

رسالة محمد



دانشگاه اصفهان

دانشکده علوم

گروه زمین شناسی

پایان نامه‌ی کارشناسی ارشد رشته‌ی زمین شناسی گرایش پترولوژی

مطالعات پترولوژی و ژئوشیمی اندیس مس – مولیدن پورفیری کهنک

و پهنه‌های دگرسانی هیدروترمال وابسته

استادان راهنما:

دکتر محمود خلیلی

دکتر هوشنگ اسدی هارونی

استاد مشاور:

دکتر هاشم باقری

پژوهشگر:

سلیمه سادات کمیلی

اسفند ماه ۱۳۸۸

کلیه حقوق مادی مترتب بر نتایج مطالعات، ابتکارات و
نوآوری‌های ناشی از تحقیق موضوع این پایان نامه متعلق
به دانشگاه اصفهان است.



دانشگاه اصفهان

دانشکده علوم

گروه زمین‌شناسی

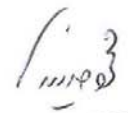




پایان نامه‌ی کارشناسی ارشد رشته‌ی زمین‌شناسی گرایش پترولوژی خانم

سلیمه سادات کمیلی

تحت عنوان

مطالعات پترولوژی و ژئوشیمی اندیس مس - مولیبدن پورفیری کهنک
و پهنه‌های دگرسانی هیدروترمال وابسته

در تاریخ ۱۳۸۸/۱۲/۱۹ توسط هیأت داوران زیر بررسی و با درجه ... عالی ... به تصویب نهایی رسید.

	امضاء	با مرتبه‌ی علمی استاد	دکتر محمود خلیلی	۱- استاد راهنمای اول پایان‌نامه
	امضاء	با مرتبه‌ی علمی استادیار	دکتر هوشنگ اسدی هارونی	۲- استاد راهنمای دوم پایان‌نامه
	امضاء	با مرتبه‌ی علمی استادیار	دکتر هاشم باقری	۲- استاد مشاور پایان‌نامه
	امضاء	با مرتبه‌ی علمی استادیار	دکتر سیدمحسن طباطبائی‌منش	۳- استاد داور داخل گروه
	امضاء	با مرتبه‌ی علمی استادیار	دکتر فضا آیتی	۴- استاد داور خارج از گروه



سپاسگزاری:

«و فی الأرض آیات للمؤمنین»

و در زمین برای اهل یقین نشانه‌هایی (مستفادکننده) است. «ذاریات، ۵۱»

سنگ آرایش کوستان نیست.

هم چنانی که فلز، زیوری نیست به اندام گلنگ.

در کف دست زمین، کوهر ناپیدایی است

که رسولان همه از تابش آن خیره شدند.

پی کوهر باشید.

بخطه‌ها را به چراگاه رسالت بپرید.

«سهراب سپهری»

چگونه سگر نکویم خدا را، آن گاه که مرغان آسمان و ماهیان دیا زبان به حمدش گشوده اند؟!

چگونه پاس نکویش که مرادوست داشت تاباشم، هستی ام بخشد و خلقتش را در خطه خطه‌ی حیاتم نوبه نوزنده کرد.

پاس فراوان از پدر و مادرم عزیزم، آنها که بعد از طاعت حق، احترامشان اولین واجب زندگی من است؛ خواهر و برادر عزیزم که در طی این طریق، صمیمانه در کنار من بوده‌اند. نعمت بر من تمام می‌شود آن گاه که در راه رسیدن، انسان‌هایی والا و کران قدر را به‌روا به‌روا رهنمای رقتم می‌شوند، ستودنی است قدرشان، صبرشان و مهرشان:

جناب آقای دکتر خلیلی، استاد راهنمای بزرگوارم که در طول تحصیل بسیار از محضرش آموختم و در او پسین نامه‌ی اکنون، روشنای راهم بود. استاد راهنمای ارجمندم جناب آقای دکتر اسدی، که در به‌مرسدن این تحقیق، خالصانه از بیچ گونه مساعدت و پشتیبانی دریغ ننمودند. جناب آقای دکتر باقری که با تلاش فراوان خود زمینه‌ی مطالعات سیالات در کیرا فراسم و باره‌بانی‌های پیوسته‌ی خویش سختی‌های راه را بر من هموار نمودند. پاس بی‌قیاس به محضر اساتید عزیز جناب آقای دکتر شمسی پور و دکتر کی زاده که اگر نبود الطاف بی‌شائبه‌ی ایشان شاید این تحقیق به سرانجام نمی‌رسید. همراهی و هم‌فکری اساتید کران قدر آقایان، دکتر نقره‌نیان، دکتر ترابی، دکتر طباطبائی‌نیش و دکتر جباری قابل تقدیر و سپاس است. هم‌چنین سایه‌ی قدردانی است لطف تمام عزیزانی که برای و به‌بلی‌شان در امتداد شدن، به‌قدم‌هایم استقامت می‌بخشید: کارمندان محترم گروه زمین‌شناسی خانم هاشم‌پیری، سکتی و دوستان مهربانم خانم هاشمی، هموری، رنجبر، بیات و ملک محمودی.

بیتگاه حضرت عشق

صحیح فریب

سائل امن

ہمدی موعود

چکیده:

اندیس مس - مولبدن پورفیری کهنک واقع در ۷۳ کیلومتری شمال شرق اصفهان، بر روی کمان ماگمایی ارومیه - دختر قرار گرفته است. نفوذ استوک‌های گرانیتوئیدی میوسن با بافت پورفیری به درون سنگ‌های آتشفشانی و پیروکلاست‌های ائوسن منجر به شکل‌گیری هاله‌ی دگرسانی با وسعت بیش از ۱۰ km^۲ در این منطقه شده است. براساس مطالعات پتروگرافی و ژئوشیمیایی، رخساره‌های دگرسانی شناخته شده عبارتند از: رخساره‌ی فیلیک، آرژیلیک حدواسط و پروپیلیتیک. البته آثاری از یک رخساره‌ی سیلیسی تکامل نیافته نیز مشاهده گردید. میزان پیشرفت و شدت دگرسانی در این منطقه به حدی است که کمتر آثاری از ویژگی‌های کانی‌شناختی سنگ اولیه و حتی بافت آن برجای مانده است.

مجموعه کانی‌های پهنه‌ی فیلیک شامل کوارتز، سریسیت، پیریت و به میزان کمتر کلریت، اسفن و آپاتیت می‌باشد. پاراژنز کانیایی رخساره‌ی پروپیلیتیک شامل اپیدوت، کلریت، کلسیت، آلیت، اسفن و فازهای کانیایی رخساره‌ی آرژیلیک حدواسط، شامل کوارتز، کائولینیت، ایلیت، دیکیت، سریسیت، کلینوکلر، کلسیت، ژاروسیت و تورمالین می‌باشد. مجموعه کانی‌های سولفیدی شناسایی شده طی مطالعات مینرالوگرافی عبارتند از: پیریت، کالکوپیریت، کالکوسیت و کوولیت، هیدروکربنات‌های مس شامل مالاکیت و آزوریت و کانی‌های مگنتیت، هماتیت و گوتیت از جمله کانی‌های متعلق به رخنمون‌های سطحی و زون اکسیدان منطقه هستند. ظهور و بروز کانی‌های اکسیدی هماتیت و گوتیت به همراه ژاروسیت در زون اکسیدان این اندیس می‌تواند بیانگر کانسازسازی ثانویه به صورت کالکوپیریت و کالکوسیت در زون سوپرژن باشد.

براساس آنالیزهای شیمیایی سنگ کل (ICP-MS)، و رده‌بندی سنگ‌ها با استفاده از نمودار کاتیونی جنسن و نمودار Th-Co، ترم‌های لیتولوژی شناخته شده شامل آندزیت بازالت، آندزیت، داسیت و ریوداسیت می‌باشند که به صورت ولکانیک و ساب‌ولکانیک در منطقه تظاهر نموده‌اند. مجموعه کانی‌های تشکیل دهنده‌ی سنگ‌های آندزیتی غیردگرسان شامل فنوکریست‌های پلاژیوکلاز و کانی‌های فرومنیزین‌دار (عموماً بیوتیت و هورنبلند)، در داخل یک خمیره‌ی دانه‌ای ریزبلور می‌باشند. پلاژیوکلازهای این سنگ‌ها دارای بافت غربالی تیپیک و زونینگ نرمال - نوسانی با ترکیب میانگین لابرادوریت و بیوتیت‌ها از نوع آهن‌دار (آیت - سیدروفیلیت) می‌باشند. آمفیبول‌های متعلق به سنگ‌های آندزیتی از انواع آمفیبول‌های کلسیک هستند که تحت تأثیر دگرسانی به فازهای کلریت، اپیدوت، کلسیت و اسفن تبدیل شده‌اند. کلریت‌های حاصل از دگرسانی کانی‌های فرومنیزین‌دار سنگ اولیه در پهنه‌ی دگرسانی فیلیک، در رده‌ی ارتوکلریت‌ها قرار گرفته و از نوع ریپدولیت می‌باشند. به دلیل تمرکز پتاسیم در ساختار ژاروسیت‌های مطالعه شده در پهنه دگرسانی آرژیلیک حدواسط، منشأ آنها ماگمایی - گرمایی بوده که با ژاروسیت‌های ثانویه حاصل از فرآیندهای سوپرژن تفاوت دارد. (ژاروسیت‌های سوپرژن از نوع ناتروژاروسیت می‌باشند).

محاسبه‌ی تغییرات جرم در جریان دگرسانی‌های این منطقه بیانگر روند غنی‌شدگی و تهی‌شدگی عناصر تشکیل دهنده‌ی سنگ در جریان این دگرسانی‌ها است. طبق یک قاعده‌ی کلی، افزودگی و کاهش‌دهی عناصر اصلی و جزئی در سنگ‌های دگرسان شده نسبت به سنگ اولیه، به نوع کانی‌های اولیه‌ی سنگ میزبان که تحت تأثیر دگرسانی واقع شده‌اند و به مجموعه کانی‌های تشکیل شده در جریان دگرسانی بستگی دارد. به منظور مطالعه و بررسی رفتار ژئوشیمیایی عناصر خاکی کمیاب در جریان فرآیندهای دگرسانی، الگوی REE ها در هر یک از پهنه‌های دگرسانی در مقایسه با الگوی

REE سنگ اولیه ترسیم گردید. نحوه‌ی توزیع این عناصر به عنوان ابزاری جهت تفکیک رخساره‌های دگرسانی مورد استفاده قرار گرفت. برپایه‌ی نتایج حاصل از این مطالعات، تفاوت‌های چشمگیری در رفتار REE ها در رخساره‌های مختلف دگرسانی اندیس کهننگ وجود دارد، به طوری که در پهنه‌ی دگرسانی فیلیک، LREE ها و HREE ها نسبت به سنگ اولیه، به ترتیب غنی‌شدگی و تهی‌شدگی نشان می‌دهند. در رخساره‌ی پروپیلیتیک، HREE ها در مقایسه با سنگ نادگرسان، غنی‌شدگی و LREE ها تهی‌شدگی نشان می‌دهند. در پهنه‌ی آرژیلیک حدواسط، تمامی عناصر خاکی کمیاب در نمونه‌های دگرسان شده نسبت به سنگ معادل غیردگرسان خود تهی شده‌اند. در نمونه‌های سیلیسی نیز تمامی REE ها تهی‌شدگی نشان می‌دهند، ولی میزان تهی‌شدگی LREE ها بیشتر از HREE ها می‌باشد. محاسبه‌ی نسبت $(La/Yb)_{cn}$ در رخساره‌های مختلف دگرسانی نشان می‌دهد که حداکثر میزان تفکیک‌شدگی HREE ها از REE ها به نمونه‌های سریسیتی $[(La/Yb)_{cn}=150/77]$ ، و حداقل مقدار تفریق HREE ها از LREE ها به نمونه‌های پروپیلیتی $[(La/Yb)_{cn}=9/64]$ ، تعلق دارد.

مطالعات دماسنجی سیالات درگیر در نمونه‌های کوارتز رگه‌ای پهنه‌ی فیلیک اندیس کهننگ بیانگر رخداد دگرسانی فیلیک در دمای $330^{\circ}C$ است. حضور سیالات درگیر چندفازی که یکی از فازهای جامد آن را بلور مکعبی شکل‌هالیت تشکیل می‌دهد، نشان دهنده‌ی نمک‌گونگی بالای سیالات هیدروترمال در این اندیس است. این سیالات به دلیل دارا بودن قابلیت انتقال فلزات پایه همانند Cu, Mo, Zn, Pb و ... به صورت کمپلکس‌های کلریدی باعث افزایش پتانسیل اقتصادی سیستم پورفیری کهننگ گردیده‌اند. با اندازه‌گیر دمای T_{mice} و محاسبه‌ی شوری سیالات درگیر، حضور دو دسته سیال با نمک‌گونگی‌های بالا و پائین در محدوده‌ی مطالعاتی اندیس کهننگ به اثبات رسید. هم‌یافتی سیالات درگیر غنی از گاز در مجاورت سیالات درگیر با حباب گاز کوچکتر و وجود سیالات درگیر با نمک‌گونگی‌های متفاوت از شواهد رخداد جوشش در پهنه‌ی فیلیک این اندیس می‌باشند.

مقادیر $\delta^{18}O$ و δD در نمونه‌های کوارتز رگه‌ای و اپیدوت، اختلاط آب ماگمایی با آب جوی در بخش‌های حاشیه‌ای اندیس کهننگ (منطبق بر پهنه‌ی فیلیک و پروپیلیتیک) را تأیید می‌نماید.

کلمات کلیدی: کهننگ، مس پورفیری، دگرسانی گرمابی، عناصر خاکی کمیاب، سیالات درگیر

فهرست مطالب

صفحه

عنوان

فصل اول: کلیات

- ۱-۱- پیشگفتار..... ۱
- ۲-۱- اهداف مطالعه..... ۲
- ۳-۱- موقعیت جغرافیایی و راه‌های ارتباطی منطقه..... ۳
- ۴-۱- شرایط اقلیمی و آب و هوای منطقه..... ۴
- ۵-۱- پیشینه مطالعاتی منطقه..... ۴
- ۶-۱- اصول و روش مطالعه..... ۶
- ۱-۶-۱- بازدیدها و مطالعات صحرایی..... ۶
- ۲-۶-۱- مطالعات کتابخانه‌ای..... ۷
- ۳-۶-۱- آماده‌سازی نمونه‌ها و انتخاب روش‌های آزمایشگاهی مناسب..... ۷
- ۴-۶-۱- آنالیزهای شیمیایی سنگ کل..... ۹
- ۱-۴-۶-۱- طیف‌سنجی جرمی نشری پلاسمای جفت‌شده القایی (ICP-MS)..... ۹
- ۲-۴-۶-۱- آزمایش پراش اشعه ایکس..... ۹
- ۵-۶-۱- آنالیز شیمیایی کانی‌ها..... ۹
- ۶-۶-۱- تجزیه شیمیایی ایزوتوپ‌های پایدار..... ۱۰
- ۷-۱- ابزارها و تجهیزات کاربردی..... ۱۱
- ۸-۱- نرم‌افزارها و برنامه‌های کاربردی..... ۱۱

فصل دوم: زمین‌شناسی عمومی منطقه

- ۱-۲- جایگاه زمین‌شناختی و ساختمانی منطقه مورد مطالعه..... ۱۲
- ۲-۲- زمین‌شناسی عمومی منطقه مورد مطالعه..... ۱۵
- ۱-۲-۲- ماگماتیسم ایران در دوره ترشیری..... ۱۵
- ۲-۲-۲- ولکانیسم ترشیری..... ۱۵

۱۶	۳-۲-۲- ولکانیسم ائوسن در ایران مرکزی
۱۶	۴-۲-۲- پلوتونیسم ترشیری
۱۸	۳-۲- واحدهای آتشفشانی حوالی روستای کهنگ
۱۸	۱-۳-۲- واحدهای لیتولوژی متعلق به ائوسن
۲۱	۲-۳-۲- کواترنری
۲۲	۴-۲- توصیف سنگ‌های نفوذی و نیمه‌ژرف
۲۳	۵-۲- توصیف گدازه‌ها، دایک‌ها و گنبد‌های آتشفشانی

فصل سوم: بررسی‌های صحرایی، مطالعات پتروگرافی و مینرالوگرافی

۲۵	۱-۳- مقدمه
۲۶	۲-۳- مشاهدات صحرایی
۳۰	۳-۳- مطالعات سنگ‌شناسی
۳۰	۱-۳-۳- داسیت
۳۹	۲-۳-۳- آندزیت
۴۱	۳-۳-۳- آندزیت بازالت
۴۴	۴-۳-۳- استوک‌های پورفیری منطقه‌ی کهنگ
۴۵	۵-۳-۳- سنگ‌های آذرآواری
۴۷	۴-۳- بررسی کانی‌شناسی رخساره‌های دگرسانی گرمابی
۴۸	۱-۴-۳- دگرسانی فیلیک
۵۶	۲-۴-۳- دگرسانی آرژیلیک حدواسط
۶۱	۳-۴-۳- دگرسانی پروپیلیتیک
۶۴	۵-۳- کانه‌نگاری
۶۴	۱-۵-۳- پیریت
۶۴	۲-۵-۳- کالکوپیریت

۶۴	..... ۳-۵-۳ کالکوسیت
۶۵	..... ۳-۵-۴ کوولیت
۶۶	..... ۳-۵-۵ ملاکیت و آزوریت
۶۶	..... ۳-۵-۶ مگنتیت
۶۶	..... ۳-۵-۷ هماتیت
۶۸	..... ۳-۵-۸ گوتیت
۶۹	..... ۳-۶-۶ تشکیل و ثبات کانی‌های آهن و مس
۷۰	..... ۳-۷-۷ بررسی بافت‌های موجود در مقاطع صیقلی

فصل چهارم: شیمی کانی‌ها

۷۵	..... ۴-۱-۱ مقدمه
۷۶	..... ۴-۲-۲ پلاژیوکلاز
۷۷	..... ۴-۳-۳ بیوتیت
۷۹	..... ۴-۴-۴ آمفیبول
۸۲	..... ۴-۵-۵ موسکویت (سریسیت)
۸۴	..... ۴-۶-۶ کلریت
۸۶	..... ۴-۷-۷ اپیدوت
۸۶	..... ۴-۸-۸ تیتانیت (اسفن)
۸۸	..... ۴-۹-۹ ژاروسیت

فصل پنجم: مطالعات ژئوشیمی دگرسانی گرمابی

۹۰	۱-۵- رده‌بندی شیمیایی سنگ‌ها.....
۹۳	۲-۵- تفکیک پهنه‌های دگرسانی گرمابی به لحاظ ترکیب شیمیایی.....
۹۵	۳-۵- محاسبه‌ی شاخص دگرسانی.....
۹۹	۴-۵- روند تغییر اکسیدهای عناصر اصلی در رخساره‌های دگرسانی.....
۱۰۴	۵-۵- الگوی عناصر خاکی کمیاب در رخساره‌های دگرسانی.....
۱۰۶	۱-۵-۵- رخساره فیلیک.....
۱۰۷	۲-۵-۵- رخساره پروپیلیتیک.....
۱۰۹	۳-۵-۵- رخساره آرژلیک حدواسط.....
۱۱۱	۴-۵-۵- رخساره سیلیسی.....
۱۱۲	۶-۵- رفتار ژئوشیمیایی <i>Eu</i> در فرآیند دگرسانی.....
۱۱۳	۷-۵- محاسبه نسبت عناصر خاکی کمیاب.....
۱۱۶	۸-۵- تغییرات جرم در جریان دگرسانی.....
۱۱۷	۹-۵- محاسبه غنی‌شدگی- تهی‌شدگی عناصر اصلی و جزئی در رخساره‌های دگرسانی.....
۱۱۷	۱-۹-۵- دگرسانی فیلیک.....
۱۱۹	۲-۹-۵- دگرسانی پروپیلیتیک.....
۱۲۱	۳-۹-۵- دگرسانی آرژلیک حدواسط.....
۱۲۳	۴-۹-۵- دگرسانی سیلیسی.....

فصل ششم: سیالات درگیر و ایزوتوپ‌های پایدار

۱۲۵	۱-۶- مقدمه.....
۱۲۶	۲-۶- انتخاب نمونه جهت مطالعه.....
۱۲۶	۳-۶- ریخت‌شناسی سیالات درگیر.....
۱۲۹	۴-۶- انواع سیالات درگیر.....

۵-۶- ترمومتری با استفاده از سیالات درگیر.....	۱۳۱
۱-۵-۶- حرارت‌دهی.....	۱۳۱
۲-۵-۶- انجماد.....	۱۳۵
۶-۶- تشخیص رد محلول‌های گرمایی با استفاده از ایزوتوپ‌های اکسیژن و هیدوژن.....	۱۳۹
۱-۶-۶- محاسبه ترکیب ایزوتوپی محلول‌های گرمایی اندیس کهننگ.....	۱۴۰
فصل هفتم: نتیجه‌گیری.....	۱۴۳
پیوست.....	۱۴۸
منابع و مأخذ.....	۱۵۵

فهرست شکل‌ها

صفحه

عنوان

فصل اول:

- شکل ۱-۱: نقشه راه‌های دسترسی به اندیس مورد مطالعه..... ۳
- شکل ۱-۲: نقشه زمین‌شناسی آنومالی‌های شرقی و مرکزی منطقه اکتشافی کهنگ همراه با موقعیت نقاط نمونه‌برداری..... ۸

فصل دوم:

- شکل ۱-۲: نقشه پهنه‌های رسوبی- ساختاری عمده ایران به همراه موقعیت اندیس مس پورفیری کهنگ..... ۱۴
- شکل ۲-۲: نقشه زمین‌شناسی ساده شده محدوده مورد مطالعه..... ۲۴

فصل سوم:

- شکل ۱-۳: مشاهدات صحرایی در اندیس کهنگ..... ۲۹
- شکل ۲-۳: فنوکریست‌های هورنبلند در مقاطع طولی و عرضی در یک نمونه سنگ داسیتی..... ۳۱
- شکل ۳-۳: اذخال‌های بیوتیت، پلاژیوکلاز و کانی‌های اوپاک در هورنبلند..... ۳۲
- شکل ۴-۳: بیوتیت با خوردگی‌های خلیجی و اذخال‌های پلاژیوکلاز و اوپاک..... ۳۳
- شکل ۵-۳: بافت غربالی منظم در پلاژیوکلازهای سنگ داسیتی..... ۳۵
- شکل ۶-۳: بافت غربالی هموزن در پلاژیوکلازهای سنگ داسیتی..... ۳۶
- شکل ۷-۳: بافت تدریجی پلاژیوکلازهای سنگ داسیتی..... ۳۷
- شکل ۸-۳: فنوکریست‌های کوارتز نیمه‌شکل‌دار تا شکل‌دار با خوردگی‌های خلیجی در سنگ داسیت..... ۳۷
- شکل ۹-۳: کانی‌های فرعی موجود در سنگ‌های داسیتی اندیس کهنگ..... ۳۸
- شکل ۱۰-۳: آندزیت‌های دگرسان شده شامل دو نسل پلاژیوکلاز..... ۴۰
- شکل ۱۱-۳: آندزیت‌های پروپیلیتی شده..... ۴۱
- شکل ۱۲-۳: بافت جریان‌ی تا نیمه‌جریان‌ی و بافت‌های نیمه عمیق در آندزیت بازالت‌ها..... ۴۲

- شکل ۳-۱۳: پزودومورف‌های الیوین در الیوین آندزیت بازالت پروپیلیتی شده و بافت حفره‌ای در آن ۴۴
- شکل ۳-۱۴: پورفیرهای درشت پلاژیوکلاز با شکستگی‌های کششی در استوک‌های گرانیتوئیدی ۴۴
- شکل ۳-۱۵: نمودار تقسیم‌بندی سنگ‌های پیروکلاستیک ۴۶
- شکل ۳-۱۶: نمونه سنگ‌های پیروکلاستیک ۴۶
- شکل ۳-۱۷: پیریت‌های اتومورف تا گزنومورف با حواشی خورده‌شده و خلیجی شکل ۴۹
- شکل ۳-۱۸: پولک‌های سریسیت ۴۹
- شکل ۳-۱۹: سریسیتی‌زاسیون پلاژیوکلازهای سنگ‌های آتشفشانی و ساب و لکانیک ۵۱
- شکل ۳-۲۰: جانشینی کامل سریسیت‌های درشت‌دانه و موسکویت در کانی‌های فرومنیزین سنگ اولیه ۵۲
- شکل ۳-۲۱: کلریت‌های ثانویه به همراه اپیدوت، تیتانیت و کانی‌های کدر ۵۲
- شکل ۳-۲۲: تشکیل اسفن (لوکوکسن)، یکی از کانی‌های ثانویه حاصل از دگرسانی ۵۳
- شکل ۳-۲۳: آپاتیت به صورت ادخال درون پلاژیوکلاز و به صورت مستقل در زمینه‌ی سنگ ۵۴
- شکل ۳-۲۴: نمونه‌ای از نمودارهای *XRD* سنگ‌های دگرسان شده در پهنه دگرسانی فیلک ۵۵
- شکل ۳-۲۵: جایگزینی کانی‌های رسی به جای پلاژیوکلاز در اثر دگرسانی آرژیلیک ۵۷
- شکل ۳-۲۶: نمودارهای *XRD* سنگ‌های دگرسان شده در پهنه دگرسانی آرژیلیک حدواسط ۵۷
- شکل ۳-۲۷: نمودارهای *XRD* سنگ‌های دگرسان شده در پهنه دگرسانی آرژیلیک حدواسط ۵۸
- شکل ۳-۲۸: ژاروسیت در مجاورت سریسیت در پهنه‌ی آلتراسیون فیلک-آرژیلیک ۶۰
- شکل ۳-۲۹: تورمالین در آگرگات‌های متقاطع شعاعی در درون تیغه‌های پزودومورف شده‌ی پلاژیوکلاز ۶۰
- شکل ۳-۳۰: هم پوشانی تورمالین توسط کلسیت ۶۱
- شکل ۳-۳۱: ادخال اپیدوت در درون فنوکریست‌های پلاژیوکلاز سوسوریتی شده ۶۲
- شکل ۳-۳۲: مجموعه کانی‌های حاصل از دگرسانی کانی‌های فرومنیزین‌دار در پهنه دگرسانی پروپیلیتیک ۶۲
- شکل ۳-۳۳: اسفن‌های ثانویه در پهنه‌ی دگرسانی پروپیلیتیک ۶۳
- شکل ۳-۳۴: کلسیت‌های ثانویه در پهنه‌ی دگرسانی پروپیلیتیک ۶۳
- شکل ۳-۳۵: بلورهای پیریت و کالکوپیریت ۶۵
- شکل ۳-۳۶: کالکوسیت به رنگ خاکستری روشن درون پیریت ۶۵

- شکل ۳-۳۷: بلور دانه‌ای مگنتیت با بافت مارتیتیزاسیون و کاتاکلاستیک ۶۷
- شکل ۳-۳۸: کانی گوتیت متعلق به ناحیه اکسیدان اندیس کهنگ ۶۸
- شکل ۳-۳۹: نمودارهای تشکیل و ثبات کانی‌های آهن در محیط اکسیدان و احیاء ۶۹
- شکل ۳-۴۰: نمودار ثبات کانی‌های مس در سیستم $Cu-H_2O-O_2-S-CO_2$ ۷۰
- شکل ۳-۴۱: انواع بافت‌های جانشینی در اثر کانی‌سازی ثانویه ۷۱
- شکل ۳-۴۲: انواع بافت‌های اصلی مشاهده شده در ذخیره ماده معدنی در اندیس کهنگ ۷۲
- شکل ۳-۴۳: خوردگی‌های خلیجی شکل و آتول مانند در بلورهای پیریت ۷۳
- شکل ۳-۴۴: انواع بافت‌های فرعی در مقاطع صیقلی اندیس مس کهنگ ۷۴

فصل چهارم:

- شکل ۴-۱: طبقه بندی پلاژیوکلازهای موجود در نمونه سنگ آندزیتی غیردگرسان ۷۷
- شکل ۴-۲: طبقه بندی میکاها با استفاده از ترکیب شیمیایی ۷۸
- شکل ۴-۳: رده بندی انواع بیوتیت‌ها با استفاده از نمودار ناچیت و فورستر ۷۹
- شکل ۴-۴: نمودار طبقه بندی گروه‌های اصلی آمفیبول ۸۱
- شکل ۴-۵: تصویر BSE آمفیبول آنالیز شده ۸۱
- شکل ۴-۶: نمودار طبقه بندی آمفیبول‌های $Fe-Mg-Mn$ دار ۸۲
- شکل ۴-۷: تفکیک انواع موسکویت‌ها با استفاده از نمودارهای میلر و مونیر ۸۳
- شکل ۴-۸: نمودار طبقه بندی ارتوکلیت‌ها ۸۵
- شکل ۴-۹: تصویر BSE اسفن آنالیز شده ۸۸
- شکل ۴-۱۰: نمودار نامگذاری گروه آلونیت- ژاروسیت ۸۹

فصل پنجم:

- شکل ۵-۱: تعیین ترکیب نمونه‌های متعلق به گمانه‌های حفاری توسط نمودار کاتیونی جنسن ۹۱
- شکل ۵-۲: تعیین ترکیب نمونه‌های متعلق به رخنمون‌های سطحی توسط نمودار کاتیونی جنسن ۹۱
- شکل ۵-۳: نمودار رده‌بندی *Th-Co* هستی ۹۲
- شکل ۵-۴: نمودارهای تفکیک شیمیایی میان رخساره‌های دگرسانی گرمایی اندیس کهنگ ۹۴
- شکل ۵-۵: نمودار تشخیص دگرسانی لارج ۹۷
- شکل ۵-۶: نمودارهای هارکر جهت بررسی روند تغییرات اکسید عناصر اصلی در جریان دگرسانی ۱۰۲
- شکل ۵-۷: نمودارهای دومتغیره *MgO* در مقابل سایر اکسید عناصر اصلی و گوگرد ۱۰۳
- شکل ۵-۸: الگوی *REE* ها در رخساره فیلیک اندیس کهنگ ۱۰۸
- شکل ۵-۹: الگوی *REE* ها در رخساره پروپیلیتیک اندیس کهنگ ۱۰۹
- شکل ۵-۱۰: الگوی *REE* ها در رخساره آرژیلیک حدواسط اندیس کهنگ ۱۱۰
- شکل ۵-۱۱: الگوی *REE* ها در رخساره سیلیسی اندیس کهنگ ۱۱۱
- شکل ۵-۱۲: نمودار تغییرات نسبت $(La/Yb)_{cn}$ و $(La/Sm)_{cn}$ در رخساره‌های دگرسانی ۱۱۴
- شکل ۵-۱۳: نمودار تغییرات نسبت $(Gd/Yb)_{cn}$ و $(Eu/Eu^*)_{cn}$ در رخساره‌های دگرسانی ۱۱۵
- شکل ۵-۱۴: نمودار تغییرات نسبت $(Ce/Ce^*)_{cn}$ در رخساره‌های دگرسانی ۱۱۶
- شکل ۵-۱۵: نمودارهای ایزوکون و نمودارهای غنی‌شدگی - تهی‌شدگی عناصر اصلی ۱۲۰
- شکل ۵-۱۶: نمودارهای ایزوکون و نمودارهای غنی‌شدگی - تهی‌شدگی عناصر جزئی ۱۲۲
- شکل ۵-۱۷: نمودارهای ایزوکون و نمودارهای غنی‌شدگی - تهی‌شدگی عناصر خاکی کمیاب ۱۲۴

فصل ششم:

- شکل ۶-۱: سیالات درگیر متعلق به کوارتزهای رگه‌ای اندیس کهنگ با اشکال و اندازه‌های مختلف ۱۲۷
- شکل ۶-۲: پدیده‌ی گردن‌یافتگی و ترکیب‌گی طبیعی سیالات درگیر ۱۲۸
- شکل ۶-۳: دسته‌بندی سیالات درگیر در کوارتزهای رگه‌ای اندیس کهنگ ۱۳۰
- شکل ۶-۴: نمودار فراوانی درجه حرارت همگن شدن سیالات درگیر ۱۳۳

- شکل ۵-۶: نمودار سیستم $H_2O-NaCl$ جهت محاسبه شوری سیالات با دمای $T_{mice} > -20/1^\circ C$ ۱۳۶
- شکل ۶-۶: نمودار فراوانی میزان شوری سیالات درگیر..... ۱۳۸
- شکل ۷-۶: نمودار درجه حرارت همگون شدن- شوری سیالات درگیر در کانسارهای مختلف..... ۱۳۸
- شکل ۸-۶: نمودار δD در برابر $\delta^{18}O$ برای انواع مختلف آبها و موقعیت قرارگیری نمونه‌های اندیس مس-مولبدن پورفیری کهنگ..... ۱۴۲

فهرست جدول‌ها

صفحه

عنوان

فصل اول:

جدول ۱-۱: شیوه اختصارنویسی کانی‌های سیلیکاته و غیرسیلیکاته مورد استفاده در این پژوهش ۱۴۸

فصل چهارم:

جدول ۱-۴: نتایج آنالیز *EDS* پلاژیوکلازهای یک سنگ آندزیتی غیردگرسان اندیس کهنگ ۷۶

جدول ۲-۴: نتایج آنالیز *EDS* کانی بیوتیت متعلق به سنگ آندزیتی غیردگرسان اندیس کهنگ ۷۸

جدول ۳-۴: نتایج آنالیز *EDS* کانی آمفیبول متعلق به سنگ آندزیتی غیر دگرسان اندیس کهنگ ۸۰

جدول ۴-۴: نتایج آنالیز *EDS* کانی سریسیت اندیس کهنگ حاصل از دگرسانی پلاژیوکلاز و بیوتیت ۸۳

جدول ۵-۴: نتایج آنالیز *EDS* کانی کلریت ۸۵

جدول ۶-۴: نتایج آنالیز *EDS* کانی اپیدوت در نمونه پروپیلیتی اندیس کهنگ ۸۷

جدول ۷-۴: نتایج آنالیز *EDS* کانی اسفن در نمونه سریسیتی اندیس کهنگ ۸۷

جدول ۸-۴: نتایج آنالیز *EDS* کانی ژاروسیت اندیس کهنگ ۸۹

فصل پنجم:

جدول ۱-۵: مقادیر شاخص‌های دگرسانی *AI* و *CCPI* در سنگ‌های دگرسان شده و تازه ۹۸

جدول ۲-۵: نتایج آنالیز *ICP-MS* نمونه‌های دگرسان شده و سالم (عناصر اصلی و خاکی کمیاب) ۱۴۹

جدول ۳-۵: نتایج آنالیز *ICP-MS* نمونه‌های دگرسان شده و سالم (عناصر فرعی) ۱۵۲

فصل ششم:

جدول ۱-۶: داده‌های حاصل از ترمومتری سیالات درگیر در اندیس مس کهنگ ۱۳۴

جدول ۲-۶: نتایج حاصل از آنالیز ایزوتوپی نمونه‌های متعلق به اندیس کهنگ ۱۴۱

فصل اول

کلیات

۱-۱- پیش‌گفتار

واژه‌ی دگرسانی برای کلیه‌ی تغییرات شیمیایی و کانی‌شناسی به کار برده می‌شود که تحت تأثیر محلول‌های ماگمایی و گرمابی در سنگ ایجاد شود. شاید تعداد انگشت شماری از دانشجویان زمین‌شناسی به پژوهش در زمینه‌ی دگرسانی و موضوعات مرتبط با آن بدین سبب که یکی از پرکارترین و پرهزینه‌ترین موضوعات زمین‌شناسی است و جزئی‌پردازی‌ها و مطالعات کتابخانه‌ای و آزمایشگاهی فراوانی را در یک برهه‌ی زمان طولانی می‌طلبد، علاقه نشان دهند؛ با این حال مبحث دگرسانی از جذابیت‌های زیادی برخوردار است به گونه‌ای که کارایی این موضوع در مطالعات کاربردی و مطالعات اکتشافی و پی‌جویی معادن، زیبایی آن را دو چندان می‌نماید. یکی از اصول اکتشاف و پی‌جویی ذخایر به ویژه کانسارهای مس پورفیری، بررسی عوارض و فرآیندهای دگرسانی گرمابی است که با کانه‌سازی این گونه ذخایر ارتباط تنگاتنگ دارند و این گونه کانسارها در ارتباط مستقیم با سیستم‌های گرمابی توده‌های نفوذی می‌باشند.

فرآیندهای دگرسانی از یک سو نقش مهمی در تمرکز عناصر کانه ساز و در نهایت تشکیل کانسارهای معدنی با ارزش داراست، و از سوی دیگر در آزادسازی و تحرک برخی از عناصر تأثیرگذار است که می‌تواند تبعات مثبت یا منفی زیست محیطی را به بار آورد، به این سبب در این مطالعه کوشش بر آن است تا ابعاد مختلف دگرسانی گرمابی در واحدهای مختلف سنگ‌شناسی اندیس کهنک مورد بررسی قرار گیرد.