



از اطلاعات آرد علم ایران
توسیع آرد

دانشکده علوم

گروه زمین شناسی

پایان نامه:

برای دریافت درجه کارشناسی ارشد رشته پترولوژی ۱۳۸۲ / ۷ / ۱۰

عنوان

**مطالعه دگرگونی ناحیه‌ای و دگرشکلی سنگهای جنوب غرب ماهنشان
(استان زنجان)**

اساتید راهنما

دکتر محسن موید

دکتر محسن مودن

اساتید مشاور

دکتر علی عامری

دکتر منصور مجتهدی

پژوهشگر

عادل ساکی

شماره: ۶۱

خرداد ۸۲

۴۷۹۹۳

تقدیم به

پدر، مادر و خانواده عزیزم

تقدیم به

اساتید ارجمندم جناب آقای دکتر محسن موذن و دکتر

محسن موید

تقدیم به

کسانی که در راه رضای حق تعالی و اعتلای

میهن صادقانه گام بر می دارند

تقدیم به

کسانی که همچون نی چوپان

ساده

راست

و سرشار از موسیقی اند

۴۷۵۶۳

خداوند!

گرچه در توان و کلامم ننگجد لیکن از من بپذیر شکر آنچه عطایم نموده‌ای و هر آنچه را عطایم نقرموده‌ای.

خداوند!

سستی‌ام را ببخش که ثمره نیمی از عمرم، همین چند خط است و چندین صفحه، یاریم نما در پر باری ادامه راهم آنگونه که رضای توست.

انجام پژوهش حاضر بدون یاری خداوند متعال، کمک‌های بیدریغ پدر و مادر و راهنمایی‌های علمی و آموزنده جناب آقای دکتر محسن موذن استاد راهنمای عزیزم قطعاً ناممکن بود. از این بزرگواران به پاس زحمات و فداکاریهایشان صمیمانه قدردانی میکنم و این ناچیز را به آنان تقدیم می‌دارم.

از جناب آقای دکتر محسن موید استاد راهنمای محترم پایان‌نامه به پاس زحمات فیلدی و کمکهای علمی که در طی انجام پروژه به اینجانب نموده‌اند کمال سپاسگزاری را به جای می‌آورم.

از اساتید مشاور پایان‌نامه جناب آقای دکتر مجتهدی و جناب آقای دکتر عامری بخاطر اینکه مدتی در خدمت آنها بودم تشکر می‌نمایم.

از جناب آقای دکتر جهانگیری استاد محترم و مدیر گروه زمین شناسی دانشگاه تبریز که زحمت داوری این پایان‌نامه را به عهده گرفتند صمیمانه تشکر می‌نمایم.

از استاد دگرگونی دانشگاه منچستر جناب آقای DROOP و همچنین جناب آقای Plant مسئول آزمایشگاه زمین شناسی دانشگاه منچستر بخاطر همکاری برای آنالیز مایکروپروب مقاطع نازک این تحقیق بی نهایت تشکر و قدر دانی می‌کنم.

از جناب آقای دکتر محجل استاد دانشگاه تربیت مدرس تهران بخاطر کمک در مطالعات دگرشکلی، که یک جلسه وقت خود را به اینجانب دادند صمیمانه قدردانی می‌نمایم.

از جناب آقای جها نیار و آقای مسیب زاده به خاطر همکاری در طول انجام پروژه تشکر می‌نمایم. از دوستان عزیزم جناب آقای دکتر زین‌العابدینی، آقای دکتر شکری پور، آقای مهندس شهسواری، آقای مهندس احمدزاده، آقای دکتر احمدی و آقای مهندس محمدی و همه دوستانی که از آنها اسمی برده نشده است تشکر می‌نمایم.

از برادر عزیز، خواهران مهربان و عمه عزیزم خانم ساکی و خانواده محترمشان به خاطر کمکهایشان در طول تحصیل سپاسگزاری می‌نمایم.

نام خانوادگی دانشجو : ساکی	نام : عادل
عنوان پایان نامه : مطالعه دگرگونی ناحیه‌ای و دگرشکلی سنگهای جنوب غرب ماهنشان (استان زنجان)	
اساتید راهنما : ۱- دکتر محسن موذن ۲- دکتر محسن موید اساتید مشاور : ۱- دکتر منصور مجتهدی ۲- دکتر علی عامری	
مقطع تحصیلی: کارشناسی ارشد رشته : زمین شناسی گرایش : پترولوژی دانشگاه تبریز دانشکده : علوم تاریخ فارغ التحصیلی : ۱۳۸۲/۳/۱۹ تعداد صفحه : ۱۰۶	
کلید واژه‌ها : دگرگونی ناحیه‌ای ، ژئوبارومتري ، ژئوترمومتري ، سری باکان ، ماهنشان	
<p>چکیده</p> <p>مجموعه‌ی دگرگونی ماهنشان در محدوده‌ی طول‌های جغرافیایی ۴۰' و ۴۷' تا ۳۰' و ۴۷' شرقی و عرضهای جغرافیایی ۳۷' و ۳۶' تا ۳۶' و ۳۶' شمالی واقع شده است. این منطقه از نظر تقسیمات کشوری جزء استان زنجان و از نظر تقسیم‌بندی زونهای زمین‌شناسی محل برخورد سه زون ایران مرکزی، البرز- آذربایجان و سندج- سیرجان می‌باشد. ادامه‌ی این مجموعه در منطقه‌ی دگرگونی تکاب دیده می‌شود.</p> <p>دگرگونی‌های ناحیه‌ای چهارگوش تکاب و جنوب غرب ماهنشان کمتر مورد توجه زمین‌شناسان قرار گرفته است و محاسبات دقیق دما، فشار و سری دگرگونی در آن صورت نگرفته است. همچنین محیط تکتونوترمال مرتبط با دگرگونی کمتر مورد توجه قرار گرفته است. در این رساله سعی شده است تا به طور سیستماتیک موارد ذکر شده در بالا مورد بررسی قرار گیرند. با توجه به ترکیب سنگ مادر اولیه که تحت تاثیر دگرگونی ناحیه‌ای قرار گرفته است ، سنگهای دگرگونی متاپلیت‌ها، کالک- سیلیکاتها، متابازیت‌ها و سنگهای حاصل ذوب (گرانیتوئیدها) در منطقه بوجود آمده اند. این سنگها تحت تاثیر دگرشکلی‌های مختلف قرار گرفته‌اند و بصورت پلی‌متامورفیک دگرگون شده‌اند. در این مطالعه سنگهای متاپلیت را بنحیض ترکیب مناسب جهت ظهور کانیها و ثبت فازهای دگرشکی بیشتر مورد بررسی قرار داده‌ایم. با مطالعات میکروسکوپی انجام شده بر روی مقاطع نازک این سنگها ، دو فاز دگرشکلی D1 و D2 و دونوع دگرگونی M1 و M2 همزمان با ین فازها مشخص گردید . D2 از D1 قویتر بوده و تقریباً اثرات آن را از بین برده است.</p>	

پس از مطالعات دقیق پتروگرافی، سه مقطع نازک صیقلی از سنگهای متاپلیتی تحت آنالیز الکترون مایکروپروب قرار گرفتند. سپس با استفاده از جانشینی $Mg - Fe$ در زوج کانی گارنت - بیوتیت حرارت اوج دگرگونی محاسبه گردید. استفاده از چند مدل مختلف، دمای سنگهای دگرگونی منطقه را حدود ۵۰۰ درجه سانتیگراد نشان می‌دهد. همچنین محاسبه دما و فشار با استفاده از شبکه پتروژنتیک گرید به ترتیب در حدود ۵۲۰ درجه سانتیگراد و فشار حدود ۳/۵ کیلوبار را نشان داد.

با استفاده از سیستم‌های (GPMB-Mg, GPMG-Fe) فشار ۳/۴ کیلوبار و دمای ۴۷۰ درجه سانتیگراد مشخص شد. با توجه به حرارتها و فشارهای محاسبه شده، حرارت و فشار بدست آمده نشانگر گرادیان زمین گرمایی $40^{\circ}C$ بر کیلومتر است که منطبق بر گرادیان زمین گرمایی نوع باکان می‌باشد. بنابراین دگرگونی منطقه جنوب غرب ماهنشان از نوع فشار پایین - دمای بالا و جزء سری باکان است. محیط تکتونوترمال دگرگونی ناحیه‌ای جنوب غرب ماهنشان از نوع گسترشی یا باز شدگی پوسته قاره‌ای در نظر گرفته شده است، که این مناطق با گرادیان گرمایی بالا همراه هستند. با توجه به روابط چینه شناسی بنظر می‌رسد که سن دگرگونی منطقه قبل از کامبرین باشد.

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
فصل اول	
بررسی منابع	
۱-۱-۱ پایه های نظری	۳
۱-۱-۱-۱ مقدمه ای بر دگرگونی ناحیه ی (کوهزایی) Regional metamorphism	۳
۱-۱-۱-۲ رده بندی دگرگونی ناحیه ای بر اساس P/T	۴
۱-۱-۲-۱-۱ نوع P/T پایین (یا سری آندوزیت - سیلیمانیت)	۴
۱-۱-۲-۱-۲ نوع P/T متوسط (یا سری کینایت - سیلیمانیت)	۴
۱-۱-۲-۱-۳ نوع P/T بالا (یا دگرگونی گئوکوفانی)	۴
۱-۱-۳ زمین شناسی و پتروگرافی دگرگونی ناحیه ای پیشرونده	
در مناطق با نسبت P/T متفاوت	۴
۱-۱-۳-۱-۱ زمین شناسی و پتروگرافی دگرگونی ناحیه ای پیشرونده	
در مناطق با نسبت P/T پایین	۵
۱-۱-۳-۱-۱ زمین شناسی و پتروگرافی دگرگونی ناحیه ای پیشرونده	
در مناطق با نسبت P/T متوسط	۶
۱-۱-۳-۱-۱ زمین شناسی و پتروگرافی دگرگونی ناحیه ای پیشرونده	
در مناطق با نسبت P/T بالا	۶
۱-۱-۴ رابطه بین دگرگونی کوهزایی و توده های گرانیتی	۷
۱-۱-۵ ویژگی های دگرگونی کوهزایی و مجاورتی	۸
۱-۱-۶ علت مطالعه پترو فابریک و دگرشکلی در سنگهای دگرگونی ناحیه ای و دلایل بوجود آمدن	
شیستوزیته در این سنگها:	۹
۱-۱-۷-۱ انواع اصلی سنگها در دگرگونی ناحیه ای جنوب غرب ماهنشان	۱۰
۱-۱-۷-۱-۱ دگرگونی سنگهای رسی (متپلیت ها)	۱۰
۱-۱-۷-۱-۲ دگرگونی سنگهای پلیتی - آهکی (مارن ها)	۱۱
۱-۱-۷-۱-۳ دگرگونی سنگهای آهکی و دولومیتی	۱۱
۱-۱-۷-۱-۴ دگرگونی سنگهای کوارتز - فندسپاتی	۱۱
۱-۱-۷-۱-۵ دگرگونی سنگهای بازیک (متبازیت ها)	۱۱
۱-۱-۷-۱-۶ دگرگونی سنگهای اولتر بازیک	۱۲

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
فصل دوم	
مواد و روشها	
۱-۲- مقدمه ای بر زمین شناسی عمومی منطقه.....	۱۳
۲-۲- موقعیت جغرافیایی منطقه.....	۱۴
۲-۳- زمین ریخت شناسی.....	۱۴
۲-۴- راههای ارتباطی.....	۱۴
۲-۵- آب و هوای منطقه.....	۱۶
۲-۶- ساختار کشاورزی منطقه و آثار معدنکاری.....	۱۶
۲-۷- مروری بر مطالعات گذشته.....	۱۶
۲-۸- روش مطالعه.....	۱۷
۲-۸-۱- کارهای صحرایی.....	۱۷
۲-۸-۲- کارهای آزمایشگاهی.....	۱۷

فهرست مطالب

عنوان	فصل سوم	نتایج و بحث	صفحه
۱-۳- زمین شناسی و تکتونیک عمومی منطقه.....			۱۸
۱-۱-۳- معرفی مجموعه های دگرگونی و آذرین قدیمی در جنوب غرب ماهنشان.....			۱۸
۱-۱-۱-۳- مجموعه دگرگونی شامل دگرگونیهای با درجه پائین، متوسط و بالا.....			۱۸
۲-۱-۱-۳- سازند دگرگون شده کهر.....			۲۰
۳-۱-۱-۳- توده های نفوذی با ترکیب گرانودیوریت.....			۲۰
۲-۱-۳- تکتونیک عمومی منطقه.....			۲۲
۱-۲-۱-۳- چین ها.....			۲۳
۲-۲-۱-۳- گسلها.....			۲۳
۳-۱-۳- برونزدهای دگرگونی که در منطقه مورد مطالعه وجود دارند.....			۲۴
۲-۳- مطالعات پتروگرافی.....			۲۵
۱-۲-۳- پتروگرافی آمفیبولیت ها.....			۲۷
۲-۲-۳- پتروگرافی سنگهای آهکی (مرمرها-فلوگوپیت مرمرها).....			۲۹
۳-۲-۳- پتروگرافی کالک-سیلیکاتها(کالک شیست ها).....			۲۹
۴-۲-۳- پتروگرافی سنگهای کوارتز فلدسپاتی (گنیس ها).....			۳۳
۵-۲-۳- پتروگرافی سنگهای رسی (شیست ها).....			۳۵
۱-۵-۲-۳- مسکویت-بیوتیت شیست ها.....			۳۵
۲-۵-۲-۳- مسکویت-بیوتیت-گارنت شیست ها.....			۳۶
۳-۵-۲-۳- مسکویت-بیوتیت-گارنت-آندالوزیت شیست ها.....			۳۶
۴-۵-۲-۳- استارولیت-گارنت-آندالوزیت شیست ها.....			۳۷
۶-۲-۳- پتروگرافی رگه های سیلیسی آندالوزیت و مسکویت دار.....			۴۰
۷-۲-۳- پتروگرافی سنگهای حاصل از ذوب (گرانیت آناتکسی).....			۴۱

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
۳-۳-۳- دگرشکلی و ارتباط آن با متامورفیسم و تبلور کانیها.....	۴۵
۳-۳-۱- هدف از مطالعات دگرشکلی در سنگهای دگرگونی.....	۴۶
۳-۳-۲- ساختارهای ماکروسکوپی و میکروسکوپی ، حاصل از دگرشکلی.....	۴۷
۳-۳-۱-۲- ساختار صفحه‌ای.....	۴۷
۳-۳-۳- ساختار خطی (Lineation).....	۴۸
۳-۳-۱-۳- ساختار خطی ناشی از چین خوردگی.....	۴۸
۳-۳-۲- به خط شدن کانیها (Mineral lineation).....	۴۸
۳-۳-۳- ساخت خطی ناشی از تقاطع سطح محوری.....	۴۸
۳-۳-۴- شیارهای آینه گسل.....	۴۸
۳-۳-۵- ساخت خطی ناشی از توزی ذرات تشکیل دهنده سنگ.....	۴۸
۳-۳-۶- بودیناژ.....	۴۹
۳-۳-۴- رابطه‌ی ساختارهای صفحه‌ی و ریزچینها با ساختار عمومی منطقه.....	۴۹
۳-۳-۵- ریزچینها.....	۴۹
۳-۳-۶- رابطه ساخت خطی با چین خوردگی.....	۴۹
۳-۳-۷- طبقه بندی ارتباط پورفایرولایت با زمینه (ماتریکس).....	۵۰
۳-۷-۱- فازهای پیش- تکتونیک (Pre-tectonic porphyroblast growth).....	۵۰
۳-۷-۲- فازهای همزمان با شیستوزیته (Syn- tectonic porphyroblasts).....	۵۰
۳-۷-۳- فازهای پس از شیستوزیته (Post- tectonic porphyroblast growth).....	۵۰
۳-۸-۱- انواع فازهای دگرشکلی که در منطقه تاثیر گذاشته اند و دگرگونیهای مرتبط با آن.....	۵۱
۳-۸-۱- شواهد وجود S_0 (لایه بندی اولیه).....	۵۱
۳-۸-۲- شواهد وجود S_1	۵۱
۳-۸-۳- شواهدی که بر اثر فاز اول دگرشکلی در منطقه تشکیل شده است).....	۵۱
۳-۸-۳- شواهد وجود S_2 (شیستوزیته غالب منطقه در فاز دگرشکلی دوم).....	۵۱
۳-۸-۴- شواهدی که D_1 (اولین فاز دگرشکلی در منطقه) را ثابت می کنند و ارتباط D_1 با M_1 (اولین دگرگونی).....	۵۱

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
..... ۵-۸-۳-۳-۳ دگرگونی M ₁	۵۲
..... ۶-۸-۳-۳-۳ شواهدی که D ₂ را ثابت می کند (دومین فاز دگرشکلی) و ارتباط D ₂ با M ₂ (دومین دگرگونی).....	۵۲
..... ۷-۸-۳-۳-۳ دگرگونی M ₂	۵۲
..... ۸-۸-۳-۳-۳ دگرگونی M ₃	۵۳
..... ۹-۸-۳-۳-۳ دگرشکلی و ارتباط آن با تبلور کانیها.....	۵۳
..... ۹-۳-۳-۳ ریز ساختها.....	۵۶
..... ۱-۹-۳-۳-۳ خاموشی موجی.....	۵۶
..... ۲-۹-۳-۳-۳ کشیدگی کانیها.....	۵۶
..... ۳-۹-۳-۳-۳ سایه فشاری.....	۵۶
..... ۴-۹-۳-۳-۳ ماکلهای دگرشکلی و کینگ باندها.....	۵۶
..... ۵-۹-۳-۳-۳ جهت یابی ترجیحی کانیها.....	۵۷
..... ۱۰-۳-۳-۳ مراحل توسعه شیستوزیته در سنگهای دگرگونی منطقه.....	۵۷
..... ۱۱-۳-۳-۳ ریز ساختارهای مشخص کننده جهت برش.....	۵۷
..... ۱۲-۳-۳-۳ ساختارهای خطی مشاهده شده در منطقه مطالعاتی.....	۵۷
..... ۱۳-۳-۳-۳ نتایج.....	۵۸
..... ۴-۳-۳-۳ واکنشهای دگرگونی.....	۵۹
..... ۱-۴-۳-۳ معرفی رخسارههای دگرگونی در دگرگونی ناحیه ای (Metamorphic facies).....	۶۰
..... ۱-۱-۴-۳-۳ رخساره ی زیر شیست سبز.....	۶۱
..... رخساره شیست سبز.....	۶۱
..... ۳-۱-۴-۳-۳ رخساره ی آمفیبولیت.....	۶۱
..... رخساره ی گرانولیت.....	۶۱
..... ۲-۴-۳-۳ معرفی کانیهای شاخص.....	۶۲
..... ۳-۴-۳-۳ تحول فشار و دما در یک سری دگرگونی.....	۶۳
..... ۱-۳-۴-۳-۳ گرادیان پیشرونده (Prograde gradient).....	۶۳
..... ۲-۳-۴-۳-۳ گرادیان پسرونده (Retrograde gradient).....	۶۳
..... ۴-۴-۳-۳ روابط متقابل بین واکنشهای دگرگونی و تغییر شکل.....	۶۳

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
۳-۴-۵- واکنشهای دگرگونی در سنگهای رسی (متاپلیت‌ها) جنوب غرب ماهنشان.....	۶۴
۳-۴-۵-۱- انتخاب سیستم مناسب برای مطالعه سنگهای رسی (پلیتی).....	۶۴
۳-۴-۵-۲- واکنشهای دگرگونی زونهای کانیاپی و رخساره‌های دگرگونی در سنگهای پلیتی.....	۶۶
۳-۴-۶- واکنشهای دگرگونی در سنگهای آهکی.....	۶۹
۳-۴-۶-۱- انتخاب سیستم مناسب برای مطالعات سنگهای آهکی.....	۶۹
۳-۴-۶-۲- واکنشهای دگرگونی در مرمرها.....	۷۰
۳-۴-۶-۳- واکنشهای دگرگونی در سنگهای کالک-سیلیکاته.....	۷۱
۳-۵-۵- مینرال شیمی.....	۷۴
۳-۵-۱- هدف از مطالعه مینرال شیمی.....	۷۴
۳-۵-۲- مینرال شیمی کانیه‌های سنگهای رسی.....	۷۴
۳-۵-۲-۱- مینرال شیمی استارولیت.....	۷۴
۳-۵-۲-۲- مینرال شیمی گارنت.....	۷۴
۳-۵-۲-۳- مینرال شیمی بیوتیت.....	۷۵
۳-۵-۲-۴- مینرال شیمی پلاژو کلاز.....	۷۵
۳-۵-۲-۵- مینرال شیمی میکای سفید.....	۷۵
۳-۶-۷- ژئوترموبارومتری.....	۸۰
۳-۶-۱- فرضیات در ژئوترموبارومتری.....	۸۰
۳-۶-۱-۱- تعادل در سنگ‌های دگرگونی Equilibrium.....	۸۰
۳-۶-۱-۱-۱- ملاک‌های تعادل بافتی.....	۸۰
۳-۶-۱-۱-۲- ملاک انتخاب نمونه‌ها برای محاسبات P-T.....	۸۱
۳-۶-۱-۲- تاثیرات قهقرایی Retrograde effects.....	۸۱
۳-۶-۱-۳- کیفیت کالیبراسیون‌ها (Quality of calibrations) و حساسیت ترموبارومتر.....	۸۱
۳-۶-۲- مهمترین روشهای حرارت سنجی و فشار سنجی.....	۸۲
۳-۶-۳- اصول ترمودینامیک برای ترموبارومتری.....	۸۳
۳-۶-۴- روابط کسر مولی- اکتیویته.....	۸۵
۳-۶-۵- ترموکالک (THERMOCALC).....	۸۶

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
۳-۶-۶- تخمین خطا در ترموبارومتري	۸۷
۳-۶-۷- ترموبارومتري دگرگوني ناحيه‌اي منطقه جنوب غرب ماهنشان	۸۸
۳-۶-۷-۱- ترمومتري تبادل Fe-Mg گارنت - بيوتيت در سنگهاي رسي جنوب غرب ماهنشان ...	۸۸
۳-۶-۷-۲- ترمومتري و بارومتري با استفاده از شبکه‌هاي پتروژنتيك گريد	۹۲
۳-۶-۷-۳- ژئوترموبارومتري با استفاده از سيستم GPMB	۹۳
۳-۷-۷- تحول تکتونوترمال نوارهاي دگرگوني	۹۷
۳-۷-۱- نوارهاي دگرگوني مزدوج	۹۷
۳-۷-۲- نوارهاي دگرگوني P/T پايين در زونهاي قوسي	۹۷
۳-۷-۳- کمپلکس هاي دگرگوني P/T بالا در زون هاي فرورانش	۹۹
۳-۷-۴- دگرگوني ناحيه اي در زون هاي برخوردی قاره اي	۱۰۰
۳-۷-۵- دگرگوني ناحيه اي در نواحي بازشدگی قاره اي	۱۰۰
۳-۷-۶- مطالعات تکتونوترمال و ارتباط آن با سن دگرگوني‌هاي ناحيه‌اي در منطقه تکاب و جنوب غرب ماهنشان	۱۰۱
منابع	۱۰۴

چکیده انگلیسی

فهرست اشکال

عنوان	صفحه
شکر ۱۹-۳ رگه‌های سیلیسی	۴۰
شکر ۲۰-۳ رگه‌های سیلیسی در مقطع نازک	۴۰
شکر ۲۱-۳ گرانیت گارنت‌دار	۴۳
شکر ۲۲-۳ رگه‌های سیلیسی در مقطع نازک	۴۳
شکر ۲۳-۳ بافت میرمیکیت	۴۳
شکر ۲۴-۳ بافت گرانوفیر	۴۳
شکر ۲۵-۳ آتول گارنت	۴۴
شکر ۲۶-۳ ارتباط فازهای دگرشکلی و تبلور کانیها در مقاطع میکروسکوپی	۵۴
شکر ۲۷-۳ ارتباط فازهای دگرشکلی و تبلور کانیها در مقاطع میکروسکوپی	۵۴
شکر ۲۸-۳ ارتباط فازهای دگرشکلی و تبلور کانیها در مقاطع میکروسکوپی	۵۴
شکر ۲۹-۳ ارتباط فازهای دگرشکلی و تبلور کانیها در مقاطع میکروسکوپی	۵۴
شکر ۳۰-۳ ارتباط فازهای دگرشکلی و تبلور کانیها در مقاطع میکروسکوپی	۵۵
شکر ۳۱-۳ بودیناژ	۵۵
شکر ۳۲-۳ بافت توپاتاکسی	۵۵
شکر ۳۳-۳ کلریت در نور XPL	۵۵
شکر ۳۴-۳ کینگ شدگی در پلاژیوکلازها	۵۸
شکر ۳۵-۳ کینگ شدگی در فلوگویت مرمرها	۵۸
شکر ۳۶-۳ فاز دیاگرامها در متاپلیتها	۶۵
شکر ۳۶-۳ ب ترکیب شیمیایی استارولیت‌ها	۷۷
شکر ۳۷-۳ ترکیب شیمیایی گارنت‌ها	۷۷
شکر ۳۸-۳ ترکیب شیمیایی گارنت‌ها	۷۷
شکر ۳۹-۳ ترکیب شیمیایی بیوتیت‌ها	۷۷
شکر ۴۰-۳ ترکیب شیمیایی میکای سفید	۷۸
شکر ۴۱-۳ ترکیب شیمیایی پلاژیوکلازها	۷۸
شکر ۴۲-۳ ترکیب شیمیایی کلریت‌ها	۷۸
شکر ۴۳-۳ پروفیل زونینگ در گارنت	۷۹
شکر ۴۴-۳ پتروژنتیک گرید برای سنگهای پلیتی	۹۲

فهرست جداول

عنوان	صفحه
جدول ۱-۳ اسمبلاژ کانیها در سنگهای بازیک و اولترا بازیک	۲۸
جدول ۲-۳ اسمبلاژ کانیها در سنگها آهکی	۳۲
جدول ۳-۳ اسمبلاژ کانیها در سنگهای گرانیتوئیدی	۳۴
جدول ۴-۳ اسمبلاژ کانیها در سنگهای رسی - نیمه رسی	۳۸
جدول ۵-۳ ارتباط فازهای دگرشکلی	۵۳
جدول ۶-۳ واکنشهای دگرگونی در سنگهای رسی	۶۸
جدول ۷-۳ واکنشهای دگرگونی در سنگهای کالک - سیلیکاته	۷۳
جدول ۸-۳ آنالیزهای میکروپروب کانیها	۷۶
جدول ۹-۳ تجزیه یک نمونه گارنت از مرکز به حاشیه	۷۹
جدول ۱۰-۳ تجزیه های معرف گارنت و بیوتیت	۹۰
جدول ۱۱-۳ نتایج ترمومتر گارنت - بیوتیت	۹۱
جدول ۱۲-۳ نتایج حاصل از بارومتری سیستم GPMB برای نمونه ASI3A	۹۴
جدول ۱۳-۳ نتایج حاصل از بارومتری سیستم GPMB برای نمونه ASI3B	۹۵
جدول ۱۴-۳ نتایج حاصل از بارومتری سیستم GPMB برای نمونه ASI3B	۹۶