



مطالعه پتروگرافی، ژئوشیمی و تعیین سری ماگمایی سنگ های آتشفشانی منطقه زایلیک، آذربایجان شرقی

ابوالفضل حسن زاده کولانی^۱، سمیه بهارلوئی یانچشمه^{۲*}

۱- کارشناسی ارشد اکتشاف معدن، گروه مهندسی معدن، واحد اهر، دانشگاه آزاد اسلامی، اهر، ایران

Email: abolfazlhasanzadeh1@yahoo.com

۲- استادیار، گروه زمین شناسی، واحد اهر، دانشگاه آزاد اسلامی، اهر، ایران

Email: somayehbaharlouie@gmail.com

چکیده

منطقه زایلیک در ۲۵ کیلومتری جنوب شرق شهرستان اهر، استان آذربایجان شرقی واقع شده است. این منطقه به عنوان بخشی از کمان ماگمایی ترشیری البرز غربی- قفقاز کوچک از زون ارسباران شامل مجموعه‌ای از سنگ‌های آتشفشانی ائوسن بالایی با ترکیب حدواسط تا اسیدی است که بر طبق مطالعات انجام گرفته، ریولیت، ریوداسیت، آندزیت، آندزی بازالت و تراکی آندزیت عمده سنگ های تشکیل دهنده منطقه می باشند. در بررسی های صحرایی، واحد لیتیک توف آندزیتی، حجم وسیعی از منطقه را شامل می شود به طوری که می توان آن را به عنوان زمینه‌ی سنگی محدوده‌ی مورد مطالعه در نظر گرفت که بقیه‌ی واحدها را در بر گرفته است. نمودارهای دوتایی برخی از عناصر اصلی در برابر سیلیس ترسیم شده است. بررسی روند تغییرات فراوانی این عناصر، نشان دهنده روند کاهش MgO ، P_2O_5 ، FeO_t و CaO می باشد که به نظر می رسد روند نزولی اکسیدهای منیزیم، آهن و تیتانیوم بیانگر مصرف این ترکیبات در کانی‌های قرومنیزین مثل بیوتیت، هورنبلند و کلینوپیروکسن بوده باشد. بر اساس نمودارهای تعیین سری ماگمایی، نمونه های مورد مطالعه در حوالی محدوده سری کالک آلکالن و سری کالک آلکالن پتاسیم بالا و در محدوده متالومینوس تا کمی پراآلومینوس قرار می گیرند.

واژه‌های کلیدی

پتروگرافی، ژئوشیمی، سنگ های آتشفشانی، زایلیک، آذربایجان شرقی

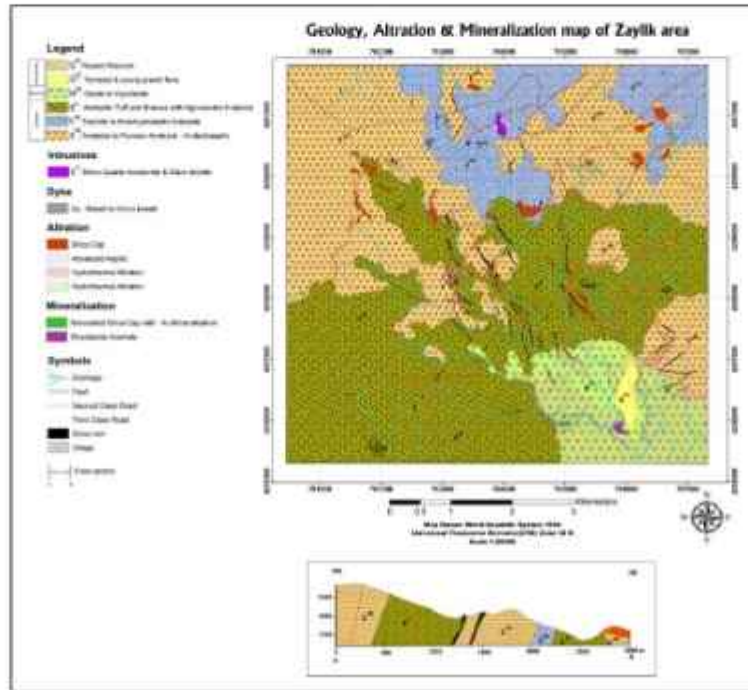


۱- مقدمه

محدوده مورد مطالعه بر روی نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰ زمین شناسی اهر، با طول جغرافیایی ۴۷ درجه و ۱۵ دقیقه تا ۴۷ درجه و ۳۰ دقیقه و عرض جغرافیایی ۳۸ درجه و ۱۵ دقیقه تا ۳۸ درجه و ۳۰ دقیقه، در ۲۵ کیلومتری جنوب شرق شهرستان اهر، استان آذربایجان شرقی واقع شده است. این منطقه بخشی از کمان ماگمایی تشریری البرز غربی- قفقاز کوچک از زون ارسباران است که از نظر زمین شناسی شامل رخنمون های اتوسن قابل تفکیک به دو دسته عمده آذراواری و گدازه ای می باشد. به طور کلی، بخش وسیعی از آذربایجان در اوایل پالئوژن تحت تاثیر فاز پیرنه چین عموده است. این ناآرامی تکتونیکی با فعالیت شدید ماگمایی بصورت گدازه و سنگهای آذراواری همراه بوده بطوری که بخش وسیعی از آذربایجان از بروزهای اتوسن پوشیده شده است [۱]. به اعتقاد علوی [۲] و عزیزی و همکاران [۳]، تشکیل کمان ماگمایی البرز- آذربایجان در نتیجه فرورانش حوضه اقیانوسی نموی- زنگان بوده است. این در حالی است که مزید [۴] معتقد است ماگماتیسم تشریری البرز یاختری- آذربایجان، حاصل فعالیت های بعد از برخورد دو پوسته قاره ای صفحه عربی با ایران مرکزی بوده است. نهشته های مورد مطالعه شامل دو ترم عمده حدواسط و اسیدی هستند و نهشته های مافیک در محدوده مورد مطالعه حجم کمتری را در بر می گیرد. از نظر دگرسانی این محدوده عمدتاً شامل دگرسانی های آرژلیک پیشرفته در جنوب محدوده مورد مطالعه، دگرسانی های اطراف رگه های هیدروترمال و دگرسانی های سیلیسی است. از آن جایی که مطالعات اولیه در منطقه برای تعیین پتانسیل کانه زایی یا موقعیت تکتونیکی، ژئوشیمی و ویژگی های قیزیکی و شیمیایی سیال کانه ساز مرتبط است، بدین منظور محققان بسیاری در حوزه زمین شناسی و مهندسی معدن به دنبال پیدا کردن رابطه بین توده های سنگ میزبان و ذخایر ماگمایی هستند. از جمله تحقیقاتی که در این ناحیه صورت گرفته است مربوط به مطالعات پراکنده ای از پی جویی و بررسی های سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور در سال ۱۳۸۱ طی پروژه ای در راستای اکتشاف مس و طلا در پورفیری زون ارسباران بوده [۵] و در سال ۱۳۹۴ نیز بررسی های اکتشافی با هدف اکتشاف طلا از رگه های هیدروترمال و دگرسان شده سیلیسی توسط شرکت صبا مهن در منطقه انجام شده است [۶]. لذا این مطالعه قصد دارد با پی بردن به ویژگی های پترولوژیکی و ژئوشیمیایی سنگ های منطقه و محاسبه درصد حضور اکسیدهای عناصر اصلی و عناصر نادر خاکی (REE) در سنگ ها، نمودارهای پتروگرافی مربوط به آن ها را ترسیم و نوع و منشأ ماگما در منطقه را مشخص نماید.

۲- زمین شناسی منطقه مورد مطالعه

محدوده کانی زایی زاپلیک شامل مجموعه ای از سنگ های آتشفشانی اتوسن بالایی با ترکیب حدواسط تا اسیدی شامل آندزیت پورفیری، آندزیت بازالت، بازالت و سنگ های ریوداسیتی همراه با سنگ های آذراواری وابسته به آن (لیتیک توف با ترکیب اسیدی) می باشد (شکل ۱). این مجموعه آتشفشانی تحت تأثیر فعالیت های گرمایی ناشی از نفوذ توده های مونزونیتی و دایک های تأخیری، متحمل انواع دگرسانی های سیلیسی، قلیک، آرژلیک، آرژلیک پیشرفته و پروپلیتیک شده است. چرخه سیالات گرمایی در امتداد شکستگی ها و گسل های منطقه علاوه بر ایجاد دگرسانی، موجب نهشته شدن کانی های قلیزی و کانی سازی در این منطقه شده است.



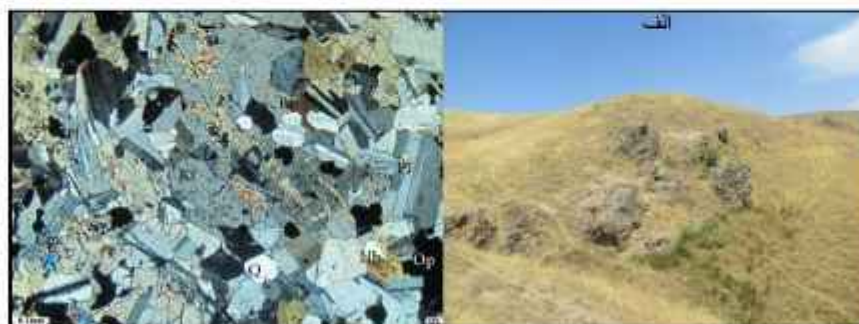
شکل ۱- نقشه زمین‌شناسی ۱:۲۰۰۰۰ تهیه شده از محدوده‌ی مورد مطالعه

۱-۲ واحدهای سنگ‌شناسی محدوده مورد مطالعه

از نقطه‌نظر چینه‌شناسی، منطقه‌ی مورد مطالعه از واحدهای مختلف شامل سنگ‌های آتشفشانی ائوسن با ترکیب لیتیک‌توف آندزیتی تا برش ولکانیکی و آگلوئرا، آندزیت تا پیروکسن آندزیت- آندزی‌بازالت، تراکیت تا تراکی آندزیت، داسیت- ریوداسیت، رسوبات کوانترتری و توده‌های نفوذی با ترکیب میگرودیوریت- کوارتزموونزیت است.

۱-۱-۲ واحد لیتیک‌توف آندزیتی - آندزیت

این واحد از گدازه‌های آتشفشانی با ترکیب لیتیک‌توف آندزیتی، برش ولکانیکی و آگلوئرا تشکیل شده است. در بررسی‌های صحرایی، این واحد سنگی حجم وسیعی از منطقه را به خود اختصاص داده است به طوری که می‌توان آن را به عنوان زمینه‌ی سنگی محدوده‌ی مورد مطالعه در نظر گرفت که بقیه‌ی واحدها را در بر گرفته است. در شکل ۲، تصویری از نمای رخمون توف آندزیتی و مقطع نازک تهیه شده از نمونه پیروکسن آندزیت نشان داده شده است.



شکل ۲- الف- نمایی دور از رخمون توف آندزیتی، ب- مقطع نازک تهیه شده از پیروکسن آندزیت



۲-۱-۲- واحد پیروکسن آندزیت

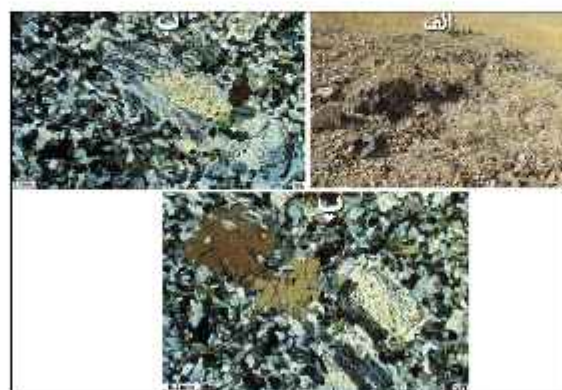
گزاره‌های آندزی بازالت به رنگ‌های خاکستری تیره تا قهوه‌ای در منطقه دیده می‌شوند. پلاژیوکلازهای موجود در این سنگ‌ها، بیش از ۸۵ درصد حجم سنگ را به خود اختصاص داده‌اند. دومین بلور قراوان در این سنگ‌ها، پیروکسن (اوزیت) است که با چشم غیرمسلح نیز دیده می‌شود. در شکل ۳، تصویری از رخنمون آندزی بازالت، نمونه دستی و مقطع نازک تهیه شده از آن نشان داده شده است.



شکل ۳- الف- نمایی دور از رخنمون آندزی بازالت. ب- نمایی نزدیک از رخنمون آندزی بازالت. پ- مقطع نازک تهیه شده از آندزی بازالت. ت- نمونه دستی از آندزی بازالت

۲-۱-۳- واحد تراکی آندزیت

این واحد سنگی به سمت شمال شرق محدوده‌ی مورد مطالعه رخنمون دارد. رنگ این واحد سنگی، سبز بوده و از ویژگی‌های بارز سنگ‌های آن، زمینه‌ی ریزبلور با بافت پورقیری است. در نمونه‌ی دستی، به رنگ خاکستری روشن تا سبز خاکستری همراه با بافت تراکیتی دیده می‌شود. فنوکریست‌های قلدسپار (پلاژیوکلاز و پتاسیم قلدسپار) به حالت کشیده با زمینه‌ی ریزدانه در آن دیده می‌شود. درمقطع میکروسکوپی بخش عمده‌ی نمونه شامل تیغه‌های قلدسپاتی کاملاً جهت‌یافته است که اکثریت آن‌ها به وسیله‌ی سرپسیت، کانی‌های رسی و کم‌تر کلسیت، جایگزین شده‌اند. در شکل ۴، نمایی از رخنمون واحد تراکی آندزیت و تصویری از مقطع نازک تهیه شده از آن آورده شده است.



شکل ۴- الف- نمایی دور از رخنمون تراکی آندزیت. ب و پ - مقاطع نازک تهیه شده از تراکی آندزیت



۲-۱-۴- واحد داسیت- ریوداسیت

بخش قابل توجهی از جنوب تا جنوب شرق محدوده‌ی مورد مطالعه را واحد اسیدی به شدت دگرسان شده با ترکیب داسیت و ریوداسیت به خود اختصاص داده است. نمونه‌های سنگی این واحد، دارای بافت پورقیری بوده که زمینه‌ی آن تا حدود قابل ملاحظه‌ای از سیلیس با رشد توأم و بافت بلورین به همراه کانی‌های سریسیت و کلریت تشکیل شده است. بلورهای فلدسپار موجود در این سنگ به طور کامل به کانی‌های رسی و سریسیت تجزیه شده‌اند. بلورهای مافیک موجود در این سنگ نیز بیشتر به کلریت تجزیه شده است. در شکل ۵، تصویری از رخنمون واحد داسیت و مقطع نازک تهیه شده از آن آمده است.



شکل ۵- الف- نمایی دور از رخنمون داسیت. ب- مقطع نازک تهیه شده از داسیت

۳- روش شناسی تحقیق

در این مطالعه، پس از بازدید صحرایی از منطقه، تعداد ۸ نمونه برای تهیه مقاطع نازک و آنالیز XRF و ۵ نمونه برای آنالیز ICP-MS برداشت شد که با توجه به اهداف کار، نمونه‌ها جهت تعیین نسبت درصد عناصر و اکسیدهای اصلی در آزمایشگاه زراژما مورد تجزیه قرار گرفتند. بحث و بررسی را در ابتدا با طبقه بندی شیمیایی سنگ‌های مورد مطالعه در نمودارهای رایج شروع کرده و در ادامه تغییرات نمودارهای عناصر اصلی و تعیین سری‌های ماگمایی مورد بررسی قرار می‌گیرند.

۴- نتایج

با توجه به نسبت درصد اکسیدهای اصلی (جدول ۱) و مقادیر عناصر قرعی و کمیاب (جدول ۲) به دست آمده از تجزیه ژئوشیمیایی نمونه‌های سنگی، ابتدا سنگ‌های منطقه بر اساس ژئوشیمی سنگ‌ها نامگذاری، سپس روند تغییرات عناصر اصلی و تحولات ماگما بررسی و نهایتاً سری‌های ماگمایی تعیین شد.

جدول ۱- نتایج تجزیه شیمیایی مقادیر اکسیدهای اصلی بر حسب درصد وزنی در نمونه‌های مورد مطالعه.

نمونه اکسیدها	Z ₁	Z ₂	Z ₃	Z ₄	Z ₅
SiO ₂	۵۶/۶۸	۵۸/۲۸	۵۲/۹۲	۷۹/۶۱	۶۲/۸۲
Al ₂ O ₃	۱۲/۶۴	۱۶/۴۰	۱۶/۵۹	۱۳/۵۰	۱۴/۵۲
BaO	۰/۱۸	۰/۰۸	۰/۰۷	۰/۰۵	۰/۰۷
CaO	۵/۸۲	۶/۳۲	۹/۴۷	۰/۱۳	۲/۹۷
Fe ₂ O ₃	۵/۳۸	۶/۲۲	۸/۵۷	۰/۶۹	۷/۵۶



K ₂ O	۵/۸۱	۱/۸۹	۱/۵۵	۳/۳۷	۲/۴۵
MgO	۱/۹۴	۳/۲۷	۴/۴۷	۰/۱۴	۲/۴۰
MnO	۰/۱۷	۰/۲۵	۰/۲۲	<۰/۰۵	۰/۱۵
Na ₂ O	۱/۸۴	۳/۲۰	۲/۲۷	۰/۱۴	۲/۶۴
P ₂ O ₅	۰/۵۹	۰/۲۸	۰/۲۳	<۰/۰۵	۰/۳۵
SO ₃	۰/۱۷	<۰/۰۵	<۰/۰۵	۰/۳۸	۰/۰۸
TiO ₂	۰/۹۲	۰/۷۷	۱/۰۱	۰/۴۷	۰/۸۴
LOI	۵/۷۹	۳/۰۲	۲/۵۷	۱/۵۰	۳/۱۳

جدول ۲- نتایج تجزیه شیمیایی مقادیر عناصر فرعی و کمیاب بر حسب قسمت در میلیون (ppm) برای نمونه‌های مورد مطالعه.

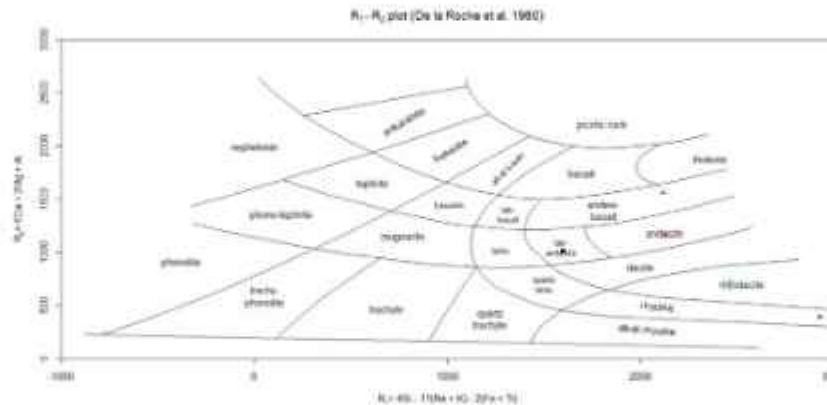
نمونه عناصر	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5
Ag	۰/۲	<۰/۱	<۰/۱	۰/۲	<۰/۱
Al	۸۰۰۷۲	۹۰۵۵۳	۹۱۵۵۷	۷۸۶۹۸	۸۳۸۴۰
As	۹/۲	۲/۶	<۰/۱	۷/۱	<۰/۱
Ba	۱۱۱۷	۷۳۴	۶۸۴	۵۲۵	۷۵۷
Be	۲/۹	۱/۳	۰/۸	۰/۴	۱/۴
Bi	<۰/۱	<۰/۱	<۰/۱	۳/۶	۰/۳
Ca	۴۲۲۲۴	۴۸۳۳۵	۷۲۵۰۹	۱۲۸۷	۲۴۵۹۷
Cd	۰/۱	۰/۲	۰/۱	<۰/۱	۰/۲
Ce	۱۲۸	۶۸	۴۵	۵۹	۵۲
Co	۲۲	۲۳	۳۰/۵	<۱	۲۰/۸
Cr	۱۲۰	۵۱	۵۶	۲۵	۷۵
Cs	۶/۳	۱	۰/۶	۳/۱	۴/۲
Cu	۴۲	۴۱	۲۳	۱۶	۳۵
Dy	۲/۸۵	۳/۱۵	۳/۴۱	۰/۹۷	۲/۸۸
Er	۱/۵۹	۲/۰۷	۲/۳۳	۱/۱	۱/۸۷
Eu	۲/۰۶	۱/۴	۱/۳۲	۰/۳۹	۰/۹۳
Fe	۳۹۸۷۹	۴۷۲۶۴	۶۰۰۹۷	۶۶۱۰	۵۶۴۰۶
Gd	۵/۱۷	۳/۸۴	۳/۸۲	۱/۲۷	۳/۵۹
Hf	۵/۲۴	۳/۶۳	۲/۷۱	۲/۷۸	۲/۴۹
In	<۰/۵	<۰/۵	<۰/۵	<۰/۵	<۰/۵
K	۴۸۷۸۷	۱۶۸۹۳	۱۳۶۱۴	۳۱۴۰۵	۲۲۳۳۲
La	۶۸	۳۶	۲۵	۳۸	۲۹
Li	۲۲	۲۹	۱۵	۲۰	۲۳
Lu	۰/۲۱	۰/۳	۰/۳۲	۰/۲	۰/۲۴
Mg	۱۴۵۷۹	>۲٪	>۲٪	۱۳۴۳	۱۵۸۶۸
Mn	۱۳۴۲	۱۵۷۸	۱۳۱۱	۳۹	۹۳۷



Mo	<0/1	0/3	0/5	1/4	1
Na	17343	27044	18895	671	22498
Nb	36/1	29/7	17/4	14/2	19/1
Nd	47/9	24/3	19/9	16/9	21/8
Ni	76	21	17	3	24
P	2276	1373	1094	222	1682
Pb	17	12	17	329	19
Pr	13/35	6/56	4/98	5/03	5/65
Rb	131	35	17	109	70
S	659	158	81	1871	211
Sb	6/9	0/8	<0/5	1/3	0/8
Sc	10/6	16/9	30/9	6/7	19/3
Se	1/86	<0/5	<0/5	4/88	0/78
Sm	7/36	4/21	3/93	2/01	3/82
Sn	1	0/4	0/8	0/3	0/6
Sr	773/1	620/1	852	48/9	454/9
Ta	1/79	1/21	0/87	0/84	0/91
Tb	0/65	0/62	0/63	0/63	0/58
Te	0/21	<0/1	0/22	1/36	0/18
Th	11/02	7/7	4/69	8/6	4/21
Ti	6262	5310	6553	2950	5558
Tl	0/72	0/23	0/13	2/09	0/63
Tm	0/18	0/27	0/3	0/17	0/24
U	3/3	2	1/4	3/3	1/1
V	127	156	258	87	143
W	1/9	1/3	<1	2/2	1/8
Y	13/6	20/9	22	7/2	18/5
Yb	1/7	3/2	3/8	1/2	2/6
Zn	72	76	77	3	100
Zr	235	143	87	101	85

۴-۱- نامگذاری سنگ‌های مورد مطالعه بر اساس ترکیب شیمیایی

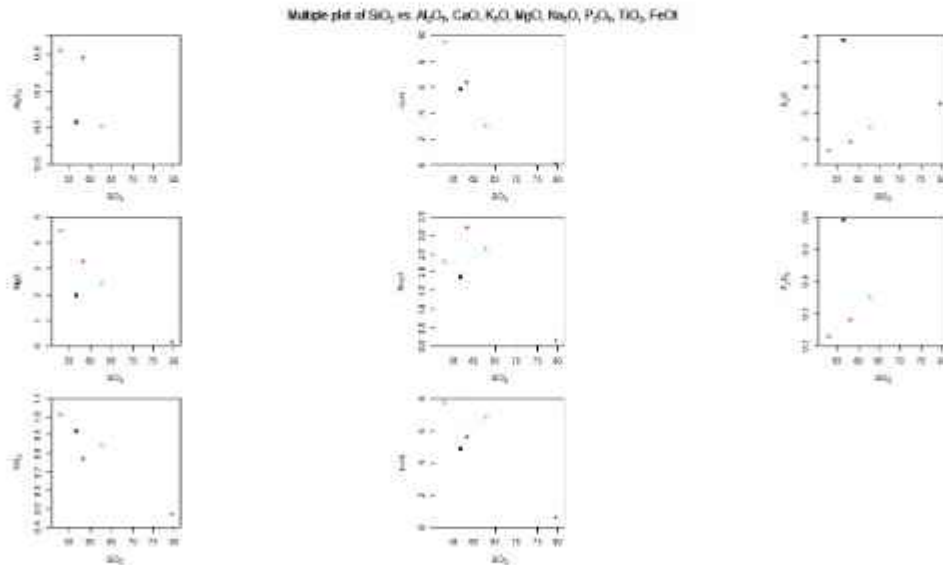
به منظور نامگذاری ژئوتیمی سنگ‌های ناحیه مورد مطالعه، از نمودار میدل موست [۷] و دی لاروشه و همکاران [۸] در نرم افزار GCDkit استفاده شد.



شکل ۷- نامگذاری نمونه های سنگی مورد مطالعه بر اساس نمودار DeLaRoche et al., 1980

۲-۴- بررسی روند تغییرات عناصر اصلی

برای تعیین ارتباط ژنتیکی بین سنگ‌های مختلف موجود در منطقه و همچنین روند تحولات ماگما از نظر آرایش، هضم، ذوب بخشی، تفریق و تبلور از نمودار تغییرات عناصر اصلی در مقابل سیلیس [۹] استفاده شد (شکل ۸). با توجه به نمودارها، روند کاهش MgO ، P_2O_5 ، FeO ، CaO و TiO_2 در برابر SiO_2 مشهود است. روند نزولی اکسیدهای منیزیم، آهن و تیتانیوم بیانگر مصرف این ترکیبات در کانی‌های فرامنیزین مثل بیوتیت، هورنبلند و کلینوپیروکسن می‌باشد. به عقیده پرابهارک و همکاران [۱۰]، به دلیل تمرکز MgO در الیون و پیروکسن، با تبلور این دو کانی و جدایش آنها از ماگما، MgO موجود در ماگمای باقیمانده کاهش می‌یابد. به نظر می‌رسد پراکندگی و تا حدودی افزایش در نمودار تغییرات K_2O در برابر SiO_2 احتمالاً مرتبط با پدیده سرسیتی شدن باشد. بنابه عقیده قبلی و همکاران [۱۱] و اوپواکه و همکاران [۱۲]، تحرک بالای یون‌های K^+ و Na^+ طی فرآیند دگرسانی می‌تواند عامل بروز پراکندگی مشاهده شده باشد. ورود TiO_2 در شبکه اسفن، مصرف CaO و Na_2O در شبکه پلاژیوکلازهای کلسیک و کلینوپیروکسن‌ها و ورود Al_2O_3 به شبکه پلاژیوکلازها و فلدسپارها دلیل روند کاهش اکسیدهای مذکور در برابر SiO_2 می‌باشد و همچنین کاهش P_2O_5 به دلیل کاهش موдал آپاتیت در ترم‌های سیلیس بالا می‌باشد. پراکندگی نمونه‌ها در بعضی از نمودارهای اکسیدهای عناصر اصلی می‌تواند نشانگر پدیده‌های تبلور بخشی، اختلاط ماگمایی، آلودگی پوسته‌ای، ناهمگن بودن منشا درجات متغیر ذوب بخشی و فرآیند دگرسانی باشد [۱۳].



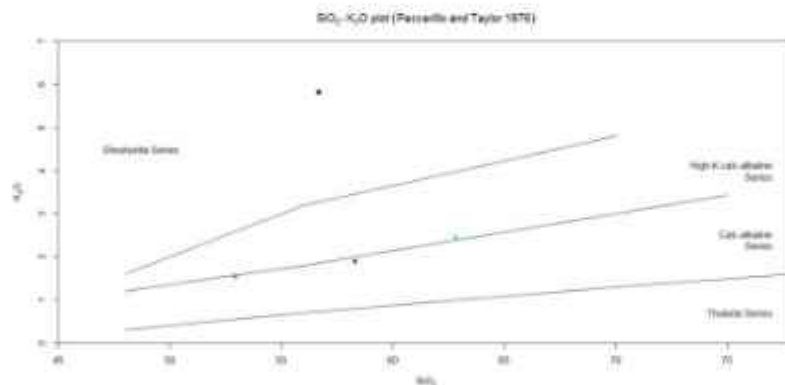
شکل ۸- نمودار تغییرات عناصر اصلی در مقابل SiO_2 ، برای نمونه‌های مورد مطالعه

۳-۴- تعیین سری های ماگمایی

با توجه به نتایج به دست آمده از تجزیه ژئوشیمیایی نمونه های انتخابی، برای تعیین سری های ماگمایی در منطقه مورد مطالعه از نمودار نسبت SiO_2 به K_2O پیسریلو و تیلور [۱۴]، نمودار Th در مقابل Co هاستی و همکاران [۱۵] و نمودار مثلثی (Al_2O_3 , Na_2O , K_2O) مولر و همکاران [۱۶] استفاده شد.

۱-۳-۴- نمودار SiO_2 - K_2O Pecerrillo and Taylor, 1976

بر طبق این نمودار، نمونه‌های مورد مطالعه در مرز محدوده سری کالک‌آلکان و سری کالک‌آلکان پتاسیم بالا و یک نمونه هم در محدوده سری تولثیتی قرار می‌گیرند (شکل ۹).

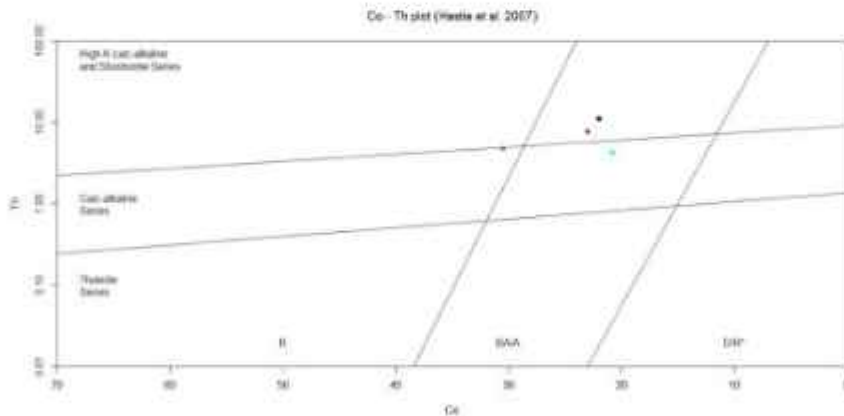


شکل ۹- نمودار SiO_2 - K_2O Pecerrillo and Taylor, 1976 و موقعیت سنگ‌های مورد مطالعه بر روی آن



۴-۳-۲- نمودار Th در مقابل Co (Hastie et al., 2007)

بر طبق این نمودار، نمونه‌های مورد مطالعه در حوالی محدوده سری کالک‌آلکان و کالک‌آلکان پتاسیم بالا قرار می‌گیرند که در شکل ۱۰ آورده شده است.

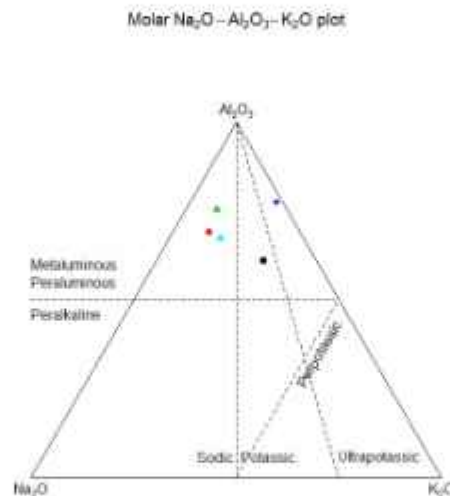


شکل ۱۰- نمودار Th در مقابل Co (Hastie et al., 2007) و موقعیت سنگ‌های مورد مطالعه بر روی آن

به عقیده ویلسون [۱۳] ماگمای کالک‌آلکان در ارتباط با مناطق فرورانش تشکیل می‌گردند. این نوع ماگما در دو محیط تکتونیکی جزایر قوسی و حاشیه فعال قاره‌ها تشکیل می‌شود. طبق نظر هاستی و همکاران [۱۵] مقدار K_2O نسبت به SiO_2 به گونه‌ای است که در جزایر قوسی تمامی نمونه‌ها روی یک خط قرار می‌گیرند ولی در حاشیه قاره‌ها نمونه‌ها پراکنده‌اند. بنابراین با توجه به نمونه‌های مورد مطالعه منطقه، این ماگما در شرایط حاشیه قاره‌ای تشکیل شده است.

۴-۳-۳- نمودار مثلثی Al_2O_3 و Na_2O ، K_2O (Mollar et al., 1997)

بر طبق این نمودار، نمونه‌های مورد مطالعه ماهیت کالک‌آلکان پتاسیم بالا دارند و در محدوده مت‌آلومینوس تا کمی پرآلومینوس قرار می‌گیرند (شکل ۱۱).



شکل ۱۱- نمودار مثلثی (Al_2O_3 , Na_2O , K_2O) (Muller et al., 1997) و موقعیت سنگ‌های مورد مطالعه بر روی آن



۵- نتیجه گیری

- منطقه زایلیک شامل مجموعه‌ای از سنگ‌های آتشفشانی ائوسن بالایی با ترکیب حدواسط تا اسیدی است که بر اساس مطالعه مقاطع نازک و بررسی نتایج حاصل از تجزیه ژئوشیمیایی نمونه‌ها، این سنگ‌ها شامل ریولیت، ریوداسیت، آندزیت، آندزی بازالت و تراکی آندزیت است.

- بر اساس نمودار تغییرات عناصر اصلی در مقابل سیلیس، روند کاهشی MgO , P_2O_5 , FeO , CaO و TiO_2 در برابر SiO_2 مشهود است که به نظر می‌رسد روند نزولی اکسیدهای منیزیم، آهن و تیتانیوم بیانگر مصرف این ترکیبات در کانی‌های قرومنیزین مثل بیوتیت، هورنبلند و کلینوپیروکسن باشد.

- بر طبق نمودارهای تعیین سری ماگما، نمونه‌های مورد مطالعه در حوالی محدوده سری کالک آلکالن و سری کالک آلکالن پتاسیم بالا قرار می‌گیرند و همچنین نمودار مثلثی Na_2O , K_2O و Al_2O_3 ، موقعیت سنگ‌های مورد مطالعه را در محدوده متآلومینوس تا کمی پراآلومینوس نشان می‌دهد.

۶- منابع

- [1] سید علی آقاباتی، ۱۳۸۳. زمین‌شناسی ایران، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی ایران.
- [2] Alavi, M., (1996): Tectonostratigraphic synthesis and structural style of the Alborz Mountain system in Northern Iran, *J. Geodynamic*, No 21, 1-33. associated with some granitoids of the central Sierra Nevada.
- [3] Azizi, H., Moinevaziri H., (2008): Review of the tectonic setting of Cretaceous to Quaternary volcanism in northwestern Iran, *Journal of Geodynamics*, 47: 167-179p.
- [4] محسن مؤید ۱۳۸۱. نگرشی نو بر تکوین و تکامل تئوتتیس و ارتباط آن با ماگماتیسیم ترشیری ارومیه- دختر و البرز غربی - آذربایجان، ششمین همایش انجمن زمین‌شناسی ایران، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران، ۲۷۴-۳۷۸.
- [5] منصور قربانی، ۱۳۸۷. زمین‌شناسی اقتصادی ایران، ذخایر معدنی و طبیعی ایران، انتشارات آریز زمین.
- [6] مطالعات اکتشافی یا هدف اکتشاف طلا از رگه‌های سیلیسی هیدروترمال، ۱۳۹۴. شرکت صبا میهن.
- [7] Middlemost, E. M. K., (1994): Naming materials in the magma igneous rock system Earth. *Sci. Rev.* 37: 215-224 p.
- [8] De La Roche, M., (1980): Classification of volcanic and plutonic rock using R1-R2 diagram and major element analysis, *Chemistry of journal*, vol.29.
- [9] Harker, A., (1909): *The natural history of igneous rocks*. Macmillan, New York.
- [10] Prabhakar, B.C., Jayananda, M., Shareef, M., and Kano, T., (2009): Petrology and Geochemistry of Late Archaean Granitoids in the Northern Part of Eastern Dharwar Craton, Southern India: Implications for Transitional Geodynamic
- [11] Feely, T.C., Cosca, M.A., and Lindsay, C.R., (2002): Petrogenesis and implications of calc-Alkaline cryptic hybrid magmas from Washburn volcano, Absaroka volcanic province, U.S.A, *J Petrolo*, 43, 4, 663-703 p.
- [12] Opiyo-Akech, N., Tarney, J., and Hoshino, M., (1999): Petrology and geochemistry granites from Archean terrain north of lake. Victoria, Western Kenya. *Journal of African Earth Sciences* 29,283-300 p.
- [13] Wilson M., (1989): *Igneous petrogenesis*. Unwin Hyman, London.
- [14] Peccerillo A, Taylor SR, (1976): Geochemistry of Eocene calc-alkaline volcanic-rocks from Kastamonu Area, Northern Turkey. *Contrib Mineral Petrol* 58(1):63-81
- [15] Hastie, A. R., Kerr, A. C., Pearce, J. A., and Mitchell, S. F., (2007): Classification of altered volcanic island arc rocks using immobile trace elements: Development of the Th-Co discrimination diagram. *Journal of Petrology*, 48, 2341-2357 p.
- [16] Muller, D., and Groves, D.i., 1997. Potassic igneous rocks and associated gold-copper mineralization, Sec. Updated.



Petrography, Geochemistry and Determining magmatic series of volcanic rocks in the Zaylik area, East Azerbaijan province

Hasanzadeh Koulani A.¹, Baharlouei Yancheshmeh S.^{2*}

¹M.Sc, Dept. of Mining Engineering, Ahar Branch, Islamic Azad University, Ahar, Iran.

Email: abolfazlhasanzadeh1@yahoo.com

²Assistant Professor, Dept. of Geology, Ahar Branch, Islamic Azad University, Ahar, Iran

Email: somayehbaharlouie@gmail.com

Abstract

Zaylik region is located 25 km southeast of Ahar, East Azerbaijan province. This area, as a part of Tertiary magmatic arc of Western Alborz-Lesser Caucasus from Arsbaran zone, includes a collection of upper Eocene volcanic rocks with intermediate to acidic composition. According to the results, rhyolite, rhyodacite, andesite, andesi- basalt and trachyandesite are the dominant rocks of the region. Binary plots of some major elements plotted against silica. Investigating trend changes of the elements abundance shows the decreasing trend of MgO, P₂O₅, FeO_t, CaO and TiO₂. It seems that the downward trend of magnesium, iron and titanium oxides indicates the consumption of these compounds in ferromagnesian minerals such as biotite, hornblende and clinopyroxene. According to the magmatic series determination diagrams, the studied samples are located around the range of calc-alkaline series and high-potassium calc-alkaline series and in the metaaluminous range.

Keywords: Petrography, Geochemistry, volcanic rocks, Zaylik area, East Azerbaijan