

کانی شناسی و پتروژنز ولکانیک های ائوسن کمال آباد، غرب نایین (استان اصفهان)

مژگان جوانمردی* و ایرج نوربهبشت

گروه زمین شناسی، دانشگاه اصفهان

* mojganjavanmardi@yahoo.com

دریافت: ۸۹/۷/۲۴ پذیرش: ۸۹/۹/۱۰

چکیده

ولکانیک‌های ائوسن کمال آباد واقع در غرب نایین که بیش‌تر از نوع بازالت اولیوین دار، بازالت و بازالت آندزیتی هستند توسط سنگ‌های آذرآواری پوشانده می‌شوند. مطالعات کانی شناسی نشان می‌دهد که کانی‌های اصلی تشکیل دهنده ولکانیک‌های منطقه شامل کلینوپیروکسن و پلاژیوکلاز بوده و زنولیت‌های مشاهده شده در آنها نیز دارای چنین ترکیبی می‌باشد. شواهد صحرایی و میکروسکوپی نشان می‌دهد که در این منطقه تناوبی از ماگماتیسیم اسیدی و بازیک وجود داشته است. به کمک بررسی نمودارهای عنکبوتی می‌توان گفت که ماگمای اولیه از ذوب بخشی گوشته حاصل شده است. بر اساس مطالعات ژئوشیمیایی و الگوهای ارایه شده برای محیط‌های تکتونیکی مختلف، بازالت‌های منطقه در محدوده تکتونیکی بازالت های قوس آتشفشانی و زون برخورد قرار می‌گیرند. از نظر سری ماگمایی بازالت‌های منطقه از نوع سری ماگمایی کالک آکالن هستند.

واژگان کلیدی: کانی شناسی، پتروژنز، ولکانیسیم ائوسن، کمال آباد، نایین

مقدمه

منطقه مورد مطالعه جزئی از نوار ماگمایی ارومیه-دختر است [۱]. این نوار ماگمایی از شناخته شده ترین پهنه های آذرین در ایران بوده و سنگ های آتشفشانی (اکثراً بازالت در منطقه ی مطالعه شده) بخش قابل ملاحظه‌ای از آن را تشکیل می دهند. با مطالعه‌ی بازالت‌ها می‌توان به ماهیت ولکانیسیم و محیط ژئوتکتونیکی منطقه‌ی مورد مطالعه پی برد. در این مقاله با استفاده از مطالعات صحرایی، کانی شناسی و داده‌های آنالیز شیمیایی، نوع بازالت های موجود در منطقه، سری ماگمایی، منشا تشکیل و محیط ژئوتکتونیکی آنها مورد بررسی قرار گیرد.

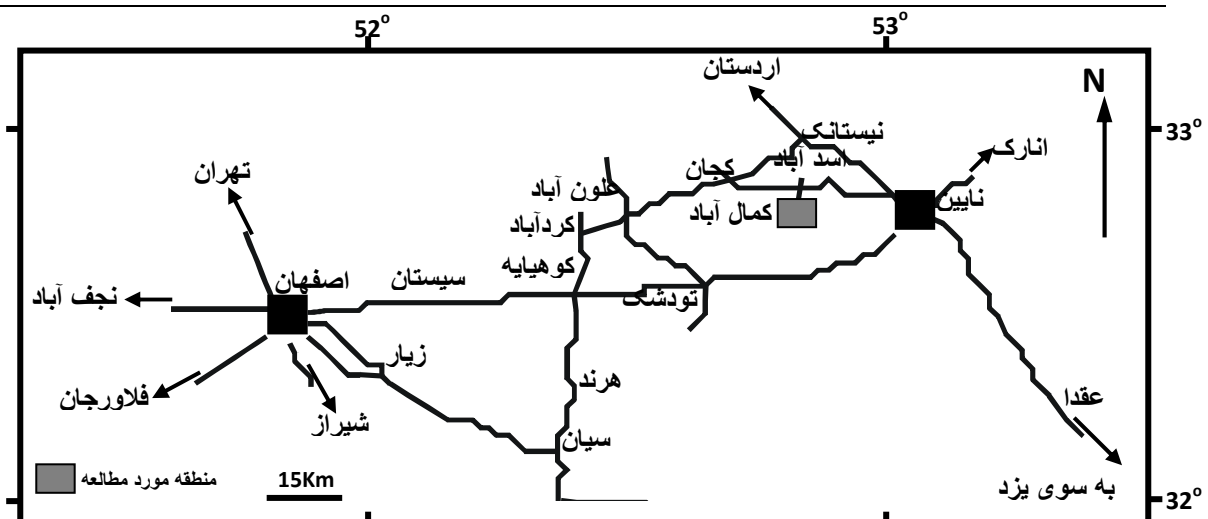
روش مطالعه

پس از بررسی های صحرایی و نمونه برداری منظم از تمام واحد های سنگی موجود در منطقه، از نمونه های برداشته شده برای مطالعات کانی شناسی برش نازک تهیه گردید. آنالیز شیمیایی سنگ‌ها با روش فعال سازی نوترونی دستگاهی^۱ (مرکز تحقیقات و تولیـد سوخت هسته‌ای اصفهان) انجام انجام گرفته است (جدول ۱). در این روش آنالیز آهن به صورت آهن (III) یعنی Fe_2O_3 گزارش می شود، لذا جهت تفکیک FeO و Fe_2O_3 از روش میدل موسست [۱۲] استفاده گردید. تقسیم‌بندی سنگ‌ها با نرم‌افزار نیوپت انجام پذیرفته است.

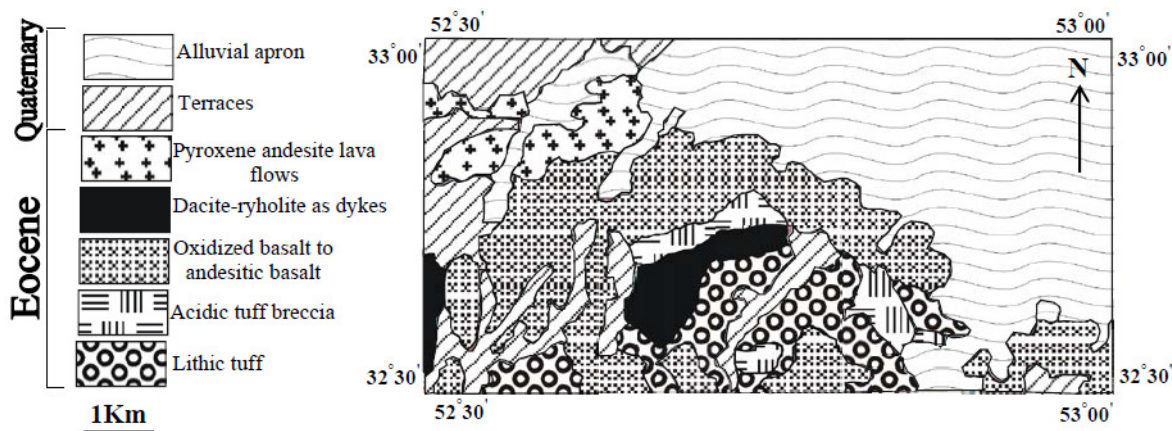
¹ Instrumental Neutron Activation Analyser

جدول ۱- نتایج آنالیز شیمیایی سنگ های آتشفشانی، توف ها و دایک موجود در منطقه

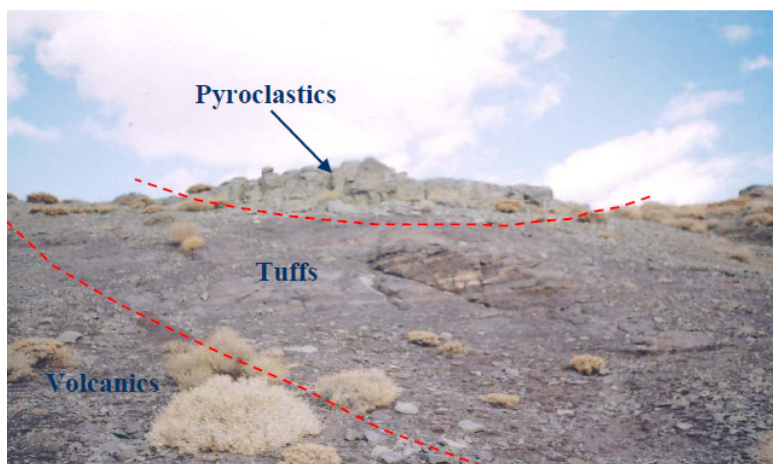
شماره نمونه	۹	۱۰	۱۴	۱۵	۱۶	۱۷	۱۹	۲۰	۲۴	۲۵
نام سنگ	بازالت آندزیتی	آندزیت	دایک	آندزیت بازالتی	بازالت آندزیتی	توف	بازالت آندزیتی	آندزیت	توف	بازالت آندزیتی
(wt%) SiO ₂	۵۵/۵۴	۶۵/۵۵	۷۶/۸۳	۵۸/۷۴	۵۶/۱۸	۶۹/۶۹	۵۶/۴۱	۶۲/۲۵	۶۹/۰۴	۵۵/۰۸
TiO ₂	۰/۹۰	۱/۰۳	۰/۲۵	۰/۷۶	۱/۲۳	۰/۷۷	۱/۲۲	۰/۹۵	۰/۵۳	۱/۱۱
Al ₂ O ₃	۱۸/۰۰	۷/۹۵	۱۱/۹۰	۱۷/۲۸	۱۷/۲۷	۱۵/۴۸	۱۸/۹۰	۱۶/۵۳	۱۰/۹۳	۱۹/۱۵
Fe ₂ O ₃ *	۱۰/۷۱	۱۱/۲۳	۴/۲۹	۹/۸۹	۱۱/۱۶	۳/۶۶	۹/۸۲	۹/۲۹	۷/۳۱	۱۰/۱۲
MnO	۰/۲۳	۰/۱۹	۰/۰۴	۰/۱۵	۰/۱۹	۰/۱۳	۰/۲۵	۰/۱۳	۰/۰۸	۰/۲۳
MgO	۳/۴۹	۳/۰۴	۱/۰۰	۲/۴۷	۲/۷۳	۱/۹۲	۳/۷۲	۱/۶۰	۱/۰۶	۳/۳۲
CaO	۶/۵۵	۶/۵۰	۲/۶۸	۶/۳۸	۶/۷۰	۴/۷۳	۴/۹۹	۵/۳۲	۶/۵۴	۶/۵۹
Na ₂ O	۲/۹۱	۲/۹۲	۱/۸۰	۳/۰۱	۲/۹۰	۱/۵۲	۳/۱۱	۲/۷۲	۳/۱۵	۳/۳۲
K ₂ O	۱/۶۷	۱/۵۷	۱/۲۱	۱/۳۲	۱/۶۵	۲/۱۱	۱/۵۷	۱/۲۰	۱/۳۶	۱/۰۷
LOI	۱/۷۳	۱/۴۰	۰/۹۱	۱/۳۲	۰/۹۷	۲/۳۴	۱/۷۱	۱/۹۰	۲/۴۷	۱/۱۲
Cr (ppm)	۱۹۴	۴۲۸	۵۲۰	۱۹۷	۲۱۷	۱۶۵	۳۲۹	۳۳۰	۲۷۳	۱۷۶
Ni	۰	۰	۲۷۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
Co	۳۱	۳۱	۷	۳۱	۳۱	۸	۲۶	۲۰	۱۶	۲۶
Sc	۴۱	۴۲	۱۲	۳۵	۴۱	۱۱	۳۵	۳۱	۲۴	۳۷
V	۳۱۳	۳۲۲	۵۷	۲۵۱	۳۳۱	۶۰	۲۷۳	۲۶۱	۳۲	۳۰۱
Zn	۱۱۲	۴۶	۳۶	۸۵	۵۰	۳۰	۱۱۲	۸۲	۵۷	۶۹
Mo	۰	۱۱/۳۶	۱۴/۱۳	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
As	۰	۲/۵۴	۱۷/۱۶	۲/۵۳	۲/۹۶	۵۱/۲۰	۲/۵۱	۱۰/۱۹	۱۳۵/۳۳	۲/۰۲
Rb	۴۸	۲۴	۵۸	۲۲	۲۵	۱۱۲	۴۶	۲۲	۱۹	۲۲
Cs	۰	۰	۲/۴۵	۰	۰	۱۳/۸۶	۰	۲/۲۸	۰	۰
Ba	۴۱۸	۳۴۳	۴۰۰	۳۸۷	۳۸۹	۳۲۲	۳۵۸	۳۴۷	۵۰۵	۳۷۰
Sr	۴۲۷	۴۳۱	۳۳۳۱	۳۹۳	۴۴۰	۲۰۴۸	۷۱۸	۵۸۱	۳۱۷۸	۳۹۴
Ta	۰/۴۶	۰/۶۵	۰/۶۱	۰/۶۰	۰/۶۶	۰/۵۰	۰/۵۹	۰/۵۸	۰/۵۶	۰/۶۰
Hf	۲/۱۸	۱/۹۱	۳/۷۵	۲/۲۹	۱/۹۲	۳/۵۹	۲/۶۵	۲/۳۵	۲/۶۰	۲/۱۸
Th	۳/۲۷	۲/۹۲	۸/۳۹	۳/۴۸	۲/۸۷	۶/۵۹	۳/۴۵	۲/۸۷	۵/۸۰	۳/۴۴
U	۱/۰۲	۱/۰۱	۲/۱۲	۱/۰۱	۱/۸۲	۱/۳۷	۱/۶۳	۱/۴۳	۱/۵۴	۱/۶۲
La	۱۵/۴۵	۱۴/۹۵	۱۷/۸۱	۱۴/۸۱	۱۵/۱۵	۱۹/۲۸	۱۷/۱۹	۱۵/۶۳	۱۷/۹۴	۱۶/۳۱
Ce	۲۷/۴۲	۲۵/۶۷	۳۹/۶۶	۲۴/۹۱	۲۵/۳۴	۳۲/۵۱	۲۹/۳۹	۲۳/۵۶	۳۱/۰۶	۲۸/۰۲
Nd	۱۲/۸۴	۱۳/۱۹	۲۱/۲۴	۱۷/۰۸	۲۰/۲۵	۲۰/۵۹	۱۲/۲۱	۱۱/۲۱	۱۲/۳۰	۱۲/۱۴
Sm	۳/۸۵	۳/۹۴	۴/۴۴	۳/۸۴	۳/۸۵	۳/۶۹	۴/۱۴	۳/۵۵	۳/۹۱	۴/۱۶
Eu	۱/۱۳	۱/۱۶	۱/۰۷	۱/۲۱	۱/۱۲	۰/۹۳	۱/۱۰	۰/۹۴	۱/۰۴	۱/۲۰
Tb	۰/۵۹	۰/۵۹	۰/۷۹	۰/۷۶	۰/۵۲	۰/۴۷	۱/۰۴	۰/۵۰	۰/۶۰	۰/۵۷
Dy	۴/۳۰	۳/۷۴	۳/۷۵	۳/۷۰	۳/۵۹	۴/۲۸	۳/۷۵	۴/۰۵	۴/۳۱	۵/۸۳
Tm	۰/۸۶	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
Yb	۲/۴۹	۲/۴۶	۲/۵۲	۲/۰۱	۲/۱۷	۱/۹۸	۱/۸۸	۱/۶۹	۲/۳۸	۱/۹۳



شکل ۱- نقشه راه‌های دسترسی به منطقه‌ی مورد مطالعه



شکل ۲ - نقشه ساده شده زمین شناسی منطقه‌ی مورد مطالعه



شکل ۳ - نمای عمومی منطقه مطالعه، توف ها و سنگ های آذرآواری که بر روی سنگ‌های آتشفشانی قرار گرفته اند.

زمین شناسی عمومی و مطالعات صحرایی

این منطقه در ۱۱۰ کیلومتری شمال شرق اصفهان، ۲۰ کیلومتری غرب ناین (شکل ۱) و بین طول جغرافیایی $۳۲^{\circ}۳۰' - ۳۳^{\circ}۰۰'$ شرقی و عرض $۳۲^{\circ}۳۰' - ۳۳^{\circ}۰۰'$ شمالی واقع شده است (شکل ۲). سنگ‌های آتشفشانی ائوسن موجود در منطقه توسط سنگ های آذرآواری پوشانده شده (شکل ۳) و تعدادی دایک این سنگ های ولکانیک را قطع کرده‌اند که جنس دایک‌ها در محدوده-ی داسیت تا ریولیت است.

عده‌ای از پژوهشگران مانند [۸]، ماگماتیسیم در این ناحیه را در ارتباط با ریفت های درون قاره ای دانسته‌اند و برخی دیگر [۷] فرورانش لیتوسفر اقیانوسی نئوتیس به زیر ایران مرکزی را دلیلی برای رخداد ماگماتیسیم در این زون می‌دانند. از مطالعات صورت گرفته در مناطق هم‌جوار این پژوهش می‌توان به مطالعات انجام شده توسط منصوری [۵] و خدای [۳] اشاره نمود. بطور کلی منطقه‌ی مورد نظر تا کنون به صورت تفصیلی از لحاظ سنگ شناسی، کانی شناسی و ژئوشیمیایی مورد بررسی قرار نگرفته است و همین امر اهمیت مطالعه و پژوهش در این منطقه را نشان می‌دهد [۲].

مطالعات کانی شناسی

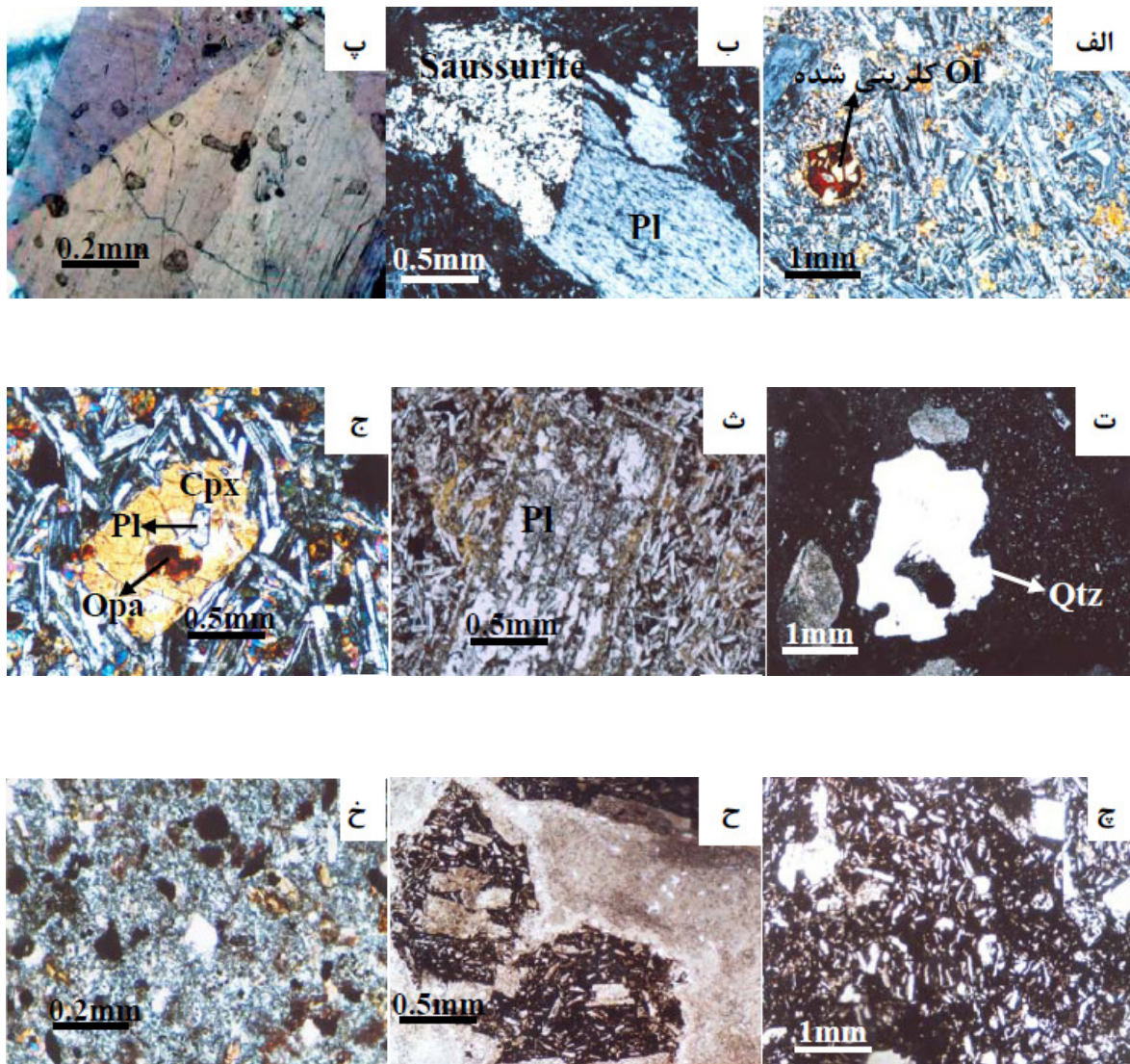
بررسی ترکیب کانی شناسی سنگ های این منطقه نشان می‌دهد که این سنگ ها عمدتاً از نوع بازالت اولیوین دار، بازالت و بازالت آندزیتی هستند. این مساله نشان می‌دهد که تنوع سنگ شناسی زیادی در منطقه وجود نداشته و در ماگمای سازنده‌ی این سنگ ها تفریق گسترده‌ای صورت نگرفته و خیلی سریع به سمت بالا حرکت کرده است. کانی های اصلی تشکیل دهنده‌ی این سنگ ها شامل پلاژیوکلاز کلسیک، کلینوپیروکسن، اولیوین و کانی های کدر می باشد. در بسیاری از برش-های میکروسکوپی مربوط به نمونه های منطقه اولیوین ها کلریتی شده (شکل ۴الف)، پلاژیوکلازها سوسوریتی (شکل ۴ب) و در تعداد کمی از آنها کلینوپیروکسن ها

به آمفیبول (شکل ۴پ) تبدیل شده اند. بافت این سنگ ها از نوع پورفیری و میکرولیتی پورفیری می باشد (شکل ۴الف). وجود خوردگی خلیجی در کوارتز موجود در قطعات تشکیل دهنده‌ی آذرآواری ها (شکل ۴ت) و دیده شدن بافت غربالی در پلاژیوکلاز و در کلینوپیروکسن موجود در بازالت های منطقه (شکل های ۴ث و ج) نشانه‌ی کاهش ناگهانی فشار در زمان فوران است. وجود پلاژیوکلازهای سوزنی متجمع با هم در نمونه سنگ های آذرآواری منطقه (شکل ۴چ) نشان دهنده‌ی بالا بودن درجه‌ی افت ناگهانی دمای^۱ ماگما است یعنی ماگما یک سردشدگی (کاهش دمای) سریع را متحمل شده است [۶].

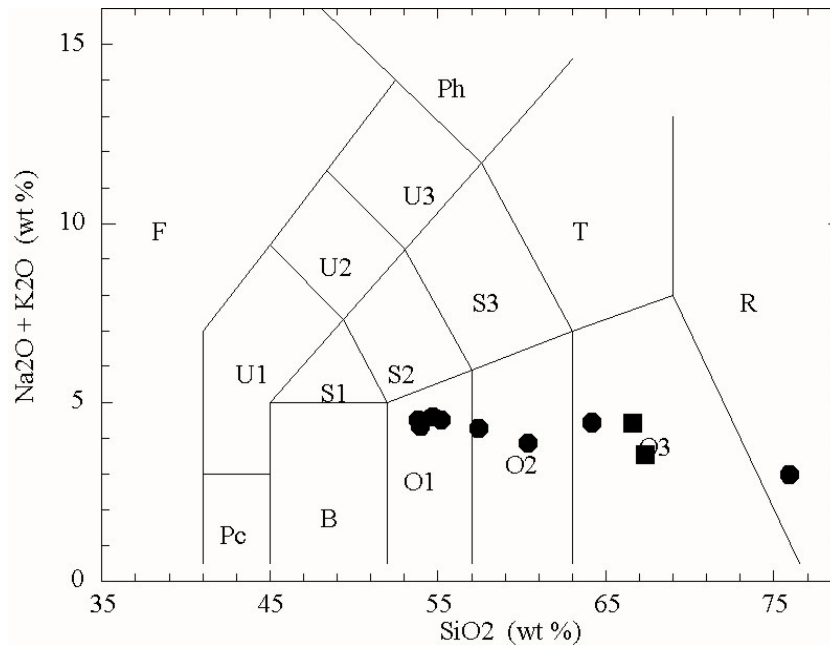
مطالعات میکروسکوپی نشان می‌دهد که در داخل سنگ های آتشفشانی منطقه، زنولیت وجود دارد که اکثر آنها از نظر کانی شناسی مشابه سنگ‌های آتشفشانی منطقه بوده و در حد بازالت و بازالت آندزیتی هستند (شکل ۴ح). هم چنین تعدادی زنولیت اسیدی در سنگ های آذرآواری منطقه دیده شده که طبق شواهد صحرایی قدیمی‌تر از سنگ های بازیک مورد بررسی می‌باشند. بنابراین شواهد نشان می‌دهند که یک ولکانیسم اسیدی پیش از ولکانیسم بازیک در منطقه به رخ داده است.

از طرف دیگر، جنس دایک هایی که در مرحله بعدی در سنگ های منطقه نفوذ کرده‌اند در حد داسیت تا ریولیت می‌باشد (شکل ۴خ)، این مساله نشان می‌دهد که یک ولکانیسم اسیدی نیز پس از ولکانیسم بازیک در منطقه بوجود آمده است. این شواهد نشان می‌دهند که در این منطقه تناوبی از ماگماتیسیم اسیدی و بازیک رخ داده است.

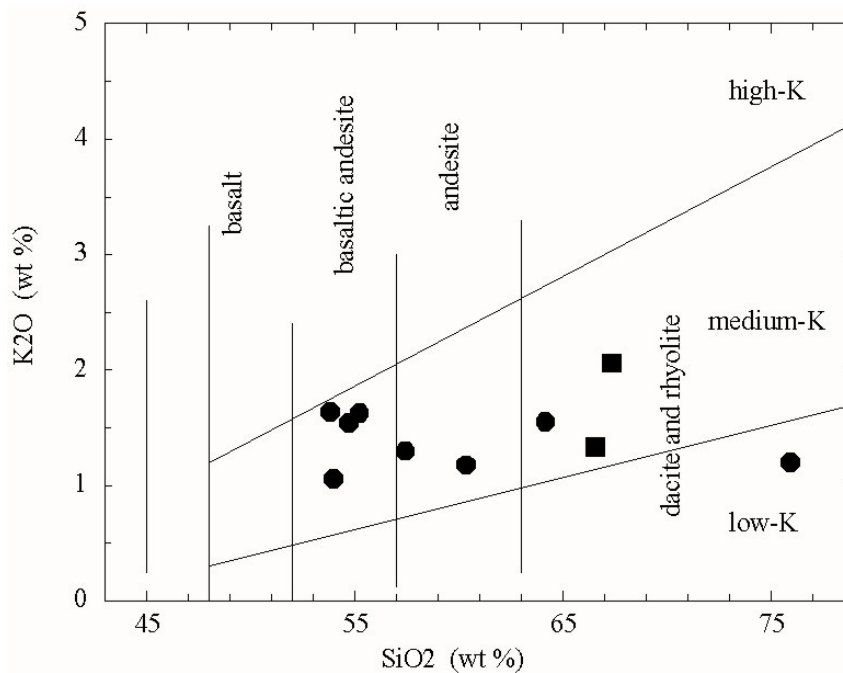
¹ Undercooling



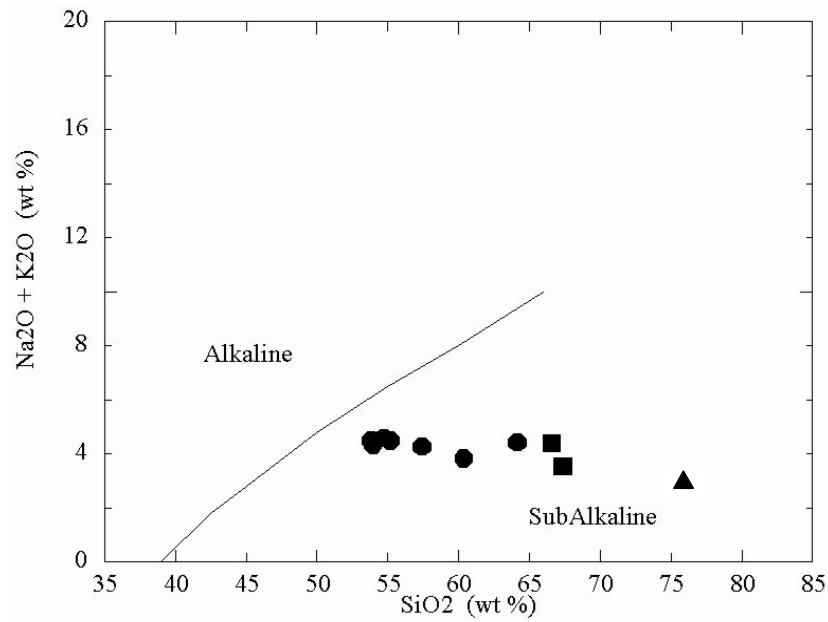
شکل ۴ الف) نمایش بافت کلی و اولیوین کلریتی شده در بازالت، (XPL) ب) (سوسوریتی شدن پلاژیوکلازهای کلسیک، (XPL) ج) (PPL) ث) (پلاژیوکلاز با بافت غربالی، (XPL) ت) (کوارتز با خوردگی خلیجی، (XPL) تبدیل کلینوپیروکسن به آمفیبول ح) (زنولیت‌های بازیک موجود در سنگ‌های منطقه، (XPL) چ) (پلاژیوکلازهای سوزنی شکل، (XPL) کلینوپیروکسن با بافت غربالی، (XPL) و خ) (دایک اسیدی (PPL)



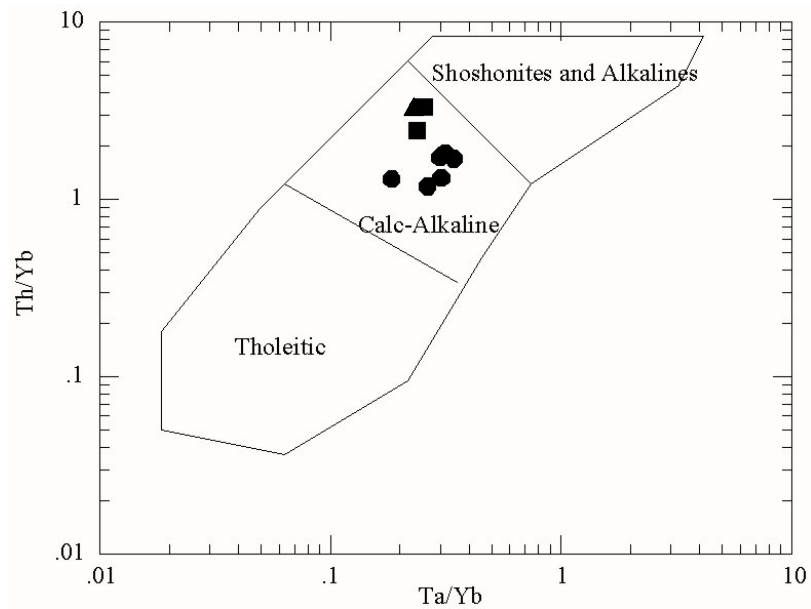
شکل ۵) تقسیم بندی سنگ های آتشفشانی بر اساس مجموع آلکالی در برابر حسب سیلیس [۱۰]. محدوده ها عبارتند از: R: ریولیت، T: تراکیت، S1: تراکی بازالت، S2: تراکی آندزی بازالت، S3: تراکی آندزیت، O1: بازالت آندزیتی، O2: آندزیت، O3: داسیت، U1: تفریت و بازانیت، U2: تفریت فنولیتی، U3: فنولیت تفریتی، Ph: فنولیت، F: فوئیدیت، Pc: پیکریت (ولکانیک ها با دایره توپر، توف ها با مربع توپر و دایک با مثلث توپر نشان داده شده است).



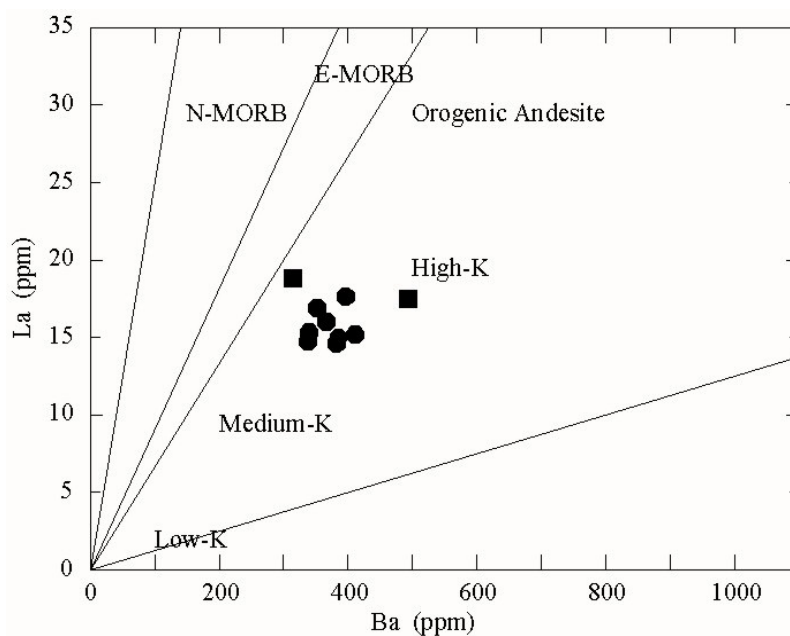
شکل ۶- نمودار K_2O-SiO_2 برای تقسیم بندی سنگ های آتشفشانی [۱۰].



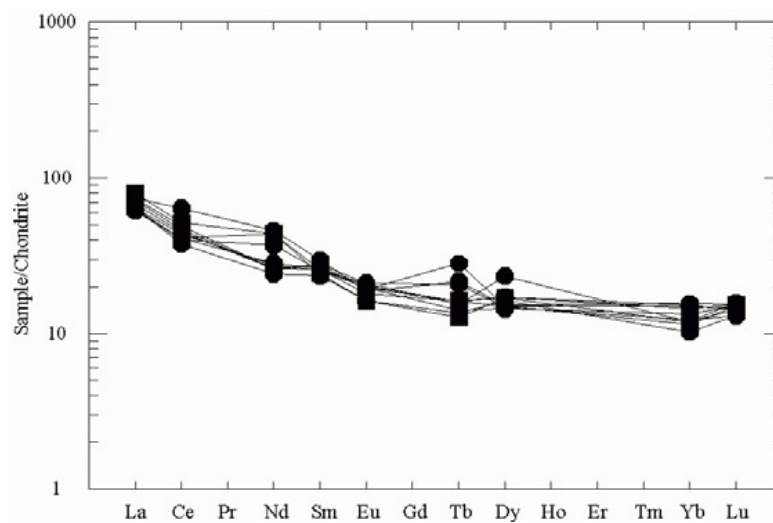
شکل ۷- نمودار تاس (Total Alkali versus Silica = TAS) [۱۱].



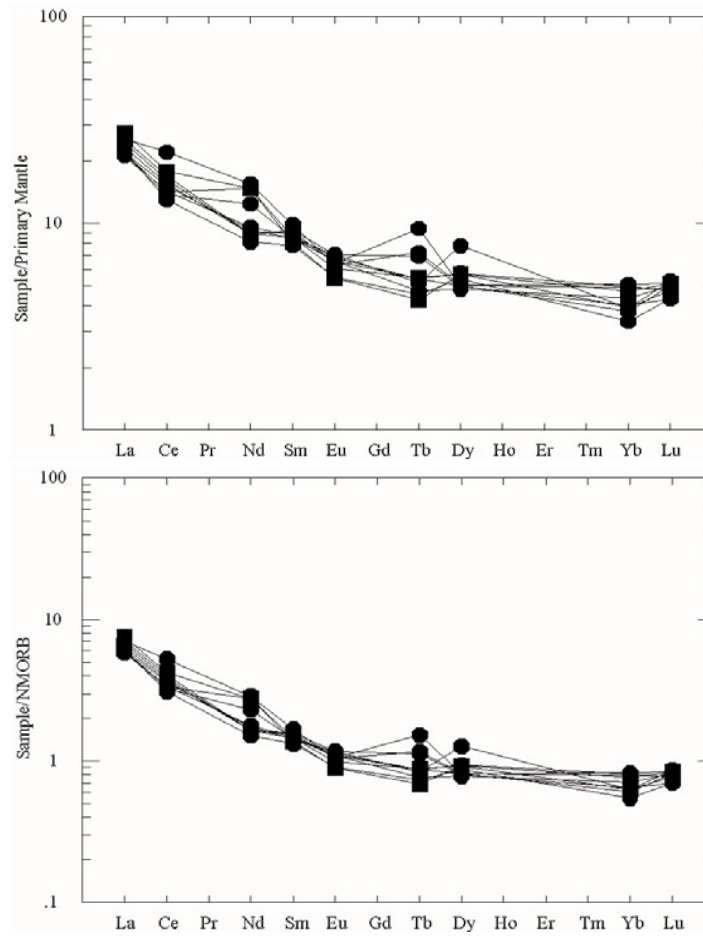
شکل ۸- نمودار تفکیک سنگ های آذرین تولییتی، کالک آلکان و شوشونیت ها با استفاده از نسبت های Ta/Yb و Th/Yb [۱۲].



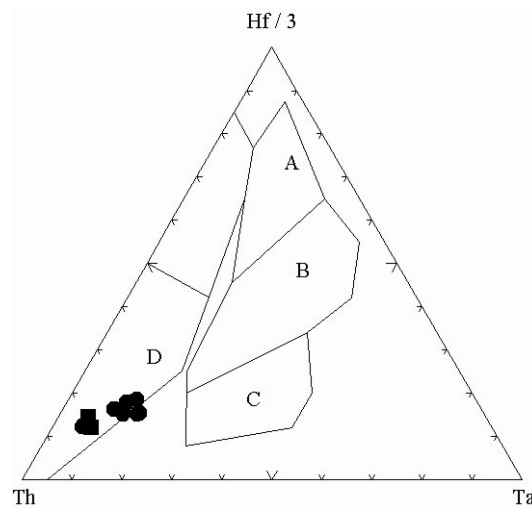
شکل ۹- نمودار تفکیک آندزیت های کوهزایی از انواع غیر کوهزایی و طبقه بندی آنها بر اساس محتوای La و Ba [۱۳].



شکل ۱۰- نمودار عنکبوتی نرمالیزه با کاندزیت (A)، نرمالیزه با مورب (B) و نرمالیزه با گوشته اولیه (C).



شکل ۱۰- ادامه



شکل ۱۱- نمودار متمایز کننده بازالت‌ها [۱۴] بر اساس متغیرهای Ta-Th-Hf/3

مطالعات ژئوشیمیایی

۷ نمونه از سنگ های اصلی منطقه، ۲ نمونه از توف ها و ۱ نمونه از دایک موجود در منطقه به روش فعال سازی نوترونی دستگاهی (I.N.A.A.) آنالیز گردیدند که نتایج آنها در جدول ۱ آورده شده است.

۱- نام گذاری سنگ های آتشفشانی بر اساس نسبت مجموع آلکالی در مقابل SiO_2

این تقسیم بندی که از مفیدترین روش های تقسیم بندی سنگ های آتشفشانی است، بر اساس اکسید های SiO_2 ، K_2O و Na_2O انجام می شود [۱۱]. علت انتخاب این سه اکسید به این خاطر است که مقدار آنها، کمیت و کیفیت کانی های فلسیک سنگ را نشان می دهد (شکل ۵). بر مبنای این تقسیم بندی ولکانیک های منطقه در محدوده ی بازالت آندزیتی و آندزیت، توف ها در محدوده ی داسیت و دایک های منطقه در محدوده ی ریولیت قرار می گیرند. این تقسیم بندی مطالعات کانی شناسی را تایید می کند.

۲- تقسیم بندی سنگ های آتشفشانی به کمک نمودار K_2O در مقابل SiO_2

همان طور که در شکل ۶ مشخص است ولکانیک ها طبق این تقسیم بندی نیز در محدوده ی بازالت آندزیتی و آندزیت، توف ها در محدوده ی داسیت و دایک ها در محدوده ی ریولیت قرار می گیرند. در این شکل علاوه بر تقسیم بندی و نام گذاری نمونه ها، می توان وضعیت پتاسیم آنها را نیز بررسی نمود. در مجموع، نمونه های آنالیز شده از نظر میزان K ، در محدوده ی متوسط قرار گرفته و فقط دایک اسیدی است که در محدوده ی کم پتاسیم قرار می گیرد.

۳- تعیین سری ماگمایی با استفاده از نمودارهای Ta/Yb-Th/Yb و $\text{SiO}_2\text{-Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$

در شکل ۷، بر اساس مقادیر آلکالی و سیلیس می توان دو سری ماگمایی آلکالن و ساب آلکالن را از هم تفکیک نمود [۱۰]. همان طور که در شکل ۷ نشان داده شده تمامی نمونه های منطقه در محدوده ی ساب آلکالن قرار می گیرند.

با استفاده از نمودار Ta/Yb-Th/Yb (شکل ۸) می توان سری های کالک آلکالن، شوشونیتی و تولییتی را از هم تفکیک نمود [۱] و مزیت آن این است که از نسبت عناصر غیر متحرک در آن استفاده شده است. طبق این نمودار تمامی نمونه های آنالیز شده در محدوده ی کالک آلکالن قرار می گیرند.

تفکیک نمونه های کوهزایی از غیر کوهزایی با استفاده از نمودار La در مقابل Ba (شکل ۹) نشان می دهد که تمام نمونه ها در محدوده ی آندزیت های کوهزایی واقع می شوند [۹]. این شواهد نشان می دهند که بازالت های مورد مطالعه بازالت هایی کوهزایی و با ماهیت کالک آلکالن هستند.

۴- بررسی نمودار های عنکبوتی عناصر نادر خاکی که نسبت به کندریت، مورب و گوشته اولیه نرمالیزه شده اند در شکل ۱۰ (A، B و C) آورده شده اند. با توجه به روند نمونه ها روی این نمودارها، می توان دریافت که عناصر نادر خاکی سبک نسبت به انواع سنگین تر در ماگمای مولد سنگ های منطقه سازگارتر بوده است. در کل عناصر نادر خاکی سبک نسبت به کندریت، مورب و گوشته اولیه غنی شدگی نشان داده و عناصر نادر خاکی سنگین نیز تنها در مقایسه به مورب اندکی فقیرتر هستند. این ویژگی ها نشان می دهد که ماگما ممکن است از ذوب بخشی گوشته حاصل شده باشد، چرا که ماگمای حاصل از ذوب بخشی از عناصر ناسازگار غنی می شود و غنی شدگی این عناصر در ماگمای حاصل از ذوب بخشی سنگ والد بیشتر از خود سنگ والد است.

تعیین محیط ژئوتکتونیکی سنگ های منطقه با

استفاده از نمودار Ta-Th-Hf/3

شکل ۱۱ یک نمودار ژئوتکتونیکی متمایز کننده بر اساس عناصر HFS متحرک (Ta-Th-Hf) می باشد [۱۴]. در این نمودار محدوده ی A شامل مورب نوع N، محدوده ی B شامل مورب نوع E و بازالت های تولییتی درون صفحه ای است. آلکالی بازالت های درون

۷- از نظر سری ماگمایی بازالت‌های منطقه از نوع سری ماگمایی کالک آلکالن هستند.

منابع

[۱] امینی، ب. و امینی چهرق، م ر (۱۳۸۰) نقشه زمین‌شناسی ۱/۱۰۰،۰۰۰/کجان، برگه شماره ۶۵۵۵، انتشارات معادن و فلزات، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.

[۲] خدای، م (۱۳۷۷) بررسی پترولوژیکی سنگ‌های آتشفشانی شمال باتلاق گاوخونی، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، گروه زمین‌شناسی، دانشگاه اصفهان، ۱۷۰ ص.

[۳] جوانمردی، م (۱۳۸۶) مطالعه دگرگونی درجه بسیار پایین سنگ‌های ولکانیک شمال شرق کوهپایه (استان اصفهان)، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، گروه زمین‌شناسی، دانشگاه اصفهان، ۱۲۰ ص.

[۴] درویش زاده، ع (۱۳۸۲) زمین‌شناسی ایران، چاپ سوم، انتشارات امیرکبیر، ۹۰۱ ص.

[۵] منصوری، م (۱۳۷۷) بررسی زمین‌شناسی و پترولوژی توده‌های نفوذی گجد، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، گروه زمین‌شناسی، دانشگاه اصفهان، ۲۴۷ ص.

[6] Barker, D. (1983) *Igneous rocks*, Prentic-Hall, 417 p.

[7] Berberian, M. and King, G.C.P. (1981) *Toward a paleogeography and tectonic evolution of Iran*, Can. J. Earth Sci., 18, 210-265.

[8] Emami, M.H. (1981) *Geologie de la r'gion de Qom-Aran (Iran): Contribution a l'e'tude dynamique et ge'ochimique du Volcanisme Tertiaire de l' Iran Central: Ph.D., Th'ese, Univ., Grenoble France, 489 p.*

[9] Gill, J.B. (1981) *Orogenic andesites and plate tectonics*, Springer-Verlag, Berlin, 389 p.

صفحه ای در محدوده‌ی C و بازالت‌های قوس آتشفشانی و زون برخورد در محدوده‌ی D قرار گرفته اند. تمام نمونه‌های آنالیز شده در محدوده‌ی D (بازالت‌های قوس آتشفشانی و زون برخورد) قرار می‌گیرند (شکل ۱۱).

نتیجه‌گیری

۱- ولکانیک‌های ائوسن کمال‌آباد واقع در غرب نایین که بیشتر از نوع بازالت اولیوین دار، بازالت و بازالت آندزیتی هستند توسط سنگ‌های آذرآواری پوشانده می‌شوند. تعدادی دایک این سنگ‌های ولکانیک را قطع کرده‌اند که جنس دایک‌ها در محدوده‌ی داسیت تاریولیت است.

۲- زونولیت‌های مشاهده شده در ولکانیک‌های منطقه دارای ترکیبی شبیه به ولکانیک‌ها می‌باشند.

۳- وجود تعدادی زونولیت اسیدی در سنگ‌های آذرآواری منطقه نشان دهنده‌ی وقوع ماگماتیسیم اسیدی قبل از ماگماتیسیم بازیک در منطقه می‌باشد. هم‌چنین نفوذ دایک‌های اسیدی به داخل سنگ‌های این منطقه نشان دهنده‌ی وقوع یک ولکانیسیم اسیدی بعد از ولکانیسیم بازیک می‌باشد، بنابراین در منطقه تناوبی از ماگماتیسیم اسیدی و بازیک وجود داشته است.

۴- مطالعات ژئوشیمیایی کل سنگ‌نشان می‌دهد که سنگ‌های اصلی تشکیل دهنده‌ی منطقه اکثراً از نوع بازالت آندزیتی هستند.

۵- به کمک بررسی نمودارهای عنکبوتی می‌توان گفت که ماگمای اولیه از ذوب بخشی گوشته حاصل شده است.

۶- بازالت‌های منطقه در محدوده‌ی تکتونیکی بازالت‌های قوس آتشفشانی و زون برخورد قرار می‌گیرند. بنابراین این بازالت‌ها حاصل کوهزایی و با ماهیت کالک آلکالن هستند که در یک محیط کمان‌ماگمایی فوران کرده‌اند.

- [13] Pearce, J.A. (1983) Role of the sub-continental lithosphere in magma genesis at active continental margins, In: Hawkesworth, C.J. and Norry, M.J. (eds.) Continental basalts and mantle xenoliths. Shivas, Nantwich, 230-249.
- [14] Wood, D.A. (1980) The application of a Th-Hf-Ta diagram to problems of tectonomagmatic classification and to establishing the nature of crustal contamination of basaltic lavas of the British Tertiary volcanic province, *Earth and Planetary Science Letters*, 50, 11-30.
- [10] Irvine, T.N. and Barager W.R.A. (1971) A guide to the chemical classification of the common volcanic rocks, *Can. Jour. Earth Sci.*, 8, 523-548.
- [11] Le Maitre, R.W., Bateman, P., Dudek, A., Keller, J., Lameyre Le bas, M.J., Sabaine, P.A., Schmid, R., Sorensen, H., Streckeisen, A., Woolly, A.R. and Zanettin, B., (1989) A classification of igneous rocks and glossary of term, Blackwell, Oxford, 195 p.
- [12] Middlemost, E.A.K. (1989) Iron oxidation ratios, norms and the classification of volcanic rocks, *Chem. Geo.*, 77, 19-26.