

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



دانشگاه لرستان
دانشکده علوم پایه

گروه زمین شناسی

پایان نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد

عنوان پایان نامه:

ژئوشیمی و تعیین منشا تورمالین در گرانیت (g^2) مشهد

استاد راهنما:

دکتر زهرا طهماسبی

استاد مشاور:

دکتر احمد احمدی خلجی

نگارش:

فرهاد زال

در رشته زمین شناسی (پترولوژی)

تابستان ۱۳۹۳

تقدیر و تشکر

حمد و سپاس خدا را که وجودش روشنی راه و فرونی خیر و برکت است، خدای که آفریننده، آفرینندهای دیگر مادر و پدر است. سپاس فراوانم را با نسیم خوش عطر صبحگاهی ارزانی چهره پرمهرشان میکنم و شرمنده ام از همت کمم.

نخست از سرکار خانم دکتر زهرا طهماسبی، که مسئولیت راهنمایی این پایان نامه را بر عهده داشتند، و در تمام مراحل انجام این پایان نامه از راهنمایی بی دریغ ایشان بهره مند بوده ام، صمیمانه سپاسگزارم و کمال تشکر را دارم.

از جناب آقای دکتر احمد احمدی خلجی مشاور این پایان نامه، که در این راه، مشاوره های علمی ارزشمندی به این جانب ارائه دادند، تشکر می نمایم

از خانم نرگس بارانی و آقایان فرهاد احمدنژاد، محمد مبشرگرمی، محسن چکنی مقدم و از کلیه عزیزانی که در مراحل مختلف انجام این پایان نامه مرا یاری رساندند، قدردانی می نمایم.

چکیده:

منطقه مورد مطالعه گرانیت (g^2) مشهد واقع در زون بینالود می باشد که این گرانیت ها در اثر برخورد صفحه ایران و توران و ضخیم شدگی پوسته ایجاد شده اند. در اثر تحرکات حاصل از دگرگونی ناحیه ای و همچنین ذوب سنگهای متاپلیتی عنصر بور متحرک شده و چون تمایل ورود به درون کانی های معمول را نداشته در فاز مایع تجمع کرد. تورمالین معمولا در سنگهای پرآلومینیم که دارای اندیس اشباع از آلومینیم بیشتر از $1/2$ و Mg و Fe کافی در مذاب باشد متبلور می شوند. تورمالین های نودلی موجود در لوکوگرانیت های مشهد دارای اندیس اشباع از آلومینیم ($1/33$) و مقدار $Fe/Mg+Fe$ بین (۵۶-۶۳) و ترکیب شورلیت_ دراویت هستند که بیشتر گرایش به ترکیب شورلیت دارند. ترکیب آنها از نوع آلکالن و میزان جایگاه خالی X در آنها (۰/۱۹ تا ۰/۲۹) می باشد. هاله لوکوکرات موجود در اطراف نودول ها نیز در اثر تامین عناصر مورد نیاز برای رشد تورمالین نودولی از محیط اطرافش و همچنین تخریب بیوتیت ها موجود در آن ایجاد شده است با توجه به مقدار $FeO/FeO+MgO$ (بین ۰/۶ تا ۰/۸) و همچنین مقدار Fe تورمالین نودلی و توزیع REE برای آنها یک منشا گذرا از حالت ماگمای به گرمایی را فرض کردیم. اندیس اشباع از آلومینیم در سنگ میزبان های تورمالین پگماتیتی $1/48$ و در رگه ای $1/46$ می باشد. مقدار $Fe/Mg+Fe$ در تورمالین های پگماتیتی بین (۵۳-۸۵) و در پگماتیت های رگه ای بین (۵۲ تا ۰/۷۳) در تغییر است که نشان دهنده تمایل تورمالینها در جهت شورل است. تورمالین ها در محدوده تورمالین های قلیایی قرار گرفته اند و مقدار جایگاه خالی X در تورمالین پگماتیتی بین (۰/۲۳ تا ۰/۴۸) و در تورمالین های رگه ای (۰/۱۸ تا ۰/۴۴) در تغییر است. عمده جاننشینی های موجود در هر سه نوع تورمالین از نوع $Ca+Mg=(X-vac+Al)-1$ و $Ca+Mg=(Al(OH))-1$ و همچنین $Ca=X-vac+Na$ می باشد هر سه نوع تورمالین دارای آنومالی مثبت Eu بوده که به دلیل وجود کلسیم در جایگاه X است. این تورمالین ها دارای زونانسیون نوسانی می باشند که احتمالا به دلیل تفریق در مرحله تاخیری و تغییرات میزان Ti, Ca, Fe از هسته تورمالین در جهت حاشیه آن می باشد به طوریکه تورمالین به رنگ سبز آبی محتوی Ti, Ca, Fe پایین تری از تورمالین به رنگ قهوه ای دارد. الگوی REE در هر سه نوع تورمالین تقریبا مشابه با الگوی REE سنگ میزبان می باشد. الگوی REE در سنگ میزبان بسیار شبیه سنگ های منشا گرفته از ذوب متاپلیت هاست. با توجه به شواهد موجود منشا بور موجود در تورمالین نیز از ذوب متاپلیت های منطقه بوده است. وجود آنومالی Zn در تورمالین نیز می توان به همین دلیل باشد.

تقدیر و تشکر ۱

فصل اول

کلیات ۱

۱-۱ مقدمه ۲

۲-۱ موقعیت جغرافیای منطقه: ۲

۳-۱ آب و هوا: ۲

۴-۱ راههای ارتباطی: ۲

۵-۱ زمین ریخت شناسی منطقه ۳

۶-۱ مطالعات قبلی منطقه: ۴

۷-۱ اهداف مطالعه: ۶

۸-۱ روشهای مطالعه: ۶

فصل دوم

زمین شناسی عمومی (چینه شناسی و پترولوژی) زون بینالود و منطقه مورد مطالعه ۷

۱-۲ مقدمه: ۸

۲-۲ زمین شناسی بینالود: ۸

۳-۲ چینه شناسی زون بینالود ۸

۱-۳-۲ پالئوزوئیک ۹

۲-۳-۲ مزوزوئیک ۱۲

۳-۳-۲ سنوزوئیک ۱۷

۴-۲ ماگماتیسزم: ۱۸

۵-۲ متامورفیسزم: ۱۹

۶-۲ تکتونیک: ۱۹

۷-۲ زمین شناسی عمومی منطقه مورد مطالعه: ۲۲

۱-۷-۲ سنگهای رسوبی ۲۳

۲-۷-۲ سنگهای دگرگونی: ۲۴

۳-۷-۲ سنگ های نفوذی منطقه: ۲۶

۲۸ ۴-۷-۲ الترابازیک های جنوب مشهد:

فصل سوم

۲۹ شواهد صحرایی و پتروگرافی منطقه

۳۰ ۱-۳ مقدمه:

۳۰ ۲-۳ گرانیت های gr2 (مناطق خلج - ده غیبی - بیدک):

۳۸ ۳-۳ رستیت های درون گرانیت های gr2:

۳۹ ۴-۳ تورمالین های رگه ای:

۴۰ ۵-۳ تورمالین های منشوری در پگماتیت:

۴۲ ۶-۳ تورمالین های خورشیدی (دندریتی):

۴۲ ۷-۳ تورمالین های نودولی:

۴۴ ۸-۳ بررسی مورفولوژی تورمالین ها با استفاده از آنالیز فراکتال و تئوری رشد با انتشار محدود مواد.

۴۵ ۱-۸-۳ بررسی ویژگی های فراکتال:

۴۷ ۲-۸-۳ بررسی مورفولوژی ها بر اساس تئوری DLA (Diffusion- Limited- Aggregation):

فصل چهارم

۵۴ روش انجام کار و ژئوشیمی کلی تورمالین

۵۵ ۱-۴ مقدمه:

۵۵ ۲-۴ روش انجام کار:

۵۵ ۳-۴ اثرات فلئور و بور بر تعادلات ماگمایی:

۵۹ ۴-۴ شیمی کانی تورمالین:

۶۳ ۵-۴ شیمی سنگ میزبان تورمالین نودلی:

۶۸ ۶-۴ ژئوشیمی تورمالین نودولی:

۷۷ ۷-۴ ژئوشیمی سنگ میزبان تورمالین پگماتیستی و رگه ای:

۸۴ ۸-۴ ژئوشیمی تورمالین پگماتیستی و رگه ای:

۸۸ ۹-۴ بررسی الگوی تتراد در تورمالین و سنگ میزبان:

۹۴ نتیجه گیری:

۹۸ منابع

فهرست شکل ها

فصل اول

- شکل ۱-۱) نقشه راه های ارتباطی به منطقه مورد نظر..... ۳
- شکل ۱-۲) تصاویری از مورفولوژی محل مورد مطالعه و رخنمون گرانیتهای در منطقه مورد مطالعه..... ۴

فصل دوم

- شکل ۱-۲) نقشه زمین شناسی منطقه مورد مطالعه بر گرفته از نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰ مشهد..... ۲۲

فصل سوم

- شکل ۳-۱) رگه های پگماتیتهای دارای کانیتهای درشت تورمالین..... ۳۱
- شکل ۳-۲) رگه های پگماتیتهای با عرض بیشتر از ۵۰ سانتیمتر در منطقه خلج..... ۳۲
- شکل ۳-۳) دگرسانی توده گرانیتهای (تافونی) در منطقه..... ۳۲
- شکل ۳-۴) مقطع گرانیتهای در نور xpl و وجود کانیتهای بیوتیت (Bt)، مسکوویت (Ms)، کوارتز (Qtz)،
پلاژیوکلاز (Plg)، فلدسپات آلکالن (Kfs)..... ۳۵
- شکل ۳-۵) رشد کانی موسکوویت بر روی بیوتیت (الف) در نور xpl و (ب) در نور ppl. موسکوویت Ms، بیوتیت Bt..... ۳۶
- شکل ۳-۶) تصویری از بلور آپاتیت (Apt) در نور ppl..... ۳۷
- شکل ۳-۷) تصویری از یک بلور زیرکن (Zr) در نور ppl..... ۳۷
- شکل ۳-۸) تصویری از یک بلور گارنت (Grt) و همچنین موسکوویت (Ms) و تورمالین (Tur) در نور ppl..... ۳۸
- شکل ۳-۹) رستنیتهای موجود در گرانیتهای خلج و وجود تورمالینهای شکل دار و بزرگ در آن..... ۳۹
- شکل ۳-۱۰) الف) رگه های تورمالین دار موجود در گرانیتهای خلج. ب) تورمالین (Tur) در نور xpl که دارای زونانسیون با هسته سبز و حاشیه قهوه ای می باشد. پ) رشد تورمالین بر روی پلاژیوکلاز (تورمالین که اطراف بلور پلاژیوکلاز را احاطه کرد)..... ۴۰
- شکل ۳-۱۱) الف) تورمالینهای منشوری بزرگ در پگماتیتهای منطقه خلج. ب) بافت میر میکیت در نور xpl. پ) بافت پرتیت در نور xpl ج) کانی تورمالین (Tur) موجود در پگماتیتهای در نور xpl..... ۴۱
- شکل ۳-۱۲) تصویر کانی تورمالین با اداخلهای فراوان از کانیتهای کوارتز و پلاژیوکلاز (الف) در نور xpl. ب) در نور ppl..... ۴۱
- شکل ۳-۱۳) الف) تورمالینهای خورشیدی موجود در گرانیتهای خلج. ب) تورمالینهای با زونانسیون مرکز سبز آبی و حاشیه قهوه ای در نور xpl..... ۴۲
- شکل ۳-۱۴) الف) تورمالینهای پراکنده در سنگ میزبان که در یک قسمت روشن تر از قسمتهای دیگر است. ب) تصویری از یک نودول به همراه هاله لوکوکرات. ت) تصویر میکروسکوپی از تورمالین داری زونانسیون در نور xpl..... ۴۳

- شکل ۳-۱۵) شبکه بندی تصاویر با استفاده از نرم افزار J. image و محاسبه بعد فراکتال ۴۶
- شکل ۳-۱۶) این نمودار بر اساس (r) اندازه هر مربع در محاسبه بعد فراکتال به تعداد کل مربعاتی که شکل را پوشش میدهند $N(r)$ ۴۷
- شکل ۳-۱۷) محاسبه بعد فراکتال با استفاده از نمودار و رابطه $\text{Log}(r)$ در مقابل $\text{Log}(N_r)$ ۴۷
- شکل ۳-۱۸). تصویری از هسته گذاری و چگونگی اتصال ذرات به خوشه با حرکت تصادفی (برگرفته از شکل Perugini (D, Poli G (2007) ۴۹
- شکل ۳-۱۹). شبیه سازی رشد خوشه ها با استفاده از نسبت های مختلف A/B، که با تغییر این نسبت بی قاعدگی شکل ها نیز تغییر می کند (Perugini D, Poli G (2007) ۵۱
- شکل ۳-۲۰) مکانیسم تقسیم شدگی ذرات نوک در رشد شکل را نشان میدهد. (Shonosuke 1991) ۵۳

فصل چهارم

- شکل ۴-۱) نحوه جانشین عناصر بر اساس بار آنها در کانی تورمالین ۶۰
- شکل ۴-۲) نحوه توزیع عناصر در جایگاه های مختلف انواع تورمالین ها آلکالی ۶۱
- شکل ۴-۳) نحوه توزیع عناصر در جایگاه های مختلف انواع تورمالین ها با جایگاه خالی x ۶۲
- شکل ۴-۴) نحوه توزیع عناصر در جایگاه های مختلف تورمالین های نوع کلسیک ۶۲
- شکل ۴-۵) الف) نمودار تعیین اندیس اشباع از آلومینیم Al/NK در مقابل Al/NK (Maniar and Piccoli 1989) ب) نمودار عنکبوتی نرمالیز REE سنگ میزبان و هاله لوکرات و تورمالین بر اساس کندریت های Boynton (۱۹۸۴). پ) نمودار نرمالیز REE هاله لوکرات و کانی تورمالین بر اساس سنگ میزبان. ت) نمودار نرمالیز شده عناصر اصلی هاله لوکرات و تورمالین بر اساس سنگ ۶۸
- شکل ۴-۶) الف) ترکیب تورمالین نودولی در محدوده شورل ب) نمودار مثلثی (Na+K) و Ca و X-site vacancy و قرارگیری تورمالین نودولی در محل آلکالی. پ) نمودار نشان دهنده جانشینی بیشتر در تورمالین. ت) نمودار برای تعیین نوع جانشینی موجود در تورمالین ۷۰
- شکل ۴-۷) الف) موقعیت تورمالین های نودولی در نمودار مثلث Ca-Fe-Mg : موقعیت ۲: گرانیتوئید های فقیر از لیتیم، پگماتیت ها و آپلیت ها وابسته به آنها موقعیت ۱۰: سنگهای کوارتز-تورمالین، متاسامیت ها و متاپلیت های فقیر از Ca. ب) نمودار $R2^*$ نسبت به $R2 = Al + 1.33 + Si - 12$. $R2^* = Fe + Mg + Mn + Al$ پ) نمودار Fe در برابر Mg و موقعیت تورمالین های نودولی در آن. ت) قرارگیری نمونه ها در نمودار Ca در برابر Na (ث) نمودار FeO/FeO+MgO در برابر MgO که نشان دهنده قرارگیری تورمالین ها در موقعیت B است (محدوده A تورمالین ماگمایی، B ماگمایی-گرماپی، C گرماپی). ج) نمودار Fe/Fe+Mg در برابر Mg که نشان دهنده تمایل تورمالین ها در جهت Fe بیشتر است. ۷۱
- شکل ۴-۸) الف) همبستگی وارون $Ca + Mg^*$ در برابر $Na^* + Al^*$ $Mg^* = Mg + Fe + Mn + 2Li - Ti$, $Na^* = Na + Na^* + Al^*$ ۷۲
- شکل ۴-۹) تصویر شماتیک بر اساس مطالب گفته شده در متن در مورد چگونگی تشکیل تورمالین های نودولی ۷۷

فهرست

- شکل ۴-۱۰) الف) نمودار تعیین اندیس اشباع از آلومینیم سنگ میزبان پگماتیتهی ورگه ای Al/NCK در مقابل Al/NK (ب) نمودار عنکبوتی نرمالیز REE سنگ میزبان و تورمالین پگماتیتهی ورگه ای بر اساس کندریت های Boynton (۱۹۸۴). (پ) نمودار نرمالیز شده عناصر اصلی، نادر خاکی و کمیاب تورمالین پگماتیتهی ورگه ای بر اساس سنگ میزبان. (ت) نمودار نرمالیز عناصر کمیاب کانی تورمالین پگماتیتهی ورگه ای بر اساس تامپسون (۱۹۸۲)..... ۸۱
- شکل ۴-۱۱) الف) ترکیب تورمالین نودولی در محدوده شورلیت (ب) نمودار مثلثی (Na+K) و Ca و X-site vacancy و قرارگیری تورمالین نودولی در محل آلکالی. (پ) نمودار برای تعیین نوع جانشینی موجود در تورمالین. (ت) موقعیت تورمالین های ورگه ای و پگماتیتهی در نمودار مثلث Ca-Fe-Mg: موقعیت ۲: گرانیوئید های فقیر از لیتیم، پگماتیت ها و آپلیت ها وابسته به آنها موقعیت ۱۰: سنگهای کوارتز-تورمالین، متاپسامیت ها و متاپلیت های فقیر از Ca. (ث) نمودار $R2^*$ نسبت به $R2 = Al + 1.33 + Si - 12$ و $R2^* = Fe + Mg + Mn + Al$ (ج) نمودار Fe در برابر Mg و موقعیت تورمالینها در آن. (ح) قرارگیری نمونه ها در نمودار Ca در برابر Na. (خ) نمودار FeO/FeO+MgO در برابر MgO که نشان دهنده قرارگیری تورمالین ها در موقعیت B است. ۸۶
- شکل ۴-۱۲) الف) نمودار Fe/Fe+Mg در برابر Mg که نشان دهنده تمایل بیشتر تورمالین ها در جهت Fe بیشتر است. (ب) همبستگی وارون $Ca + Mg^*$ در برابر $Na^* + Al^*$ $Na^* = Na + K$, $Al^* = Al$ $Mg^* = Mg + Fe + Mn + 2Li - Ti$ (پ) نمودار تغییرات نسبت (Fe+Mg) در برابر Al در تورمالین های ورگه ای و پگماتیتهی (ت) تغییرات زونینگ شیمیایی در تورمالین پگماتیتهی. (ث) تغییرات زونینگ شیمیایی در تورمالین های ورگه ای..... ۸۷
- شکل ۴-۱۳) الف) نمودار اثر تتراد تغییرات الگاریتم K با عدد اتمی لانتانیت ها (ب) اثر تتراد در نمودار عناصر نادر خاکی تورمالین های ورگه ای و پگماتیتهی و سنگ میزبانها..... ۸۹

فهرست جدول ها

- جدول ۴-۱) داده های مربوط به عناصر کمیاب و نادر خاکی در تورمالین، هاله لوکوکرات و سنگ میزبانها..... ۶۵
- جدول ۴-۲) داده های مربوط به آنالیز میکروپراپ کانی تورمالین..... ۶۷
- جدول ۴-۳) داده های عناصر اصلی و کمیاب و نادر خاکی مربوط به تورمالین ورگه ای، سنگ میزبان تورمالین ورگه ای، تورمالین پگماتیتهی و سنگ میزبان تورمالین پگماتیتهی..... ۷۹
- جدول ۴-۴) داده های مربوط به آنالیز میکروپراپ کانی تورمالین پگماتیت و دستیابی به فرمول ساختاری این کانیها با استفاده از ۳۱ آنیون (O, OH) انجام شده است..... ۸۲
- جدول ۴-۵) داده های مربوط به آنالیز میکروپراپ کانی تورمالین ورگه ای و دستیابی به فرمول ساختاری این کانیها با استفاده از ۳۱ آنیون (O, OH) انجام شده است..... ۸۳

فصل اول

کلیات

۱-۱ مقدمه

آنچه در این فصل ارائه می شود معرفی اجمالی از منطقه که شامل موقعیت جغرافیایی، شرایط اقلیمی، زمین ریخت شناسی منطقه، تاریخچه قبلی مطالعات، اهداف و روش های مطالعه است.

۲-۱ موقعیت جغرافیای منطقه :

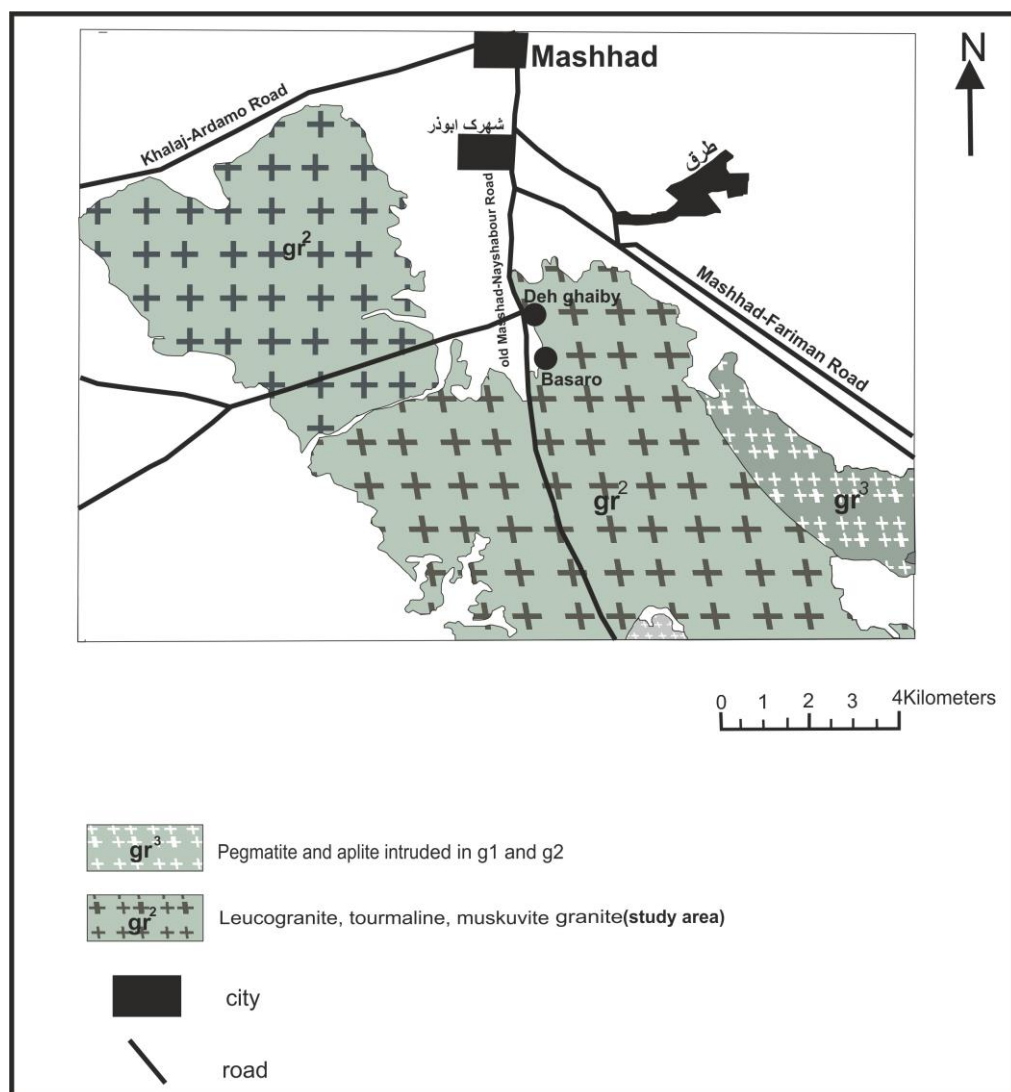
گرانیت های مشهد در طول جغرافیایی $22^{\circ} 59'$ تا $45^{\circ} 59'$ شرقی و عرض جغرافیایی $36^{\circ} 00'$ تا $36^{\circ} 22'$ شمالی قرار دارند که در شمال توسط رسوبات آبرفتی دشت مشهد و در غرب توسط کوههای بینالود احاطه شده است این محدوده از جنوب مشهد شروع شده و در امتداد جاده نیشابور به سمت جنوب ادامه دارد. مرکز مهم جمعیتی در گستره گرانیتوئید های مشهد از شمال به جنوب عبارتند از خلیج، اکبرآباد، ده غیبی، بسارو، خواجه مراد، خواجه اباصلت، بیدک، رباط خاکستری، قشلاق و سنگ بست است. منطقه مورد مطالعه یک قسمت از گرانیت های مشهد یعنی گرانیت های gr^2 (لوکو گرانیت های تورمالین - موسکویت) است که بین طول های جغرافیایی $32^{\circ} 59'$ تا $45^{\circ} 59'$ شرقی و عرض جغرافیایی $36^{\circ} 15'$ تا $36^{\circ} 36'$ شمالی قرار دارد.

۳-۱ آب و هوا:

ناحیه مورد مطالعه با متوسط بارندگی $105/6$ میلی متر به صورت برف و باران در سال جز مناطق معتدل کوهستانی به شمار می رود و پوشش گیاهی از نوع بیابانی و نیمه بیابانی است. میانگین درجه حرارت 14 درجه سانتیگراد می باشد که حداکثر و حداقل درجه $+45$ و -20 می باشد. حوضه آبریز اصلی در مشهد کشف رود می باشد که علاوه بر آن شامل طرق، اخلمد و اردکان نیز می باشد.

۴-۱ راههای ارتباطی:

منطقه مورد نظر دارای راه های ارتباطی بسیار خوبی می باشد که مشهد را به آبادی ها و شهر های اطراف مرتبط می کند. در غرب جاده مشهد - قوچان، در جنوب جاده مشهد - نیشابور و در جنوب شرقی جاده مشهد - فریمان قرار گرفته اند. جاده مشهد - نیشابور و جاده مشهد - فریمان گرانیت های مشهد را قطع می کند همچنین راه اصلی آسفالتی مشهد - خلیج یکی دیگر از راه های اصلی برای دسترسی به گرانیت های مشهد می باشد. از جاده های فوق راه های ارتباطی (خاکی) درجه دو و سه بسیاری منشعب گردیده و آبادی های واقع در بین گرانیت ها را به یکدیگر و به مشهد متصل می کند (شکل ۱-۱).



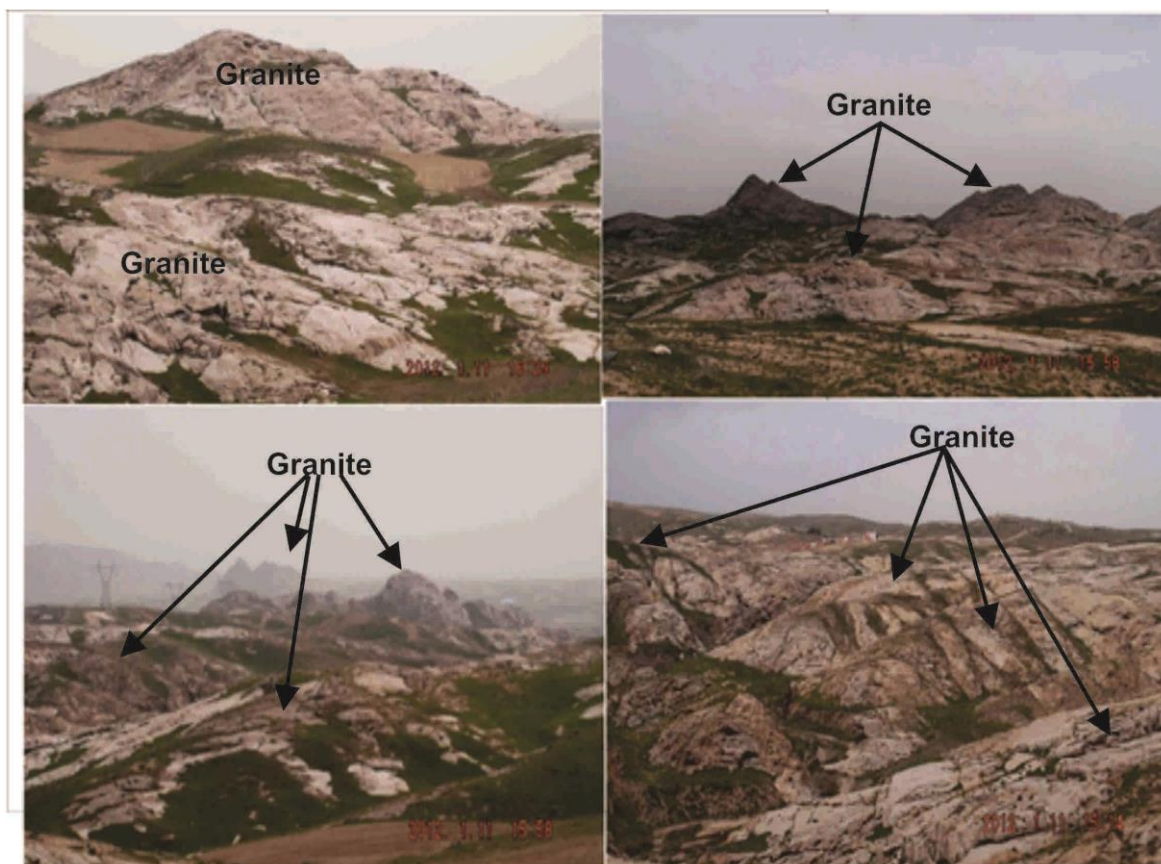
شکل ۱-۱) نقشه راههای ارتباطی به منطقه مورد نظر

۵-۱ زمین ریخت شناسی منطقه

دگرگونی های منطقه خلج و نیز توده های گرانیتی که در نواری به طول ۱۵ کیلومتر با روند شمال غرب و جنوب شرق از خواجه مراد تا سد طرق قرار دارد و بلند ترین ارتفاعات منطقه را تشکیل می- دهند (شکل ۱-۲). منطقه مورد مطالعه کوهستانی با بیش از ۱۰۰۰ متر ارتفاع از سطح دریا است. بیشترین ارتفاع گرانیت ها در ایستگاه تلویزیونی (۱۲۴۵ متر) در کوه خواجه مراد و همچنین کوه های معجونی (۱۱۵۵) در منطقه خلج می باشند. شیب عمومی منطقه و جهت جریان رودخانه ها عمدتاً از شمال شرق به سمت جنوب غرب است و حوضه آبریزی منطقه جزء حوضه آبریزی قره قوم می باشد. اغلب واحدهای لیتولوژیکی دارای روند تقریبی شمال شرق- جنوب غرب می باشد که تحت تاثیر دو گسل عمده شاندیز-

فصل اول

سنگ بست و استاج نیز قرار گرفته اند. واحدهایی آذرین و دگرگون اغلب به صورت گنبد و هموار دیده می شوند که در بعضی مناطق فرسایش و هوازدگی باعث رس زایی و ایجاد خاک سطحی در روی واحدهای سنگی گشته است. این فرسایش سبب پنهان شدن واحدهای آذرین و دگرگونی در زیر خاکها و مواد فرسوده شده گردیده است



شکل (۱-۲) تصاویری از مورفولوژی محل مورد مطالعه و رخنمون گرانیتهای در منطقه مورد مطالعه (دید به سمت شرق).

۱-۶ مطالعات قبلی منطقه:

- اولین مطالعه که درباره سنگهای رسوبی، دگرگونی و آذرین و نیز چینه شناسی این ناحیه صورت گرفته را می توان در گزارش های هاتوم- شنیدر (۱۸۸۴-۱۸۸۶)، گریزباخ (۱۸۸۷-۱۸۸۶) یافت.

- بونارد (۱۹۴۴) مقاله ای درباره چینه شناسی و ساختمان ناحیه مشهد منتشر نموده است. بنابر ادعای هولز و مومن زاده (۱۹۶۶)، هاتوم- شنیدر اولین کسانی بودند که توده گرانیتهی مشهد را که داخل سکانس اسلیت ها رخنمون دارد شناسایی کرده است.

فصل اول

- اولین مطالعات صورت گرفته توسط سازمان زمین شناسی کشور در سال ۱۹۷۰ در منطقه آغاز گردید و نتیجه آن به صورت گزارشی تحت عنوان (بازدید مقدماتی از کانی های ناحیه بینالود در منطقه فریمان، بینالود مشهد و شمال خراسان) به چاپ رسید و نقشه: ۲۵۰۰۰۰:۱ مربوطه توسط داوود زاده، علوی، آقائاتی رسم گردید.
- آلبرتی و همکاران (۱۹۷۴) تمام سنگهای آذرین حوالی مشهد را ناشی از ماگماتیسم واحدی در نظر گرفت و سن آن را به ژوراسیک پسین و کرتاسه آغازین نسبت داد.
- مجیدی (۱۹۷۸) کمپلکس متامورفیک شمال شرق ایران در رشته کوههای بینالود را مورد بررسی قرار داد و علاوه به توضیح انواع سنگها به تفکیک فازهای دگرگونی و توده های آذرین پرداخت.
- (1980) Moazez and primer زنو کریست های گارنت رادر گرانتیت مشهد مورد مطالعه قرار داد.
- میرنژاد (۱۳۷۰) پترولوژی و ژئوشیمی گرانتیت ها و پگماتیت های منطقه مشهد را در یک پایان نامه دوره کارشناسی ارشد در دانشگاه تهران مورد بررسی قرار داد.
- اکرمی، (۱۳۷۳) " تعیین جایگاه تکتونیکی توده گرانتیویدی با استفاده از عناصر اصلی و کمیاب"، پایان نامه دوره کارشناسی ارشد دانشگاه تهران.
- داورپناه (۱۳۷۶) در پایان نامه کارشناسی ارشد خود در دانشگاه شهید بهشتی تهران به بررسی توده آذرین نفوذی و سنگهای دگرگونی اطراف مشهد در ناحیه خلیج پرداخته است.
- عباسی (۱۳۷۷) در پایان نامه دوره کارشناسی ارشد دانشگاه تهران خود به مطالعه پتروگرافی هاله دگرگونی مجاورتی توده های گرانتیویدی جنوب و جنوب شرق مشهد پرداخت.
- اسماعیلی، کنعانیان، ولیزاده، (۱۳۷۷)، " پلی متامورفیسم در اطراف گرانتیویدهای جنوب مشهد"، دومین همایش انجمن زمین شناسی ایران.
- دیدار و پژاک (۱۳۸۳) پایان نامه دوره کارشناسی ارشد تحت عنوان بررسی پترولوژیکی گرانتیویدهای جنوب و جنوب غرب مشهد
- زهرا اعلمی نیا (۱۳۸۶) "پترولوژی سنگهای دگرگونی خلیج (جنوب غرب مشهد) با نگرشی بر کاربرد سیستم اطلاعات جغرافیای (GIS) در بررسی پتانسیل معدنی آن". پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت معلم تهران.

فصل اول

- همام و رحیمی (۱۳۸۸) در مقاله ای تحت عنوان دنباله ی مجموعه کانی شناختی هاله های دگرگونی گرانیت مشهد، هاله دگرگونی اطراف گرانیت مشهد را مورد بررسی قرار دادند.

- ولی پور، خسروان، شریفیان (۲۰۱۰)، "مقایسه پتروگرافی و پتروژنز گرانیتهای ده غیبی مشهد وسید مرتضی کاشمر"، اولین کنگره بین المللی زمین شناسی کاربردی، گروه زمین شناسی دانشگاه آزاد اسلامی

- کریم پور، استرن وفامر در ۲۰۱۰ و ۲۰۱۱ در سه مقاله، توده های نفوذی اطراف مشهد را به روش ایزوتوپی تعیین سن و تعیین منشا نموده است.

- رضایی و رحیمی (۱۳۹۰) مقاله ای تحت عنوان تحلیل مقدماتی شکستگی ها در لوکو گرانیت خواجه مراد، جنوب شرق مشهد

۱-۷ اهداف مطالعه:

با توجه با این که از نظرمینرال شیمی و پی جوی کانسار با استفاده از تورمالین در گرانیت های مشهد مطالعه ای صورت نگرفته است. در این پایان نامه ما سعی کردیم که با استفاده از شیمی تورمالین به ژنز، تحولات ماگمایی- گرمایی و احتمال وجود کانسار های مانند قلع، مولیبدن، تنگستن پی ببریم.

۱-۸ روشهای مطالعه:

- بررسی نقشه های زمین شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰-۱ مشهد

- بررسی مطالعات قبلی صورت گرفته در منطقه از قبیل پایان نامه، مقاله و مطالب موجود در سایت های اینترنتی و کتابها

- مطالعات صحرای منطقه و برداشت نمونه

- تهیه ۵۰ مقاطع نازک از نمونه های برداشته شده و مطالعه آنها

- تهیه ۳ مقطع نازک صیقلی از نمونه ها برای انجام آنالیز الکترو میکروپروپ

- انتخاب سه عدد از نمونه های دستی به ترتیب از رگه های حاوی تورمالین، پگماتیت ها و نمونه های سنگ میزبان دارای تورمالین های نودولی و آماده سازی آنها برای آنالیز ICP_MA و XRF در آزمایشگاه ACTLAB کشور کانادا

- تجزیه و تحلیل داده های ژئوشیمی با استفاده از نرم افزار های Excel, GCD Kit, Corel Draw

فصل دوم

زمین شناسی عمومی (چینه شناسی و پترولوژی) زون بینالود و منطقه مورد
مطالعه

۱-۲ مقدمه:

در این فصل به بررسی در مورد زمین شناسی، چینه شناسی، تکتونیک و پترولوژی زون بینالود و همچنین منطقه مورد نظر پرداخته می شود.

۲-۲ زمین شناسی بینالود:

رشته کوههای بینالود با روند تقریبی شمال غرب- جنوب شرق بین صفحه مستحکم توران و خرد قاره ایران مرکزی قرار دارد. مرز جنوبی بینالود گسل میامی باگسل شاهرود و حد شمال غربی آنرا گسل سمنان می دانند. گسترش واقعی این زون بین نواحی شمال سبزوار، نیشابور تا مشهد است. ولی با توجه به آنکه در زون مورد بحث مجموعه از سنگ های دگرگون شده و آذرینی وجود دارد که در آن سوی مرز (افغانستان) نیز قابل تعقیب است، بنابراین اعتقاد بر این است که در شرق، این زون تا هندوکش غربی در افغانستان ادامه می یابد. نبوی (۱۳۵۵) واحد زمین شناسی بینالود را زون تدریجی ایران مرکزی والبرز در نظر می گیرد، زیرا رسوبات و رخسارهای پالئوزوئیک این زون شبیه البرز است. به عقیده افتخار نژاد (۱۳۵۹) البرز شرقی (شامل کوههای بینالود و کپه داغ) یک زون مستقل بحساب نمی آید. بلکه جزئی از ایران مرکزی است که در آن رسوبات اپی کنتیننتال پالئوزوئیک تقریباً در همه جا رخنمون دارد. مجموعه آذرین و دگرگونی این زون که بویژه در جنوب و غرب مشهد برونزدگی دارد، شامل سه فاز دگرگونی ناحیه ای و در دو مرحله گرانیت زایی است و در آن توده های الترابازیک نیز وجود دارد. در مورد سن این مجموعه های دگرگونی اختلاف نظر وجود دارد، برخی آنرا پر کامبرین و بعضی به ژوراسیک نسبت داده اند، ولی شواهد زمین شناسی و تعیین سن مطلق نشان میدهد که فازهای دگرگونی و گرانیت زایی اولیه آن به فاز کوهزایی هرسی نین تعلق داشته که بعداً در تریاس میانی نیز مجموعاً تحت تأثیر دگرگونی های سیمیرین پیشین قرار گرفته است (مجیدی ۱۹۷۸)

۳-۲ چینه شناسی زون بینالود

گستره ورقه مشهد به سه محدوده، متفاوت از هم تقسیم می شود که به ترتیب از شمال به جنوب شامل محدوده کپه داغ، محدوده مفصلی (Suture Zone) و محدوده بینالود است.

الف- ارتفاعات بینالود، سلسله جبال خمیده با راستای تقریباً شرقی- غربی و تحدبی به سمت شمال است و در برگیرنده سنگها و رسوبات پالئوزوئیک، مزوزوئیک و سنوزوئیک بوده که از دید ژئوتکتونیکي در لبه شمال شرقی قطعه لیتوسفری ایران قرار گرفته است. این سلسله جبال، یک نوار چین خورده و گسلیده

فصل دوم

از نوع نازک پوسته ای Thin skinned fold and thrust belt است که بدنبال تصادم میان قطعات لیتوسفری ایران و توران در حاشیه شمال شرقی ایران تشکیل شده است.

ب- محدوده مفصلی: بین محدوده بینالود واقع شده و شامل سنگهای دگرگونی و مجموعه افیولیتی است. مجموعه افیولیتی و سنگهای دگرگون مرتبط با آن، نوارهایی بطول دهها کیلومتر با روند شمال غرب- جنوب شرق را در دامنه شمالی ارتفاعات بینالود تشکیل می دهند. این محدوده، محل برخورد قطعه لیتوسفری ایران در جنوب و قطعه لیتوسفری توران در شمال است که با بسته شدن اقیانوس پالئوتتیس (Paleotethys) همراه بوده است (علوی ۱۹۹۱، ۱۹۷۹). سوچر زون پالئوتتیس در جنوب مشهد و شمال ارتفاعات بینالود قرار میگیرد فسیلهای بدست آمده از سنگ آهکهای نازک لایه رسوبات توریدایتی مربوط به کمپلکس افیولیتی، سن پرمین بالا را برای این مجموعه نشان می دهد.

ج- محدوده کپه داغ از سازندهای گوناگونی تشکیل شده که خاص حوضه رسوبی و زون ساختاری کپه داغ بوده و محیط رسوبگذاری آنها عمدتاً آپی کانتیننتال است.

درگستره ورقه مشهد تمامی ردیف رسوبی، حوضه رسوبی کپه داغ، برونزد ندارند و تنها بخشهایی از ردیف رسوبی که مربوط به سازندهای کشف رود، چمن بید، مزدوران و شوریچه و رسوبات نئوژن می باشد، رخنمون دارند. راستای ساختمانهای موجود در این محدوده شمال غرب- جنوب شرق است، در همین راستا راندهای مهمی وجود دارد که بازتابی از تکتونیک حاکم بر منطقه است. با ذکر کلیاتی از چهارچوب ساختاری- چینه ای ورقه مشهد حال به بررسی واحد های سنگی این گستره از قدیم به جدید می پردازیم:

۲-۳-۱ پالئوزوئیک

دولومیت سلطانیه (PC-C_s):

این واحد شامل دولومیت های قهوه ای تا سیاه رنگ است که فاقد طبقه بندی متمایز بصورت حجیم (massive) است که اکسیدهای آهن بصورت ثانویه در آنها جایگزین شده اند. این واحد فقط در جنوب غرب گستره ورقه مشهد و در شمال آبادی استاج برونزد دارد. در این واحد فسیل پیدا نشده است و نامگذاری آن صرفاً براساس شباهتهای رخساره سنگی Lithofacies بوده است.

کوارتز آرنایت معادل کوارتزیت راسی (Topquartzite) TQ :

فصل دوم

این واحد شامل کوارتزآرنايتهای سفید تاخاکستری دودی رنگ و بسیار سخت است. در بعضی نقاط از جمله غرب روستای ده سرخ و روستای شریف آباد این واحد به صورت برش جلوه گر میشود ولی در غرب روستای استاج، لایه بندی در آن تا حدودی قابل تشخیص است. تعیین موقعیت چینه شناسی این واحد بر اساس شباهت رخساره سنگی و مقایسه با شواهد خارج ورقه (غرب روستای چنار) و استناد به برداشتهای ورقه زمین شناسی مشهد در مقیاس ۱:۲۵۰۰۰۰ بوده است. در ناحیه کمر آهن (غرب روستای استاج) همبری این واحد با دیگر رخنمونهای سنگی، گسله بوده و رسوبات قرمز رنگ مارن و ماسه سنگ میوسن، بطور عادی بر روی آن رسوب می کنند.

نهشته های معادل نیوروپادها D_p, S_n ?

این مجموعه در کناره جاده ای که از ناحیه کمر باغ بند به روستای عارفی منتهی می گردد برونزد دارد مجموعه فوق، شامل شیل سنگ، آهک نازک لایه، سنگ ماسه قرمز و سنگ ماسه دگرگونه است. سنگ ماسه های این واحد دارای ساختمانهای رسوبی، ریپل مارک و طبقه بندی مورب می باشند و در درون آنها یک لایه سیل دار (Vesicular lava) با ترکیب غنی از آهن و منیزیم (mafic) با ضخامت حدود ۱۵ متر دیده میشود. با توجه به موقعیت چینه شناسی، این مجموعه را میتوان معادل سازندهای نیوروپاده ها در نظر گرفت.

سنگ آهک بهرام D_b :

این واحد شامل سنگ آهک و سنگ آهک دولومیتی خاکستری تا سیاه رنگ است که در بعضی نقاط دارای کرینوئید فراوان می باشد. این واحد در جنوب غرب منطقه، جنوب روستای عارفی و غرب روستای آغنج برونزد دارد. در کلیه این نواحی سطح تماس این واحد با دیگر واحدها گسله و عمدتاً راندگی است. در محدوده ورقه مشهد، تنها فسیل یافت شده، خرده هایی از کرینوئید است. و موقعیت چینه شناسی آن صرفاً بر اساس شواهد رخساره سنگی و فسیلهایی که در نواحی مجاور ورقه مشهد یافت شده تعیین شده است.

۱-۱-۳-۲ مجموعه پرمین

واحدهای به سن پرمین که در اینجا توصیف می شود در محدوده مفصلی یا Suture Zone برونزد دارند.

واحد سنگهای اولترامافیک و مافیک P^{ub} :

فصل دوم

در این واحد سنگهای اولترامافیک و مافیک تشکیل دهنده اصلی بوده و بیشتر از متاپریدوتیت، هارزبورگیت، سرپانتینیت، متالرزولیت و متاگابرو تشکیل شده اند. پریدوتیت ها، بیشتر از نوع ورلیت و لرزولیت بوده که تا حدود زیادی اورالیتیزه (uralitization) سرپانتینیزه (serpentinization) شده اند. متابازالتها در این مجموعه ساخت بالشی (pillowlava) نشان می دهند

بازالتهای حفره دار (vesicular) و اسپلیت (Spilite) P^{sp} :

این واحد شامل بازالتهای حفره دار (vesicular) و اسپلیت (Spilite) است که در بعضی نقاط ساختمان گدازه بالشی را از خود نشان میدهند، در محدوده مفصلی این واحد عمدتاً دارای سطوح تماس راندگی با واحد های دیگر است.

واحد سنگ آهک کریستالین ضخیم لایه P^m :

: این واحد شامل سنگ آهک کریستالین ضخیم لایه است بصورت یک باند با سطوح تماس گسله (راندگی)، در مجاورت واحدهای دیگر قرار می گیرد این واحد در جنوب غرب شهر مشهد (خلیج) رخنمون دارد و در شمال غرب مزرعه مینوش واحد فسیلهای زیر است:

Stafella sp. parafusulina sp. schubertella ep. Tentularla sp

فسیلهای فوق سن پرمین بالا را برای این واحد مشخص می کنند.

سنگ ماسه های ساب ارنایت (Subarenite) دگرگون شده P^a :

این سنگ ماسه ها واجد کوارتز فراوانی هستند که با سیمان کلسیتی همراه با اکسید آهن در کنار هم قرار می گیرند، در زمینه این سنگ ماسه ها بلورهای میکا دیده می شود، ساختمانهای رسوبی ریپل مارک به فراوانی در آنها قابل مشاهده است. این واحد، در جنوب غرب و غرب مزرعه مینوش گسترش دارد.

مجموعه اسلیت، فیلیت، مرمر، شیست، کنگلومرا، توف، لاپیلی توف دگرگون شده P^{tu} :

این مجموعه شامل اسلیت، فیلیت، مرمر، شیست، کنگلومرای دگرگون شده کربناته، اولیستولیت توف و لاپیلی توف دگرگون شده و مقادیر اندکی چرت و کوارتزیت و گدازه ولکانیکی حفره دار است. اسلیتها و فیلیتها و شیستها بخوبی طبقه بندی اولیه خود را نشان می دهند. طبقات کوارتزیتی بصورت بین لایه ای با