





## دانشکده علوم پایه

رساله دوره دکتری زمین شناسی (پترولوژی)

پترولوژی و ژئوشیمی گرانیتوئیدهای انزان-خانکندی و  
شیورداغ (شمال و شرق اهر، آذربایجان خاوری) با  
نگرشی بر کانی زایی وابسته

نگارنده:

مهرج آقازاده

استاد راهنما:

محمد هاشم امامی

اساتید مشاور:

حسین معین وزیری

نعمت ... رشید نژاد عمران

شهریور 1388

تقديم به

# همسرم و دختر عزيزم آيلين

غرض خدمتي است که از ما بر آيد و نه نقشي که از ما باز ماند.

## سياگزارى

يگانه پروردگار هستي را سپاس ميگويم که اينجانب را به لطف و بخشايش خداوندش توفيق عطا فرمود تا اين مجموعه مختصر را که حاصل هفت سال تلاش مستمر است تهيه و تقديم نمايم. اين مختصر که پيش رو داريد با تمام اوج و فرودهايش تنها جلوه اي از يک تلاش است و نه چيز ديگر، آنهم تلاشي براي آغاز و نه پايان. اين پژوهش که با رويکرد تعيين ماهيت پلوتونيسم و کاني زايي کمريند ارسباران انجام پذيرفت توانسته است ماهيت توده هاي نفوذى و تاريخچه تحولات ماگمايى و تکتونيکى کمريند

ارسباران را به همراه کانی زایی های مرتبط با این توده ها مورد مطالعه قرار داده و بسیاری از سوالات موجود در این زمینه را پاسخ دهد. امیدوارم این پژوهش مقدمه ای بر پژوهش های علمی و دقیق بعدی در این منطقه باشد. رساله حاضر صرفنظر از ره آوردهای پژوهشی، رهیافتهای اکتشافی را نیز به همراه داشته است که بکارگیری آنها می تواند در مقیاس ناحیه ای راهگشای اکتشاف به خصوص مس نوع پورفیری باشد. در سالهای انجام این پژوهش تا لحظه به غرنشستن آن از مساعدت و همکاریهای بیدریغ بسیاری از عزیزان بهره مند گردیدم که وظیفه خود میدانم از تمامی این بزرگواران سپاسگزارم.

در ابتدا از استاد عزیز و بزرگوارم جناب آقای دکتر محمد هاشم امامی که در طی ده سال گذشته افتخار شاگردی ایشان را داشتم و در تمام این مدت ایشان را معلمی واقعی و دلسوز دیدم و از محضر پربرار ایشان بهره فراوان بردم و همچنین در تمام مدت زمان پژوهش حاضر از راهنماییهای ارزنده ایشان بهره مند گردیدم سپاسگزارم می نمایم. همچنین از جناب آقای دکتر حسین معین وزیری، استاد فرزانه که با راهنمایی های ایشان در طول تحصیل و در طی پروژه رساله دکتری مرا همیشه مورد لطف و عنایت خویش قرار دادند صمیمانه تشکر می نمایم. از جناب آقای دکتر نعمت الله رشید نژاد عمران که در طول تحصیل دوره دکتری و در طی پژوهش اخیر از راهنمایی ها و نیز مساعدت های ایشان بهره جستم صمیمانه تشکر می نمایم. از جناب آقای پرفسور **XXXXXXXXXX** استاد دانشگاه **XXXXXXXXXX** اسپانیا که به حق از

اساتید به نام در مبحث پترولوژی سنگهای گرانیتوئیدی هستند به خاطر تمام مساعدتها بزرگواری های ایشان اعم از فراهم نمودن امکانات آزمایشگاهی، تعبیر و تفسیر داده ها و همچنین مطالعات صحرایی صمیمانه تشکر می نمایم. چرا که بدون حمایت و تشویق ایشان هیچ گاه این رساله با این کیفیت و نتایج مطلوب به پایان نمی رسید. از جناب آقای **XXXXXXXXXX** و همسر ایشان خانم **XXXXXXXXXX** اساتید دانشگاه **XXXXXXXXXX** اسپانیا که زحمات آنالیز نمونه های زیرکن و پاره ای از آنالیزهای ایزوتوپی **XX-XX** را بر عهده داشتند صمیمانه تشکر می نمایم.

از جناب آقای دکتر **XXXXXX XX XX XXXX** استاد و مدیر آزمایشگاه دانشگاه **XXXXXXXXXX** اسپانیا و همکاران ایشان در آزمایشگاه مربوطه که با صعه صدر و همت تمام، زحمات انجام آنالیزهای ژئوشیمیایی و میکروپروب اینجانب را بر عهده داشتند صمیمانه تشکر می نمایم. از جناب آقای **XXXXXXXXXX** استاد پژوهشگر علوم و منابع زمین شهر پیزا کشور ایتالیا که زحمات آنالیز برخی نمونه های ایزوتوپی اینجانب را بر عهده داشتند صمیمانه تشکر می نمایم.

از جناب آقای دکتر ابراهیم راستاد و جناب آقای دکتر محمدرضا قربانی اساتید محترم دانشگاه تربیت مدرس و جناب آقای دکتر فریبرز مسعودی از دانشگاه تربیت معلم تهران و آقای دکتر جلیل قلمقاش از سازمان زمین شناسی کشور که زحمات داوری علمی این رساله را پذیرفتند و با تذکرات سودمند نقش مهمی را در بهبود علمی رساله حاضر ایفا نمودند صمیمانه سپاسگزارم. در حین انجام تحقیق از نظرات و همکاری های علمی اساتید فرزانه ای سود بردم که در این جا دارد از حسن توجه تک تک آنها تشکر نمایم. از جناب آقای پروفسور **XXXXXXXXXXXXXXXXXX** از

دانشگاه پروجیا ایتالیا، پروفسور **XXXXXXXXXXXX** استاد انستیتو زمین شناسی آکادم علوم زمین چین، پروفسور **XXXXXXXXXXXX** استاد دانشگاه ژوهانسبورگ آفریقای جنوبی، پروفسور **XXXXXXXXXXXX** استاد دانشگاه آلبرتا کانادا،

پروفسور **XXXXXXXXXX** استاد دانشگاه آدلاید استرالیا، پروفسور **XXXXXX XXXXXXXX** استاد دانشگاه پورث موث انگلیس، پروفسور **XXXXXX XXXXX** استاد انستیتو

ژئوشیمی و ایزوتوپی چین، دکتر **XXXXXX XXXXX** استاد دانشکده زمین شناسی دانشگاه علوم زمین یوان چین و دکتر **XXXXXXXXXX XXXXXXXX** استاد دانشگاه استانبول ترکیه به خاطر راهنمایی ها و ارائه نکات ارزنده علمی تشکر وافر دارم. از جناب آقای مهندس الماسی و مجموعه همکاران ایشان در شرکت مهندسی مشاوره ای پارس اولنگ به خاطر حمایت هایشان در انجام مطالعات صحرایی کمال تشکر را دارم. از مدیران محترم طرح اکتشافات سراسری سازمان زمین شناسی کشور جناب آقای مهندس واعظی پور و مهندس برنا و همکاران محترم در آن طرح به خاطر حمایت هایشان در انجام مطالعات صحرایی و تهیه نقشه های زمین شناسی کمال تشکر را

دارم. در نهایت از دوستان عزیزم جناب آقای دکتر محمود فرد، مهندس صولت عطالو و مهندس محمد حسینی به خاطر مساعدت در انجام بخش های مختلف رساله نهایت تشکر را دارم.

از خانواده صمیمی و مهربان همسر که در این مدت از هیچگونه همکاری و همراهی دریغ نوزیدند و بخش عمده ای از مشکلات را به جان خریدند سپاس فراوان دارم. همچنین از پدر و مادر مهربانم و خواهران و برادران عزیزم که در تمام مدت زمان تحصیل با تشویق ها و دلگرمی هایشان همراه بودند سپاسگزاری می نمایم. وظیفه خود میدانم از برادر عزیزم دکتر مصطفی آقازاده که در طول انجام رساله مرا همیشه مورد محبت قرار داده و از انجام هیچ گونه کوششی دریغ نکردند صمیمانه تشکر می نمایم. در پایان، صمیمانه ترین سپاسها را نثار همسر عزیز و مهربانم مینمایم؛ ایشان که در مدت زمان انجام این پژوهش با شکیبائی و فداکاری فراوان راه سخت انجام این پژوهش را با فراغ بال برایم فراهم نمود و به پایان رسیدن این رساله را مدیون دلگرمیها، تشویقها و خوبیهای بی شمار ایشان میدانم. یاد خوبی های ایشان همواره برایم جاودانه خواهد ماند. از دختر عزیزم "آیلین جان" به خاطر تحمل دوری اینجانب و تمام وقتی که از ایشان برای انجام این رساله سلب شد عذرخواهی می نمایم و این رساله را تقدیم به آیلین عزیز تر از جان و همسر مهربان و عزیزم می نمایم.

□ اگر از دیده تحقیق به عالم نگری عشق و معشوقه و عاشق، دل و دلداری کیست □

مهرج آقازاده

## چکیده :

توده های مورد مطالعه در استان های آذربایجان شرقی و اردبیل و از نظر زمین شناسی در زون ماگمایی و کانه زایی ارسباران قرار دارند. آنها شامل توده های شیور داغ، خانکندی، یوسفلو و میزان می باشند که روند شمال غرب - جنوب شرق همسان با روند نوار آتشفشانی- نفوذی ارسباران دارند. رخنمون های سنگی موجود در منطقه شامل نهشته های آتشفشانی رسوبی کرتاسه بالایی، پالئوسن، ائوسن و میوسن و سنگهای آتشفشانی کواترنری به همراه توده های نفوذی الیگوسن و میوسن هستند. توده های نفوذی مورد مطالعه نهشته های قبل از الیگوسن را قطع و باعث دگرگونی مجاورتی، اسکارن زایی و دگرسانی آنها شده اند. نهشته های کرتاسه عمدتاً دچار دگرگونی و اسکارن زایی و نهشته های ائوسن فرایند دگرسانی را تحمل کرده اند. به علت عمق کم جایگزینی توده ها، عمدتاً گسترش و شدت هاله های دگرگونی مجاورتی در سنگهای میزبان کم است. توده های مطالعه شده عمدتاً شامل لیتولوژی های گرانودیوریتی، گابرویی، مونزونیتی، گرانیتی، بیوتیت گرانیتی و دایک های داسیتی و لامپروفیری و انواع انکلاوها به خصوص وگنریتی هستند.

ماهیت اغلب سنگهای رخنمون یافته در توده ها شامل گابروها، مونزونیت ها، سینیت ها و ملاسینیت ها ساب آکالن و شوشونیتی است. لامپروفیرها آکالن و از نوع کامپتونیتی هستند. گرانودیوریت ها و داسیت ها ماهیت کالک آکالن پتاسیم بالا و ویژگی های ماگمای آداکیتی نوع C و گرانیتوئیدهای سرشار از Ba و Sr را دارند. گابروهای شوشونیتی از ذوب گوشته لیتوسفری در رخساره اسپینل گارنت دار حاوی آمفیبول و میکای پتاسیم دار و متاسوماتیک شده در طی فرایندهای فرورانش ایجاد شده اند. تفریق ماگمای گابرویی شوشونیتی به نظر می رسد که منجر به تشکیل مونزونیت ها و در نهایت تفریق ماگمای مونزونیتی موجب تشکیل گرانیت های شوشونیتی شده است. ملاسینیت ها و سینیت ها از تفریق و تحول ماگمای مافیک شوشونیتی ناشی از ذوب گوشته متاسوماتیک حاوی رگه های فلوگوپیت تشکیل شده اند. گرانودیوریت ها و داسیت ها از ذوب بخشی پوسته مافیک زیرین پتاسیک در رخساره اکلوزیت و یا گارنت آمفیبولیت به علت افزایش ضخامت پوسته تشکیل شده اند. لامپروفیرها از تحول ماگمای ناشی از ذوب گوشته استنوسفری نوع OIB متاسوماتیکی شده با ترکیب گارنت پریدوتیت آمفیبول دار ایجاد شده اند. انکلاوهای وگنریتی از تحول ماگمای ناشی از ذوب بخشی گوشته لیتوسفری متاسوماتیکی شده در اثر عملکرد فرایندهای فرورانش با ترکیب پریدوتیت گارنت دار غنی از رگه و رگچه های فراوان فلوگوپیت ایجاد شده اند. بیوتیت گرانیت

های پرآلومین در اثر ذوب بخشی رسوبات با ترکیب متاگریوک تا متاگریوک شیلی تشکیل شده اند.

باتوجه به مطالعات ژئوترموبارومتری عمق جایگزینی توده ها 3 الی 4 کیلومتر و با استفاده از روش میزان تیتانیوم در زیرکن، دمای تبلور گرانودیوریت ها 800 درجه سانتی گراد، مونزونیت ها 840 الی 855 درجه سانتی گراد و سینیت ها 762 و ملاسینتی ها 810 درجه سانتی گراد برآورد شده است.

دامنه داده های ایزوتوپی Sr و Nd در توده های منطقه به غیر از بیوتیت گرانیات ها محدود بوده و اغلب در قطب معروف به MORB یا گوشته تهی شده قرار دارند. توده های منطقه نسبت های ایزوتوپی مشابه با سنگهای آتشفشانی کواترنری منطقه و توده های میزبان کانی زایی مس پورفیری کمربند کرمان دارند. نسبت های ایزوتوپی بیوتیت گرانیات ها نشان دهنده تشکیل آنها از پوسته قاره ای جوان و در محدوده گرانیات های هرسینین فرانسه قرار دارند.

بر اساس سن سنجی توده ها به روش زیرکن، قدیمیترین توده های نفوذی منطقه گرانودیوریت های آداکیتی ( 31/8 میلیون سال) می باشند. به دنبال آن پلوتونیزم منطقه با نفوذ توده های گابرویی شوشونیتی، مونزونیتی و گرانیات شوشونیتی ( 28 میلیون سال) دنبال شده است. سپس سری شوشونیتی، توده های سینیتی-ملاسینیتی ( 24 الی 26 میلیون سال قبل) جایگزین شده اند. دایک های لامپروفیری و داسیتی آخرین رخداد ماگماتیسم الیگوسن آغازین تا ابتدای میوسن زیرین زون ارسباران هستند.

توده های الیگوسن منطقه در یک محیط بعد از برخورد جایگزین شده اند. برخورد صفحه ایران-ترکیه و عربی در ائوسن بالایی در شمال غرب ایران موجب افزایش ضخامت پوسته در این منطقه شده است. فرایند Delamination گوشته لیتوسفری در پاسخ به افزایش ضخامت و همچنین شکستن قطعه فرورونده، سبب بالا آمدن استنوسفر و ذوب گوشته لیتوسفری متاسوماتیک نموده است. جایگزینی مذاب های حاصل در پوسته زیرین باعث افزایش دما و ذوب پوسته زیرین مافیک در رخساره اکلوزیت و یا آمفیبولیت گارنت دار شده است. مذاب های حاصل ترکیب گرانودیوریتی با ماهیت آداکیتی نوع C داشته و غنی از Ba و Sr هستند. افزایش کثرت ذوب بیشتر گوشته لیتوسفری متاسوماتیکی شده و در نتیجه ماگمای شوشونیتی مافیک تشکیل شده است. تفریق این ماگما سبب ایجاد ماگمای مونزونیتی و گرانیات شوشونیتی را نموده است. در این مرحله ذوب گوشته لیتوسفری متاسوماتیک حاوی رگه و رگچه های فلوگوپیت فراوان ماگمای وگنریتی را ایجاد نموده است. سپس ذوب بیشتر گوشته متاسوماتیکی رگه دار، سبب تشکیل ماگمای مافیک پتاسیک و تفریق این ماگما ملاسینیت ها و سینیت ها را ایجاد کرده است. نهایتاً ماگمای لامپروفیری از ذوب بخشی استنوسفر بالارونده تشکیل شده است. در این

مرحله افزایش دما موجب ذوب مجدد پوسته زیرین و تشکیل ماگمای داسیتی شده است.

در کمربند ارسباران انواع کانی زایی های پورفیری، اسکارنی و اپی ترمال در ارتباط با توده های نفوذی الیگوسن با ماهیت شوشونیتی و کالک آلکالن پتاسیم بالا تشکیل شده اند. کانی زایی طلای اپی ترمال در ارتباط با توده های نفوذی شوشونیتی و با ماهیت اکسیدان تشکیل شده اند. توده های میزبان کانی زایی مس پورفیری عمدتاً ترکیب مونزونیتی و مونزودیوریتی داشته و از ذوب گوشته متاسوماتیکی شده در اثر فرایندهای فرورانش با ماهیت اکسیدان و غنی از فلزات پایه تشکیل شده اند. توده های میزبان کانی زایی در کمربند ارسباران به لحاظ سن، ترکیب و منشاء ماگما با کمربند کانی زایی کانی زایی کرمان اختلاف دارند. این توده ها در هر دو کمربند نسبت های ایزوتوپ Sr و Nd، الگوی عناصر نادر خاکی و محیط تکتونیکی تشکیل یکسان دارند.

کلید واژه: پترولوژی، ژئوشیمی، گرانیتوئید، شیور داغ، انزان، خانکندی، کانی زایی، اهر، آذربایجان خاوری



## فهرست مطالب

### فصل اول: کلیات

2	مقدمه
2-1-1	موقعیت جغرافیایی و راههای دسترسی به محدوده مورد مطالعه
4-2-1	ریخت شناسی و آب و هوا
5-3-1	ساختار اجتماعی-اقتصادی منطقه مورد مطالعه
5-4-1	تاریخچه مطالعات قبلی
8-5-1	هدف از پژوهش
9-6-1	روش مطالعه
9-1-6-1	مطالعات میدانی
9-2-6-1	مطالعات ژئوشیمیایی
9-1-2-6-1	شیمی کانی ها
9-2-2-6-1	شیمی سنگ کل
10-3-6-1	مطالعات ایزوتوپی و سن سنجی

### فصل دوم: زمین شناسی

12	مقدمه
12-1-2	زمین شناسی ناحیه ای و ویژگیهای پوسته آذربایجان
22-2-2	زمین شناسی توده های مطالعه شده
22-1-2-2	توده خانکندي
22-1-1-2-2	گزانودیوریت ها ( $Ol^{gd}$ )
27-2-1-2-2	گابروها ( $Ol^{mgb}$ )
27-3-1-2-2	مونزونیت ها ( $Ol^{mz}$ )
28-4-1-2-2	دایکهای موجود در توده
28-1-4-1-2-2	دایکهای لامپروفیری ( $dLa$ )
31-2-4-1-2-2	دایکهای داسیتی ( $drd$ )
32-3-4-1-2-2	دایکهای ریولیتی ( $drh$ )
33-5-1-2-2	سنگهای میزبان توده
35-2-2-2	توده یوسفلو
37-1-2-2-2	مونزونیت ها ( $Olmz$ )

37	2-2-2-2	گرانیت ها ( <i>Olgr</i> )
40	3-2-2-2	دایکهای توده یوسفلو
40	4-2-2-2	سنگهای میزبان توده یوسفلو
43	3-2-2-2	توده میزان
46	1-3-2-2	گابرو ها ( <i>Olmgd</i> )
46	2-3-2-2	مونزودیوریت- مونزونیت ها ( <i>Olmz</i> )
48	3-3-2-2	مونزوسینیت ( <i>Olmsy</i> )
50	4-3-2-2	واحدهای میزبان توده
51	5-3-2-2	نهشته های پلیوکواترنری
53	4-2-2-2	توده شیور داغ
54	1-4-2-2	بخش شمال غرب- غربی
54	1-1-4-2-2	مجموعه گابرو - دیوریتی
58	2-1-4-2-2	گرانودیوریت ها ( <i>Olgd</i> )
66	2-4-2-2	بخش مرکزی
66	1-2-4-2-2	سینیت ها ( <i>Olsy</i> )
70	2-2-4-2-2	ملا سینیت ها ( <i>Olmsy</i> )
71	3-4-2-2	بخش شرقی
72	4-4-2-2	سنگهای میزبان توده شیور داغ
73	1-4-4-2-2	نهشته های کرتاسه
73	1-1-4-4-2-2	واحد کربناته ( $K^l$ )
75	2-1-4-4-2-2	نهشته های آتشفشانی-رسوبی ( $K^{vs}$ )
75	2-4-4-2-2	نهشته های ائوسن ( $E^v$ )
77	3-4-4-2-2	نهشته های میوسن
78	4-4-4-2-2	نهشته های آتشفشانی کواترنری ( $Qt^v$ )

#### فصل سوم: سنگ شناسی، شیمی کانی ها و دما-فشارسنجی

82	مقدمه
82	1-3 توده نفوذی خانکندي
82	1-1-3 گرانودیوریت ها
84	2-1-3 گابرو-دیوریت ها
84	1-3-1-3 اولیوین گابرو

87	2-3-1-3	مونزوگابرو- مونزودیوریت ها	116
88	3-1-3	مونزونیت ها	116
91	4-1-3	دایک های لامپروفیری	117
95	5-1-3	دایکهای داسیتی	128
95	6-1-3	سنگهای میزبان توده	128
102	2-3	توده یوسفلو	128
102	1-2-3	مونزونیت ها	128
103	2-2-3	گرانیت ها	128
107	3-2-3	انکلاوهای مونزودیوریتی	128
109	4-2-3	انکلاوهای وگنریتی (Vaugnerites)	128
111	5-2-3	دایکهای داسیتی	128
111	6-2-3	سنگهای میزبان توده	128
	3-3	توده میزان	128
			116
	1-3-3	گابرو- دیوریت ها	116
	2-3-3	مونزونیت ها	117
120	3-3-3	گرانیت ها	120
120	4-3-3	سنگ های میزبان توده	128
	4-3	توده شیورداغ	128
128	1-4-3	سری کالک آلکالن پتاسیم بالا	128
128	1-1-4-3	گابرو-دیوریت ها	129
129	2-1-4-3	گرانودیوریت ها	133
133	3-1-4-3	انکلاوهای درون گرانودیوریت ها	136
136	4-1-4-3	بیوتیت گرانیت ها	139
139	2-4-3	سری شوشونیتی	139
139	1-2-4-3	سنگهای کومولیت (اولیوین گابروها)	139
139	2-2-4-3	ملاسنیت های نفلین دار	143
143	3-2-4-3	ملاسنیت ها	

145	4-2-4-3 واحد سینیت
149	5-2-4-3 انکلاوهای سینیت ها
151	6-2-4-3 دایکهای آمفیبول گابرو
156	3-4-3 سنگهای میزبان توده
156	1-3-4-3 سنگهای آتشفشانی-رسوبی کرتاسه
156	2-3-4-3 سنگهای آتشفشانی ائوسن
159	4-4-3 دایکهای قطع کننده توده شیور داغ
161	5-4-3 گنبد داسیتی میوسن
161	6-4-3 سنگهای دگرگونی حاشیه توده شیور داغ
163	7-4-3 سنگهای آتشفشانی کواترنری
167	5-3 بحثی پیرامون کانی شناسی توده های مطالعه شده
	6-3 ژئوبارومتري و ژئوترمومتري توده ها بر اساس ترکیب کانی شناسی
168	
168	مقدمه
169	1-6-3 فشارسنجی بر اساس ترکیب آمفیبول ها
173	2-6-3 دماسنجی بر اساس زوج کانی آمفیبول-پلاژیوکلاز
176	3-6-3 ترمومتري فلدسپار
176	4-6-3 ترمومتري کلینوپيروکسن-هورنبلند
177	5-6-3 ترمومتري بر اساس ترکیب دو پيروکسن
178	6-6-3 بارومتري بر اساس ترکیب آمفیبول

#### فصل چهارم: ژئوشیمی سنگهای مختلف توده های مطالعه شده

180	مقدمه
180	1-4 نامگذاری و ماهیت ماگمایی لیتولوژی های مختلف
181	2-4 لامپروفیرها و وگنریتها
188	3-4 گابروها
193	4-4 مونزونیتها
201	5-4 ملاسینیت ها و سینیت ها
209	6-4 گرانیته ها و گرانودیوریتها
221	7-4 نتیجه گیری

### فصل پنجم: مطالعات ایزوتوپی و سن سنجی

1-5	مطالعات ایزوتوپی رادیوژنیک	224
2-5	ژئوکرونولوژی	227
1-2-5	روش کار	230
2-2-5	تعیین سن واحدهای مختلف توده ها بر اساس تک بلورهای زیرکن	232
3-5	ترمومتری توده ها با استفاده از ترمومتر زیرکن و تغییرات نسبت	
244	Zr/Hf	244

### فصل ششم: پتروژنز توده های نفوذی منطقه ارسباران

254	مقدمه	254
1-6	پتروژنز لامپروفیرها	254
2-6	پتروژنز وگنریتها	266
3-6	پتروژنز گابروها	270
4-6	پتروژنز مونزونیت ها	288
5-6	پتروژنز ملاسینیتها و سینیتها	291
6-6	پتروژنز گرانودیوریت ها و انواع گرانیتهای منطقه	298
1-6-6	گرانودیوریت ها	298
2-6-6	پتروژنز گرانیتهای شوشونیتی	308
3-6-6	پتروژنز بیوتیت گرانیتها	309

### فصل هفتم: محیط تکتونیکی و الگوی تکتونوماگمایی

313	مقدمه	313
1-7	تعیین محیط تکتونیکی توده های نفوذی منطقه	313
2-7	الگوی ژئودینامیکی منطقه و مقایسه آن با الگوی ژئودینامیکی	
325	ایران	325

### فصل هشتم: کانی زایی

337	مقدمه	337
1-8	کانی سازی طلا	337
2-8	کانی زایی مس پورفیری	342

1-2-8	بررسی محدوده های دارای کانی زایی مس نوع پورفیری در محدوده
346	مطالعه شده .....
1-1-2-8	محدوده صاحب دیوان .....
347	مقدمه .....
1-1-1-2-8	زمین شناسی .....
349	2-1-1-2-8 دگرسانی و کانی زایی .....
363	2-1-2-8 محدوده کانی زایی مس پورفیری نیاز .....
363	مقدمه .....
1-2-1-2-8	زمین شناسی .....
363	2-2-1-2-8 دگرسانی و کانی زایی .....
366	3-2-1-2-8 بختی پیرامون کانی زایی در محدوده نیاز .....
371	3-8 الگوی کانی زایی در کمربند کانی زایی ارسباران .....
384	4-8 مقایسه کمربند کانی زایی کرمان و ارسباران .....
384	1-4-8 ویژگی های زمین شناسی و پترولوژیکی .....
390	2-4-8 سن توده های میزبان کانه زایی و داده های ایزوتوپی .....
390	3-4-8 محیط تکتونیکی .....
393	4-4-8 کانی زایی .....

#### فصل نهم: نتیجه گیری

#### منابع و ماخذ

#### ضمائم

## فصل اول

### کلیات

## مقدمه

مطالعات پژوهشی و اکتشافی متعددی در زون ارسباران انجام شده است، ولی با وجود حجم زیاد مطالعات اکتشافی و پترولوژیکی صورت گرفته، هنوز نکات مبهم زیادی در مورد خاستگاه ماگماها و تحولات آنها و رابطه بین کانی‌زایی و ماگماتیسم وجود دارد. با وجود معدن مس پورفیری سونگون و چندین اندیس مس پورفیری دیگر، هنوز ژنز و علل ماگماتیسم و ارتباط بین فازهای مختلف پلوتونیزم و کانی‌زایی در این زون جای سوال است. لذا در این پژوهش سعی بر این است که از کلیات و کلی‌نگری پرهیز شده و بر داده‌های جزئی و تکمیلی تاکید شود و به صورت بنیادی و اساسی به ابهامات موجود توجه شود. با بررسی‌های دقیق صحرایی و پردازش و تحلیل داده‌های آزمایشگاهی، به برخی سوالات اولیه و اساسی در این منطقه پاسخ داده خواهد شد و داده‌های اولیه جهت انجام پژوهش‌های بنیادی و اساسی بعدی در دسترس قرار خواهد گرفت. برای دسترسی به این اهداف، محدوده نسبتاً گسترده‌ای از این زون شامل چهار توده نفوذی خانکندی، شیور داغ، میزان (در نقشه‌های زمین‌شناسی انزان ذکر شده است) و یوسفلو انتخاب شد، تا داده‌های کافی و مناسب از کل منطقه بدست آید و تفسیر نتایج به نحو مطلوب انجام پذیرد. در این پژوهش ماهیت دقیق مجموعه‌های نفوذی (پلوتونیزم ارسباران) و ارتباط فازهای متعدد پلوتونیزم و کانی‌زایی‌های موجود بررسی شده است. امید است این پژوهش مقدمه‌ای برای مطالعات دقیق و تکمیلی بعدی باشد.

### **1-1- موقعیت جغرافیایی و راه‌های دسترسی به محدوده مورد مطالعه**

محدوده مطالعه شده، در استان‌های آذربایجان شرقی و اردبیل و حدود 150 کیلومتری شمال شرق تبریز و 150 کیلومتری غرب اردبیل قرار دارد. این محدوده شامل چهار توده شیور داغ (شمال شهرستان اهر، جنوب و جنوب غرب کلیر)، خان‌کندی (شمال غرب مشکین شهر) یوسفلو (غرب مشکین شهر) و میزان (جنوب شرق اهر و جنوب غرب مشکین شهر) می‌باشند که وسعتی بالغ بر 700 کیلومتر مربع را در بر گرفته‌اند (شکل 1-1).



توده های یوسفلو، خانکندی و میزان در مسیر جاده اهر- مشکین شهر قرار دارند و توده شیور داغ در مسیر جاده اهر- کلیبر ( اکثراً در بخش غربی این جاده) واقع شده اند. شمال غربی ترین نقطه محدوده مطالعه شده، معدن مس متروکه انجرد است که در ادامه به معدن مس سونگون وصل می شود. در بخش جنوب شرقی نیز محدوده مطالعه شده به آتشفشان سبلان ختم می شود.

شکل (1-1): راههای دسترسی به منطقه مورد مطالعه و موقعیت توده ها نسبت به همدیگر (اطلس راههای ایران مقیاس 1:1000000، مرکز اطلاع رسانی ایران 1378).

توده های یوسفلو، خانکندی و میزان در مسیر جاده اهر- مشکین شهر قرار دارند و توده شیور داغ در مسیر جاده اهر- کلیبر ( اکثراً در بخش غربی این جاده) واقع شده است. شمال غربی ترین نقطه محدوده مطالعه شده، معدن مس متروکه انجرد است که در ادامه به معدن مس سونگون وصل می شود. در بخش جنوب شرقی نیز محدوده مطالعه شده به آتشفشان سبلان ختم می شود.

جاده آسفالته اهر- مشکین شهر، دسترسی به توده های یوسفلو و خانکندی و میزان را میسر کرده است. از طریق جاده اهر- کلیبر، اهر - انجرد و کلیبر - مرز رود توده شیور داغ قابل دسترس است. علاوه بر این، جاده های متعدد روستایی و کوهستانی عشایری، دسترسی به بخش های مختلف محدوده مطالعه شده را تسهیل می کنند. هر چند، در برخی بخش ها از جمله ارتفاعات گوشه داغ و شیور داغ برای دسترسی به نقاط مرتفع بایستی مسیرهای طولانی را پیاده روی نمود. محدوده مطالعه شده در برگه زمین شناسی 1:250000 اهر و برگه های 1:100000 ورزقان، کلیبر، اهر و بخشی از برگه مشکین شهر قرار گرفته است. توده های مطالعه شده به صورت نواری با راستای شمال غرب-جنوب شرق و در مختصات جغرافیایی  $20^{\circ} 38'$  الی  $40^{\circ} 38'$  عرض شمالی و  $46^{\circ} 55'$  الی  $47^{\circ} 30'$  طول شرقی قرار دارند.

## 1-2- ریخت شناسی و آب و هوا

توده های مورد مطالعه شامل رشته ارتفاعاتی با روند عمومی شمال غرب - جنوب شرق می باشند. منطقه ارسباران و محدوده مورد مطالعه

توپوگرافی خشن دارد به طوری که بلندترین نقطه در رشته کوه قوشه داغ (توده میزان) ارتفاع 3149 متر و پست ترین نقطه در حاشیه رودخانه اهر چای (توده خانکندي) ارتفاع 800 متر را دارد. با توجه به این، اختلاف ارتفاع توپوگرافی در محدوده مطالعه شده حدود 2350 متر است. در توده شیور داغ نیز اختلاف ارتفاع توپوگرافی نسبتاً زیاد است، به طوری که بلندترین نقطه در این رشته ارتفاعات بلندای 2652 متر و پست ترین نقطه بلندای 1250 متر داشته و اختلاف ارتفاع توپوگرافی به 1400 متر می رسد.

توده شیور داغ اکثراً در رشته ارتفاعات شیورداغ - سامبران و توده میزان در رشته ارتفاعات قوشه داغ رخنمون دارد که در شرقی ترین بخش رشته ارتفاعات گوشه داغ قله سبلان قرار دارد. مورفولوژی منطقه خشن می باشد و این امر در رشته ارتفاعات گوشه داغ و شیور داغ، که شامل دره های عمیق و تنگ با اختلاف ارتفاع زیاد می باشند، به طور بارزتری ملموس است. توده های خانکندي و یوسفلو در حاشیه رودخانه اهر چای رخنمون دارند و توسط آن به بخشهای شمالی و جنوبی تقسیم شده اند. این دو توده در مقایسه با توده های شیور داغ و میزان در ارتفاع پایین تری قرار دارند.

مهمترین رودخانه های جاری در محدوده شامل اهر چای و مرز رود هستند. رودخانه اهر چای، آبراهه های یال شمالی ارتفاعات قوشه داغ و یال جنوبی ارتفاعات شیور داغ را زهکشی می کند. این رودخانه در ادامه به رودخانه قره سو وصل شده و بعد به رودخانه ارس می ریزد. رودخانه مرز رود آبراهه های یال شمالی ارتفاعات شیور داغ را زهکشی کرده و بعد از وصل شدن به رودخانه کلیر به ارس می ریزد. این دو رودخانه در تمام فصول سال آب جاری دارند، ولی در برخی مناطق به علت استفاده از آب رودخانه برای کشاورزی، میزان آب رودخانه ها در فصل تابستان خیلی پایین است.

منطقه ارسباران، طبق تقسیم بندی های اقلیمی، جزء نواحی سرد و زیر ناحیه نیمه خشک است. منطقه زمستان های سرد و تابستانهای معتدل دارد. اختلاف دمایی در منطقه بالا است به طوری که در زمستان دما تا 30 درجه زیر صفر و در تابستان تا 35 درجه بالای صفر می رسد. متوسط بارش سالیانه در منطقه نسبتاً بالا است و این امر باعث تشکیل پوشش گیاهی مناسب و گاهی پوشش جنگلی شده است. میزان متوسط بارندگی در

سال بین 300 الی 400 میلی متر در طی 10 سال گذشته متغیر بوده است ( داده های ایستگاه هواشناسی شهرستان اهر).

پوشش جنگلی منطقه به جنگلهای ارسباران معروف هستند و در بخش شمالی ارتفاعات قوشه داغ و شیور داغ این پوشش جنگلی وجود دارد. در برخی مناطق، پر پشت بودن پوشش جنگلی باعث عدم وجود رخنمون های سنگی و راههای دسترسی مناسب شده و مطالعات صحرایی را با مشکلات فراوانی همراه ساخت. همچنین پوشیده بودن منطقه از برف در طول 5 ماه از سال خصوصاً در ارتفاعات (تا 7 ماه از سال)، زمان مطالعات صحرایی را محدود نمود. ارتفاعات قوشه داغ و شیور داغ در برخی سالهای پر باران تا اواخر تیرماه پوشیده از برف هستند. به علت سردسیر بودن منطقه، فصل مطالعات صحرایی محدود بوده و از خرداد تا اواخر مهرماه است.

### **1-3- ساختار اجتماعی-اقتصادی منطقه مورد مطالعه**

دامپروری و کشاورزی عمده ترین فعالیت اقتصادی و شغل مردم روستاهای منطقه را تشکیل می دهند. این منطقه ییلاق ایل مغان است و در فصل تابستان در اکثر بخش های محدوده عشایر اسکان دارند و به دامپروری مشغول هستند. در حاشیه رودخانه های اصلی ( مرز رود و اهر چای) کشت آبی رایج است، ولی در اکثر بخش های منطقه کشت رایج دیم است. صنایع دستی و گلیم بافی نیز در منطقه از رونق خاصی برخوردار است. مهمترین مراکز جمعیت منطقه شامل شهرستانهای اهر، کلیر، مشکین شهر و ورزقان می باشند. همچنین روستاهای بسیاری در محدوده مطالعه با امکانات رفاهی محدود وجود دارند. تکلم اهالی منطقه به زبان آذری و مذهب آنها شیعه است.

### **1-4- تاریخچه مطالعات قبلی**

زون ارسباران از دیر باز مورد توجه زمین شناسان و اکتشافگران بوده است. دلیل این امر به خاطر وجود اندیس های فلزی خصوصاً مس در این زون است. وجود توده های متعدد مس پورفیری همراه با کانی زایی های مس و طلای نوع رگه ای و اسکارنی، اهمیت زمین شناسی و اکتشافی این منطقه را دو چندان کرده است. لذا از دیرباز مطالعات اکتشافی و پژوهشی متعددی در این زون بر روی اندیس های معدنی و سنگ های میزبان آنها انجام شده است. با توجه به حجم مطالعات اکتشافی انجام شده به چکیده ای از این مطالعات اشاره خواهد شد. مهمترین این مطالعات، شامل پژوهش های صورت گرفته بر روی معدن مس پورفیری

سونگون ( Etminan, 1977; Mehrpartou, 1993; Hezarkhani, 1997; Calagari, 2003 ) و مطالعات اکتشافی شرکت ملی مس و سازمان زمین شناسی کشور است که بالغ بر 100 گزارش اکتشافی و پژوهشی را شامل می شوند.

مطالعات پترولوژیکی چندی در سنگهای آتشفشانی و توده های نفوذی رخنمون یافته در منطقه ارسباران صورت گرفته است که در ذیل به آنها اشاره خواهد شد.

1. مطالعات گسترده ای توسط محققین خارجی در آذربایجان و شرق ترکیه در خصوص ولکانیسم کواترنری منطقه انجام شده است. از مهمترین این مطالعات می توان به Innocenti et al., (1976); Pearce et al., (1990) اشاره نمود.

2. Alberti et al., (1976, 1981) ضمن بررسی ولکانیسم ائوسن در منطقه مشکین شهر، سنگهای آتشفشانی و دایکهای قطع کننده آنها را به روش K-Ar سنگ کل و همچنین با استفاده از بلورهای بیوتیت و آنورتوکلاز تعیین سن نمودند.

3. باباخانی (1360) تحت عنوان رساله کارشناسی ارشد توده سینیتی کلیبر را مورد مطالعه قرار داده است.

4. Didon and Gemin (1976) تحت عنوان رساله دکتری زمین شناسی و پترولوژی استراتوولکان سبلان را مورد مطالعه قرار دادند.

5. محمدرضا عیوض خانی (1376) با بررسی سنگهای پلوتونیک منطقه ونه آباد، دو سری سنگی را تفکیک نموده است. سری سینیتی و سری گرانودیوریتی-تونالیتی؛ سری اول را آلکالن و سری دوم کالکوالکالن ذکر کرده است. ژنز سری سینیتی را به تفریق ماگمای حاصل از گوشته با ترکیب بازالتی و تبلور جزء به جزء آن نسبت داده است. موتور حرارتی ناشی از ماگمای سری اول را عامل ذوب پوسته زیرین و ایجاد ماگمای سری دوم (توده گرانیتوئیدی تیپ I) ذکر کرده است.

6. رضا طلایی دولق (1376) با بررسی هاله های دگرسانی در منطقه خانکندی و صاحب دیوان، این سنگها را به همراه توده های منطقه مورد ارزیابی پتروگرافی و ژئوشیمیایی قرار داده است.

7. زهره عظیم زاده گاوکانی (1378) سنگهای آتشفشانی و توده های نفوذی منطقه زند آباد (شمال غرب اهر) را بررسی کرده است.