springer-verlag, 873-884.
- Sturm, R., 2002- PX-NOM—an interactive spreadsheet program for the computation of pyroxene analyses derived from the electron microprobe, *Computers & Geosciences*, 28, 473-483.
- Sun, S.S.; McDonough, W.F., 1989- Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: implications for mantle composition and processes, In: Saunders A.D., Norry M.J., (Eds.), *Magmatism in ocean basins*, *Geol. Soc. London, Spec. Pub.*, 42, 313-345.

- Tsuchiyama, A.,1985- Dissolution kinetics of plagioclase in the melt system diopside-albite-anorthite and origin of dusty plagioclase in andesites, Contrib. Mineral. Petrol., 89, 1-16.
- Zhou, W.; VanderVoo, R.; Peacor, D.R.; Zhang, Y.,2000- Variable Ti-content and grain size of titanomagnetite as a function of cooling rate in very young MORB, Earth Planet. Sci. Lett., 179, 9-20.

* دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی، تهران
** سازمان انرژی اتمی ایران، تهران

*Faculty of Earth Sciences, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran
**Atomic Energy Organization of Iran, Tehran, Iran