

# فصل دوم

## زمین شناسی

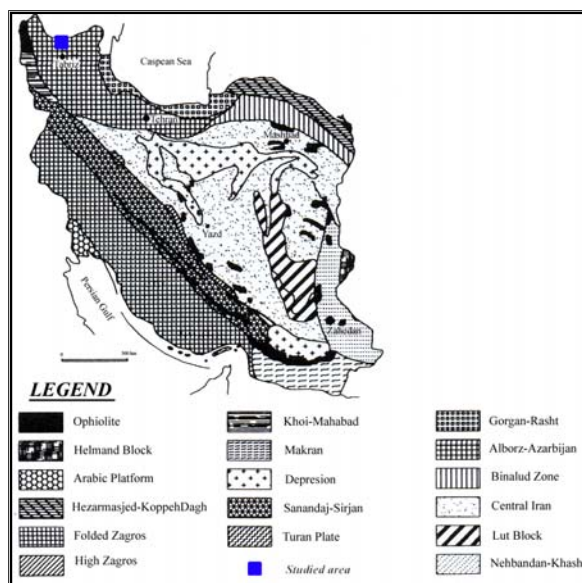
۲-۱- مقدمه

۲-۲- زمین شناسی عمومی منطقه

۲-۳- زمین ساخت و تکتونیک کلی منطقه

۲-۴- زمین شناسی منطقه مطالعاتی

در تقسیم‌بندی زونهای زمین‌ساختی - رسوبی ایران (نبوی، ۱۳۵۵)، منطقه مور مطالعه در زون البرز- آذربایجان واقع می‌شود (شکل ۱-۲). زون البرز- آذربایجان از زونهای پویا از لحاظ ماگماتیسم بویژه در طی دوران سنوزوئیک بوده است. در این دوران، ماگماتیسم شدت داشته که اوج آن در ائوسن و اولیگوسن بوده و باتولیت قره‌داغ یکی از مهم‌ترین توده‌های نفوذی مربوط به اولیگوسن - میوسن است.



شکل ۱-۲- زونهای زمین‌ساختاری و رسوبی ایران (نبوی، ۱۳۵۵). موقعیت منطقه مطالعاتی با مربع آبی رنگ مشخص شده است.

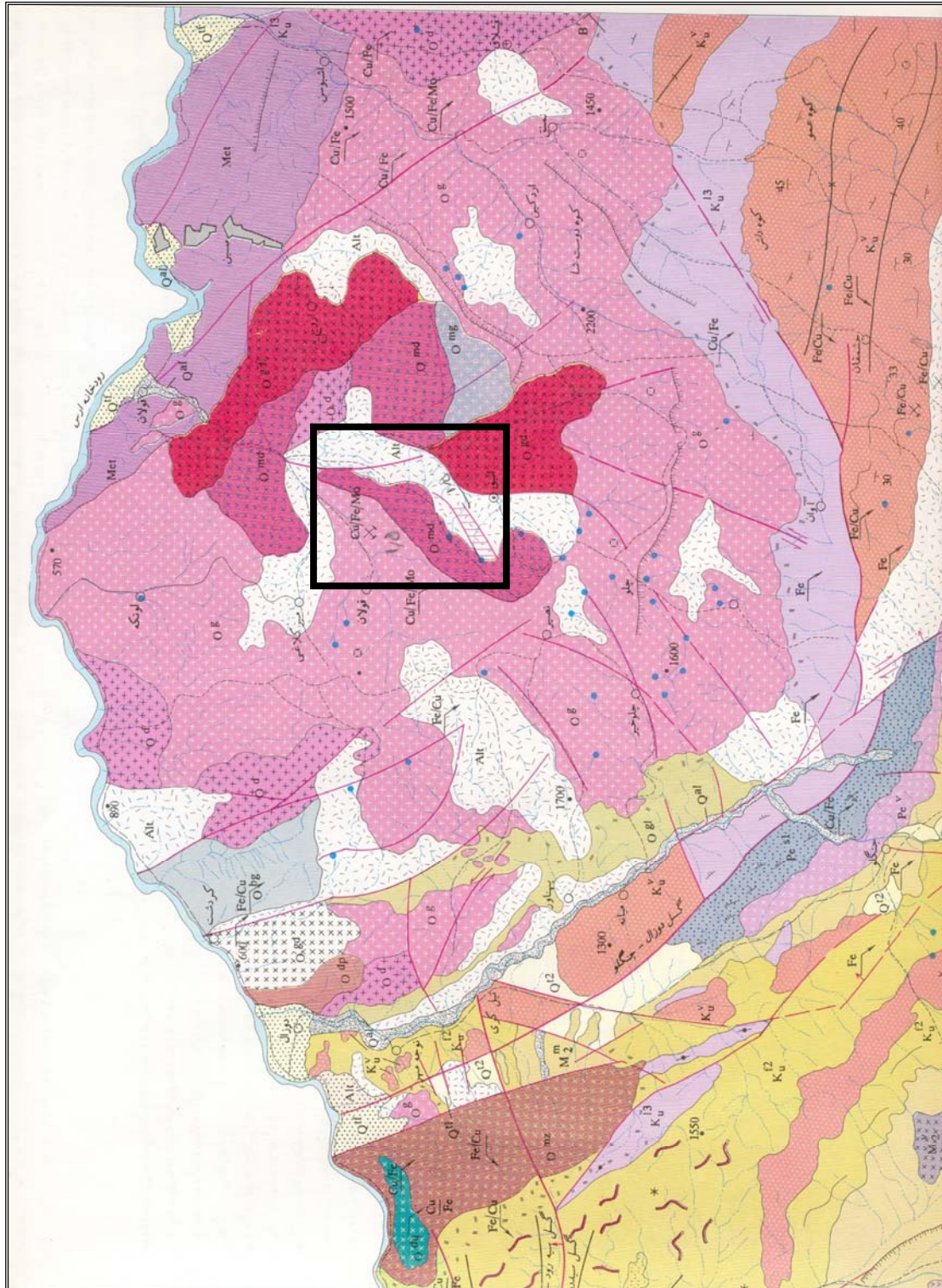
## ۲-۲- زمین‌شناسی عمومی منطقه

در شکل ۲-۲ نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰۰ منطقه مطالعاتی نشان داده شده است. با توجه به نقشه، واحدهای لیتولوژیکی تشکیل دهنده این منطقه را می‌توان بصورت زیر خلاصه کرد:

- سنگهای قبل از کرتاسه

کهن ترین واحد سنگی منطقه مطالعاتی و حتی ورقه سیه رود و منطقه ارسباران، مجموعه سنگهای دگرگونه‌ای هستند که منحصراً در شمال خاور منطقه رخنمون دارند. بخش عمده این سنگها در کشور همسایه شمالی (جمهوری ارمنستان) برونزد دارد. سنگهای دگرگونه مذکور شامل لایه‌های متناوب میکا شیست، متاتوف، متا آندزیت، کالک شیست و آمفیبولیت می باشد. این سنگها، تحت تأثیر نفوذ توده‌های گرانیتوئیدی متحمل دگرگونی مجدد گشته‌اند. با اینحال، بافت اولیه در اغلب آنها هنوز قابل تشخیص است. رخساره دگرگونی در همبری بلافضل توده‌های نفوذی از نوع آمفیبولیت بوده و دارای کانیهایی مانند آمفیبول (هورنبلند) و پلاژیوکلاز از نوع آندزین-اولیگوکلاز به همراه اپیدوت و کانیهای اوپاک می باشد. بافت اولیه این سنگها از نماتوبلاستیک تا گرانوبلاستیک متغیر است. با دور شدن از توده نفوذی، رخساره آمفیبولیت به رخساره شیست سبز تبدیل می گردد. رخساره شیست سبز از آمفیبولهای سری ترمولیت-اکتینولیت، اپیدوت و پلاژیوکلاز با ترکیب اولیگوکلاز-آلبیت تشکیل شده است.

در نقشه زمین‌شناسی در مقیاس ۱:۵۰۰۰۰۰ منتشر شده توسط سازمان زمین‌شناسی جمهوری آذربایجان، سن این سنگهای دگرگونه، دونین در نظر گرفته شده است. شباهت رخساره‌ای نزدیکی میان این مجموعه دگرگونه با مجموعه رخساره‌های دگرگونی موجود در ورقه ۱:۱۰۰۰۰۰ (لاهرود (الله یارلو) و ورقه‌های ۱:۱۰۰۰۰۰ کلیبر و ورزقان وجود دارد. لازم بذکر است که مجموعه‌های دگرگونی فوق‌الذکر، بترتیب به زمانهای قبل از کرتاسه آغازین و قبل از ژوراسیک نسبت داده شده‌اند. با توجه به مدل زمین‌شناسی ارائه شده توسط Zonen Shain و همکاران (۱۹۸۶)، به نظر نویسنده این سنگها به تریاس بالایی تعلق دارند.



شکل ۲-۲- نقشه زمین شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ منطقه مطالعاتی. قره‌چپار بر روی تصویر توسط مربع مشخص شده است.

• سنگهای کرتاسه

واحد‌های سنگی متعلق به کرتاسه، دربرگیرنده واحد‌های آهکی و ولکانیکی می‌باشد. واحد  $K_u^{f2}$  که بخش گسترده‌ای را در باختر و جنوب باختر منطقه بخود اختصاص می‌دهد، متشکل از سنگ آهک میکرایتی، سیلتستون، شیل و مادستون است. وجود سنگواره‌هایی مانند *Globotruncana Sp.*، *Heterohelcid* و *Globotruncana stuartiformis*، بیانگر سن کرتاسه بالایی (سانتوین - ماستریشین) برای این واحد می‌باشد. بعلاوه وجود شرایط ویژه در حوضه رسوبی این ناحیه، رخساره فلیش بصورت بین‌انگشتی به دیگر رخساره‌های رسوبی تبدیل می‌گردد، بطوریکه در حاشیه جنوبی رودخانه ارس (کوه کمتال)، می‌توان تبدیل جانبی رخساره‌های آتشفشانی، آهکی، مارنی و شیلی را مشاهده کرد. واحد فلیش  $K_u^{f2}$  بصورت جانبی به سنگهای آهکی  $K_u^{f3}$  تبدیل می‌گردد. واحد  $K_u^{f3}$  که در حاشیه جنوبی توده‌های نفوذی گسترش قابل توجهی دارد شامل رخساره‌های سنگ آهک مارنی خاکستری لایه لایه تا سبتر لایه است. سنگواره‌هایی چون *Globotruncana cf. stuartiformis*، *Globotruncana*، *Hedbergella cf. trochoidea* و *Globotruncana stuarti* بیانگر سن کامپانین تا ماستریشین برای این واحد می‌باشد.

در بخش جنوبی توده‌های نفوذی، این واحد آهکی توسط سنگهای آتشفشانی کرتاسه بالایی ( $K_u^v$ ) دربر گرفته شده است. سنگهای آتشفشانی مذکور از نوع زیر دریایی بوده و دارای ترکیب حدواسط می‌باشند. این سنگها دارای بافت پورفیریتیک و حفره‌دار بوده و فنو کریستهای آنها پلاژیو کلاز (اولیگو کلاز - آندزین) می‌باشد. فنو کریستهای مافیک غالباً به کلریت و کلسیت تبدیل شده‌اند. زمینه این سنگها متشکل از کانیه‌های پلاژیو کلاز سریسیتی شده، آلکالی فلدسپار و کوارتز می‌باشد. این واحد

ولکانیکی متحمل دگرسانی سریسیتی، آرژیلی، آلونیتی، سیلیسی و پروپلیتی شده و کانی‌سازی سولفیدی در آنها صورت گرفته است (Fe و Cu).

#### • سنگهای پالتوسن

رخساره‌های ماسه سنگی قرمز رنگ و کنگلومرایی بخش قاعده‌ای پالتوسن در قسمت جنوب باختری منطقه مطالعاتی واقع گشته‌اند که دارای مرز گسله با واحدهای کرتاسه بالایی هستند. وجود سنگواره‌های *Planorbulina crela* و *Mississipina sp. Eleila alba* در این سنگها، آنها را به پالتوسن منتسب می‌کند. واحدهای رسوبی اخیر توسط سنگهای آتشفشانی زیردریایی و توفهای اسیدی و سنگهای آتشفشانی برشی با ترکیب آندزیت پوشیده می‌گردد. این سنگها دارای بافت میکروسکوپی پورفیریتیک، پورفیریتیک با زمینه اینترسرتال و گاه پورفیرو کلاستیک هستند. فنو کریستهای پلاژیو کلاز عموماً از نوع آندزین و اولیگو کلاز بوده که به سریسیت و در مواردی به اپیدوت و کلریت دگرسان شده‌اند.

#### • سنگهای اولیگوسن

فعالیت‌های ماگمایی بعد از ائوسن نقش عمده‌ای در منطقه ایفا نموده است. بازتاب این فعالیت ماگمایی به شکل سنگهای نفوذی و گاه آتشفشانی است. سنگهای نفوذی مذکور مهمترین واحد سنگی منطقه مطالعاتی بوده و میزبان کانی‌سازی منطقه انیق- قره‌چیلر می‌باشند. این توده‌های نفوذی دارای وسعتی بیشتر از ۴۰۰ کیلومتر مربع هستند. بخش عمده این توده‌های نفوذی با وسعتی حدود ۹۰۰ کیلومتر مربع در دو کشور همسایه شمالی (جمهوری آذربایجان و ارمنستان) گسترش دارند که به توده نفوذی اردوباد- مقری معروف است. این توده‌های نفوذی در حاشیه شمالی با رخساره‌های دگرگونی پالتوزوئیک (دونین)؟ و در خاور و باختر و جنوب با رخساره‌های رسوبی و آتشفشانی کرتاسه همجبری داشته و بداخل

آنها نفوذ کرده‌اند. تحت تأثیر توده‌های نفوذی، واحدهای سنگی مذکور متحمل دگرگونی همبری و دگرسانی گشته و نوار اسکارنی گسترده‌ای در داخل واحدهای آهکی کرتاسه تشکیل گشته است.

از نظر سنگ شناسی، ترکیب توده‌های نفوذی شامل دیوریت، مونزونیت، کوارتز دیوریت، کوارتز مونزونیت، گرانودیوریت و گرانیت می‌باشد. در داخل توده‌های دیوریتی، بخشهای گابرویی نیز دیده می‌شود. بافت گابروها هیپایدیومورفیک گرانولار بوده و ترکیب کانی شناسی آنها شامل پلاژیوکلاز (بیتونیت- لابرادوریت)، کلینوپیروکسن ( غالباً به آمفیبول اورالیتی و همچنین کلریت تبدیل شده‌اند ) و کانیهای اوپاک می‌باشد. توده‌های دیوریتی دارای بافت هیپایدیومورفیک گرانولار بوده و ترکیب کانی شناسی آنها شامل پلاژیوکلاز ( آندزین- اولیگوکلاز)، آمفیبول، بیوتیت، کمی کوارتز و کانیهای اوپاک می‌باشد. در برخی موارد آلکالی فلدسپار و آپاتیت نیز در آنها مشاهده می‌شود. آمفیبولها به بیوتیت و کلریت دگرسان گشته‌اند.

بر پایه نقشه زمین شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ سیه‌رود، توده‌های گرانیتی بخش وسیعی از سیستم نفوذی را بخود اختصاص داده‌اند. لیکن ترکیب آنها عمدتاً از نوع گرانودیوریت و کوارتز مونزودیوریت می‌باشد. بافت این سنگها گرانولار است. ترکیب کانی شناسی این سنگها شامل پلاژیوکلاز از نوع اولیگوکلاز- آلپیت، فلدسپات آلکالن، کوارتز، آمفیبول و بیوتیت است. فلدسپاتهای آلکالن و پلاژیوکلازها به درجات مختلفی متحمل دگرسانی به سریسیت، کانیهای رسی و کلسیت گشته‌اند. در درون این توده‌های گرانودیوریتی می‌توان بخشهایی را با افزایش نسبتاً قابل توجه بیوتیت بصورت بیوتیت گرانیت تفکیک نمود. همچنین استوکهای مونزوگرانیتی کوچکی با بافت میکروگرانولار در برخی نقاط در داخل گرانودیوریتها قابل شناسایی هستند.

بخشی از توده نفوذی که در باختر روستای نوجه مهر و کوه کمتال واقع گشته است دارای ترکیب مونزونیتی بوده و تحت عنوان مونزونیت کمتال معروف است. ترکیب سنگ شناسی این توده شامل مونزونیت، کوارتز مونزونیت، مونزودیوریت و کوارتز مونزودیوریت است. ترکیب کانی شناسی آنها متشکل از پلاژیوکلاز (لابرادور-آندزین)، هورنبلند، فلدسپات آلکالن، کلینوپیروکسن و بیوتیت می باشد. کانیهای کوارتز، اسفن و اوپاک نیز در مقادیر اندک دیده می شوند. برخی از هورنبلندها به بیوتیت و کلریت دگرسان گشته اند. پلاژیوکلازها و فلدسپاتهای آلکالن نیز متحمل دگرسانی به سریسیت و کانیهای رسی شده اند. در داخل این بخش، عدسیهای کوچک گابرویی نیز وجود دارد. همچنین استوک کوچکی با ترکیب مونزوگرانیته بداخل بخش مونزونیتی نفوذ کرده است.

- سنگهای نئوژن

نهشته های مارنی و کنگلومرای نئوژن، بخشهایی را در باختر روستاهای پهناور و میانه بخود اختصاص داده است. مارنهای مزبور برنگ سبز و خاکستری بوده و دارای میان لایه های ماسه سنگی و شیل می باشد. بطور محلی، بخشهایی از این رخساره بصورت مارنهای الوان همراه با رگچه ها و لایه های گچ مشاهده می شود.

- واحدهای کواترنر

کواترنر در منطقه مطالعاتی بصورت نهشته های دشتهای آبرفتی جوان ( $Q^{t2}$ )، نهشته های دشتهای آبرفتی قدیمی ( $Q^{t1}$ ) و آبرفتهای رودخانه ای ( $Q^{al}$ ) می باشد.



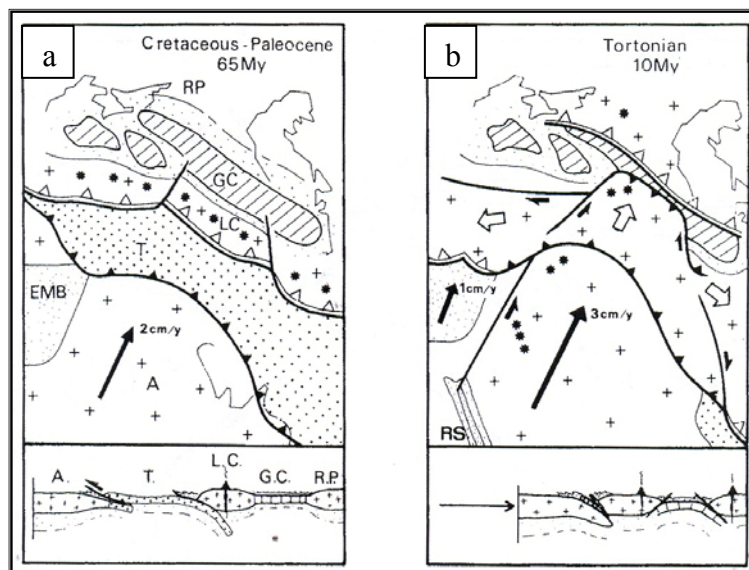
## • سنگهای دگرگونه

رخساره‌های دگرگونی منطقه مطالعاتی از دو نوع همبری و ناحیه‌ای می باشد. مجاورت توده‌های نفوذی با رخساره کربناته کرتاسه بالایی موجب تشکیل اسکارن و کانی سازی Cu و Fe در حاشیه باختری تا جنوب و جنوب خاور توده‌های نفوذی شده است. عرض زون اسکارنی کمتر از ۳۰۰ متر می باشد. از کانیهای شاخص اسکارنها می توان گارنت، پیروکسن و اپیدوت را نام برد. علاوه بر این همچنانکه قبلاً نیز اشاره شد، در حاشیه شمال- شمال خاوری منطقه مطالعاتی، سنگهای دگرگونه‌ای با روند شمال باختری- جنوب خاوری واقع شده‌اند که دگرگونی آنها در حد فیلیت تا شیست سبز می باشد. نفوذ توده‌های گرانیتوئیدی به داخل این مجموعه دگرگونه، موجب دگرگونی مجاورتی مجدد این سنگها و تبدیل آنها به آمفیبولیت شده است.

## ۲-۳- زمین ساخت و تکتونیک کلی منطقه

همچنانکه گفته شد، منطقه مورد مطالعه در زون البرز- آذربایجان و در مجاورت مرز ایران و ارمنستان واقع شده است. این منطقه بخشی از زون اکتشافی ارسباران را در داخل باتولیت قره‌داغ تشکیل می دهد. علاوه بر این، منطقه مطالعاتی در حاشیه جنوبی قفقاز کوچک واقع شده است بنابراین دارای تاریخچه زمین شناسی مشترک می باشند. تاریخچه زمین شناسی قفقاز به تفصیل توسط تعدادی از محققین (Zonenshain and Le Pichon، ۱۹۸۶؛ Philip و همکاران، ۱۹۸۹؛ Dercourt و همکاران، ۱۹۸۶) توصیف شده است. این محققین اعتقاد دارند که فرورانش پوسته اقیانوسی به زیر قفقاز در کرتاسه پسین- پالئوسن خاتمه نیافته بلکه فرورانش تا حدود ۲۰ میلیون سال پیش (اولیگوسن پسین- میوسن زیرین) ادامه داشته است. به اعتقاد Philip و همکاران (۱۹۸۹)، در طی

ژوراسیک، کرتاسه و پالئوژن، فرورانش اقیانوس نئوتتیس به زیر جنوب ترکیه، قفقاز کوچک و بلوکهای قاره‌ای ایران صورت می‌گرفته است. یک کمان آتشفشانی با ماهیت کالک آلکالن در نتیجه این فرورانش در محل قفقاز کوچک امروزی بوجود آمده و یک حوضه پشت قوس نیز در حد فاصل کمان مزبور و پلاتفرم روسیه تشکیل شده است. دریای سرخ در طی میوسن میانی تا پایانی باز شده و صفحه عربی شروع به حرکت و جابجایی به سمت شمال کرده و در نتیجه عرض نئوتتیس کمتر شده است (شکل ۲-۳). با بسته شدن نئوتتیس در حدود ۲۰ میلیون سال قبل و برخورد صفحه عربی با کمان آتشفشانی قفقاز کوچک، فرورانش دیگری در حوضه پشت قوس شروع شده و در نتیجه ولکانیسم کالک آلکالن در شمال زون فرورانش جدید (قفقاز بزرگ) بوقوع پیوسته است. با پیشرفت فرورانش و حرکت صفحه عربی به سمت شمال، حوضه پشت قوس سریعاً باریکتر شده تا اینکه در پلیوسن میانی (حدود ۳/۵ میلیون سال قبل) بسته شده است. پس از بسته شدن این حوضه، برخورد دو صفحه عربی و روسیه اتفاق افتاده است. پوسته اقیانوسی دریای سیاه و خزر جنوبی در دو سمت منطقه برخورد، از بقایای حوضه پشت قوسی مورد بحث هستند. برخورد قاره‌ای، همچنانکه امروزه هم مشاهده می‌شود، بوسیله جابجایی آهسته صفحه عربی به سمت شمال و کنار رانده شدن صفحه آناتولی به سمت باختر و صفحه ایران به سمت خاور مشخص می‌شود. همچنانکه قفقاز کوچک توسط صفحه عربی به سمت شمال فشار داده می‌شده در مقابل، پوسته قاره‌ای موجود در شمال فرورانش میوسن نقش بسته و خیزش قفقاز بزرگ آغاز گردیده است (پلیوسن میانی). بقایای قوس ولکانیکی ممکن است در غرب منطقه برخورد، از Kazbeg تا Elbruz قابل مشاهده باشد. برخورد قاره‌ای در قفقاز نسبتاً جوان بوده و مراحل ابتدایی برخورد قاره‌ای را طی می‌کند. این موضوع می‌تواند نشانه‌هایی را برای درک فازهای پیشرفته‌تر دگرشکلی قاره‌ای در اختیار ما قرار دهد.



شکل ۲-۳- (a) مدل ژئودینامیکی منطقه قفقاز در ۶۵ میلیون سال قبل (Philip و همکاران، ۱۹۸۹). منطقه نشان داده شده با نقطه‌های بزرگ عبارت از اقیانوس نئوتتیس، منطقه هاشور خورده عبارت از پوسته اقیانوسی حوضه پشت قوسی و نقطه‌های ریزتر بیانگر بخش قاره‌ای حوضه پشت قوسی است. فلش‌های بزرگ جابجایی نسبی را نسبت به اورازیا نشان می‌دهند. مثلث‌های توخالی نشانگر فروانش بوده در حالیکه مثلث‌های توپر نشانگر فرارانش و تراست شدگی هستند. ستاره‌ها نشانگر آتشفشانها هستند. خطوط ساحلی امروزی دریای سیاه و دریای خزر برای توجیه منطقه نشان داده شده‌اند. A: صفحه عربی، LC: قفقاز کوچک، GC: قفقاز بزرگ، T: نئوتتیس، RP: پلاتفرم روسیه، EMB: حوضه مدیترانه شرقی، RS: دریای سرخ. (b) مدل ژئودینامیکی قفقاز برای ۱۰ میلیون سال قبل (Philip و همکاران، ۱۹۸۹). باز شدن دریای سرخ باعث جابجایی صفحه عربی به سمت شمال و بسته شدن نئوتتیس شده و بلوکهای ایران و ترکیه به اطراف رانده می‌شوند. فروانش نیز به مرز شمالی حوضه پشت قوسی منتقل شده است.

روند عمومی محور ناودیس‌ها و طاقدیس‌ها و راستای گسله‌های اصلی مبین تحمیل نیروی فشاری در راستای تقریباً شمال و شمال خاوری- جنوب و جنوب باختری به واحدهای رسوبی و آذرین است. رخساره‌های تیپ فلیش و سنگواره‌های مربوط به مناطق ژرف دریا به همراه سنگهای آتشفشانی با ترکیب شیمیایی متفاوت حکایت از ناآرامی و تلاطم در حوضه‌های رسوبی مربوطه است. وجود دو رخساره رسوبی تیپ فلیش کرتاسه با تنوع فعالیت‌های آتشفشانی نیز مبین این مطلب است. تغییر رژیم رسوبی ژرف کرتاسه بالایی به ماسه‌سنگ، میکروکنگلوмера و سنگهای آتشفشانی پالئوسن نیز دلیلی بر تأثیر جنبشهای فاز لارامید در منطقه می‌باشد. همچنین، در پی نهشته‌های ائوسن، کنگلومرای قاعده‌ای ائوسن قابل ذکر هستند. وجود نهشته‌های شبه فلیش و رخساره‌های آتشفشانی حاکی از شرایط گوناگون در حوضه رسوبی ائوسن است. در اواخر ائوسن، فعالیت‌های آذرین در قالب رخساره‌های آتشفشانی و آذرآواری تظاهر می‌یابند. جنبشهای زمین ساختی آلپین میانی در منطقه، مترادف با تظاهر توده‌های آذرین

نفوذی اولیگوسن می‌باشد. بنظر می‌رسد اینگونه فعالیت‌های آذرین در اواخر اولیگوسن به حد اعلای خود رسیده باشد، چونکه در میوسن فعالیت‌های آذرین کاهش می‌یابد. وجود شیب‌های بسیار ملایم در نهشته‌های آذرآواری پلیوسن حکایت از تأثیر نسبتاً آرام فازهای نهایی آلپین در منطقه است. تأثیر و عملکرد نیروها بر نهشته‌های رسوبی و آذرین منطقه به شکل چین خوردگی و گسل خوردگی تظاهر دارد. روند گسل‌های اصلی منطقه منطبق بر روند محوری طاق‌دیس‌ها و ناودیس‌های منطقه است. عمده گسل‌های اصلی دارای روند شمال باختر- جنوب خاور می‌باشند. پاره‌ای از گسل‌ها دارای عملکرد امتداد لغز بوده و جابجایی‌های راست‌گرد یا چپ‌گرد نشان می‌دهند. گسله‌های عرضی که ساختمان‌های منطقه را قطع کرده‌اند، دارای روند شمالی- جنوبی و خاوری- باختری هستند.

#### ۲-۴- زمین‌شناسی منطقه مطالعاتی

به منظور بررسی چگونگی ارتباط آثار و رخداد‌های کانی‌سازی با پدیده‌های زمین‌شناسی (سنگ‌شناسی، تکتونیک و دگرسانی)، نقشه زمین‌شناسی محدوده مطالعاتی با مقیاس تقریبی ۱:۲۰۰۰۰ و در وسعت حدود ۴۰ کیلومتر مربع تهیه گردید (پیوست). در این مرحله از عکس‌های هوایی در مقیاس ۱:۲۰۰۰۰ و تصاویر ماهواره‌ای استفاده شده است. بطور کلی، واحدهای لیتولوژیک تشکیل دهنده این منطقه تماماً متعلق به سنوزوئیک بوده و تماماً از نوع آذرین نفوذی هستند. این منطقه، دربرگیرنده چهار فاز نفوذی قابل تفکیک می‌باشد که بترتیب از قدیم به جدید عبارتند از: ۱- توده نفوذی با ترکیب گرانودیوریت- کوارتز مونزودیوریت ۲- توده نفوذی با ترکیب دیوریت و کوارتز دیوریت ۳- استوکهای کوارتز مونزونیتی ۴- دایک‌های اسیدی و حدواسط.

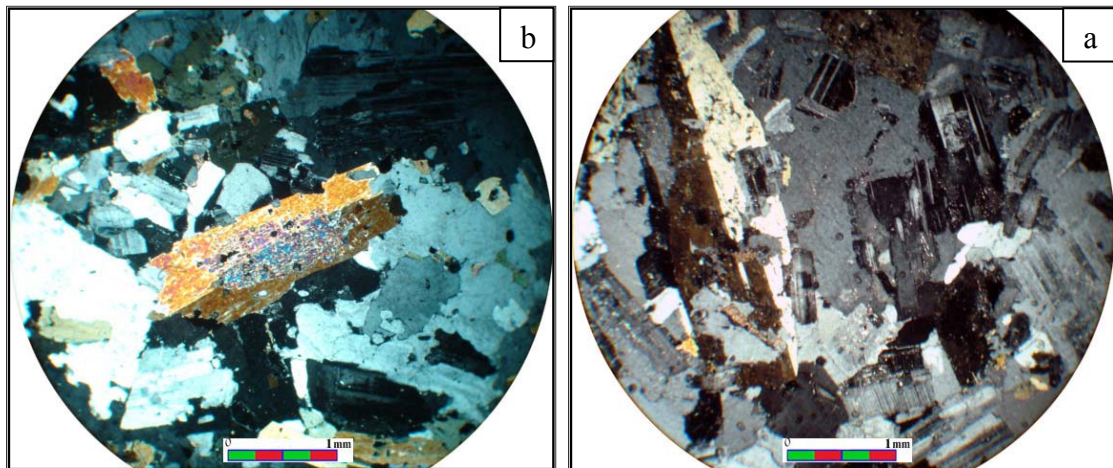
بخش عمده منطقه مطالعاتی (حدود ۸۰٪) توسط این فاز نفوذی که دارای ترکیب گرانودیوریت- کوارتز مونزودیوریت می‌باشد، پوشیده شده است. این سنگها، میزبان کانی‌سازی و رگه‌های کوارتزی منطقه اکتشافی انیق- قره‌چیلر می‌باشند. این سنگها دارای بافت هتروگرانولار و مونزونیتی بوده و کانیهای اصلی متشکله آنها شامل پلاژیوکلاز، آلکالی فلدسپار، کوارتز، آمفیبول و بیوتیت می‌باشد. کانیهای اوپاک، اسفن، پیروکسن، آپاتیت و زیرکن نیز بعنوان کانیهای فرعی حضور دارند.

پلاژیوکلاز فراوان‌ترین کانی اصلی بوده و ترکیب آنها در آندزین- اولیگوکلاز است. حاوی ماکل پلی سنتتیک، کارلسباد و توأم ایندو بوده، تعدادی از آنها منطقه‌بندی دارند. در بخشهای مختلف، بدرجات متغیری سریسیتی شده‌اند. در برخی نقاط، دگرسانی به اپیدوت نیز دیده می‌شود. آلکالی فلدسپار فراوانی کمتری از پلاژیوکلاز دارد. از نوع ارتوز بوده و بصورت بلورهای نیمه شکلدار تا بی‌شکل مشاهده می‌شوند. بافت مونزونیتی (ادخالهای پلاژیوکلاز در داخل آلکالی فلدسپار) شایع است (شکل ۲-۴).

کوارتز بصورت بلورهای بی‌شکل در فضای بین دیگر کانیها حضور دارد. هورنبلند فراوانترین کانی مافیک در اکثر نمونه‌ها بوده و فقط در برخی قسمتها، محتوای بیوتیت بیشتر از هورنبلند است. تعدادی از بلورها حاوی ماکل رگه‌ای و کارلسباد هستند. در داخل برخی از آنها، بقایای پیروکسن در حال فروپاشی قابل مشاهده است. تعدادی از هورنبلندها حاوی ادخالهایی از دیگر کانیها نظیر پلاژیوکلاز، پیروکسن و اوپاک می‌باشند که بیانگر ترتیب تبلور کانیهای مهمان و میزبان است. آمفیبولهای ثانویه عبارت از هورنبلندهای برگشتی، اکتینولیت حاصل از دگرسانی پسرونده هورنبلند و اورالیت حاصل از پیروکسن هستند. بیوتیت در برخی نقاط از فراوانی بالایی برخوردار بوده و بدرجات متفاوتی متحمل کلریتی شدن و اپیدوتی شدن شده است. در برخی نقاط، رخهای بلورهای بیوتیت انحنای پیدا کرده‌اند. در برخی نمونه‌ها،

بیوتیت‌های کوچک شکلدار در مقادیر زیاد حضور دارد که ثانویه بوده و حاصل عملکرد سیالات گرمایی در امتداد شکستگیها هستند. در صحرا نیز تمرکز خطی بیوتیت‌ها بصورت امتدادهای خطی باریک تیره رنگ کاملاً مشخص است. بلورهای درشت و شکلدار اسفن در تمامی نمونه‌ها قابل مشاهده است. همچنین، اسفنه‌های ریزی از فروپاشی بیوتیت‌ها و هورنبلندها حاصل شده است. پیروکسن در برخی از نمونه‌ها وجود دارد که عموماً در داخل آمفیبولها قابل مشاهده است (شکل ۲-۴). در برخی نقاط، بلورهای مجزای پیروکسن نیز قابل مشاهده هستند. پیروکسها بدرجات نسبتاً شدیدی اورالیتیزه شده‌اند. تعدادی از آنها کاملاً دگرسان شده و اکسیدهای آهن در قالب آنها بجا مانده است. برخی از آنها حاوی ماکل رگه‌ای و پلی سنتتیک هستند. کانیهای اوپاک هم بصورت اولیه ماگمایی و هم حاصل از فروپاشی کانیهای مافیک می‌باشند. کانیهای اوپاک اولیه همراهی نزدیکی با اسفن دارند. اپیدوت عموماً از دگرسانی بیوتیت‌ها حاصل شده است. از دگرسانی پلاژیوکلازها و آمفیبول نیز مقادیر محدودی اپیدوت در برخی نقاط تشکیل شده است. میرمکیت‌های ظریف در برخی نمونه‌ها جالب توجه هستند. در برخی از نمونه‌ها، مقدار آلکالی فلدسپار با پلاژیوکلاز برابری می‌کند و ترکیب آنها به سمت کوارتز مونزونیت میل می‌کند.

برای سهولت در شناسایی واحدهای نفوذی منطقه، ما این سنگها را تحت عنوان کلی گرانودیوریت نامگذاری کرده‌ایم.



شکل ۲-۴-۲ (a) بافت مونزونیتی به همراه بلور هورنبلند با ماکل کارلسباد. (b) بقایای پیروکسن در داخل آمفیبول در مجاورت با کوارتز، آلکالی فلدسپار و پلاژیوکلاز.

#### ۲-۴-۲-۲ واحد *qd*

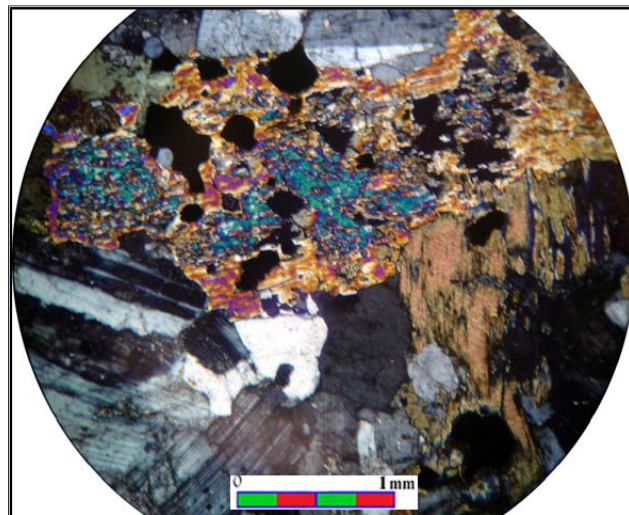
این واحد به صورت استوکهایی با ترکیب دیوریت- کوارتز دیوریت در جنوب منطقه مطالعاتی ( جنوب روستای انیق ) بداخل فاز گرانودیوریتی نفوذ کرده است ( شکل ۲-۵). این سنگها دارای بافت هتروگرانولار بوده و کانیهای اصلی آنها شامل پلاژیوکلاز، آمفیبول، پیروکسن، کوارتز، بیوتیت و آلکالی فلدسپار می باشد ( شکل ۲-۶). کانیهای اوپاک، اسفن و آپاتیت نیز کانیهای فرعی هستند.

پلاژیوکلاز فراوان ترین کانی اصلی بوده و ترکیب آنها در آندزین- اولیگوکلاز است. بدرجات متفاوتی سریستی و اپیدوتی شده اند. آمفیبولها شامل هورنبلندهای سبز اولیه و ترمولیت- اکتینولیت و اورالیت ثانویه حاصل از دگرسانی پیروکسن ها می باشند. ماکل رگه ای و کارلسباد در هورنبلندها شایع است. تعدادی از هورنبلندها حاوی ادخالهایی از دیگر کانیها ( نظیر اوپاک، پلاژیوکلاز، پیروکسن، اپیدوت و کلریت ) هستند. پیروکسن ها هم بصورت بلورهای مجزا و هم در داخل آمفیبولها حضور دارند. این کانیها، درجات متفاوتی از اورالیتی شدن را متحمل شده اند. بیوتیت ها شدیداً کلریتیزه و اپیدوتیزه

شده‌اند. مقادیری کوارتز و آلکالی فلدسپار در فضای بین دیگر کانیها حضور دارند. اپیدوتها حاصل دگرسانی بیوتیت، هورنبلند و پلاژیوکلاز هستند.



شکل ۲-۵- نمایی از استوک کوارتز دیوریتی واقع در جنوب روستای انیق که بداخل توده گرانودیوریتی نفوذ کرده است (دید به سمت شمال باختر).



شکل ۲-۶- پیروکسن در داخل آمفیبول، بیوتیت کلریتی شده به همراه پلاژیوکلاز و بلورهای کوچک و بی‌شکل کوارتز و آلکالی فلدسپار.



این واحد بصورت دو استوک کوچک با ترکیب کوارتز مونزونیتی یکی در جنوب روستای انیق و دیگری در جنوب خاور روستای قره‌چیلر می‌باشد.

استوک کوارتز مونزونیتی واقع در جنوب روستای انیق (شکل ۲-۷)، به شدت متحمل دگرسانی سریسیتی شده و حاوی کانی‌سازی سولفیدی بصورت پراکنده در متن سنگ می‌باشد. رگه و رگچه‌های متعدد کوارتزی استوک را در جهات مختلف قطع کرده‌اند. این توده دارای بافت میکروگرانولار بوده و کانیهای اصلی متشکله آن عبارتند از: آلکالی فلدسپار، کوارتز و پلاژیوکلاز. کانیهای اوپاک، زیرکن، اسفن و آپاتیت بعنوان کانیهای فرعی حضور داشته و بر اثر دگرسانی و متاسوماتیسم شدید، کانیهای آلپیت و کوارتز ثانویه، سریسیت، کلسیت و اوپاک در مقادیر فراوان در این استوک تشکیل شده است.

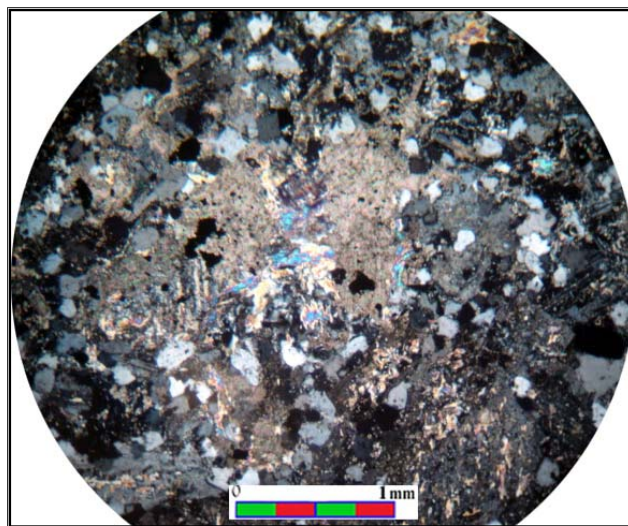
پلاژیوکلازها شدیداً سریسیتی شده و ورقه‌های ریز تا درشت سریسیت حاصل شده‌اند. بر اثر دگرسانی پلاژیوکلازها، بلورهای درشت کلسیت نیز حاصل شده‌اند. آلکالی فلدسپارها نیز درجات شدیدی از دگرسانی را متحمل شده‌اند. بخش عمده آلکالی فلدسپارها عبارت از آلپیت‌های ثانویه می‌باشند.

کوارتز هم بصورت اولیه و هم بصورت ثانویه همراه با آلپیت ثانویه حضور دارد. اثری از کانیهای مافیک در سنگ دیده نمی‌شود و تماماً دگرسان شده و توسط محلولهای اسیدی شسته شده‌اند و فقط اکسیدهای آهن در قالب آنها بجا مانده است. از روی شکل بلوری آنها می‌توان گفت که آنها عمدتاً آمفیبول و مقدار کمی بیوتیت بوده‌اند. بخش عمده کانیهای اوپاک، با توجه به اطلاعات صحرایی و شکل کوبیک آنها، از نوع کانیهای سولفیدی (کوبیک) هستند.

بطور کلی، این توده متحمل دگرسانی نسبتاً شدیدی شده و در آن کانیهای کوارتز و آلپیت نشو فرمه، سربیسیت، کلسیت و کانیهای رسی به همراه پیریت در مقادیر زیاد تشکیل شده‌اند ( شکل ۲-۸).



شکل ۲-۷- نمایی از استوک دیوریتی و کوارتز مونزونیتی واقع در جنوب روستای انیق ( دید به سمت جنوب ).



شکل ۲-۸- کوارتز و آلپیت نشو فرمه همراه با ورقه‌های درشت سربیسیت و کلسیت‌های ثانویه و کانیهای اوپاک.

استوک کوارتز مونزونیتی واقع در جنوب خاور روستای قره‌چیلر دارای بافت میکروگرانولار و مونزونیتی بوده و آلکالی فلدسپار، پلاژیوکلاز، کوارتز، بیوتیت و هورنبلند کانیهای اصلی آنرا تشکیل می‌دهند. کانیهای فرعی نیز عبارت از اوپاک، زیرکن، اسفن و آپاتیت هستند.

آلکالی فلدسپار کانی اصلی بوده، ادخالهایی از پلاژیوکلاز، بیوتیت، آمفیبول، آپاتیت و اوپاک را در خود دارند که عموماً شکلدار هستند. پلاژیوکلاز دیگر کانی اصلی است که ترکیب آنها در حد اولیگوکلاز- آندزین بوده و به مقدار محدودی سریسیتی شده‌اند. کوارتزهای نسبتاً درشت و بی‌شکل، فضای بین دیگر کانیها را پر کرده‌اند. تعدادی از هورنبلندها، در طی دگرسانی پسرونده به اکتینولیت تبدیل گشته‌اند. بیوتیت‌ها عموماً سالم بوده و تعداد محدودی از آنها کلریتی شده‌اند.

#### ۲-۴-۴- دایکهای حدواسط و اسیدی

#### ۲-۴-۴-۱- دایکهای اسیدی

دایکهای اسیدی عمدتاً در منطقه قره‌چیلر و در مجاورت با رگه‌های کوارتزی حضور دارند. بخش عمده این دایکها دارای ترکیب ریولیتی- ریوداسیتی بوده و عموماً دارای امتداد شمال باختر- جنوب خاوری هستند. بافت این سنگها، پورفیری و میکرولیتیک پورفیری می‌باشد.

فنو کریست‌های دگرسان شده پلاژیوکلاز و کانیهای مافیک کاملاً دگرسان شده در یک زمینه دانه‌ریز و میکرولیتی پراکنده هستند. پلاژیوکلازها شدیداً سریسیتی شده‌اند. زمینه عمدتاً متشکل از پلاژیوکلازهای میکرولیتی، آلکالی فلدسپار، کوارتز و کانیهای مافیک دگرسان شده می‌باشد.

فنو کریست‌های مافیک، کاملاً اوپاسیته شده و اکسیدهای آهن در قالب آنها بجا مانده است. تعدادی کانی اوپاک درشت در این سنگها وجود دارد که شواهد صحرایی بیانگر اینست که این کانیها از نوع

سولفیدی ( پیریت و کالکوپیریت ) هستند. بیوتیت بدو صورت اولیه و ثانویه حضور دارد. بیوتیت‌های اولیه ورقه‌های درشت‌تری را تشکیل می‌دهند در حالیکه بیوتیت‌های ثانویه بصورت ورقه‌های ریز می‌باشند که در حاشیه حفرات و نیز در مجاورت با کانیهای سولفیدی متمرکز شده‌اند. بیوتیت‌های اولیه بدرجات کمی کلریتی شده‌اند.

علاوه بر دایکهای ریولیتی- ریوداسیتی یاد شده، دایکهای گرانیتی در ضخامتهای کم ( حداکثر نیم متر ) در برخی مناطق منطقه قره‌چیلر حضور دارند ( شکل ۲-۹ ). این سنگها دارای بافت پورفیری بوده کانیهای اصلی آنها شامل پلاژیوکلاز، کوارتز، آلکالی فلدسپار و بیوتیت است. کانیهای اوپاک و زیرکن نیز بعنوان کانیهای فرعی حضور دارند. فنو کریست‌های پلاژیوکلاز، کوارتز و آلکالی فلدسپار در یک زمینه دانه ریز کوارتز- فلدسپاتی قرار گرفته‌اند. تعدادی فنو کریست بیوتیت اولیه نیز حضور دارد. ورقه‌های کوچک بیوتیت ثانویه بوفور مشاهده می‌شوند. رگچه‌های متعدد کوارتز و کوارتز- آلبیت این سنگ‌ها را قطع کرده‌اند. بیوتیت‌ها بدرجاتی کلریتی شده و پلاژیوکلازها و آلکالی فلدسپارها بدرجات نسبتاً کمی متحمل دگرسانی آرژیلی شده‌اند. بلورهای شکلدار زیرکن در داخل بیوتیت‌های اولیه وجود دارند. کانیهای اوپاک عمدتاً مربوط به اکسیدهای آهن حاصل از فروپاشی سولفیدها است.



شکل ۲-۹- دایک گرانیتی که توده گرانودیوریت را قطع کرده است.

همچنین دایکهای آپلیتی در ضخامتهای باریک در منطقه قره‌چیلر قابل مشاهده هستند (شکل ۲-۱۰). این سنگها دارای بافت گرانولار بوده و آلکالی فلدسپار، کوارتز و پلاژیوکلاز کانیهای اصلی آنها می‌باشند. کانیهای اوپاک، بیوتیت، آپاتیت و زیرکن بعنوان کانیهای فرعی حضور دارند. آلکالی فلدسپار کانی اصلی این سنگها بوده و از نوع ارتوز هستند. تعدادی از آنها حاوی پرتیت می‌باشند. کوارتز بصورت بلورهای هم اندازه با آلکالی فلدسپارها در مقادیر زیاد حضور دارد. مشابه بودن ابعاد کوارتز و آلکالی فلدسپار بیانگر تبلور آنها در نقطه مینیمم دمایی (نقطه اتوتکتیک) است. پلاژیوکلازها دارای ترکیب در حد اولیگوکلاز بوده و تعدادی از آنها متحمل دگرسانی سریستی شده‌اند. از دگرسانی بیوتیت‌ها، کلریت و اسفنه‌های ثانویه ریز حاصل شده است.



شکل ۲-۱۰- دایک آپلیتی که توده گرانودیوریتی را در منطقه قره‌چیلر قطع کرده است.

#### ۲-۴-۲- دایکهای حدواسط

دایکهای با ترکیب تراکی آندزیتی در مقادیر نسبتاً زیاد در منطقه زرلی دره ( حدواسط روستهای انیق و قره‌چیلر ) و شمال منطقه مطالعاتی گسترش دارند. این سنگها دارای بافت پورفیری هستند. فنو کریست‌ها شامل بلورهای شکلدار تا نیمه شکلدار پلاژیوکلاز، آلکالی فلدسپار و مقداری کوارتز هستند. فنو کریست‌های پلاژیوکلاز، شکلدار بوده و ترکیب در حد آندزین دارند که متحمل دگرسانی سریستی و آرژیلی شده‌اند. کانیهای اوپاک بصورت بلورهای نسبتاً درشت وجود دارند که با توجه به شواهد صحرایی احتمالاً از نوع سولفیدی ( پیریت ) و سولفیدهای اکسیده هستند. تمامی کانیهای مافیک اولیه دگرسان شده‌اند. کلریتیزاسیون زمینه بسیار فراگیر می‌باشد.

تعدادی دایک آندزیتی در ضلع خاوری رودخانه قولان ( حاشیه خاوری منطقه مطالعاتی ) وجود دارد ( شکل ۲-۱۱ ). این سنگها دارای بافت میکرولیتیک پورفیری بوده و کانیهای اصلی آنها شامل پلاژیوکلاز، آمفیبول و بیوتیت می‌باشد. کانیهای فرعی نیز عبارت از کوارتز، پیروکسن، اوپاک و آپاتیت هستند. پلاژیوکلازها مهم‌ترین کانی این سنگها بوده به مقادیر بسیار جزئی سریستی شده‌اند. آمفیبول

دیگر کانی اصلی است که عمدتاً از نوع اکتینولیت و به مقدار کمی از نوع هورنبلند هستند. بیوتیت بصورت ورقه‌های ریز و درشت حضور دارد که بدرجات متفاوتی کلریتی شده‌اند. مقدار زیادی کلسیت درشت در این سنگها حضور دارند که داخل حفرات را پر کرده‌اند. تعدادی پیروکسن بصورت بلورهای کوچک در حال فروپاشی قابل مشاهده است. مقادیری کوارتز نیز در زمینه وجود دارد.



شکل ۲-۱۱- نمایی از دو دایک آندزیتی در داخل گرانودیوریت در حاشیه خاوری منطقه مطالعاتی (دید به سمت شمال خاور).