دانشگاه سیستان و بلوچستان

تحصیلات تکمیلی

پایان نامه کارشناسی ارشد زمین شناسی (گرایش اقتصادی)

عنوان:

پتروگرافی، ژئوشیمی و منشأ کانسارآهن رشتخوار و سنگ‌های میزبان مرتبط با آن

اساتید راهنما:

دکتر محمد بومری

دکتر حبیب بیابانگرد

تحقیق و نگارش:

خسرو تیموری

(این پایان نامه از حمایت مالی معاونت پژوهشی دانشگاه سیستان و بلوچستان بهره مند شده است)

شهریور ۱۳۹۱

بسم الله الرحمن الرحيم

تعهدنامه اصالت اثر

اینجانب خسرو تیموری تعهد می‌کنم که مطالب مندرج در این پایان نامه حاصل کار پژوهشی اینجانب است و به دستاوردهای پژوهشی دیگران که در این نوشته از آن استفاده شده است مطابق مقررات ارجاع گردیده است. این پایان نامه پیش از این برای احراز هیچ مدرک هم سطح یا بالاتر ارائه نشده است.

کلیه حقوق مادی و معنوی این اثر متعلق به دانشگاه سیستان و بلوچستان می‌باشد.

نام و نام خانوادگی دانشجو: خسرو تیموری

امضاء

تقدیم به:

این پژوهش را تقدیم می کنم، به همه کسانی که در راه توسعه

علم و دانش تلاش و کوشش می کنند.

سپاسگزاری

خداوند را سپاس می‌گویم که به من قدرت درک، فهم و تجزیه و تحلیل قطره‌ای از دریای بیکران علم زمین‌شناسی را که ذره‌ای از اقیانوس بیکران علوم می‌باشد، عنایت فرمود. مطالعات میکروسکوپی، تجزیه و تحلیل‌های شیمیایی سنگ‌ها و پدیده‌های زمین شناسی که با همراهی استادان بزرگوارم جناب آقای دکتر محمد بومری و جناب آقای دکتر حبیب بیابانگرد همراه بود، مشکلات و سختی‌های مطالعات صحرایی را لذت‌بخش و در عین حال قابل تأمل می‌نمود. لازم می‌دانم از این عزیزان نه به عنوان استاد بلکه به عنوان دوست که در نهایت دلسوزی، وظیفه‌شناسی، نکته‌سنجی و ریز بینی، با صفا و صمیمیت قابل تحسینشان مرا در این امر یاری فرمودند، سپاسگزاری نمایم. این عزیزان کلیه ویژگی‌های معلم کامل را دارا بودند و در کلیه مراحل انجام پایان‌نامه این حقیر را همراهی کردند.

از داوران این پایان‌نامه آقایان دکتر علی احمدی و دکتر علی اصغر مریدی فریمانی که پیشنهادات و انتقادات سازنده این عزیزان باعث هرچه پر بار تر شدن این رساله گردید، کمال تشکر را دارم.

جا دارد از زحمات استادان و کارمندان بخش زمین‌شناسی دانشگاه سیستان و بلوچستان که در این مدت ۶ سال از محضرشان بهره‌مند شده‌ام، تشکر و قدرانی نمایم. همچنین از آقای مهندس محمد ناروئی به عنوان دوست ویژه دوران تحصیل و آقایان مهندس سبحانی، مسلمی، زنگنه، اسدی، کاظمی، ابراهیمی، محمدی، متقی‌پیشه و مصباحی نیا و خانم‌های مهندس کارگری و مرادی و سایر دوستان که کمک‌ها و راهنمائی‌هایشان قابل تحسین می‌باشد، سپاسگزاری و قدردانی می‌کنم.

لازم می‌دانم از زحمات بی‌دریغ پدر و مادرم که با سعه‌صدر، مشکلات فراوانی را متحمل شدند، تقدیر و تشکر کنم. سپاسگزارم از خواهران و برادرانم که در طول این راه پر فراز و نشیب، راهنما و مشوقم بودند و وجودشان جهت ادامه مسیر برایم امیدبخش بود.

سلامت، سعادت، توفیق و کامیابی تمامی این بزرگواران را از خداوند متعال خواهانم.

چکیده:

کانسار آهن رشتخوار در ۴۸ کیلومتری خاوری رشتخوار و ۱۲ کیلومتری شمال روستای شهرک در جنوب خاوری استان خراسان رضوی قرار دارد. از نظر زمین شناسی این کانسار در شمال خاوری بلوک لوت و متعلق به نوار ولکانو پلوتونیک خواف-بردسکن می‌باشد. سنگ‌های آذرین حد واسط به صورت استوک، دایک، گدازه و نهشته‌های پیروکلاستیک در این منطقه رخنمون دارند. این سنگ‌ها شامل دیوریت‌های پورفیری، مونزوسینیت پورفیری، آندزیت، بازالت و لیتیک توف می‌باشند که دارای بافت‌های پورفیری، گرانولار، میکرولیتیک پورفیری و هیالومیکرولیتیک هستند و از کانی‌های پلاژیوکلاز، فلدسپات‌های پتاسیم، آمفیبول و پیروکسن تشکیل شده‌اند. سنگ‌های نفوذی از نوع I، متاآلومین تا پرآلومین و در نمودارهای تکتنوماگمایی در محدوده گرانیتوئیدهای کمان‌های ماگمایی قرار می‌گیرند.

کانی‌زایی آهن و مس به صورت رگه‌هایی با امتداد غالب خاوری-باختری در داخل مجموعه‌های نفوذی رخ داده است. این رگه‌ها دارای ضخامتی بین چند سانتیمتر تا ۲ متر می‌باشند و عمدتاً لایه‌ای و برش شده می‌باشند.

کانی‌زایی آهن عمدتاً به صورت اسپیکولاریت و مگنتیت است در حالیکه کانی‌زایی مس ابتدا به صورت کالکوپیریت تشکیل شده و در طی فرآیندهای سطحی به کربنات‌های مس و هیدروکسیدهای آهن تبدیل شده‌اند. کانی‌های گانگ همراه هر دو نوع کانی‌زایی، شامل کلسیت و کوارتز می‌باشند. دگرسانی‌های موجود در منطقه شامل دگرسانی پروپیلیتیک، سریستیک-پروپیلیتیک، سیلیسی و آرژیلیک پیشرفته می‌باشند که طی آن برخی از کانی‌ها همچون پلاژیوکلازها، فلدسپات‌های پتاسیم و آمفیبول‌ها به سریسیت، کلریت و کانی‌های رسی دگرسان شده‌اند. سنگ‌های دگرسان شده از عناصری همچون Fe_2O_3 ,Dy, Cs, Ho, Cl, Cu غنی شدگی و از عناصری همچون K2O, P2O5, S, Ce, Ga, Zr, Ni, Nb, Rb, Yb تهی شدگی نشان می‌دهند.

بنابراین کانی‌زایی اولیه در دو مرحله اکسیدی و سولفیدی تشکیل شده است ابتدا اکسیدهای آهن در دمای بالا و از آب‌های خیلی شور در شرایط قلیایی شکل گرفته‌اند و سپس ضمن کاهش دما، محلول‌ها اسیدی شده و باعث تشکیل کانی‌های سولفیدی شده‌اند. در طول مرحله دوم، سولفیدهای اولیه توسط آب‌های سطحی و زیرزمینی حل شده است و توسط کانی‌های سوپرژن جانشین شده‌اند.

کلمات کلیدی: ایران، رشتخوار، بلوک لوت، کانی‌زایی آهن ، اسپیکولاریت

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل اول ۱

کلیات ۱

۱-۱– مقدمه ۲

۱-۲- موقعیت جغرافیایی و راه‌های دسترسی به منطقه ۲

۱-۳- ژئومورفولوژی ۳

۱-۴- آب و هوا و پوشش گیاهی منطقه مورد بررسی ۴

۱-۵- تعریف مسئله ۵

۱-۶- سابقه و ضرورت انجام تحقیق ۶

۱-۷- فرضیات تحقیق ۷

۱-۸- اهداف مطالعه ۷

۱-۹- روش کار ۷

فصل دوم ۹

زمین شناسی ۹

۲-۱- مقدمه ۱۰

۲-۲- واحدهای ساختاری – رسوبی ایران ۱۰

۲-۲-۱- ایران مرکزی ۱۲

۲-۲-۱-۱- بلوک لوت ۱۴

۲-۳- زمین شناسی ناحیه‌ای کانسار رشتخوار ۱۷

۲-۴- زمین‌شناسی گستره کانسار ۲۰

۲-۴-۱- مجموعه‌های آذرین ۲۲

۲-۴-۱-۱- واحد آندزیتی ۲۲

۲-۴-۱-۲- توف ۲۳
۲-۴-۱-۳- مونزوسینیت ۲۳
۲-۴-۱-۴- سینیت ۲۴
۲-۴-۱-۵- سینیت پورفیری ۲۵
۲-۴-۱-۶- دیوریت پورفیری ۲۶
۲-۴-۱-۷- دایک‌های دیوریتی ۲۷
۲-۴-۱-۸- واحد بازالتی ۲۹
۲- ۴-۲- مجموعه‌های رسوبی ۲۹
۲-۴-۳- زمین شناسی ساختمانی ۳۱
فصل سوم ۳۴
پتروگرافی ۳۴
۳-۱- مقدمه ۳۵
۳-۲- نام‌گذاری و طبقه‌بندی سنگ‌های آذرین منطقه ۳۵
۳-۲-۱- سنگ‌های آذرین منطقه مورد مطالعه ۴۱
۳-۲-۱-۱- سنگ‌های آذرین درونی منطقه ۴۱
۳-۲-۱-۱-۱- مونزوسینیت‌ها ۴۱
۳-۲-۱-۱-۲- سینیت ها ۴۵
۳-۲-۱-۱-۳- سینیت پورفیری ۴۹
۳-۲-۱-۱-۴- دیوریت پورفیری ۵۳
۳-۲-۱-۲- سنگ‌های آذرین بیرونی منطقه ۵۷
۳-۲-۱-۲-۱- آندزیت‌ها ۵۷
۳-۲-۱-۲-۲- لیتیک توف‌ها ۶۰
۳-۲-۱-۲-۳- بازالت ۶۲
۳-۲-۲- سنگ‌های رسوبی منطقه مورد مطالعه ۶۶
۳-۲-۲-۱- سیلتستون ۶۶

۳-۲-۲-۲- پاراکنگلومرای پترومیک‌تیک ۶۷
۳-۲-۲-۳- سنگ‌های آهکی ۶۸
فصل چهارم ۶۹
ژئوشیمی ۶۹
۴-۱- مقدمه ۷۰
۴-۲- طبقه‌بندی شیمیایی سنگ‌های آذرین منطقه مورد مطالعه ۷۲
۴-۲-۱- طبقه‌بندی به روش TAS ۷۲
۴-۲-۲- طبقه‌بندی بر اساس کاتیون‌ها (Dela Roche et al., 1980) ۷۳
۴-۲-۳- طبقه‌بندی با دیاگرام Nb/Y در مقابل $Zr/TiO_2*0.0001$ ۷۴
۴-۳- نمودارهای هارکر ۷۵
۴-۳-۱- نمودارهای هارکر برای عناصر اصلی ۷۶
۴-۳-۲- نمودارهای هارکر برای عناصر فرعی ۷۸
۴-۴- تعیین سری ماگمایی و نوع گرانیتوئیدها ۸۱
۴-۵- جایگاه تکتونیکی ۸۴
فصل پنجم ۸۶
دگرسانی و کانی‌زایی ۸۶
۵-۱- مقدمه ۸۷
۵-۲- آلتراسیون‌های موجود در سنگ‌های آذرین منطقه مورد مطالعه ۸۷
۵-۲-۱- آلتراسیون پروپیلیتیک ۸۹
۵-۲-۲- آلتراسیون سریسیتیک-پروپیلیتیک ۹۱
۵-۲-۳- آلتراسیون سیلیسی ۹۲
۵-۲-۴- آلتراسیون آرژیلیک ۹۴
۵-۳- گسترش کانی‌زایی ۹۴
۵-۳-۱- کانی‌شناسی ۹۷
۵-۳-۱-۱- اسپیکولاریت ۹۷

۵-۳-۱-۲- مگنتیت ۹۹
۵-۳-۱-۳- کالکوپیریت ۱۰۱
۵-۳-۱-۴- پیریت ۱۰۲
۵-۳-۱-۵- کربنات‌های مس ۱۰۲
۵-۳-۱-۶- گوتیت ۱۰۳
۵-۴- پاراژنز ۱۰۴
۵-۵- ژئوشیمی رگه‌های معدنی ۱۰۶
۵-۵-۱- نمودارهای غنی‌شدگی- تهی‌شدگی ۱۰۸
۵-۵-۲- پراکندگی عناصر کمیاب در کانسنگ آهن شمال شهرک ۱۱۷
فصل ششم ۱۲۰
منشأ کانی‌زایی ۱۲۰
۶-۱- ژئوشیمی آهن ۱۲۱
۶-۲- کانه‌های آهن ۱۲۱
۶-۳- رده‌بندی کانسارهای آهن ۱۲۲
۶-۴- متالوژنی آهن در ایران ۱۳۱
۶-۴-۱- کانه‌زایی آهن در پروتروزوئیک بالایی-کامبرین زیرین ۱۳۱
۶-۴-۲-کانه‌زایی آهن در کامبرین بالایی- اردویسین زیرین ۱۳۲
۶-۴-۳- کانه‌زایی آهن در پالئوزوئیک بالایی ۱۳۲
۶-۴-۴- کانه‌زایی آهن در مزوزوئیک ۱۳۲
۶-۴-۵- کانه‌زایی آهن در ترشیاری ۱۳۳
۶-۵- منشأ کانه‌زایی در کانسار آهن شهرک ۱۳۴
نتیجه‌گیری ۱۴۳
مراجع ۱۴۴
پیوست ۱۵۲

فهرست جدول‌ها

عنوان **صفحه**

جدول ۳-۱- نتایج مطالعات کانی‌شناسی سنگ‌های مرتبط با کانسار آهن شهرک (خاور رشتخوار)..... ۳۶

جدول ۴-۱- داده‌های حاصل از آنالیز XRF نمونه‌های شمال روستای شهرک (عناصر اصلی بر حسب درصد وزنی و عناصر فرعی و کمیاب بر حسب ppm)..... ۷۰

جدول ۵-۱- نتایج حاصل از آنالیز XRF نمونه‌های منطقه مورد مطالعه(عناصر اصلی بر حسب درصد وزنی و عناصر فرعی و کمیاب بر حسب ppm)..... ۱۰۷

جدول ۵-۲- علائم اختصاری در فرمول ارائه شده توسط (Grant, 2005)..... ۱۰۸

جدول ۵-۳- تعیین غنی-شدگی و تهی-شدگی عناصر به روش ایزوکون در منطقه مورد مطالعه..... ۱۱۱

جدول ۵-۴- نسبت دوتایی برخی از عناصر فرعی کانسار آهن شهرک..... ۱۱۹

جدول ۶-۱- تقسیم بندی کانسارهای ماگمایی- هیدروترمال آهن و ذخایر Cu-Au مرتبط با آن‌ها (IOCG) (گاندی، ۲۰۰۳ و ۲۰۰۴)..... ۱۲۷

جدول ۶-۲- مقایسه بین کانسار شمال شهرک و دیگر کانسارهای تقریباً مشابه در ایران..... ۱۴۱

فهرست شکل‌ها

عنوان صفحه

شکل ۱-۱- نقشه راه‌های دسترسی به منطقه مورد مطالعه..... ۳

شکل ۱-۲- نمایی از وضعیت توپوگرافی (34° 59' 14.8" N , 59° 55' 1.3" E)..... ۴

شکل ۱-۳- نمایی از وضعیت پوشش گیاهی منطقه (34° 59' 23" N , 59° 54' 49" E)..... ۵

شکل ۲-۱- پهنه‌های رسوبی- ساختاری عمده ایران (آقانباتی، ۱۳۷۹) و منطقه مورد نظر که در شمال شرق بلوک لوت قرار دارد و با دایره زرد رنگ نشان داده شده است..... ۱۲

شکل ۲-۲- محدوده ایران مرکزی و تقسیم‌بندی واحدهای ساختمانی- رسوبی آن (اشتوکلین، ۱۹۶۸) با تغییرات..... ۱۴

شکل ۲-۳- نگاره‌ی ماهواره‌ای قسمتی از کمربند ولکانوپلوتونیکی خواف- بردسکن..... ۱۷

شکل ۲-۴- نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ شهرک (اقتباس شده از نقشه‌های ۱:۱۰۰۰۰۰ رشتخوار، خواف، دولت آباد و کاریزنو، سازمان زمین‌شناسی کشور، با تغییرات)..... ۱۹

شکل ۲-۵- نقشه زمین شناسی تهیه شده از منطقه مورد مطالعه..... ۲۱

شکل ۲-۶- برونزد سنگ‌های آندزیتی در همبری با واحدهای دیوریتی در جنوب توده معدنی A (34° 59' 10.3" N , 59° 54' 49.5"E)..... ۲۲

شکل ۲-۷- نمایی از برونزد واحدهای توفی و بازالتی در کنار گسل (34° 59' 34.8" N , 59° 54' 49.5"E)..... ۲۳

شکل ۲-۸- نمایی از واحدهای مونزوسینیتی که میزبان توده B منطقه مورد مطالعه می‌باشد. (34° 59' 39.2" N , 59° 55' 1.9" E)..... ۲۴

شکل ۲-۹- نمایی از برونزد سطحی واحدهای سینیتی منطقه (34° 59' 35" N , 59° 55' 04" E)..... ۲۵

شکل ۲-۱۰- نمایی از واحدهای سینیت پورفیری در همبری با واحدهای دیوریتی (34° 59' 29.4" N , 59° 55' 07" E)..... ۲۶

شکل ۲-۱۱- نمایی از توده A که در داخل واحد دیوریت پورفیری گسل خورده قرار گرفته است (34° 59' 10.3" N , 59° 54' 49.5"E)..... ۲۷
شکل ۲-۱۲- برونزد دایک‌های دیوریتی به صورت عدسی شکل (35° 00' 06" N , 59° 54' 47" E)..... ۲۸
شکل ۲-۱۳- نفوذ دایک‌های دیوریتی در واحدهای سینیتی با امتداد N15W (34° 59' 37.8" N , 59° 54' 47.2" E)..... ۲۸
شکل ۲-۱۴- مرز بین واحدهای رسوبی و آذرین منطقه (34° 59' 14.8" N , 59° 55' 1.3" E)..... ۲۹
شکل ۲-۱۵- تناوب رسوبات شیلی و ماسه سنگی منطقه (34° 59' 06" N , 59° 54' 53" E)..... ۳۰
شکل ۲-۱۶- آثار ریپل مارک موجود در واحدهای رسوبی..... ۳۰
شکل ۲-۱۷- نمایی از واحد آهکی دگرگون شده در همبری با واحدهای نفوذی (34° 59' 23.7" N , 59° 55' 36.9" E)..... ۳۱
شکل ۲-۱۸- نمایی از گسل درونه در عکس‌های ماهواره‌ای از منطقه مورد مطالعه..... ۳۲
شکل ۲-۱۹- نمایی از سطح گسلی با امتداد تقریباً شمالی- جنوبی (34° 59' 17.8" N , 59° 55' 1.3" E)..... ۳۳
شکل ۲-۲۰- نمایی از زون گسلی با امتداد شمال غربی- جنوب شرقی (34° 59' 23" N , 59° 54' 49" E)..... ۳۳
شکل ۳-۱- رده‌بندی کانی شناسی کمی (مودال) سنگ‌ها منطقه مورد مطالعه (نمودار پایه از اشتریکایزن ۱۹۷۴- ۱۹۸۰)..... ۴۰
شکل ۳-۲- نمونه دستی از واحدهای مونزوسینیتی..... ۴۲
شکل ۳-۳- دگرسانی کامل پلاژیوکلاز به سریسیت و عملکرد دگرسانی هیدروترمال و رشد کانی اوپاک در رخ‌ها و شکستگی‌های آمفیبول و دگرسانی آن به کلریت (**A**: نور قطبیده متقاطع با بزرگنمایی **40X** و B: نور قطبیده طبیعی با بزرگنمایی **40X**)..... ۴۳

شکل ۳-۴- کانی‌های پلاژیوکلاز سریسیتی شده، اوپاک و پیروکسن‌های درشت به صورت ادخال در فلدسپارهای پتاسیم و تشکیل بافت پوئی‌کلیتیک در سنگ‌های مونزوسینیتی منطقه مورد مطالعه (A و B: نور قطبیده متقاطع با بزرگنمایی **40X**) ۴۴

شکل ۳-۵- نمونه دستی از سنگ‌های سینیتی منطقه مورد مطالعه ۴۶

شکل ۳-۶- وجود بافت گرانولار و وجود درشت بلورهای فلدسپار پتاسیم در واحدهای سینیتی منطقه و همچنین پرشدگی فضای خالی توسط کانی‌های کوارتز و کلسیت (A و B: نور قطبیده متقاطع با بزرگنمایی **40X**) ۴۷

شکل ۳-۷- عملکرد دگرسانی در واحدهای سینیتی منطقه همراه با رشد کانی بیوتیت ثانویه در بین بلورها و رسی شدن فلدسپارها (**A**: نور قطبیده متقاطع با بزرگنمایی **40X** و B: نور قطبیده طبیعی با بزرگنمایی **40X**) ۴۸

شکل ۳-۸- نمونه دستی از سنگ‌های سینیت پورفیری منطقه مورد مطالعه ۵۰

شکل ۳-۹- پلاژیوکلازهای با ماکل پلی‌سنتتیک و رشد کانی‌های اوپاک در مجاورت کلریت‌ها حاصل از دگرسانی کانی‌های مافیک در واحدهای سینیت پورفیری منطقه مورد مطالعه (A و B: نور قطبیده متقاطع با بزرگنمایی **40X**) ۵۱

شکل ۳-۱۰- همراهی کانی‌های مافیک همچون آمفیبول‌ها با کلریت و رو رشدی کلسیت و همچنین پراکندگی کانی‌های اوپاک در واحدهای سینیت پورفیری منطقه (**A**: نور قطبیده متقاطع با بزرگنمایی **40X** و B: نور قطبیده طبیعی با بزرگنمایی **40X**) ۵۲

شکل ۳-۱۱- نمونه دستی از سنگ‌های دیوریت پورفیری منطقه مورد مطالعه ۵۴

شکل ۳-۱۲- کانی‌های آمفیبول رسی شده به همراه کانی‌های پلاژیوکلاز در واحدهای دیوریتی با بافت پورفیری (**A**: نور قطبیده متقاطع با بزرگنمایی **40X** و B: نور قطبیده طبیعی با بزرگنمایی **40X**) ۵۵

شکل ۳-۱۳- وجود پلاژیوکلازهای با پلی‌سنتتیک به همراه حضور رگچه‌های کلسیتی در واحدهای دیوریت پورفیری منطقه (A و B: نور قطبیده متقاطع با بزرگنمایی **40X**) ۵۶

شکل ۳-۱۴- نمونه دستی‌های سالم و دگرسان شده از واحدهای آندزیتی منطقه مورد مطالعه A: سالم B: دگرسان شده ۵۸
شکل ۳-۱۵- درشت بلورهای پلاژیوکلاز در حال تجزیه به کانی‌های سریسیت همراه با رگچه‌های کلسیتی و سیلیسی سنگ‌های آندزیت پورفیری (A و B: نور قطبیده متقاطع با بزرگنمایی **40X**)..... ۵۹
شکل ۳-۱۶- نمونه دستی از لیتیک توف‌های منطقه مورد مطالعه..... ۶۰
شکل ۳-۱۷- درشت بلورهای پلاژیوکلاز و میکرولیت‌های پلاژیوکلاز در لیتیک توف‌های منطقه مورد مطالعه (**A**: نور قطبیده متقاطع با بزرگنمایی **40X** و B: نور قطبیده طبیعی با بزرگنمایی **40X**)..... ۶۱
شکل ۳-۱۸- نمونه‌های دستی از واحدهای بازالتی منطقه مورد مطالعه (A: بازالت‌های کاملاً تیره و متراکم با ساختار آفانتیک B: بازالت‌های پورفیری و بادامکی)..... ۶۳
شکل ۳-۱۹- انحلال و خوردگی شیمیایی پیروکسن‌ها در کرانه‌ها، درشت بلورهای شکل دار پلاِیوکلاز با منطقه بندی و ماکل پلی‌سنتتیک و ایجاد شدن بافت پورفیری در بازالت‌ها (A و B: نور قطبیده متقاطع با بزرگنمایی **40X**)..... ۶۴
شکل ۳-۲۰- پرشدگی فضاهای خالی سنگ‌های بازالتی به ویژه توسط کانی کلسیت و تشکیل بافت بادامکی و تأثیر دگرسانی و رشد کانی‌های اوپاک اطراف کلریت‌ها در واحدهای بازالت پورفیری منطقه مورد مطالعه (A و B: نور قطبیده متقاطع با بزرگنمایی **40X**)..... ۶۵
شکل ۳-۲۱- نمونه دستی از واحدهای سیلتستون منطقه مورد مطالعه B: مقطع میکروسکوپی از واحدهای سیلتستون منطقه مورد مطالعه که دارای بافت ریزدانه می‌باشد (نور قطبیده متقاطع با بزرگنمایی **40X**)..... ۶۶
شکل ۳-۲۲- نمونه دستی از واحدهای کنگلومرایی منطقه مورد مطالعه B: حضور کوارتز، سیلتستون و گل سنگ در کنگلومرای مورد مطالعه (نور قطبیده متقاطع با بزرگنمایی **40X**)..... ۶۷
شکل ۳-۲۳- نمونه دستی از واحدهای آهکی مرمری شده B: بافت دانه شکری در واحدهای آهکی مرمری شده منطقه مورد مطالعه (نور قطبیده متقاطع با بزرگنمایی **40X**)..... ۶۸

شکل ۴-۱- A: موقعیت سنگ‌های آذرین درونی و B: سنگهای آذرین بیرونی، بر اساس روش TAS در نمودار SiO_2- (Na_2O+K_2O) (Cox et al., 1979)..... ۷۳

شکل ۴-۲- نمودار نام‌گذاری سنگ‌های آذرین درونی با استفاده از نسبت کاتیون‌ها (Dela Roche et al., 1980)..... ۷۴

شکل ۴-۳- A:موقعیت سنگ‌های آذرین درونی و B: سنگهای آذرین بیرونی بر اساس نمودار Nb/Y در مقابل $Zr/TiO_2*0.0001$ (Winchester & Floyd, 1977)..... ۷۵

شکل ۴-۴- نمودارهای تغییرات اکسیدهای عناصر اصلی در مقابل اکسید سیلیسم (Harker, 1909)..... ۷۷

شکل ۴-۵- نمودارهای تغییرات عناصر فرعی در مقابل اکسید سیلیسم (Harker, 1909)..... ۸۰

شکل ۴-۶- نمودار (Peccerillo & Taylor, 1976) برای تعیین نوع سری ماگمایی سنگ‌های آذرین منطقه مورد مطالعه، بر اساس این نمودار سنگ‌های آذرین منطقه در سری شوشونیتی قرار می‌گیرند..... ۸۱

شکل ۴-۷- نمودار (Hastie et al., 2007) برای تعیین نوع سری ماگمایی سنگ‌های آذرین منطقه مورد مطالعه، که بر اساس این نمودار سنگ‌های آذرین منطقه در سری شوشونیتی قرار می‌گیرند..... ۸۲

شکل ۴-۸- نمودار نسبت مولی $A/CNK\ (Al_2O_3/CaO+Na_2O+K_2O)$ به $A/NK\ (Al_2O_3/Na_2O+K_2O)$ به منظور تعیین اندیس آلومینیم سنگ‌های آذرین منطقه مورد مطالعه (Maniar, & Piccoli, 1989)..... ۸۲

شکل ۴-۹- نمودارهای تفکیک گرانیت‌ها که بر اساس نمونه‌های مورد نظر در محدوده I و S قرار می‌گیرند (Whalen et al., 1987)..... ۸۳

شکل ۴-۱۰- نمودار درصد وزنی SiO2 در مقابل اندیس اشباع از آلومینیوم برای تعیین نوع گرانیتوئیدهای منطقه، که بر اساس آن نمونه‌های موجود در محدوده نوع I قرار می‌گیرند (نمودار پایه از Chappell, 1999)..... ۸۴

شکل ۴-۱۱- نمودارهای تعیین جایگاه تکتونیکی گرانیتوئیدها بر اساس عناصر فرعی که بر اساس آن‌ها گرانیتوئیدهای شمال روستای شهرک در محدوده‌های VAG &WPG قرار می‌گیرند (Pearce et al., 1984). گرانیت‌های زون گسترشی اقیانوسی (ORG)، گرانیت‌های درون صفحات قاره‌ای و اقیانوسی (WPG)، گرانیت‌های هم‌زمان با تصادم (Syn- COLG)، گرانیت‌های کمربند آتشفشانی(VAG)..... ۸۵

شکل ۴-۱۲- نمودار تعیین سری و موقعیت تکتونیکی گرانیتوئیدها (Pearce et al, 1977)..... ۸۵

شکل ۵-۱- پراکندگی واحدهای آلتراسیون در منطقه مورد مطالعه..... ۸۸

شکل ۵-۲- گسترش آلتراسیون پروپیلیتیک در واحدهای سینیتی همراه با رگه‌های معدنی که با سریسیتی شدن فلدسپارها دنبال شده است..... ۹۰

شکل ۵-۳- آلتراسیون پروپیلیتیک در واحدهای سینیتی همراه با حضور کانی‌های کلسیت، سریسیت و اوپاک (نور قطبیده متقاطع با بزرگنمایی **40X**)..... ۹۰

شکل ۵-۴- گسترش آلتراسیون سریسیتیک-پروپیلیتیک در واحد دیوریتی منطقه در ارتباط با توده معدنی B (34° 59' 23.8" N , 59° 55' 33.6"E)..... ۹۱

شکل ۵-۵- سریسیتی شدن پلاژیوکلازها و گسترش کلریت در متن سنگ‌های دیوریتی (نور قطبیده متقاطع با بزرگنمایی **40X**)..... ۹۲

شکل ۵-۶- آلتراسیون سیلیسی به صورت برش‌های سیلیسی شده حاوی خرده‌های ولکانیکی (Vlc) (نور قطبیده متقاطع با بزرگنمایی **40X**)..... ۹۳

شکل ۵-۷- گسترش آلتراسیون پروپیلیتیک در کنار برش‌های سیلیسی شده در واحدهای شمال باختری توده A (34° 59' 25.5" N , 59° 55' 9.9" E)..... ۹۳

شکل ۵-۸- مقطع میکروسکوپی از آلتراسیون آرژیلیک در نزدیکی توده A (نور قطبیده متقاطع با بزرگنمایی **40X**)..... ۹۴

شکل ۵-۹- نمودار گل سرخی مربوط به برداشت‌های صورت گرفته از رگه‌های کانی‌زایی موجود در منطقه..... ۹۵

شکل ۵-۱۰- حالت‌های مختلف کانی‌سازی، برش هیدروترمالی (A)، لایه‌ای- شانه‌ای (B) و استوک ورکی (C)..... ۹۶
شکل ۵-۱۱- کانی‌زایی کربنات‌های مس (آزوریت و مالاکیت) همراه با کانی‌زایی آهن در منطقه (34˚ 59' 14.8" N , 59˚ 54' 50.6"E)..... ۹۷
شکل ۵-۱۲- بافت‌های مختلف کانی‌سازی، دسته جارویی (A)، زنجیره‌ای و متراکم (B)، توده‌ای و تیغه‌ای (C, D) (نور انعکاسی با بزرگنمایی 100X)..... ۹۸
شکل ۵-۱۳- حضور مگنتیت به صورت بی‌شکل در واحدهای میزبان کانی‌زایی (A) (نور انعکاسی با بزرگنمایی 100X) و وجود مگنتیت شکل‌دار در برش سیلیسی شده (B) (نور انعکاسی با بزرگنمایی 50X)..... ۱۰۰
شکل ۵-۱۴- تأثیر فرآیندهای Mushketovitization بر هماتیت و تبدیل آن به مگنتیت (نور انعکاسی با بزرگنمایی 100X)..... ۱۰۱
شکل ۵-۱۵- مقطع میکروسکوپی از کالکوپیریت در رگه‌های سیلیسی در حال تجزیه به کالکوسیت (Cc) (نور انعکاسی با بزرگنمایی 100X)..... ۱۰۲
شکل ۵-۱۶- A: مقطع میکروسکوپی از رگچه‌های دارای ترکیبات مس در ماده معدنی (نور انعکاسی با بزرگنمایی 100X) و B: حضور کربنات‌های مس در سطح ماده معدنی به شکل کلوفرمی..... ۱۰۳
شکل ۵-۱۷- تشکیل گوتیت (Geot) با بافت متحدالمرکز و زونه از طریق اکسیداسیون هماتیت در برش سیلیسی شده (نور انعکاسی با بزرگنمایی 100X)..... ۱۰۴
شکل ۵-۱۸- پاراژنز کانسار شمال روستای شهرک (خاور رشتخوار)..... ۱۰۶
شکل ۵-۱۹- ایزوکون رسم شده برای نمونه STS7..... ۱۱۳
شکل ۵-۲۰- تصویر میکروسکوپی از کانی‌زایی و رگه‌های کلسیتی در نمونه STS (نور انعکاسی با بزرگنمایی 100X)..... ۱۱۵
شکل ۵-۲۱- ایزوکون رسم شده برای نمونه STS..... ۱۱۶

شکل ۶-۱- دیاگرام پایداری اکسیدهای آهن به صورت تابع pH و فشار H_2 در (a) ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد، (b) ۱۵۰ درجه سانتی‌گراد، (c) ۲۰۰ درجه سانتی‌گراد، (d) ۲۵۰ درجه سانتی‌گراد، برای فازهای هماتیت و مگنتیت ملاحظه می‌کنید (Baes and Mesmer (1976), Helgeson et al. (1978), and Johanson et al. (1992)) ۱۲۲

شکل ۶-۲- نمودار شماتیک فرآیندهای زمین شناسی که به تشکیل کانسارهای آهن منجر می‌شود (کسلر، ۱۹۹۴) ۱۲۳

شکل ۶-۳- نمودار دوتایی Log fO_2-pH در دمای ۳۵۰ درجه سانتیگراد و فشار ۵۰۰ بار به همراه تعیین روند کانی سازی از شرایط اکسیدی (I) به کانی سازی سولفیدی (II) در منطقه (Zhang et al., 2011) ۱۳۶

شکل ۶-۴- نمودار دوتایی Log $fO2$-Log $fS2$ و تعیین روند کانی سازی از شرایط اکسیدی (I) به کانی سازی سولفیدی (II) در منطقه، بر اساس نمودار بارتون و اسکینر (۱۹۷۹)- کالکوپیریت (Cp)، بورنیت (Bn)، پیریت (Py)، کوولیت (Cv) و دیژنیت (Dg) ۱۳۷

شکل ۶-۵- شرایط پایداری کانی‌های مس‌دار در نمودار Eh و pH در دمای ۲۵ درجه سانتیگراد و یک اتمسفر و $aCu=10^{-4}$ (اقتباس از Putter et al., 2010). A برای سیالات جوی یا جوی امروزی ($PCO_2=10^{-3.4}$)، B سیالات زیر زمینی ($PCO_2=10^{-2}$)، C سیالات زیر زمینی ($PCO_2=10^{-2}$) دارای ۲۰۰ میلی گرم SO_{3aq} می‌باشند. D پایداری کریزوکلا را نشان می دهد ۱۳۹

شکل ۶-۶- الف) موقعیت نمونه‌های منطقه شهرک در نمودار مثلثی Al_2O_3-Fe_2O_3-MgO (Russel et al., 1981)، ب) میزان کبالت و نیکل در نمونه‌های کانسنگی محدوده ذخایر آهن گرمابی (Bajwah et al., 1987) ۱۴۰

علائم اختصاری به کار رفته در متن

کوارتز	Qtz
پیریت	Py
کالکوپیریت	Cpy
پلاژیوکلاز	Pl
سریسیت	Src
کلریت	Chl
فلدسپار آلکالن	Kfs
کلسیت	Cal
بیوتیت	Bt
پیروکسن	Px
اکسید آهن	Fe-oxide
مالاکیت	Mal
آزوریت	Az
کانی‌های رسی	Clay
ماشکوویت	Mus
کالکوسیت	Cc
مگنتیت	Mag
هماتیت	Hm
اسپیکولاریت	Spe
خرده‌های ولکانیکی	Vlc
ماسه سنگ	Ss
گل سنگ	Ms