

# بررسی سنگ شناسی سنگهای آتش فشانی نئوژن در منطقه تودشک (جنوب باختری نائین)

نوشته: منیره خیرخواه\*

## Petrological studies on Neogen magmatic rocks in Tudashak area, Southwest Nain, Central Iran

By: M.Kheirkhah\*

### چکیده

منطقه تودشک در جنوب باختری نائین در ایران مرکزی واقع شده است این منطقه در کمربند ماگمایی ارومیه - دختر قرار دارد و بخشی از نقشه ۱:۱۰۰,۰۰۰ کجان می باشد. در منطقه تودشک رخنمونهای سنگی وابسته به دورانهای میان‌زیستی و نوزیستی حضور دارند واحدهای سنگی از آهکهای کرتاسه بالا، سنگهای ولکانیکی ترشیری (گدازه‌ها و آذرآاریها) و نهشته‌های کواترنری تشکیل شده‌اند.

نهشته‌های نئوژن این منطقه با سازند قرمز فوقانی (U.R.F) آغاز می‌گردد و پس از آن واحدهای الیوین بازالت ( $\text{Ng}^b$ ) آندزی بازالت و پیروکسن آندزیت ( $\text{Ng}^{pa}$ )، نهشته‌های لاهار ( $\text{Ng}^{la}$ )، داسیت آندزیتی ( $\text{Ng}^{ad}$ )، و داسیت ( $\text{Ng}^d$ )، قرار گرفته‌اند.

شواهد و مطالعات سنگ‌شناسی و ژئوشیمیایی بر تنوع واحدهای نئوژن در منطقه تودشک دلالت دارد ترکیب این سنگها از بازالت تا داسیت تغییر می‌کند. اغلب سنگهای آتشفشانی منطقه گرایش سبک دارند، و از پدیده مهم این منطقه فرآیند تبلور بخشی و اختلاط ماگمایی (AFC) می‌باشد. سنگهای بازیک منطقه تحت تأثیر دگرسانی واقع شده‌اند که در این دگرسانی فشار سیالات و درجه حرارت و نیز عملکرد گازهای فورولی نقش عمده‌ای داشته‌اند.

منطقه تودشک از لحاظ تکتونیکی دارای تکتونیک شکننده بوده و گسله‌ها و شکستگیها فراوان موجود در این منطقه از روند ساختاری اصلی کمربند ماگمایی ارومیه - دختر تبعیت می‌کند. این رژیم تکتونیکی سبب جاگیری - مواد آتشفشانی شده و با توجه به نمودارهای مختلف ژئوشیمیایی و تکتونوماگمایی بازالت‌های منطقه متعلق به یک محیط کششی می‌باشند که تحت تأثیر آرایش پوسته‌ای و تبلور تفریقی قرار گرفته‌اند. با بررسی‌های ژئوشیمیایی، این بازالتها در قلمرو ماگمای ساب آکالن قرار گرفته‌اند و با مطالعه بیاگرامهای عنکبوتی، ماگمای اولیه با مواد پوسته‌ای بویژه کئیس آمفیبولیتی آرایش یافته است و در مقایسه‌ای که بین سنگهای بازالتی منطقه و انواع بازالت‌های ساب آکالن پارانا، یکن و اتیوپی و ریوگراند صورت گرفته است، بازالت نئوژن منطقه تودشک بیشترین شباهت را با بازالت‌های ریوگراند نشان می‌دهد و با توجه به این مسئله، نوب بخشی از یک گوشته تهنی شده، مسئول تشکیل این بازالتها می‌باشد و با بازالت‌های Steans در شمال آمریکا (Basin and Rang) از نظر منشأ مشابهت دارد.

واژه‌های کلیدی: تودشک - ایران مرکزی - نئوژن - الیوین‌بازالت - لاهار - داسیت - اختلاط ماگمایی (AFC) - محیط کششی - ماگمای ساب آکالن - گوشته‌تهنی شده

## Abstract

The Tudeshk area in southeastern part of Nain, Central Iran is located in Urmieh- Dokhtar magmatic belt and is a part of Kajan 1:100000 map of GSI.

The stratigraphic sequence is composed of Mesozoic and Cenozoic strata, consisting of Cretaceous limestone, Tertiary volcanic rocks (lavas and pyroclastics) and also Quaternary deposits.

The Neogene section is indicated by Upper Red Formation (URF), and a dacitic ( $Ng^d$ ), unit. The rock type variations in Neogene volcanics along with the geochemical and petrographic evidences indicate a kind of sodic character. Mixing and fractional crystallization in magmas, are important, phenomena which has been resulted in this study.

Along with the above processes, the associated basic rocks have been strongly altered, caused by fluid pressures, high temperatures and the nature of late fumarolic fluids. This area has been subjected to a fault and fracture system with a NW-SW trend, indicates that the area has passed a brittle type tectonic regime, which follows the main trend of Urmieh-Dokhtar magmatic belt. This kind of extensional tectonic regime controlled the emplacement of igneous rocks. The geochemical characteristics of basalts in Tudashak area (drawn as spider diagrams in special cases) has been compared with the basaltic rock-types in other places of the world as: Parana (South America), Rio Grande (North America), Deccan (India) and Ethiopia. All of analysis results plot in subalkaline field of diagram, indicating contamination with amphibolitic genisses of sialic crust during the initial stages of ascending. similarity with the Tudashak Neogene basalts show a considerable similarity with the Rio Grande Basalts and form this point of view. It could be deduced that the partial melting of a depleted mantle is responsible for the formation of this basalts, and has a similarity to the steans Basalts of North America Basin and Range

**Key Words:** Tudeshak- Central Iran - Neogene- olivin basalts- lahar - dacite- mixing- depleted mantle - Subalkaline magma

## مقدمه

منطقه تودشک در ۴۰ کیلومتری جنوب باختری نائین در محدوده‌ای به مختصات ۲۹°، ۵۲' الی ۵۲°، ۵۲' طول جغرافیایی خاوری و ۲۶'، ۲۲° الی ۲۲°، ۴۵' عرض جغرافیایی شمالی واقع شده. روند ارتفاعات این منطقه از روند زون ساختاری ارومیه - بختر تبعیت کرده و شمال باختری - جنوب خاوری می‌باشد.

## ۱- چینه‌شناسی

رخمونهای سنگی منطقه تودشک شامل نهشته‌های کرتاسه، مجموعه آتشفشانی و آنراواری ترشیری و نهشته‌های کواترنری می‌باشند. در شمال خاوری منطقه آهکهای کرتاسه بالایی بصورت مجموعه کوچکی قرار گرفته‌اند و در جنوب و جنوب خاوری و شمال خاوری تودشک ولکانیکهای ائوسن برودزد دارند بااستثنای مناطق منکور در دیگر مناطق

واحدهای آتشفشانی و لاهارهای نئوژن ملاحظه می‌شوند. سنگهای آتشفشانی اوایل نئوژن (میوپلیوس) شامل مجموعه‌ای از اولوین بازالتها، بازالتهای آنزیتی پیروکسن‌دار و آنزیت‌های پیروکسن‌دار می‌باشد که در منطقه از گستره قابل ملاحظه‌ای، برخوردار است. سنگهای بازیک نئوژن از بخشهای توده‌ای حفرمدار یا متراکم و قطعات بمب لایلی و با بخشهای کاملاً بگرسان شده و اکسیده تشکیل شده است. در فاز بعدی بدلیل فراوانی مواد فرار و فوگاسیته شدید اکسیژن ماگما بصورت انفجاری عمل کرده است. در مرحله اول این فعالیت آتشفشانی، انفجار، موجب پرتاب قطعات سنگهای آتشفشانی، خاکستر و لایلی گریبده و بواسطه فرسایش و حمل توسط جریانهای آب (فرآیند این کلاستیک) لایه‌های مطبق تا توده‌ای لاهارهای منطقه تشکیل شده است و در پایان این فعالیت انفجاری، گدازه‌های کم ضخامت و جریانی بصورت واحدهایی با

اسیدی بودن ماگما است. (عکس ۳ و ۴).

فتوکریستهای از پیروکسن (اوریث تیتان دار) در نمونه‌ها قابل مشاهده است. پیروکسنها در سنگ بافت گلمروپورفیریتیک بوجود آورده و حاشیه خورده شده دارند که بر تبلور بخشی ماگما طی مراحل اولیه انجام، عدم تعادل و آلودگی ماگمای مولد آنها در مراحل بعدی دلالت دارند. فتوکریستهای اولیه غالباً آپاستیزه بوده که می‌تواند ناشی از فوگاسیته شدید اکسیژن ماگما باشد. خمیره سنگها از میکرولیتهای پلاژیوکلاز همراه با مقابیر فراوانی از کانیهای اکسید آهن و گاه شیشه تشکیل شده است و میکروکریستالین‌های پیروکسن در فضای بین پلاژیوکلازها قرار گرفته‌اند (عکس ۵ و ۶).

### ۲-۳- سنگ شناسی اجزاء تشکیل دهنده لاهار در منطقه تودشک

پس از تشکیل ماگما با ترکیب آنزیت و افزایش فشار بخار آب در حجره ماگمایی کانیهای نظیر آمفیبول (هورنبلند بازالتی) تشکیل شده‌اند که بعلت اشباع شدگی حجره ماگمایی از مواد فرار، فورانها و انفجارهای شدیدی موجب ظهور لاهار در منطقه گردیده است. لاهارهای منطقه تودشک بطور عمده در بخش شمال و شمال خاوری منطقه وجود دارند. اجزاء تشکیل دهنده لاهار قطعات سنگی با رنگهای خاکستری تا خاکستری متمایل به قرمز می‌باشند که بطور عمده آفاتیک بوده و از فتوکریستهای پلاژیوکلاز و پیروکسن تشکیل شده است. در اجزاء متشکله لاهارهای منطقه تودشک دو نسل پلاژیوکلاز قابل مشاهده است (عکس ۷)، نسل اول پلاژیوکلازهای با حواشی گرد شده و بافت غربالی و بطور عمده زونه (زونیگ نوسانی) و با هسته سدیک و حواشی کلسیک مشاهده می‌شوند. نسل دوم پلاژیوکلاز صفحه‌ای (Tabular Plag) با ترکیبی بر حد آنزین و حواشی سالم و کاملاً شفاف همراه با پیروکسنها نوع اوریث و اوریث تیتان‌دار و فتوکریستهای از آمفیبول (هورنبلند بشدت آپاستیزه) می‌باشد (عکس ۸).

این قطعات ترکیبی در حد آنزیت تا داسیت دارند و دارای آمفیبول با حاشیه سوخته همراه با بیوتیت و کوارتز می‌باشند. که در خمیره‌ای از میکرولیتهای پلاژیوکلاز و با شیشه اکسیده تشکیل شده‌اند.

### ۲-۴- سنگ شناسی گنبدیهای داسیت آنزیتی

این واحد که بشکل گنبدیها و تیغه‌هایی برونزد دارد، ترکیبی از داسیت آنزیتی تا داسیت دارند. رنگ این سنگها خاکستری متمایل به سبز و قرمز است و بافت آنها پورفیریتیک بوده که حاوی بلورهای ترششی از

ترکیب سنگ شناختی آنزیت - داسیت و داسیت تشکیل شده است که بر روی لاهارهای منطقه بشکل ناهمساز نشسته است. اینطور بنظر می‌رسد که در نئوژن حجره یا حجره‌های ماگمایی که بر آن فرآیندهای ماگمایی نظیر تفریق و اختلاط انجام شده بصورت دوره‌ای (Cyclic) از ماگما تخلیه و دوباره مخلوط شده است و حاصل آن مجموعه‌ای از تریادهای گدازه - لاهار و گنبد و گدازه با ترکیبات متفاوت سنگ‌شناسی بوده است.

### ۲- سنگ شناسی

با توجه به بررسیهای سنگ‌شناسی و استفاده از رده‌بندیهای TAS سنگهای ولکانیکی نئوژن منطقه تودشک در قلمرو بازالت، آنزیت بازالتی، آنزیت، داسیت آنزیتی، تراکی آنزیت، تراکی داسیت، داسیت و ریولیت قرار می‌گیرند.

### ۲-۱- سنگ شناسی بازالتیهای نئوژن منطقه تودشک

بازالتیهای نئوژن رخنمون نسبتاً وسیعی در باختر و جنوب باختری منطقه دارند که بصورت سکاسی از سنگهای حفره‌دار - قرمز رنگ و متراکم یا خاکستری رنگ مشاهده می‌شوند. بر روی زمین این گدازه‌ها به شکل گدازه‌های پاهوهو (Pahoehoe lavas) می‌باشند. در مورد تشکیل توالی‌های بازالتی این طور تصور می‌شود که حجره ماگمایی بطور متناوب از گاز اشباع شده و بخشهای متناوب حفره‌دار، قرمز سرشار از گاز و بخشهای متراکم خاکستری فقیر از گاز را ایجاد کرده است. در مطالعات میکروسکوپی این سنگها از فتوکریستهای پلاژیوکلاز با ترکیب بازیگ (بر حد لابروریت) و الیوین ایندگستیزه و پیروکسن متوکلینگ (اوریث تیتانفر) بصورت میکروکریستالین تشکیل شده است. حفرات بازالتیها غالباً از شیشه اکسیده تشکیل شده است برخی از بازالتیها دارای بافت انفرسرتال می‌باشند (عکس ۱).

### ۲-۲- سنگ شناسی آنزیتی بازالتیهای تودشک

این واحد در بخشهای شمال و شمال باختری منطقه برونزد داشته و بافت آنها آفاتیک است و بلورهای ۲ و ۳ میلیمتری پیروکسن در آنها مشاهده می‌شود. در مطالعات میکروسکوپی بافت پورفیریتیک با خمیره میکروکریستالین تا میکرولیتی و گاه شیشه‌ای دارند و حاوی فتوکریستهای پلاژیوکلاز با ترکیب متوسط (آنزین - الیوکلاز) می‌باشند. پلاژیوکلازها دارای بافت غربالی (Sieve Texture)، خوردگی (Corroded) و ساخت منطقه‌ای نوسانی (Oscillatory) و بافت اسکلتی (Skeletal Texture) می‌باشند. این عوامل ناشی از آلودگی، گازدار بودن و

اختلاط ماگمایی می‌داند.

ج- بافت جریان‌های گدازه‌ها ناشی از سه‌الیت و تحرک ماگمای آنهاست، که وجود ویژگی‌هایی مانند خمیره جریان‌های سنگ و عدم حضور فازهای بلوری نوظهور (Neoform) می‌تواند حاصل اختلاط سریع ماگما و عدم توقف آن در ژرفا باشد (امامی ۱۳۶۳) و با توجه به مطالعات و بررسی‌های انجام شده در سنگ‌شناسی منطقه رودد تخبهرات ماگما و نظر (D.Shelly, 1993) به‌صورت زیر شرح داده می‌شود.

۱- بطور خلاصه ماگمای اولیه یک ماگمای گوشته‌ای بوده که حاوی برشت بلورهای الیوین و پلاژیوکلاز کلسیک و میکروکریستالین‌های اوژیت تیتاندار می‌باشد.

۲- تبلور بخشی موجب جدایش اولیوین و ظهور سنگهای حد واسطی غنی از پیروکسن (بازالت آندزیتی پیروکسن‌دار) شده است.

۳- همزمان با تبلور بخشی، آلودگی ماگمایی موجب خوردگی و جذب شدگی پلاژیوکلازها و پیروکسنها و ظهور آثاری مانند بافت جریان‌های منطقه‌بندی نوسانی و غره شده است.

۴- افزایش سیلیس در ماگما موجب ظهور سنگهای حد واسط نظیر بازالت آندزیتی و آندزیت پیروکسن‌دار شده است.

۵- پیشرفت تبلور بخشی به‌مراه آلودگی، فرآیند (AFC) سبب بوجود آمدن شرایط فیزیکی‌شیمیایی جدید در حجره ماگمایی گردیده ضمناً افزایش فشار بخار آب در محیط‌های کم ژرفا سبب تبلور هورنبلند بازالتی و ماگمای آندزیتی شده است. آثاری از پیروکسن تیتاندار و پلاژیوکلاز کلسیم دار با بافت غربالی و حالت خوردگی قابل ذکر است.

۶- افزایش فشار بخار آب که ظهور آمفیبول و ناپایداری در حجره ماگمایی نشانه آن است، موجب شده تا ماگما از مواد فرار اشباع گردیده و با فوران شدید، لاهارهای منطقه را تشکیل داده است. وجود قطعاتی از آندزیت‌های هورنبلندار در لاهار مؤید این پدیده است.

۷- تبلور بخشی در ماگمای حد واسط و آلودگی با ماگمای اسیدی از منشاء پوسته‌ای موجب ظهور سنگهای داسیت آندزیتی و داسیتی منطقه گردیده که پس از لاهار بشکل کنگد و گدازه رخنمایی دارند.

۸- در ماگمای همگن هبیرید گاه پلاژیوکلازها و بیوتیتها همراه با آمفیبول سبز متبلور شده‌اند که بلورهای اخیر حالت پایداری نشان می‌دهند و بتدرت آثار خوردگی دارند.

۹- گرم شدن‌های مداوم و زیاد ماگمای اسیدی توسط ماگمای بازیک موجب تحرک و سه‌الیت ماگمای اسیدی گردیده و رسیدن این ماگما را به سطح زمین تسهیل می‌نماید و گدازه‌های داسیتی جریان‌های جوان منطقه را تشکیل داده است.

پلاژیوکلاز و کوارتز و کانیهای مافیک می‌باشند. پلاژیوکلازها دو نوع هستند، نوع اول شفاف و زونه، و نوع دوم بافت جریان‌های دارند (عکس ۹). کوارتز بصورت فنوکریستالهایی با حواشی گرد شده هاله واکنشی، متشکل از سوزنهای ظریف پیروکسن می‌باشد، که تشکیل هاله واکنشی (reaction rim) ناشی از عدم تعادل شیمیایی در ماگماست (عکس ۱۰).

## ۵-۲- سنگ شناسی گدازه‌های داسیتی

این واحد بصورت گدازه‌هایی بابافت جریان‌های و بعضی از آنها ضخیم لایه برنگ خاکستری متمایل به قرمز مشاهده می‌شود. در مطالعه میکروسکوپی فنوکریستهای پلاژیوکلاز، کوارتز و کانیهای فرومنیزین دیده می‌شود. بطور کلی پلاژیوکلاز در این گدازه‌ها در سه نسل تشکیل شده است. نسل اول پلاژیوکلازهای شفاف، نسل دوم پلاژیوکلازهایی که در حواشی بافت غربالی دارند، و نسل سوم کانی تماماً غبارگونه و دارای بافت غربالی است. ترکیب پلاژیوکلازها در حد آندزین تا لابرانوریت است. بطور کلی خمیره این سنگها از دو نوع شیشه بازیک (تیره رنگ) و اسیدی (روشن رنگ) تشکیل شده است. در شیشه بازیک پلاژیوکلازها با بافت غربالی و حواشی خورده شده و پیروکسنها (اوژیت تیتانفر) و آمفیبولها (هورنبلند بازالتی) و آثاری از ریز بالشهای (Micro Pillows) در حال از بین رفتن بچشم می‌خورد و (عکس ۱۱) شیشه روشن حاوی فنوکریستهای کوارتز و پلاژیوکلاز با حواشی سالم و شفاف می‌باشد. ترکیب این سنگها در حد داسیت تا داسیت آندزیت است (عکس ۱۲).

## ۳- نتایج حاصل از بررسی‌های سنگ‌شناسی منطقه تودشک

براساس شواهد صحرایی و بررسی‌های سنگ‌شناسی اغلب سنگهای آتشفشانی منطقه تودشک شواهد متعددی از آلودگی و اختلاط ماگمایی را نشان می‌دهند. شواهد عبارتند از :

الف - وجود بافت غربالی (Sieve texture) در پلاژیوکلاز، ساخت اسکلتی (Skeletal texture) در پلاژیوکلازها و هورنبلند، منطقه‌بندی نوسانی (Oscillatory) و رشد ثانوی (Overgrowth) در پیروکسنها و پلاژیوکلازها، حواشی گرد شده و سوخته در آمفیبولها و بیوتیتها، (Corrosion) و جذب شدگی (Resorption) در اغلب برشت بلورها بویژه کوارتزها، فلندسپارها و برشت بلورهای شفاف کوارتز با حاشیه واکنشی پیروکسن.

ب - حضور ریز بالشهای بازیک در خمیره اسیدی، قطعات اسیدی در خمیره بازیک و تشکیل دو نوع شیشه بازیک و اسید در مجاورت هم، امامی (۱۳۶۳) تظاهر ریزبالشهای بازیک با زمینه شیشه‌ای کبر و حفره‌دار و یا شیشه‌های جریان‌های و یا هیالوپلیتیک را در زمینه‌های اسیدی ناشی از

## ۵- جایگاه تکتونیکی و خاستگاه ماگمایی

مطالعه و بررسی سریهای ماگمایی در شناخت محیطهای تکتونیکی و ژئودینامیکی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. با بهره‌گیری از بعضی نمودارها که غالباً در مورد سنگهای بازیک کاربرد دارند جایگاه تکتونیکی و خاستگاه آنها مورد بررسی قرار می‌گیرند.

- در نمودار Pearce & Cann (1973) که عنصر تیتان (Ti) را در برابر زیرکونیم (Zr) قرار می‌دهد سنگهای بازیک منطقه بطور عمده در محدوده بازالت‌های پشته میان اقیانوسی MORB قرار گرفته‌اند و با توجه به اینکه در طی زمان نئوژن در ایران مرکزی محیط اقیانوس حاکم نبوده است، بنابراین سنگهای بازیک منطقه تودشک از نظر میزان Zr, Ti می‌تواند با یک محیط کششی مانند MORB قابل قیاس باشد.

- در نمودارهای سه‌تایی Pearce & Cann (1973) سنگهای بازیک تودشک غالباً در محدوده بازالت‌های کالکوآلکان قرار گرفته‌اند.

- در نمودارهای سه‌تایی Wood (1980) سنگهای بازیک منطقه در محدوده D که در ارتباط با فرورانش است جای می‌گیرند.

با توجه به نمودار Miyashiro (1974) که میزان درصد  $SiO_2$  سنگهای منطقه را در برابر میزان نسبت  $FeO/MgO$  آنها قرار داده است، سنگهای داسیت آندزیتی (حد واسط) تودشک در محدوده کالکوآلکان قرار گرفته‌اند که بدلیل آلونگی سیلیس و آلومینیم آنها می‌باشد همچنین سنگهای بازالتی و بازالت آندزیتی در محدوده تولییتی واقع شده‌اند. و با در نظر گرفتن اینکه در نمودارهای اندیس تفریق، نوگانگی در منشاء مشاهده می‌شود، بنابراین احتمالاً بازالت تولییتی ضمن آلونگی با پوسته و افزایش میزان آلومین و آلکالی (بویژه پتاسیم) به سمت کالکوآلکان گرایش یافته است.

## ۶- نمودارهای عنکبوتی

در نمودارهای عنکبوتی میانگین بازالت‌ها، بازالت‌های آندزیتی و آندزیت‌های منطقه تودشک را با میانگین بازالت‌های ریفت رپوکراند، بازالت‌های جلگه‌ای پارانا و نکن، بازالت‌های ریفتی اتوپوی و نیز بازالت‌های آندزیتی آندشمالی، مرکزی و جنوبی و نیز رخساره آمفیبولیت گنیس و گرانولیت - گنیس مقایسه شده‌اند.

در مقایسه میانگین بازالت‌های منطقه با میانگین بازالت‌های جنبه‌ی پاراناوکن در الگوها تفاوت‌های بارزی بچشم می‌خورد ضمناً پادآور می‌شود که حجم بازالت‌های تودشک محدود بوده و قابل قیاس با گستره بازالت‌های

براساس بررسیهای سنگشناسی و نتایج آزمایشگاهی (XRD) و برداشتهای صحرائی، سنگهای منطقه تودشک فرآیند دگرسانی را متحمل شده‌اند. در این فرآیند واحدهای (U.R.F) و ولکانیکهای بازیک منطقه تودشک تحت تأثیر گازهای فرمولی و دگرسانی هیدروترمال واقع شده‌اند و فشار سیالات و درجه حرارت در این مورد نقش بسزایی را ایفا کرده است بطوریکه پارائزهایی از کانیهای دگرگونی درجه ضعیف را تشکیل داده است.

## ۴- ژئوشیمی

به منظور شناخت تغییرات و تحولات ماگمایی و روابط ژنتیک سنگهای منطقه مورد بررسی، مطالعات ژئوشیمیایی بر روی سنگهای آتشفشانی نئوژن منطقه تودشک انجام شد و پیرامون سریهای ماگمایی و روابط بین آنها و خصوصیات ژئودینامیکی آنها از نمودارهای متعددی استفاده گردید.

در تعیین سریهای ماگمای با استفاده از نمودارهای مختلف نتایج زیر حاصل شده است.

- براساس نمودارهای Peccerillotaylor (1976), Kuno (1968), Rickwood (1989) سنگهای بازیک منطقه تودشک در طی زمان نئوژن بطور عمده در محدوده کالکوآلکان قرار گرفته‌اند.

- براساس نمودارهای Irvine & Baragar (1971), Middlemost (1990) سنگهای منطقه بطور عمده در محدوده ساب آلکان قرار دارد.

- براساس نمودارهای Winchester & Floyd (1976) سنگهای مورد بحث در محدوده بازالت تولییتی قرار گرفته‌اند.

با توجه به نمودارهای تغییرات عناصر اصلی و نادر نسبت به ضریب تفریق ناهمبندی بخصوص در سنگهای حنواسط مشهود است که می‌توان علت این ناهمبندی را اینطور توجه نمود. نه تنها تبلور بخشی و یا تفریق ماگمایی در منطقه حاکم بوده است بلکه به احتمال بسیار زیاد فرآیندهای اختلاط ماگمایی و آلونگی با پوسته در تشکیل سنگهای منطقه بویژه سنگهای حنواسط نیز مؤثر بوده است و شواهد میکروسکوپی نیز بوجود و تأثیر آنها دلالت دارد. ضمناً در مورد کلیه عناصر وقفه پترولوژیکی در محدوده ضریب تفریق (۴۷-۴۷) قابل مشاهده است که بر نوگانگی ماگما در آنها دلالت دارد بطوریکه احتمالاً سنگهای بازیک از ماگمای گوشته‌ای حاصل شده و سنگهای اسیدی و حد واسط نتیجه‌ای از اختلاط ماگمای بازیک با پوسته اسیدی می‌باشد.

بنابراین موقعیت ساختاری نئوژن ضمن اینکه پهنای ایران زمین بطور کلی تحت فشار بوده، در برخی نقاط شکافهای کششی عمیق موجب ماگماتیسم بازالتی شده است و در قسمتی از ماگمای بازالتی ضمن صعود با استقرار در پوسته تحولات شنییدی صورت گرفته است. این پدیده موجب تغییر الگوی رفتاری پاره‌ای از عناصر کمیاب بویژه عناصر لیتوفیل با شعاع یونی بزرگ نظیر Sr, Rb, K, Ba شده است. از طرف دیگر مطالعات ژئوشیمیایی و میکروسکوپی حاکی از آن است که ماگمای بازالتی ضمن صعود و با استقرار در پوسته با ماگمای آسیدی اختلاط حاصل نموده است که حاصل اختلاط تشکیل سنگهای حواسط می‌باشد.

مطالعات سنگ‌شناسی شواهد بسیار واضحی را مبنی بر اختلاط نو ماگما با ترکیبات متفاوت نشان می‌دهد. در بازالت‌های آنزیتی و سنگهای حواسط و لاهاری منطقه وجود اوژیت تیتان‌دار و قرارگیری برخی از بازالتها در محدوده آلکالی، این فرضیه را قوت می‌بخشد که بازالت اولیه منطقه، یک بازالت آلکالن بوده، اما طی توقف در پوسته، میزان سیلیس و آلومین و دیگر عناصر پوسته‌ای آن افزایش یافته و موجب تغییرات ترکیبی در ماگمای بازالتی و گرایش به سمت ساب آلکالن شده است. از سوی دیگر در نزدیکی علی‌آباد کوهان بازالت‌های اولیه‌ین‌دار و حفره‌دار موجود بر روی واحد ائوسن قرار می‌گیرند که با مطالعات ژئوشیمیایی این بازالتها بر قلمرو ساب آلکالن قرار گرفته‌اند. در مقایسه با مواد آلوده‌کننده پوسته‌ای مانند نمودارهای عنکبوتی پوسته بالایی و پائینی (Upper crust & Lower crust) اینطور بنظر می‌رسد که بازالت منطقه با مواد پوسته‌ای بویژه گنیس آمفیبولیتی پوسته بالایی آلوده شده و با توجه به مقایسه‌ای که بین این بازالتها و انواع بازالت‌های ساب آلکالن پارانا و یکن و اتیوپی و ریوگراند صورت گرفته است، بازالت نئوژن منطقه تودشک بیشترین شباهت را با بازالت‌های ریوگراند نشان می‌دهد بنابراین می‌تواند یک نوع نوب بخشی از گوشته تپی شده مسئول بوجود آمدن این بازالتها باشد که ضمن صعود و گذر از پوسته بالایی دچار آلودگی شده باشند.

چنین حالتی توسط Karlstone and Hart (1987) در بازالت‌های استینز (Steans) واقع در شمال آمریکا در منطقه Basin & Range گزارش شده است. این بازالتها نیز از یک گوشته تپی شده (Depleted mantle) منشأ گرفته‌اند و با پوسته قاره‌ای آلابس شدید یافته‌اند. ضمناً یادآور می‌شود که تشکیل سنگهای حواسط (آنزیتی) منحصر به مناطق فرورانش نیست حجم وسیعی از آنزیتها در منطقه Blue Mountain و نیز در کافت ریوگراند وجود دارد. (ولکانیسم کالکوآلکالن در Blue Mountain نتیجه‌ای از نوب آستونسفر تحت تأثیر فلوتیبه‌های سرشار از آب می‌باشد).

جلگه‌ای نمی‌باشد. در مقایسه با میانگین بازالت‌های آنزیتی منطقه تودشک با میانگین بازالت‌های آنزیتی آند شمالی (Nvz)، آند مرکزی (Ovz)، آند جنوبی (Svz) مشخص می‌شود که سنگهای بازیک منطقه تشابه کلی با بازالت‌های آنزیتی آند شمالی نشان می‌دهد که در مورد عناصر لیتوفیل این تشابه بارزتر است. با مقایسه بازالت‌های آنزیتی منطقه و فاسیس آمفیبولیت گنیس (پوسته فوقانی) و گرانولیت گنیس (پوسته تحتانی) معلوم می‌دارد که از نظر عناصر متحرک نظیر Sr, K, Th, Rb, Ba سنگهای بازیک منطقه تشابه کلی با فاسیس آمفیبولیت گنیس نشان می‌دهند. بنابراین می‌تواند ناشی از آرایش ماگمای اولیه باشد.

در مقایسه میانگین بازالت‌های تودشک با میانگین بازالت‌های کافت اتیوپی مشاهده می‌شود که بازالت منطقه با انواعی که  $Zr/Nb = 25$  است، متفاوت می‌باشد بخصوص در مورد عناصر Th, Ta, Ba, Rb, K. اما برای دیگر عناصر با این بازالتها قابل قیاس است بنابراین بنظر می‌رسد که بازالت‌های تودشک بر نئوژن از یک گوشته تپی شده منشأ گرفته‌اند و حالت ساب آلکالن دارند اما بعلاوه آرایش با پوسته بویژه پوسته فوقانی که در نمودارهای مربوطه نشان داده می‌شود تفاوت الگو یا رفتار می‌دهند.

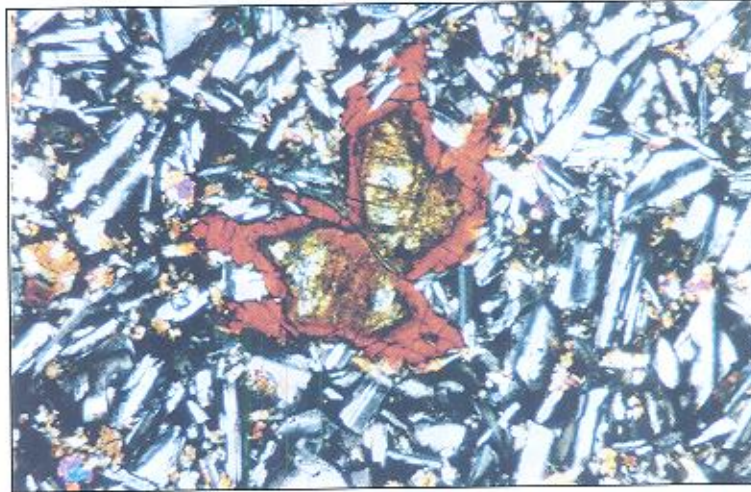
در مقایسه میانگین بازالت منطقه تودشک با میانگین بازالت‌های ساب آلکالن کافت ریوگراند که در نو وضعیت با کمترین و بیشترین آلودگی نمایش داده شده‌اند، رفتار بازالت‌های منطقه با بازالت‌های ریفت و ریوگراند با آلودگی حداکثر تشابه دارد و حتی برای پاره‌ای از عناصر مانند Rb, Th, Rb غنی‌شدگی بیشتری وجود دارد مقدار باریم نیز با بازالت‌های بسیار آلوده منطبق است. پس معلوم می‌گردد که از نظر تعداد عناصر Th, Rb آلودگی بازالت‌های منطقه چشمگیرتر بوده و در مجموع تشابه کلی بین بازالت‌های ساب آلکالن ریفت ریوگراند با آلودگی بیشتر و بازالت‌های منطقه مورد مطالعه وجود دارد.

## ۷- نتیجه‌گیری کلی

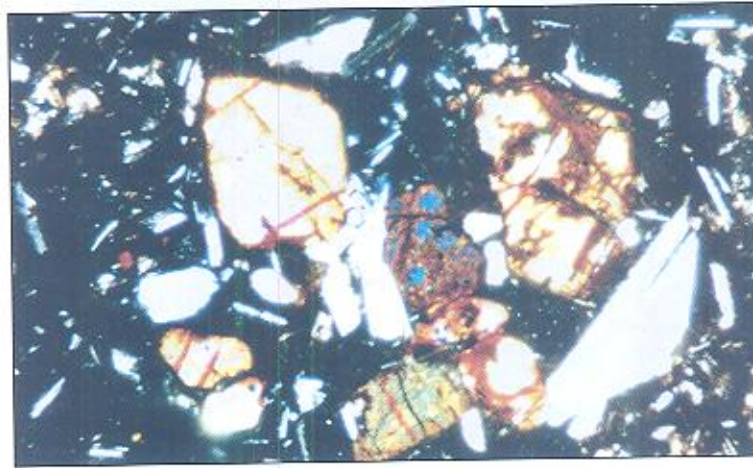
نتیجه‌گیری تکتونوماگمایی با استفاده از ترکیب شیمیایی و با برنظر گرفتن عناصر اصلی و یا عناصر کمیاب و خاکهای نابر در نمودارهای ژئوشیمیایی جنبه مقایسه‌ای با دیگر نمودارهای ژئوشیمیایی محدوده‌ها و زونهای ساختاری دارد و لزوماً موقعیت آنها را نشان نمی‌دهد.

با توجه به نمودارهای مختلف ژئوشیمیایی و تکتونوماگمایی بنظر می‌رسد که ماگمای متشکله بازالت‌های منطقه تودشک متعلق به یک محیط کششی بوده است. چنانچه منطقه تودشک دارای تکتونیک شکننده بوده و گسل‌ها و شکستگیهای فراوان موجود در این منطقه از روندهای ساختاری کمربند آتشفشانی ارومیه - دختر تبعیت می‌کند.

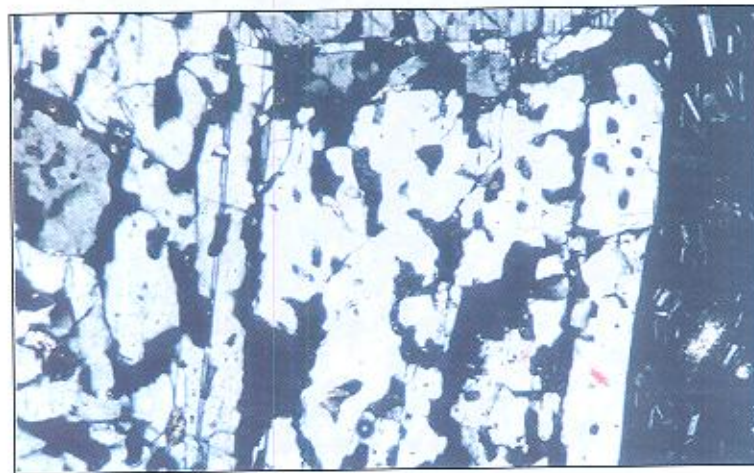




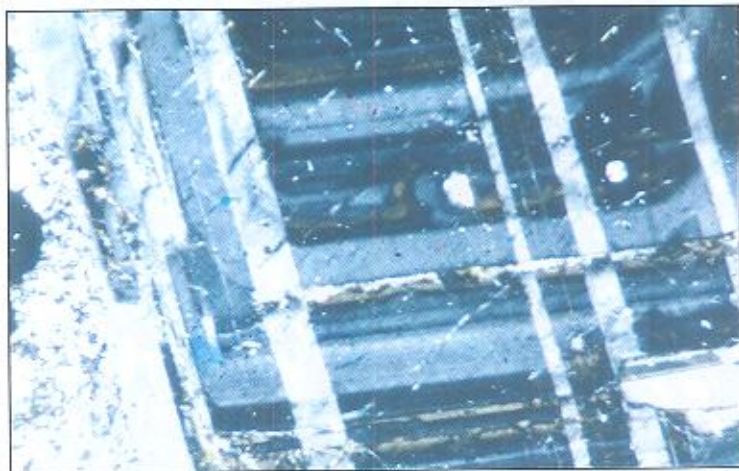
عکس ۱- نمایی نزدیک از بازالت‌های حوالی علی‌آباد کوهان: بخشهای قرمز رنگ (سفره‌دار و اکسیده) و بخشهای خاکستری رنگ (متراکم) قابل مشاهده است.



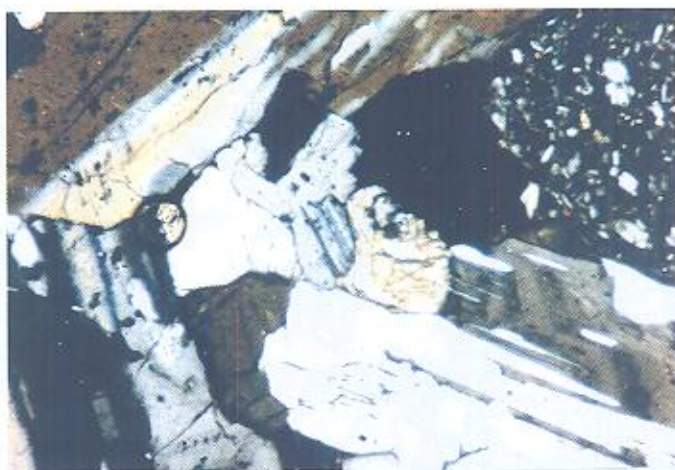
عکس ۲- الیون بازالت نئوزن، فنوکریستهای الیون در حواشی ایدنگتیزه شده و بخشهای داخلی کلریتیزه شده‌اند.



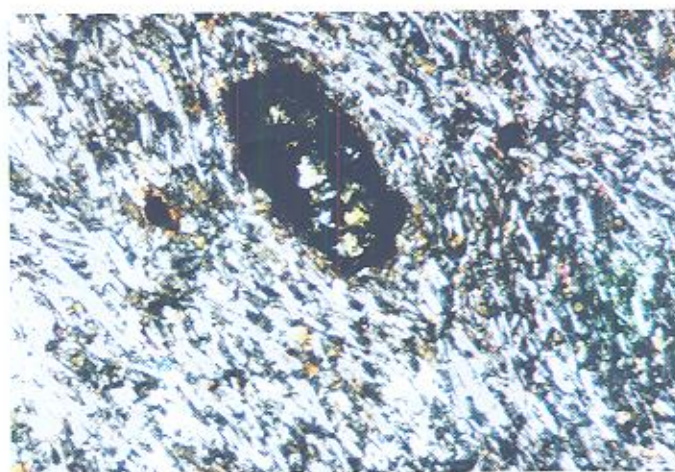
عکس ۳- زونینگ نوسانی در بلاژیوکلازهای موجود در پیروکسن آندزیتی بازالت‌های نئوزن تودشک، نورپلازیم با بزرگنمایی 75x



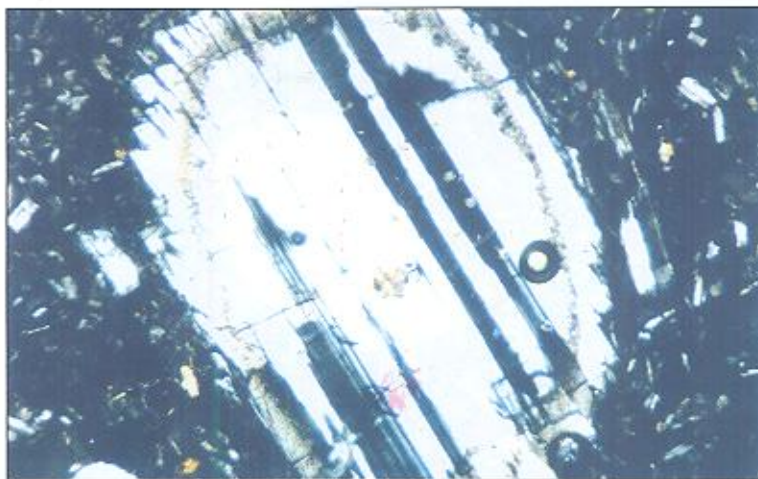
عکس ۴- بافت اسکلتی در پلاژیوکلازهای موجود در واحد آندزیتی بازالتی حوالی قاسم‌آباد، نوریلاریزه با بزرگنمایی 75x



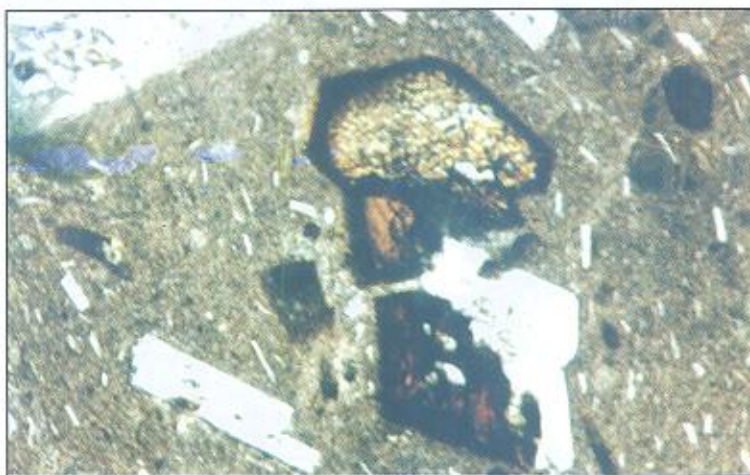
عکس ۵- تشکیل بافت گلومروپور فیروئیک ناشی از تجمع بیروکسینها (اوزیت تیتانیفر) و پلاژیوکلاز، نوریلاریزه با بزرگنمایی 75x



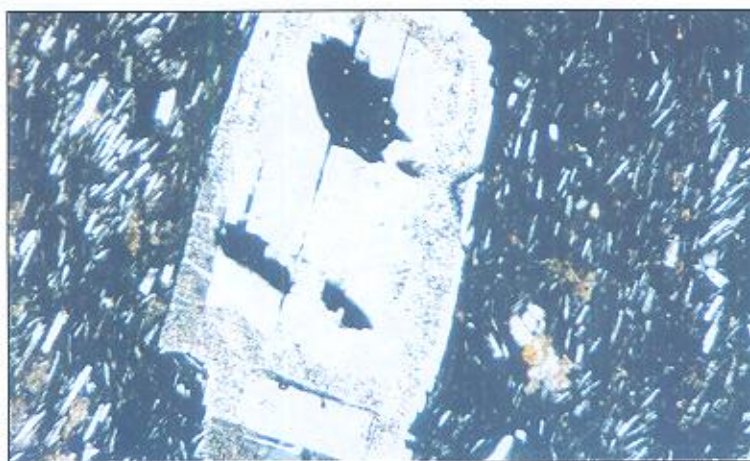
عکس ۶- فتوکریستهای البوین اباسیتزه در اندزیتی بازالتی حوالی مظفرآباد با بزرگنمایی 75x



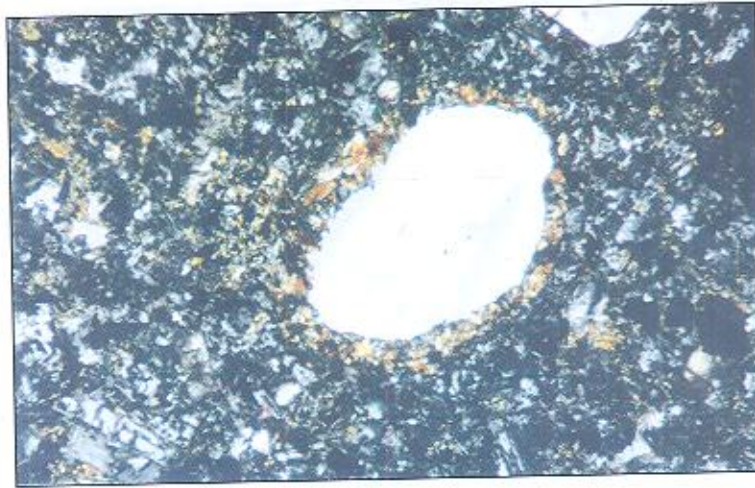
عکس ۷- فنوکریست پلاژیوکلاز با حواشی خورده شده و بافت غربالی در خمیره‌ای از شیشه اکسیده حاوی میکروولیت‌های پلاژیوکلاز با حاشیه سالم در قطعات موجود در لاهارهای حوالی زینت‌آباد. نور پلاریزه با بزرگنمایی 75x



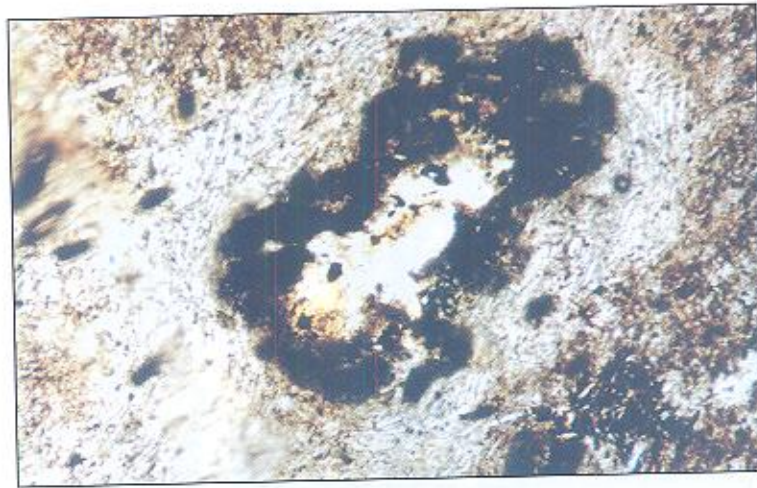
عکس ۸- فنوکریست‌های آمفیبول (هوربلند پارالتی) در قطعات لاهارهای حوالی جشوفان نور طبیعی با بزرگنمایی 75x



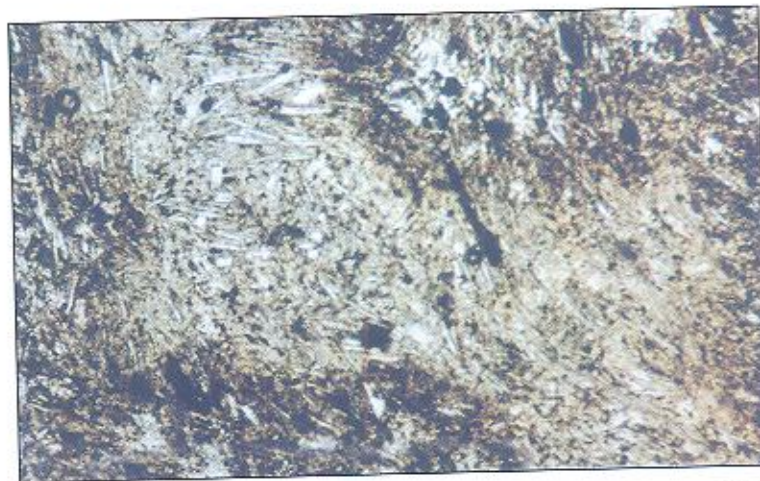
عکس ۹- فنوکریست پلاژیوکلاز در خمیره‌ای شیشه‌ای متشکل از میکروولیت‌های ظریف و جریانی پلاژیوکلاز با بزرگنمایی 75x



عکس ۱۰- فلوکریست کوارتز با حاشیه واکنشی متشکل از سوزنهای ظریف پیروگسن در داسیت آندزیتیک حوالی مهرآباد نور طبیعی با بزرگنمایی 75x



عکس ۱۱- گدازه‌های داسیتی نئوژن با آثاری از میکروپیلو در حال اضمحلال و واپاشی قابل مشاهده است. شیشه بازیک برنگ تیره و شیشه اسیدی برنگ روشن دیده می‌شود، نور طبیعی با بزرگنمایی 75x



عکس ۱۲- گدازه‌های داسیتی نئوژن، در خمیره این داسیتها در نور طبیعی دو فاز شیشه‌ای (اسید و بازیک) قابل مشاهده است. نور طبیعی با بزرگنمایی 75x



## کتابنگاری

امامی، م. ه. هاشم، ۱۳۶۳- شواهد سنگ‌شناسی مربوط به اختلاط ماگماهای اسید و بازیک و بررسی آن در رابطه با ژئوداسیوتئوپهای منطقه قم-آران، سازمان زمین‌شناسی کشور.

## References

- Cox, K.G., Bell, J.D and Pankhurst R.J., 1979- The interpretation of igneous rocks, London, George Allen & Unwin, 450 pp.
- Davoudzadeh, M. 1972- Geology and petrography of the area North of Nain Central Iran, Geol Surve. Iran. Rep. 140p.
- Emami, M.M. 1981. Geologie de la region de Qom-Area (Iran Center) Contribution a l' e'tude dynamiue et geochimique du volcanisme Tertiare de l' Iran Central. These Doctorat Etat, Grenoble. 489p.
- Floyd, P.A and J.A Winchester J.A. 1976- Geochemical discrimination of different magma series and their differentiation products using immobile elements, chemical geology. 20 (1977) 325-343.
- Irvine, T.N. and Barragar, W.R.A. 1971- A guide to the chemical classification of the common volcanic rocks, Can. Jour., Eart-Sci, No.8,p.523-548
- Kuno, H., 1968- Origin of andesite and its bearing on the Island arc structure, Ball volcanic, 32, p. 141-176.
- Mason, B. and Moore, C.B. 1982- Principles of Geochmistry, John wiely & Sons, New York, 344 pp.
- Nogol. Sadat, M.A., 1978- Les zones dedecrochment et les virgation Structural en Iran, Gonsequences des resultes de l,analyse- structured de la region de Qom. These 3eme cycle, Grenoble, 210p.
- Rollinson, Hugh. R, 1993- Using Geochemical Data; Evaluation, Presentation, Interpretation, Longman Scientific & Technical, P. 173-212, P.142-148.
- Shelly D., Igneous and metamorphic rocks under the microscope, Champan & Hall, 1993 P. 188-211, 239-245.
- Volcanic Succession, modern and ancient, R.A.F. Cas & J.V. Wright, 1987.
- Wilson, M. 1989- Igneous Petrogenesis; a global Tectonic approach, Unwin Hyman, P.37-99, 287-374.

\* پژوهشکده علوم زمین - سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور

\* Research Instctute of Earth Sciences Geological Survey of Iran.