بسم الله الرحمن الرحيم

دانشگاه تبریز

دانشکده علوم طبیعی

گروه زمین شناسی

پایان نامه

برای دریافت درجه دکتری در رشته زمین شناسی گرایش پترولوژی

عنوان

پترولوژی سنگ های رسی دگرگونی گشت و ماسال، شمال ایران

استاد راهنما:

پروفسور محسن موذن

استادان مشاور:

Professor Donna Whitney

دکتر هادی عمرانی

پژوهشگر:

رحیمه میکائیلی

اسفند ماه

۱۳۹۲

یرفع الله الذین آمنوا منکم والذین اوتوا العلم درجات والله بما تعملون خبیر(ااامجادله).

سپاس خدای را که سخنوران، در ستودن او بمانند و شمارندگان، شمردن نعمت های او ندانند و کوشندگان، حق او را گزاردن نتوانند. و سلام و دورد بر محمّد و خاندان پاک او، طاهران معصوم، هم آنان که وجودمان وامدار وجودشان است.

سپاس خدای را که مرا توانایی بخشید تا این امر را به پایان رسانم و از عهده آن برایم. خداوندی که لطفش همیشه شامل حال من بوده و است. به نشانه ادب سپاسگزاری می کنم از تمام عزیزانی که مرا در انجام این رساله یاری رساندند:

از استاد دانشمند و فرهیخته؛ جناب آقای دکتر محسن موذن که در کمال سعه صدر، با حسن خلق و فروتنی، از هیچ کمکی در این عرصه بر من دریغ ننمودند و زحمت راهنمایی این رساله را بر عهده گرفتند؛ از راهنمایی های استاد مشاور فهیمم، جناب آقای دکتر هادی عمرانی کمال تشکر و قدردانی را دارم.

از داوران محترم خانم دکتر حاج عای اوغلی، آقای دکتر عزیزی و آقای دکتر فضل نیا که زحمت داوری این پایان نامه را قبول نمودند، تشکر می نمایم.

تشکر و سپاس خویش را نثار اساتید محترم گروه زمین شناسی دانشگاه تبریز و اصفهان به ویژه جناب آقای دکتر موید، جناب آقای دکتر جهانگیری، جناب آقای دکتر عامل، جناب آقای دکتر نقره ئیان(استاد راهنمای کارشناسی ارشد و جناب آقای دکتر مکی زاده نموده و سر افرازی ایشان را از خداوند خواهانم.

از دوستان و همراهان دوران تحصیلم خانم دکتر آهنگری؛ خانم دکتر یزدانی و آقای دکتر روانخواه تشکر نموده و برایشان آرزوی موفقیت دارم.

تقدیم به پدرم به استواری کوه، مادرم به زلالی چشمه، همسرم به صمیمیت باران، دخترم به طراوت شبنم.

به پاس تعبیر عظیم و انسانی شان از کلمه ایثار و از خودگذشتگان به پاس عاطفه سرشار و گرمای امید بخش وجودشان که در این سردترین روزگاران بهترین پشتیبان است. به پاس قلب های بزرگشان که فریادرس است و سرگردانی و ترس در پناهشان به شجاعت می گراید و به پاس محبت های بی دریغشان که هرگز فروکش نمی کند.

نام خانوادگی دانشجو: میکائیلی **نام:** رحیمه

عنوان پایان نامه/رساله: پترولوژی سنگ های رسی دگرگونی گشت و ماسال، شمال ایران

استاد راهنما: پروفسور محسن موذن

استادان مشاور: پروفسور دونا ویتنی و دکتر هادی عمرانی

مقطع تحصیلی: دکتری **رشته:** زمین شناسی **گرایش:** پترولوژی **دانشگاه:** تبریز

دانشکده: علوم طبیعی **تاریخ فارغ التحصیلی:** اسفند ۱۳۹۲ **تعداد صفحه:**۱۶۲

کلید واژه ها: متاپلیت، مجموعه گشت و ماسال، لوکوگرانیت، متابازیت، دگرگونی ناحیه ای، برخورد قاره ای، پالئوتتیس، شمال ایران

چکیده: مجموعه های دگرگونی گشت و ماسال به ترتیب در جنوب غرب شهرستان های فومن و انزلی در کوه های تالش و در زون البرز غربی واقع شده اند. میکاشیست، گارنت شیست، آندالوزیت شیست، کردیریت-استارولیت شیست، سیلمانیت شیست، کیانیت شیست و متابازیت ها از جمله سنگ های دگرگونی غالب در منطقه می باشند. بافت های لپیدوبلاستی و پورفیروبلاستی از بافت های غالب در متاپلیت ها و بافت گرانولار بافت غالب در متابازیت ها می باشد. اغلب پورفیروبلاست ها از جمله آندالوزیت فابریک S شکل(گلوله برفی) داشته که نشانگر رشد آنها به صورت همزمان با فرایند تکتونیکی می باشد.

لوکوگرانیت های گشت از کانی شناسی ساده ای برخوردار بوده و دارای کانی های اصلی پلاژیوکلاز، فلدسپار پتاسیم، کوارتز و موسکویت به همراه کانی های فرعی تورمالین و آپاتیت هستند.

پتروگرافی سنگ های دگرگونی بیانگر رخداد دو فاز دگرگونی ناحیه ای(M_1, M_2) و یک فاز دگرگونی مجاورتی(M_3) به همراه دو فاز دگرشکلی (D_1, D_2) می باشد. دگرگونی ناحیه ای M_1 با دگرشکلی D_1 منجر به ایجاد فولیاسیون S_1 در سنگ های دگرگونی منطقه شده و منجر به جهت یافتگی کانی های بیوتیت و موسکویت را در جهت حداکثر فشار شده است. رخداد دگرگونی ناحیه ای M_2 با تشکیل فولیاسیون S_2، فولیاسیون S_1 را چین داده و کلیواژ کرینولیشن را تشکیل داده است. عملکرد این فاز دگرگونی منجر به تشکیل اغلب پورفیروبلاست ها از جمله آندالوزیت (II)، استارولیت، کردیریت(II) ، کیانیت، سیلمانیت و گارنت شده است. بالا آمدن توده های نفوذی منجر به رویداد دگرگونی مجاورتی(M_3) در منطقه شده و سنگ های دگرگونی پیشین را دگرشکل کرده است.

لوکوگرانیت های گشت پرآلومین بوده و SiO_2 آنها ۷۰/۱۱-۷۵/۷ درصد می باشد. بهنجار سازی گرانیت های گشت به کندریت بیانگر تمرکز پایین عناصر کمیاب خاکی در آنها بوده و از عناصر کمیاب سبک غنی شدگی نسبی نشان می دهند. تشکیل لوکوگرانیت های موسکویت دار گشت ناشی از ذوب بخشی درجه پائین متاپلیت ها در طی شرایط فعالیت پایین سیالات می باشد. مکان تشکیل لوگو گرانیت ها در بخش بالایی پوسته و در نتیجه تغییر شکل، برشی شدن و فروریزش پوسته ضخیم شده کوه های البرز می باشد.

ترکیب گارنت در کیانیت شیست ها و گارنت شیست ها از نوع آلماندن- اسپسارتین و در متابازیت ها از نوع آلماندن - اسپسارتین و گروسولار می باشد. فیبرولیت نسبت به دو پلی مورف آندالوزیت و کیانیت از محتوی FeO بالاتری برخوردار است که می تواند ناشی از غنی بودن سنگ کل از آهن بوده و یا ناشی از تشکیل فیبرولیت از تجزیه کانی-

ادامه چکیده پایان نامه

بیوتیت باشد. آمفیبول موجود در متابازیت ها از نوع اکتینولیت بوده و متعلق به سنگ های دگرگونی است و بیانگر تعلق آنها به سنگ های وابسته به رخساره شیست سبز می باشد.

تورمالین موجود در متاپلیت ها از نوع دراویت بوده و بر اساس شیمی کانی تورمالین منشاء سیالات دخیل در تشکیل این کانی وابسته به متاپلیت ها و متاسمیت های غنی از آلومنیوم می باشد.

طبق شیمی عناصر اصلی، سنگ های دگرگونی رسی مجموعه های گشت و ماسال اغلب دارای منشاء رسوبی بوده و برخی از نمونه ها نیز دارای منشاء آذرین اسیدی تا حدواسط هستند. ترکیب رسوبات تشکیل دهنده متاپلیت های گشت و ماسال به ترتیب شیل و شیل غنی از آلومینیوم می باشد و احتمالا" مربوط به پروتروزوئیک- فانروزوئیک می باشد. بر اساس شیمی سنگ کل، محیط تشکیل سنگ های دگرگونی حاشیه فعال قاره ای تا جزایر قوسی می باشد.

بر اساس روش های مختلف دما – فشار سنجی دمای ۶۰۰-۷۰۰ درجه سانتی گراد و فشار ۷-۸ کیلوبار برای اوج دگرگونی (M_2) و ۵۵۰-۶۰۰ درجه سانتی گراد و ۵ کیلوبار برای دگرگونی (M_1) بدست آمده است. بر اساس مطالعات با شبکه پتروژنتیکی ترسیم شده مسیر رخداد دگرگونی های منطقه در جهت عقربه های ساعت بوده و نشانگر دگرگونی نوع باروین (HT/M-LP) می باشد که در طی برخورد قاره ای و ضخیم شدگی پوسته ای ایجاد شده است.

نتایج حاصل از مطالعات دما- فشارسنجی، شیمی سنگ کل و شیمی لوکوگرانیت ها همگی بیانگر رخداد فرایند دگرگونی در یک محیط تکتونیکی برخوردی می باشد. سنگ های دگرگونی و لوکوگرانیت های گشت در اثر فرورانش پالئوتتیس به سمت شمال در نتیجه برخورد بین بخش گندوایی ایران و صفحه اوراسیا در البرز غربی تشکیل شده اند که منجر به برشی و ضخیم شدگی پوسته و تشکیل سنگ های دگرگونی حرارت بالا و فشار متوسط مجموعه گشت و سنگ های دگرگونی فشار بالا از جمله اکلوژیت ها و سنگ های دگرگونی شیست آبی در منطقه ماسال- شاندرمن شده است. لوکوگرانیت های گشت در طی برخورد قاره ای و ضخیم شدگی پوسته ای از ذوب بخشی متاپلیت های غنی از موسکویت بوجود آمده اند که نفوذ آنها باعث دگرگونی مجاورتی سنگهای قبلی شده است.

فهرست مطالب

عنوان..... صفحه

فصل اول

بررسی منابع

۱-۱- پایه های نظری..... ۱

۱-۲-الف - دگرگونی سنگ های رسی و نیمه رسی..... ۲

۱-۲-ب- دگرگونی سنگ های الترامافیک..... ۳

۱-۲-پ- دگرگونی سنگ های بازیک..... ۴

۱-۲-ت- دگرگونی سنگ های آهکی و کالک سیلیکاته..... ۴

۱-۲-ث- دگرگونی سنگ های آهکی و دولومیتی..... ۵

۱-۲- ج- رخساره شیست سبز در سنگ های بازیک..... ۵

۱-۲- چ- گذر از رخساره شیست سبز به آمفیبولیت..... ۵

۱-۳- سنگ های حاصل از دگرگونی پلیت ها..... ۶

۱-۳- الف- اسلیت..... ۶

۱-۳- ب- فیلیت ۶

۱-۳- پ- میکا شیست..... ۷

۱-۳- ت- گنیس..... ۷

۱-۴- مسیرهای دما– فشار-زمان در دگرگونی (P-T-t paths) ۷

۱-۵- ژئوترموبارومتری..... ۷

۱-۶- مروری بر تکامل و بسته شدن اقیانوس پالئوتتیس در ایران و مناطق همجوار..... ۱۱

۱-۶- الف- بقایای پالئوتتیس در جهان..... ۱۱

۱-۶- ب- تکامل پالئوتتیس و گرانیت های مرتبط با فرورانش این اقیانوس در جهان..... ۱۴

۱-۶- پ- شواهد پالئوتتیس در ایران..... ۱۵

۱-۷- اهداف تحقیق..... ۱۸

فصل دوم

مواد و روش ها

۲- ۱- معرفی منطقه ۱۹

۲-۲- راه های دسترسی..... ۲۰

۲-۳-زون البرز..... ۲۱

۲-۴ -سنگ های دگرگونی در زون البرز..... ۲۳

۲-۴-الف-واحد دگرگون یافته ماسوله..... ۲۳

۲-۴-ب-واحد دگرگونی البرز شرقی..... ۲۳

۲-۴-پ-واحد دگرگونی گرگان..... ۲۴

۲-۵- مطالعات پیشین صورت گرفته در منطقه..... ۲۴

۲-۶ - روش تحقیق..... ۲۷

۲-۶ – الف- کار های صحرایی..... ۲۷

۲-۶ – ب- کارهای آزمایشگاهی..... ۲۸

فصل سوم

پتروگرافی

۳- ۱ – زمین شناسی عمومی مناطق مورد مطالعه..... ۲۹

۳-۱-الف – چینه شناسی منطقه گشت..... ۲۹

۳-۱-ب – چینه شناسی منطقه ماسال..... ۳۱

۳-۲- مطالعات صحرایی سنگ های دگرگونی مناطق مورد مطالعه..... ۳۲

۳-۳-پتروگرافی..... ۳۶

۳-۳-۱ - سکانس پلیتی..... ۳۶

۳-۳-۱- الف- سنگ مادر..... ۳۶

۳-۳-۱-ب- اسلیت..... ۳۶
۳-۳-۱-پ- استارولیت شیست..... ۳۷
۳-۳-۱-ت-سیلیمانیت شیست..... ۳۷
۳-۳-۱-ث- سرسیت شیست..... ۳۸
۳-۳-۱-ج- میکا شیست..... ۳۸
۳-۳-۱-ح-آندالوزیت-سیلیمانیت شیست..... ۳۹
۳-۳-۱-خ- گارنت- سیلیمانیت شیست..... ۴۰
۳-۳-۱-د- کیانیت شیست..... ۴۰
۳-۳-۲-دگرگونی مجاورتی در سکانس پلیتی..... ۴۲
۳-۳-۲-الف- کردیریت استارولیت شیست..... ۴۲
۳-۳-۲-ب-آندالوزیت- بیوتیت شیست استارولیت دار..... ۴۲
۳-۳-۲-پ-کردیریت شیست..... ۴۴
۳-۳-۳- الف- سکانس متابازیت..... ۴۴
۳-۳-۳-ب-ترمولیت- اکتینولیت شیست..... ۴۵
۳-۳-۳-پ- کلریت شیست..... ۴۶
۳-۳-۳-ت-گارنت-کلریت شیست..... ۴۷
۳-۴- الف- لویکو گرانیت..... ۴۷
۳-۴-ب – گرانیت..... ۴۸
۳-۵- پتروفابریک..... ۵۱
۳-۵-الف- دگرگونی ناحیه ای M1..... ۵۱
۳-۵-ب- دگرگونی ناحیه ای M2..... ۵۱
۳-۵-پ- دگرگونی مجاورتیM3..... ۵۲
۳-۵-ت- دگرسانی..... ۵۲

فصل چهارم

ژئوشیمی گرانیت گشت

۴-۱- مقدمه ۵۳

۴-۲- نمودار نسبت مجموع آلکالی در برابر SiO_2 ..... ۵۶

۴-۲- الف- نامگذاری به روش کاکس و همکاران (۱۹۷۹) ۵۶

۴-۲- ب- نامگذاری به روش لوباس و همکاران(۱۹۸۶) ۵۶

۴-۲-پ- نامگذاری به روش میدل موست(۱۹۹۱) ۵۷

۴-۲-ت- نامگذاری به روش دلاروش و همکاران (۱۹۸۰) ۵۷

۴-۳-الف- -نمودار مجموع آلکالی در مقابل سیلیس ایروین و باراگار(۱۹۷۱) ۵۸

۴-۳-ب- نمودار مثلثی AFM ایروین و باراگار(۱۹۷۱) ۵۸

۴-۳-پ- نمودار $K_2O + Na_2O - CaO$ در برابر SiO_2 فراست و همکاران(۲۰۰۴) ۵۹

۴-۴- بررسی شاخص آلومین و پتاسیم ۶۰

۴-۴-الف- نمودار چاپل و وایت (۱۹۷۴) ۶۰

۴-۴-ب - نمودار مانیار و پیکولی(۱۹۸۹) ۶۰

۴-۵- ژئوشیمی عناصرنادر خاکی ۶۱

۴-۶- بررسی رفتار عناصر کمیاب بر اساس نمودارهای چند عنصری ۶۲

۴-۷- بررسی روند تحول ماگما ۶۴

۴-۸- پتروژنز و محیط تکتونیکی گرانیت ها ۶۴

۴-۸- ۱- تیپ گرانیتوئیدها ۶۴

۴-۸-۱-الف- گرانیتوئیدهای گروه ۶۵

۴-۸-۱-ب- گرانیتوئیدهای گروه S ۶۵

۴-۸-۱-پ- گرانیتوئیدهای گروهA ۶۵

۴-۸-۱-ت- گرانیتوئیدهای گروهM ۶۵

۴-۸-۲- تعیین تیپ گرانیت های گشت ۶۵

۴-۸-۳ - منشاء گرانیت های گشت ۶۷

۴-۸- خاستگاه ماگمایی و محیط تکتونیکی تشکیل گرانیت گشت ۷۱

۴ -۹-۱- تقسیم بندی گرانیتوئیدها بر اساس جایگاه تکتونیکی از نظر مانیار و پیکولی(۱۹۸۹).....۷۲
۴-۹-۱-الف- گرانیتوئید های کوهزایی.....۷۲
۴-۹-۱-ب- گرانیتوئیدهای غیر کوهزایی.....۷۲
۴-۹-۲- خاستگاه ماگمایی و محیط تکتونیکی گرانیت های مورد بررسی.....۷۳

فصل پنجم

مینرال شیمی

۵-۱-مینرال شیمی سنگ های دگرگونی رسی.....۷۶
۵-۱- الف- گارنت.....۷۶
۵-۱-ب- مینرال شیمی استارولیت.....۷۸
۵-۱-پ- مینرال شیمی فلدسپار ها.....۷۹
۵-۱-ت- مینرال شیمی میکا.....۸۱
۵-۱- ث- شیمی آلومینوسیلیکات ها.....۸۵
۵-۲- مینرال شیمی سنگ های دگرگونی بازیک.....۸۷
۵-۲-الف- شیمی آمفیبول.....۸۷
۵-۲- ب- شیمی اپیدوت.....۸۹
۵-۲- پ- شیمی کانیهای تیره.....۹۰
۵-۲- ت- شیمی اسفن.....۹۱
۵-۲- ث- شیمی کلریت.....۹۳
۵-۲- ج- شیمی تورمالین.....۹۴

فصل ششم

مطالعات ترمودینامیکی

۶-۱- ترموبارومتری.....۹۹
۶-۲- روش های تعیین P-T دگرگونی.....۹۹
۶-۳- دما فشارسنجی سنگ های دگرگونی با استفاده از منحنی های تعادلی چندگانه بین کانی ها.....۱۰۰
۶-۳-۱- ترموبارومتری با استفاده منحنی های تعادلی چندگانه.....۱۰۰

۶-۳-۲- دماسنجی توسط جفت کانی گارنت - بیوتیت ۱۰۴
۶-۳-۳- دماسنجی توسط جفت کانی هورنبلند- پلاژیوکلاز ۱۰۵
۶-۳-۴- دماسنجی با استفاده از جفت کانی گارنت- کلریت ۱۰۶
۶-۳-۵- فشار سنجی با استفاده از واکنش های انتقالی محض(GPMS - GASP) ۱۰۷
۶-۳-۵-الف- فشارسنجی با استفاده از GPMS ۱۰۷
۶-۳-۵-ب- فشارسنجی با استفاده از GASP ۱۰۷
۶-۳-۶- دماسنجی با استفاده از ترکیب تک کانی Al تتراهدرال در ساختار کانی کلریت ۱۰۹
۶-۳-۷- دماسنجی با استفاده از روابط سولووس ۱۰۹
۶-۴- بررسی تاثیر شیمی سنگ کل بر مجموعه های کانیایی پایدار دگرگونی ۱۱۰
۶-۵- مسیرهای P-T ۱۱۳
۶-۶- گرادیان زمین گرمایی، خاستگاه زمین ساختی سنگ های دگرگونی ۱۱۶
۶-۷- سری رخساره ۱۱۷
۶-۸- مدل شماتیک از باز شدگی و تکامل اقیانوس پالئوتتیس در ایران ۱۱۸

فصل هفتم

ژئوشیمی سنگ کل

۷-۱- مقدمه ۱۲۰
۷-۲- نمودارهای هارکر ۱۲۲
۷-۳- تعیین سنگ منشاء متاپلیت های گشت ۱۲۳
۷-۴- تعیین محیط تکتونیکی تشکیل رسوب ۱۲۷
۷-۵- شاخص دگرسانی سنگ منشاء ۱۲۸
۷-۶- نمودار چند عنصری ۱۳۰
نتیجه گیری ۱۳۲
پیشنهادات ۱۳۶
منابع ۱۳۷
پیوست ۱۵۱

فهرست شکل ها

عنوان.....صفحه

شکل ۱-۱- محدوده رخساره های دگرگونی در نمودار دما و فشار (به نقل از بوخر و گریپس، ۲۰۱۱).....۲

شکل۱-۲- شبکه پتروژنتیکی برای سنگ های رسی دگرگونی رسی در فشار متوسط(برمن، ۱۹۸۸ و اسپیر و جنی،۱۹۸۹).....۳

شکل۱-۳- شبکه پتروژنتیکی ساده شده برای سنگ های بازیک در سیستم C(N)MASH (وینتر، ۲۰۰۱).....۴

شکل۱-۴- مسیرهای شماتیک دما و فشار-زمان بر اساس مدل جریان دمایی(وینتر،۲۰۱۰).....۸

شکل۲-۱- برونزد سنگ های دگرگونی در امتداد جاده فومن به ماسوله.....۲۰

شکل ۲-۲- راه های ارتباطی مناطق مورد مطالعه.....۲۱

شکل۲-۳- موقعیت کوه های البرز بین دریای خزر و ایران مرکزی (L.F گسل لاهیجان،A.F گسل آستارا، M.F گسل ماسوله، N.A.F گسل شمالی البرز، N.T.F گسل شمالی تهران).....۲۳

شکل ۳-۱- نقشه زمین شناسی تصحیح شده ۱:۱۰۰۰۰۰ بندر انزلی، که موقعیت سنگ های دگرگونی گشت در مرکز نقشه می باشد.....۳۱

شکل ۳-۲- نقشه زمین شناشی ساده شده ۱:۱۰۰۰۰۰ بندر انزلی، و موقعیت آندالوزیت شیست های غرب ماسال.....۳۲

شکل ۳-۳- الف- برونزد شیست ها و اسلیت ها در امتداد جاده فومن-ماسوله. ب– برونزد سنگ های دگرگونی که توسط دایک قطع شده اند. ج – چین خوردگی و کرنیولیشن در اسلیت ها و شیست ها. د- برونزد سنگ های دگرگونی تکتونیزه شده در ارتفاعات شمالی شهرستان ماسوله. ه - برونزد سنگ های آهکی برجا در ارتفاعات قلعه رودخان. ی– برونزد سنگ های گرانیتی تورمالین دار با تجمعات سیاه رنگ تورمالین.....۳۴

شکل ۳-۴ - الف – برونزد گرانیت های پگماتیتی- ب – شیت های آندالوزیت دار که بلورهای آندالوزیت به صورت برجسته دیده می شوند. ج - برونزد شیست های کواتز دار صورتی رنگ. ی- برونزد سنگ های دگرگونی.....۳۵

شکل ۳- ۵- الف- برونزد میکاشیست های در حوالی امامزاده شفیع. ب – برونزد شیست های آندالوزیت دار در جنگل های شفارود که به شدت دچار فرایند هوازدگی قرار گرفته اند.....۳۶

شکل۳-۶- الف – پورفیروبلاست استارولیت دارای انکلوزیون های کوارتز. ب– پورفیروبلاست استارولیت توسط پوششی از بلورهای کشیده بیوتیت دربرگرفته شده است(PPL). ۳۷

شکل ۳-۷- الف- ب - بلورهای سوزنی و باریک کانی سیلیمانیت در مجاورت کانی بیوتیت(PPL).....۳۸

شکل ۳-۸- الف – دگرشکلی دوم و تشکیل کرنیولیشن در میکا شیست. ب ، ج – صفحات کشیده و باریک بیوتیت با میان لایه های کوارتز که فولیاسیون ضعیف تا متوسط را تشکیل داده اند(XPL).....۳۹

شکل ۳-۹- الف- پورفیروبلاست گارنت که توسط بلورهای سوزنی سیلیمانیت در طرفین احاطه شده است(XPL). ب – بافت اسکلتی در پورفیربلاست گارنت(PPL).....۴۰

شکل۳-۱۰- الف- کیانیت توسط کوارتز در برگرفته شده است. ب- تشکیل کیانیت از کانی بیوتیت. ج- بلورهای کوچک کانی کیانیت با پوششی نازکی از آلبیت. د- کانی چشمی شکل گارنت که توسط بلورهای بیوتیت دربر گرفته شده است. ه- بلورهای بیوتیت در حال تبدیل شدن به کیانیت و فیرولیت. ۴۱

شکل ۳-۱۱– حضور پورفیروبلاست های کردیریت و استارولیت دارای انکلوزیون های کوارتز و موسکویت در کردیریت-استارولیت شیست(XPL)..... ۴۲

شکل ۳-۱۲- الف – ساخت چشمی در کانی آندالوزیت که در حاشیه با سرسیت جایگزین شده است. ب- زدمورف آندالوزیت در راستای فولیاسیون. ج- بقایای کانی آندالوزیت در میان فیلوسیلیکات ها که فولیاسیون سنگ را تشکیل داده اند(PPL)..... ۴۳

شکل ۳-۱۳- الف- پورفیروبلاست کردیریت با ماکل پروانه ای. ب- پورفیروبلاست کردیریت دارای انکلوزیون های موسکویت و کوارتز. ج- جهت یافتگی زیگموئیدال شکل انکلوزیون ها در درون پورفیروبلاست کردیریت(XPL)..... ۴۴

شکل ۳-۱۴- الف- بلورهای بی شکل تا نیمه شکل دار اپیدوت و زوئیزیت که زمینه اصلی سنگ را تشکیل داده اند. ب- بلورهای بی شکل آلبیت با انکلوزیون های کوچک و پراکنده اپیدوت. ج- بلورهای کشیده و بی شکل اپیدوت و گارنت (XPL) ۴۵

شکل۳-۱۵- بلورهای سوزنی و رشته ای ترمولیت-اکتینولیت..... ۴۶

شکل ۳-۱۶- الف- پورفیروبلاست های بی شکل کلریت به همراه بلورهای اپیدوت با برجستگی بالا(PPL). ب- بورفیروبلاست آلبیت با انکلوزیون های اپیدوت(PPL)..... ۴۶

شکل۳-۱۷- بلورهای کوچک و شکل دار گارنت در زمینه ای از کلریت و اپیدوت(PPL)..... ۴۷

شکل ۳-۱۸- الف- بافت پرتیت در کانی فلدسپار. ب- کانی موسکویت به همراه تورمالین با رنگ آبی تیره. ج- بافت پوئیکیلیتیک بین فلدسپات پتاسیم و پلاژیوکلاز. ج- بافت میرمکیت در کانی فلدسپار. ۴۸

شکل۳-۱۹- الف- ب- کوارتز به همراه موسکویت، ج- کانی سرسیت ثانویه ناشی از دگرسانی فلدسپار پتاسیم، د– کلریت شعاعی از تجزیه شدگی بیوتیت (PPL)..... ۴۹

شکل ۳-۲۰ – عملکرد فرایند دگرشکلی های در میکاشیست های مجموعه گشت..... ۵۲

شکل۴-۱- نامگذاری شیمیایی سنگ های منطقه با استفاده از نمودار SiO_2 در برابر مجموع آلکالی (کاکس و همکاران، ۱۹۷۹). ۱- آلکالی فلدسپات گرانیت، ۲- گرانیت، ۳- گرانودیوریت، ۴- دیوریت، ۵- گابرو، ۶- سینودیوریت، ۷- سینیت، ۸- نفلین سینیت..... ۵۶

شکل۴-۲- رده بندی سنگ های منطقه بر اساس نمودار لوباس و همکاران (۱۹۸۶)..... ۵۷

شکل۴-۳- نامگذاری سنگ های منطقه بر اساس استفاده از نمودار میدل موست و همکاران(۱۹۹۱). ۱- آلکالی فلدسپات سینیت، ۲- آلکالی فلدسپات کوارتز، ۳- آلکالی فلدسپات گرانیت، ۴- سینیت، ۵- کوارتز سینیت، ۶- گرانیت،

۷- مونزونیت، ۸- کوارتز مونزونیت، ۹- مونزودیوریت، ۱۰- کوارتز مونزودیوریت، ۱۱- گرانودیوریت، ۱۲- دیوریت و گابرو، ۱۳- کوارتز دیوریت، ۱۴- تونالیت..... ۵۷

شکل۴-۴- رده بندی سنگ های منطقه بر اساس نمودار ارائه شده توسط دلاروش و همکاران(۱۹۸۰)..... ۵۸

شکل ۴- ۵ - تعیین سری ماگمایی با به کارگیری نمودار ایروین و باراگار (۱۹۷۱)..... ۵۸

شکل ۴- ۶- تعیین سری ماگمایی گرانیت های گشت با به کار گیری نمودار AFM ایروین و باراگار (۱۹۷۱)..... ۵۹

شکل ۴-۷- موقعیت نمونه ها در نمودار $K_2O+ Na_2O- CaO$ در برابر SiO_2 (فراست و همکاران،۲۰۰۱)..... ۵۹

شکل۴- ۸- بررسی شاخص آلومین در گرانیتوئیدهای گشت با استفاده از نمودار چاپل و وایت(۱۹۷۴)..... ۶۰

شکل۴- ۹- بررسی شاخص آلومین در گرانیتوئیدهای گشت با استفاده از نمودار مانیار و پیکولی(۱۹۸۹)..... ۶۱

شکل ۴- ۱۰- نمودار SiO_2 در برابر K_2O..... ۶۱

شکل ۴-۱۱- الف- نمودار بهنجار شده نمونه های سنگی مورد مطالعه نسبت به کندریت(مقادیر ارائه شده توسط ایونسن و همکاران، ۱۹۷۸). ب- مقایسه لوکوگرانیت های مجموعه گشت با تورمالین –موسکویت گرانیت بلک هیل (داده ها برگرفته از نبلک و لیو،۲۰۰۴)..... ۶۲

شکل۴-۱۲- نمودار چند عنصری و موقعیت مقادیر عناصر کمیاب نمونه های منطقه که به ترتیب بر اساس ترکیب کندریت در شکل الف- از مقادیر سان و مک دوناف، ۱۹۸۹ ، میانگین ترکیب پوسته قاره ای در شکل ب- از مقادیر تیلور و مک لنن، ۱۹۸۵، میانگین ترکیب پوسته ی بالایی در شکل ج- از مقادیر تیلور و مک لنن، ۱۹۸۱ و میانگین ترکیب پوسته ی پایینی، در شکل د – از مقادیر ویور و تارنی،۱۹۸۴ استفاده شده است..... ۶۳

شکل۴-۱۳- موقعیت نمونه های مورد مطالعه در نمودار تفکیکی سیلوستر (۱۹۸۹)، که بر اساس $(Al_2O_3+CaO)/(FeO^*+Na_2O+K_2O)$ در مقابل $100*(MgO+FeO^*+TiO_2)/SiO_2$ ترسیم شده است..... ۶۴

شکل۴-۱۴- بررسی تیپ گرانیتوئیدهای گشت با استفاده از نمودار چاپل و وایت(۱۹۷۴)..... ۶۶

شکل۴-۱۵- تعیین تیپ گرانیتوئیدهای گشت بر اساس پارامترهای SiO_2 در برابر Rb/Zr..... ۶۶

شکل ۴-۱۶- نمودار مجموع Zr در مقابل (Na+K+2Ca)/Si.Al) به همراه دماهای کریستالی شدن تجربی(واتسون و هریسون۱۹۸۳)..... ۶۷

شکل ۴-۱۷- الف- ب- ج- نمودارهای تشخیص سنگ منشاء سنگ های حاصل از ذوب بخشی از پاتینو دوسه (۱۹۹۹)..... ۶۸

شکل ۴-۱۸- الف- ب- مقایسه ترکیب شیمیایی گرانیت های گشت با نتایج حاصل از مطالعات آزمایشگاهی آبزدایی میکا در نتیجه ذوب بخشی متاپلیت ها و متا گریوک ها (لی و همکاران،۲۰۰۳)..... ۶۹

شکل۴-۱۹- الف- مقایسه ترکیب شیمیایی گرانیت های گشت با داده های مربوط به لوکوگرانیت های هیمالیا (وانی، ۱۹۹۳). ب- نمودار Rb-Sr در مقابل Ba که بیانگر روند موازی گرانیت های گشت با لوکوگرانیت های هیمالیا است(فلش ها بیانگر واکنش ذوب بخشی هستندکه توسط اینگر و هریس، ۱۹۹۳ ارائه شده است)((Ms(va نشانگر ذوب موسکویت در غیاب بخار،(Ms(vp ذوب موسکویت در شرایط اشباع از بخار و (Bi(va ذوب بیوتیت در نبود بخار است) لذا لوکوگرانیت های گشت با ذوب موسکویت در شرایط نبود بخار مطابقت می کنند. ج- نمودارهای مربوط به آبزدایی بیوتیت و موسکویت که همدیگر را در ۱۰ کیلوبار قطع نموده اند(نیبلک و لیو،۲۰۰۴). د- نمودار دما در مقابل عمق، شبیه سازی عددی شکل هندسی اولیه و دمای توزیع برای لوکوگرانیت بلک هیل (نیبلک و لیو، ۲۰۰۴)(MDM ذوب در طی آبزدایی موسکویت، BDM ذوب در طی آبزدایی بیوتیت و MBDM ذوب در طی آبزدایی بیوتیت و موسکویت)..... ۷۱

شکل۴-۲۰- نمودار درصد وزنی SiO_2 در برابر K_2O به منظور تفکیک گرانیت های اقیانوسی از دیگر گرانیت ها..... ۷۳

شکل ۴-۲۱- نمودار SiO_2 در برابر Al_2O_3 و FeO^t/FeO^t+MgO از مانیار و پیکولی(۱۹۸۹)، که بر این اساس نمونه ها در محدوده گرانیت های کوهزایی واقع شده اند..... ۷۳

شکل۴-۲۲– نمودار A/CNK در برابر A/NK از مانیار و پیکولی (۱۹۸۹) که نمونه های مورد مطالعه از نوع همزمان با برخورد هستند..... ۷۴

شکل۴-۲۳- شکل الف- بر اساس نمودار کاتیونی R1 –R2 از بچلور و بودن (۱۹۸۵) و نمودار Rb در برابر Nb+Y گرانیت های گشت از نوع همزمان با برخورد می باشند..... ۷۴

شکل ۵-۱- ترکیب بلورهای گارنت در سنگ های دگرگونی مجموعه گشت – ماسال..... ۷۸

شکل۵- ۲- الف– تغییرات اعضایی نهایی گارنت از مرکز به حاشیه. ب- پروفیل تغییرات FeO, MgO, CaO, MnO از مرکز به سمت حاشیه بلور گارنت، در نمونه گارنت شیست که بیانگر روند توزیع یکسان اکسیدهای مذکور در این کانی می باشد. ۷۸

شکل۵-۳- موقعیت کانی استارولیت ها در نمودار مثلثیMg، Fe، Ca+ Mn که استارولیت ها ی مطالعه شده غنی از آهن هستند..... ۷۹

شکل۵-۴ – الف- ب- ترکیب شیمیایی فلدسپارهای مطالعه شده منطقه در نمودارAn- Ab- Or (دیر و همکاران، ۱۹۹۱)..... ۸۰

شکل۵-۵- الف-ب- تصاویر مربوط کانی آلبیت که توسط میکروسکوپ الکترونی مورد تجزیه قرار گرفته است، ج- تصویر مربوط به آنالیز رامان اسپکتروسکوپی کانی آلبیت در تمونه RMK27.44. ..... ۸۱

شکل ۵-۶- الف- ب- موقعیت ترکیب شیمیایی میکاهای مورد مطالعه در نمودار فین استرا (۱۹۹۶). میکای سفید در تمام سنگهای تجزیه شده از نوع موسکویت است..... ۸۲

شکل ۵-۷- ترکیب میکاهای مورد بررسی در نمودار سه تایی موسکویت – سلادونیت – پاراگونیت..... ۸۳

شکل۵-۸ – ترکیب شیمیایی موسکویت در درجات مختلف دگرگونی که موسکویت های منطقه گشت در زون استارولیت و سیلیمانیت قرار می گیرند.....۸۳

شکل ۵-۹- موقعیت بیوتیت های مورد مطالعه در نمودار(اسپیر،۱۹۸۴).....۸۴

شکل۵-۱۰- ترکیب بیوتیت در درجات مختلف دگرگونی. بیوتیتهای منطقه گشت در رون های کیانیت-استارولیت و سیلیمانیت-فلدسپار قرار می گیرند. ۸۴

شکل ۵-۱۱- تصاویر میکروسکوپ الکترونی از کانی های بیوتیت و موسکویت. ۸۴

شکل ۵-۱۲- تصاویر میکروسکوپ الکترونی از کانی های آلومینوسیلیکاته که مورد تجزیه قرار گرفته اند. ج- تصویر رامان اسپکتروسکوپی کانی کیانیت.....۸۶

شکل ۵-۱۳- آمفیبول های مورد مطالعه در نمودار لیک (۱۹۶۵) از نوع دگرگونی می باشند.....۸۸

شکل ۵-۱۴- بر اساس نمودار ارائه شده توسط لیک و همکاران (۱۹۹۷)، آمفیبول های مورد بررسی در گروه آمفیبول های کلسیک واقع شده اند.....۸۸

شکل ۵-۱۵- موقعیت آمفیبول های مورد مطالعه در نمودار لیک و همکاران (۱۹۹۷).....۸۹

شکل ۵-۱۶- موقعیت آمفیبول های مورد مطالعه در نمودار (زاکرتکین،۱۹۶۸).....۸۹

شکل ۵-۱۷- نمودار جدایش اسفن(کووالیس و همکاران، ۱۹۹۷)، بر اساس فاکتورهای Al, Fe اسفن ها ناشی از دگرگونی هستند.....۹۲

شکل۵-۱۸- ترکیب شیمیایی کلریت ها در نمودار طبقه بندی کلریت که از نوع رپیدولیت هستند.....۹۳

شکل ۵-۱۹- موقعیت کانی تورمالین در نمودار هارتون و هنری(۱۹۹۹).....۹۵

شکل۵-۲۰- الف- نمودار(Fe/(Mg+Fe در مقابل Na/(Na+Ca) جهت تعیین نوع تورمالین (ترومبال و چاسیدون(۱۹۹۹). ب- نمودار(Mg /(Mg+Fe در مقابل Xvac/(Na+Xvac) (هاوتورن و هنری(۱۹۹۹).....۹۶

شکل۵-۲۱- گرانیتوئیدهای غنی از Li به همراه پگماتیت و آپلیت. ۲- گرانیتوئید فقیر از Li به همراه پگماتیت و آپلیت های وابسته.۳- سنگ های کوارتز- تورمالین غنی از آهن. ۴- متاپلیت و متاپسامیت های همراه با یک فاز اشباع از آلومنیوم. ۵- متاپلیت و متاپسامیت های بدون فازغنی از آلومنیوم. ۶- سنگ های کوارتز- تورمالین غنی از آهن به همراه سنگ های کالک سیلیکاته و متاپلیت. ۷- اولترامافیک دگرگون شده با کلسیم پایین و متاسدیمنت های غنی از V و Cr . ۸- کربناتیت و پیروکسنیت دگرگون شده(هنری و گویدتی،۱۹۸۵).....۹۶

شکل۵–۲۲- الف- بررسی واکنش های جانشینی در تورمالین های مجموعه دگرگونی گشت (R_1=Ca+ Na, R_2=Fe+Mg+Mn, R_3= Al+1.33Ti(Manning, 1982)، ب- نمودار Ca در برابر Na.....۹۷

شکل۵-۲۳–الف- نمودار Fe در برابر Mg، نمونه های مربوطه دارای میزان Mg بیشتری بوده و دارای جانشینی Al در جایگاه Y هستند. ب- نمودار R_2* نسبت به R_2* (Al in R_2 -Si+1.33Ti+Al=R2, Mn+Al+Mg+Fe=R_2*) (12 که اغلب نمونه ها نقصان در جایگاه Y نشان می دهند.....۹۸

شکل۶-۱- ترموبارومتری نمونه هایRMK17B و RMK5B با استفاده از منحنی های تعادلی چندگانه.....۱۰۲

شکل۶-۲- ترموبارومتری نمونه هایRMKX3 و RMK5G با استفاده منحنی های تعادلی چندگانه.....۱۰۲

شکل ۶-۳- ترموبارومتری نمونه هایRMK28.11، RMK24X و RMK27.44 با استفاده از منحنی های تعادلی چندگانه.....۱۰۳

شکل ۶-۴- نمودار Al^{IV} در مقابل Na_{M4}جهت تعیین فشار دگرگونی. تعیین رخساره دگرگونی بر اساس دما و فشارهای محاسبه شده در نمونه RMK24X.....۱۰۹

شکل ۶-۵- آلبیت – آنورتیت – ارتوکلاز جهت تعیین دمای تعادلی کانی های فلدسپار برای فشار ۱ کیلوبار (کرول، ۱۹۹۳ و اندرسون، ۱۹۹۶).....۱۱۰

شکل۶-۶- فاز دیاگرام ترکیبی AFM شماتیک جهت نمایش روابط فازی کانی های همزیست بر اساس پتروگرافی مقاطع مطالعه شده در دگرگونی های مجموعه گشت.....۱۱۲

شکل۶-۷- نمایش پاراژنز کانی ها در متاپلیت های مجموعه گشت با استفاده از نتایج تجزیه شیمی کانی ها.....۱۱۳

شکل ۶-۸- سودوسکشن دما-فشار ارائه شده توسط وی و همکاران(۲۰۰۴) برای ترکیب میانگین متاپلیت ها، که مسیر دگرگونی متاپلیت های مجموعه گشت بر روی آن نمایش داده شده است.....۱۱۵

شکل ۶-۹- پتروژنتیک گرید ساده شده جهت متابازیک ها که نشانگر موقعیت واکنش های نامتغییر در سیستم (C(N)MASH) می باشد(وینتر، ۲۰۱۰).....۱۱۵

شکل ۶-۱۰- نمودار خطی دما-عمق برای محیط های زمین ساختی مختلف.....۱۱۶

شکل ۶-۱۱- نمودار دما – فشار که نشانگر سه رخساره اصلی دگرگونی می باشد(میاشیرو، ۱۹۷۳).....۱۱۷

شکل۶-۱۲- مدل باز شدن ، تکامل و بسته شدن اقیانوس پالئوتتیس (CI: Centeral Iran, Sc: South Caspian, Kup: Kuph Dag).....۱۱۹

شکل۷-۱- مقایسه ترکیب سنگ کل در متاپلیت های مجموعه گشت در نمودار AFM در مقایسه با متاپلیت های میانگین.....۱۲۲

شکل۷-۲- نمودار تغییرات اکسیدهای اصلی در برابر SiO_2 در سنگ های دگرگونی منطقه.....۱۲۳

شکل ۷-۳- الف- نمودار طبقه بندی سنگ منشاء متاپلیت ها بر اساس $Log(SiO_2/Al_2O_3)$ در برابر $Log(Na_2O/K_2O)$ (پتی جان و همکاران،۱۹۷۲). ب- نمودار طبقه بندی سنگ منشاء متاپلیت ها بر اساس $Log(SiO_2/Al_2O_3)$ در برابر$Log(Fe_2O_3/K_2O)$ که نمونه های گشت در محدوده شیل و ماسال در شیل غنی از آهن قرار دارند(هرون، ۱۹۸۶). ب – نمودار Al_2O_3/SiO_2 در برابر $100TiO_2/Zr$ ،نمونه های منطقه گشت در محدوده شیل ترسیم شده اند (گارسیا و همکاران، ۱۹۹۴).....۱۲۴

شکل۷-۴- الف- نمودار تفکیک سنگ منشاء رسوبی از آذرین، جهت نمونه های مربوط به مناطق گشت و ماسال (ورنر، ۱۹۸۷). ب- ج- بر اساس نمودارهای روزر و کورش(۱۹۸۸)، نمونه های منطقه گشت دارای منشاء رسوبی کوارتزی و آذرین حدواسط هستند.....۱۲۵

شکل۷-۵- الف- بر اساس نمودار Ni در برابر TiO_2 سنگ های دگرگونی مورد مطالعه دارای منشاء ای بین ماسه سنگ تا گل هستند ب- نمودار Rb در برابر K_2O ، که نسبتK/Rb برابر با ۲۳۰ به عنوان روند ماگمایی است (شاو،۱۹۶۸)، و نمونه ها دارای ترکیب حدواسط تا اسیدی هستند (تیلور و مک لنین، ۱۹۸۵).....۱۲۶

شکل ۷-۶- الف- بر اساس نمودار Ti در برابر Zr نمونه ها در محدوده آندزیت قرار گرفته اند (هالبرگ، ۱۹۸۴). ب- بر اساس نمودار ارائه شده توسط وینچستر و فلوید(۱۹۷۷)، رسوبات مادر تشکیل دهنده سنگ های دگرگونی از یک سنگ منشاء آذرین با ترکیب آندزیت تا ریوداسیت تشکیل شده اند. ج- بر اساس نمودار مثلثی Zr-Al- Ti ، نوع رسوبات تشکیل دهنده سنگ های دگرگونی شیل می باشد(گارسیا و همکاران، ۱۹۹۴). د- نمودار SiO_2/Al_2O_3 در برابر K_2O/Na_2O جهت تمایز منشاء شیل.....۱۲۷

شکل۷-۷- الف- نمودار TiO_2 در برابر Fe_2O_3+MgO . ب- نمودار Al_2O_3/SiO_2 در برابر TiO_2 (باتیا، ۱۹۸۳)، ۱- کمان اقیانوسی، ۲- کمان قاره ای، ۳- حاشیه فعال قاره ای، ۴- حاشیه غیر فعال. ج- نمودار تفکیک کننده محیط تکتونیکی رسوبات تشکیل دهنده متاپلیت ها، که بر این اساس اغلب نمونه ها در یک محیط حاشیه فعال قاره ای تشکیل شده اند روزر و کورش(۱۹۸۶). د- نمودار تعیین محیط تکتونیکی، ارائه شده توسط مینارد و همکاران(۱۹۸۲)، A1و A2 به ترتیب آندزیت و بازالت قوسی و توده های نفوذی فلسیک قوسی تکامل یافته هستند . د- نمودار تعیین محیط تکتونیکی بر اساس عناصر اصلی، اغلب نمونه ها در یک گستره حاشیه فعال قاره ای تا غیر فعال تشکیل شده اند(تولکریدس، ۱۹۹۹).(OIA: جزایز کمانی اقیانوسی، CIA: جزایر کمانی قاره ای، ACM: حاشیه فعال قاره ای، PM : حاشیه غیر فعال). ه- نمودار Th-Co-Zr/10 (باتیا و کروک، ۱۹۸۶)، ۱- جزایر کمانی اقیانوسی، ۲- جزایر کمانی قاره ای، ۳- حاشیه فعال قاره ای، ۴- حاشیه غیر فعال قاره ای.....۱۲۸

شکل۷-۸- الف- نمودار مثلثی ACNK جهت تعیین شاخص هوازدگی سنگ منشاء(نیسبت و یانگ، ۱۹۸۴) ب – نمودار PIA به منظور تعیین نوع پلاژیوکلاز سنگ منشاء رسوبات و تعیین میزان دگرسانی کانی پلاژیوکلاز(فدو، ۱۹۹۵، ۱۹۹۷). ج- نمودار ICV در برابر CIV که نشانگر روابط بین درجه هوازدگی ناحیه منشاء و کانی شناسی است(پوتر و همکاران، ۲۰۰۵). د- نمودار تعیین نوع آب و هوای در طی تشکیل رسوبات سازنده سنگ های دگرگونی.....۱۳۰

شکل ۷-۹- نمودار چند عنصری بهنجار شده نسبت به پوسته زیرین و ترکیب پوسته ای (تیلور و مک لنین، ۱۹۸۵، ۱۹۹۵).....۱۳۱

فهرست جدول ها

عنوان ..... صفحه

جدول ۳-۱- خلاصه پتروگرافی سنگهای دگرگونی مورد مطالعه در مجموعه گشت و ماسال (X : کانی با فراوانی بالای ۱۰ درصد، x: کانی های با فراوانی کمتر از ۱۰ درصد و a کانی های حاصل از دگرسانی..... ۵۰

جدول ۴-۱ – نتایج آنالیز شیمی سنگ کل به همراه عناصر جزئی مربوط به گرانیت های مجموعه گشت..... ۵۵

جدول ۴-۲- تقسیم بندی گرانیتوئیدها بر اساس منشاء و محیط تکتونیکی(باربارین، ۱۹۹۹)..... ۷۵

جدول۵-۱- داده های معرف از ترکیب شیمیایی و فرمول ساختاری گارنت های مطالعه شده (به ازای ۱۲ اکسیژن)..... ۷۷

جدول۵-۲- داده های معرف از ترکیب شیمیایی و فرمول ساختاری استارولیت های مطالعه شده (به ازای ۲۳ اکسیژن)..... ۷۹

جدول۵-۳- الف، نتایج آنالیز مایکروپروب معرف از پلاژیوکلاز و فلدسپار پتاسیم موجود در سنگهای دگرگونی منطقه مورد مطالعه و محاسبه فرمول ساختاری آنها بر مبنای ۸ اکسیژن. ۸۰

جدول۵-۴- نتایج آنالیز مایکروپروب معرف از کانی های بیوتیت و موسکویت موجود در سنگهای دگرگونی منطقه مورد مطالعه و محاسبه فرمول ساختاری آنها بر مبنای ۱۱ اکسیژن..... ۸۲

جدول ۵-۵- ترکیب شیمیایی معرف و محاسبه فرمول ساختاری از آلومینوسیلیکات های موجود در مقاطع مطالعه شده..... ۸۶

جدول۵-۶- نتایج آنالیز مایکروپروب کانی آمفیبول به همراه نتایج حاصل از محاسبه فرمول ساختاری بر اساس ۲۳ اکسیژن..... ۸۷

جدول ۵-۷- ترکیب شیمیایی و فرمول ساختاری اپیدوت در سنگهای متابازیک گشت بر اساس ۱۲/۵ اکسیژن..... ۹۰

جدول۵-۸ –ترکیب شیمیایی و فرمول ساختاری ایلمنیت بر اساس ۳ اکسیژن..... ۹۱

جدول ۵-۹- ترکیب شیمیایی و فرمول ساختاری اسفن بر اساس ۵ اکسیژن..... ۹۳

جدول۵-۱۰- ترکیب شیمیایی و فرمول ساختاری کلریت بر اساس ۱۴ اکسیژن..... ۹۴

جدول ۵-۱۱- داده های معرف از ترکیب شیمیایی و فرمول ساختاری تورمالین بر مبنا ۲۴/۵ اکسیژن..... ۹۵

جدول۶-۱- اکتیویته اعضای نهایی کانیهای مختلف در نمونه های مورد مطالعه، اکتیویته کانی های آندالوزیت- سیلیمانیت- کیانیت، کوارتز و آب یک در نظر گرفته شده است..... ۱۰۱

جدول۶-۲ – نتایج دماسنجی برای جفت کانی بیوتیت – گارنت بر اساس کالیبراسیون های مختلف: (فری و اسپیر، ۱۹۷۸(FS 78)؛ باتاچاریا و همکاران، ۱۹۹۲(B 92)؛ پرچوک و همکاران، ۱۹۸۳(PL83)؛ هدگز و اسپیر، (HS ۱۹۸۲82)؛ هولداوی و همکاران،(HL 97) ۱۹۹۷) در نمونه RMKX3..... ۱۰۴

جدول۶-۳- نتایج دماسنجی برای جفت کانی بیوتیت – گارنت بر اساس کالیبراسیون های مختلف در نمونه RMK28.11..... ۱۰۵

جدول۶-۴- نتایج دماسنجی برای جفت کانی بیوتیت – گارنت بر اساس کالیبراسیون های مختلف در نمونه RMK24X..... ۱۰۵

جدول ۶-۵- نتایج مربوط به دماسنجی کانی های آمفیبول – پلاژیوکلاز در آمفیبول شیست ها..... ۱۰۶

جدول ۶-۶- نتایج مربوط به فشار سنجی با استفاده از واکنش های انتقالی محض(GPMS) در نمونه RMKX3..... ۱۰۸

جدول ۶-۷- نتایج مربوط به فشار سنجی با استفاده از واکنش های انتقالی محض(GPMS) در نمونه RMK28.11..... ۱۰۸

جدول ۷-۱ نتایج حاصل از تجزیه XRF سنگ های دگرگونی رسی مناطق گشت و ماسال. عناطر اصلی به درصد و عناصر فرعی برحسب ppm..... ۱۲۱

جدول ۷-۲- میانگین ترکیب شیمیایی اکسیدهای اصلی سنگ های متاپلیتی و شیل PAAS..... ۱۲۲

جدول۷-۳- محاسبه پارامتر DF در نمونه های تجزیه شده..... ۱۲۶