

فرایندهای کانه‌زایی و دگرسانی در توده‌های گرانیتویدی^۱ (gd)

نوع آناتکسی منطقه ماه‌نشان و مسائل ژئودینامیکی مربوطه

(استان زنجان - شمال باختری ایران)

نوشته: دکتر محمد لطفی *

Mineralization and Alteration Processes in Anatectic Granitoids in Mah-Neshan Area and their Geodynamic Problems (Zanjan Province-NW Iran)

By: Dr. M. Lotfi*

چکیده

ورقه زمین‌شناسی ماه‌نشان در استان زنجان واقع در شمال باختری ایران قرار دارد. از دیدگاه ریخت زمین‌ساختی، پهنه‌ای از رشته‌کوه‌های موازی با روند شمال‌باختری - جنوب‌خاوری همراه با دشتهای میان‌کوهستانی وابسته را شامل می‌شود. از شمال‌خاوری تا جنوب‌باختری شامل زیرپهنه‌های زیر است: - حوضه اندآباد- ممشیا، شامل ردیفی پرسترا از رسوبات آواری اولیگوسن زیرین و لایه‌های سبز و سرخ تپه ماهوری نوژن وابسته به محیطی کم‌ژرفا و تبخیری است (زیرپهنه شماره ۱).

- کوهستانهای حبش - مغالو به شکل زیرپهنه‌ای طولی با ساختار فلسی که بر اثر انباشتگی ورقه‌های رورانده با شیب راندگی به طرف شمال‌خاور به وجود آمده و در نهایت واحدهای سنگی پرکامبرین (تنها سازند کهر) و فانروزوییک برنزد یافته‌اند (زیرپهنه شماره ۲).

- دشت دوزکند - ماه‌نشان - ینگجه، با ویژگی تقریبی گرم و خشک، به طور مایل در داخل منطقه قرار دارد (زیرپهنه شماره ۳).

- کوهستانهای ابراهیم‌آباد - اینچه - آلمالو، در جبهه شمال‌باختری منحصراً از واحدهای سنگی دگرگون‌شده درجه بالا و برنزددهایی چند از سازند کهر تشکیل شده است (زیرپهنه شماره ۴).

- دشت دندی - انگوران، با نهشته‌های سیلابی و واریزه‌ای QP^۱ که با شدت زیاد توسط شاخه‌های دره مانند بریده شده‌اند (زیرپهنه شماره ۵).

جایگاه سنگ‌چینه‌ای و ویژگی‌های سنگ‌شناختی توالی سنگی در دو زیرپهنه آهسته شماره ۲ و شماره ۴، نشانگر دو رژیم رسوبگذاری از نوع حوضه کافتی و محیط سکویی، برای تکوین مادر سنگهای اولیه آنهاست.

رسوبات اولیه و ولکانیت‌های وابسته در زیرپهنه شماره ۴، تحت فرایند دگرگونی، به شدت دگرشکل شده و سنگهای دگرگون‌شده‌ای از نوع گنیس، آمفیبولیت، شیست سبز و مرمر در آن به وجود آمده‌اند، در حالی که در زیرپهنه شماره ۲ سنگهای نوع اسلیت، فیلیت و شیست نارس تکوین یافته‌اند. این بدین معنی است که شیب زمین‌گرمایی و شدت دگرگونی از حوضه کافتی (زیرپهنه شماره ۴) به سوی محیط سکویی (زیرپهنه شماره ۲) به تدریج کاهش می‌یابد. افزون بر این، رخداد فرا دگرگونی موجب زایش توده‌های گرانیتوید آناتکتیکی نوع S در سراسر حوضه کافتی (زیر پهنه شماره ۴) شده است.

برخی از این گرانیتویدهای آناتکتیکی (مانند توده گرانیتوید مغالو) به شکل توده‌های نفوذی دیابیری قدرتمند در دوره‌ای خیلی دیرتر از زمان تبلور ماگمایی‌شان جایگزین شده‌اند و به جای هاله‌های همبری دگرگونی، ایجاد هاله‌های برشی و خردشده در اطراف توده‌های گرانیتویدی نموده‌اند. چنین هاله‌های برشی و خردشده، نقش محمل‌ها و مجاری مناسب برای مهاجرت و انتقال سیالهای کانه‌دار گرمایی را بازی می‌کنند و موجب تکوین دگرسانیهایی فراگیر در راستای کانه‌زایی‌های مربوطه می‌شوند.

برای مثال، دگرسانیهایی پتاسیک، آرژیلیک متوسط تا پیشرفته و کانی‌زاییهای آنیموان اپی‌ترمال وابسته در اطراف توده گرانیتوید نوع S مغالو در متن مقاله توصیف شده است.

کلید واژه‌ها: ریخت‌زمین‌ساخت، زیرپهنه فلسی، رسوبات سیلابی و واریزه‌ای، مادر سنگ اولیه، شیبست نارس، گرانیتوئید نوع S، توده‌های نفوذی دیابیری، هاله‌های برشی شده، دگرسانی‌های فراگیر، مهاجرت سیالهای کانه‌دار، کانی زایی اپی‌ترمال

Abstract

The Mahneshan sheet area lies in Zanjan Province in the northwest of Iran. From the morphotectonic point of view, it is generally zoned in a number of parallel northwest – southeast trending mountain ranges and their intervening valley plains. From the northeast to southwest, the subzones are as follows:

- The Andabad - Moshampa basin of thick sequence of Lower Oligocene detrital sediments and hummocky Neogene red-green beds of shallow and evaporating environments (subzone No.1).
- The Habash - Moghanlu mountains of longitudinal imbricate subzone resulted from the stacking of many thrust sheets verging to northeast and subsequently exposed the Precambrian (only Kahar FM.) and Phanerozoic rock units (subzone No.2).
- The Duzkand - Mahneshan- Yengejeh plain of relatively steppe characters diagonally placed across the sheet area (subzone No.3).
- The Ebrahimabad - Inche-Almalu mountain that on the northwest side formed exclusively by Precambrian high- grade metamorphic rock-units and few outcrops of Kahar formation. (Subzone No.4).
- The Dandi - Anguran plain of QP¹ fluvial - colluvial sediments dissected intensely by affluence (subzone No.5).

The lithostratigraphic settings and petrological characteristics of rock sequences in two main upland subzones (No.2 & No.4) reflect two sedimentary rift basins and platform regimes for their initial protolith creations.

The initial sediments and related volcanic rocks in subzone No. 4 have been intensely transformed by metamorphism to produce gneisses, amphibolites, green schists and marbles, whereas in subzone No. 2 slates, phyllites and semischists developed. It should be noted that the geothermal gradient and metamorphic intensity from rift basin (subzone No. 4) towards platform environment (subzone No. 2) are gradually decreased. Furthermore, ultrametamorphism had occurred and generated the anatectic S-type granitoids throughout the rift basin (subzone No. 4).

Some of these anatectic granitoids (such as Moghanlu granitoid) were emplaced as powerful diapiric intrusives very later than their magmatic crystallization and produced brecciated halos instead of metamorphic aureoles around the granitoid masses. Such brecciated halos play the role of suitable channel ways for hydrothermal ore-fluid migrations and development of pervasive alterations alongside the related ore-mineralization. For example, potassic, moderate to advanced argillic alterations and their associated epithermal Sb-mineralization around the Moghanlu S-type granitoid are described in text.

Keywords: Morphotectonic, Imbricate subzone, Fluvial-colluvial sediments, Protolith, semischist, S-type granitoid, Diapiric intrusives, Brecciated halos, Pervasive alterations, Ore-fluid migrations, Epithermal ore- mineralization.

۱. این توده‌های گرانیتوئیدی، پیش‌تر و در اصطلاح "توده‌های گرانیتوئیدی دوران" (Doran granitoids) نامیده می‌شدند.

مقدمه

که بین آنها را دشتهایی پست فرا گرفته است (شکل ۱). این زیرپهنه‌ها از

جهت شمال‌خاوری به جنوب‌باختری به ترتیب زیر است:

۱- حوضه اندآباد- مشمپا، شامل ردیفی پرستیرا از رسوبات آواری - تبخیری اولیگوسن زیرین و لایه‌های متناوب سرخ و سبز نئوژن وابسته به محیطهای کم‌عمق و تبخیری است که باریخت‌شناسی پست مشخص می‌شود.

۲- رشته‌کوههای مغالو - حبش، با امتداد طولی حدود ۵۲۵ کیلومتر و پهنای تا ۱۵ کیلومتر، یک زیرپهنه طولی رورانده با ساختار فلسی است که بر اثر انباشتگی ورقه‌های رورانده با شیب راندگی به طرف شمال‌خاوری به وجود آمده و در آن واحدهای سنگی پرکامبرین و فانروزویک برونزد دارند.

۳- دشت دوزکند - ماه نشان - ینگجه، با طول تقریبی ۶۲ کیلومتر و پهنای ۵ تا ۱۲/۵ کیلومتر، دارای ویژگی دشتهای بی‌آب و علف است و به

نوع سازندها و ویژگی چینه زمین‌ساخت ورقه ماه‌نشان، بیانگر این حقیقت است که بخش شمال‌خاوری آن با پهنه‌های البرز و ایران مرکزی مشابهت دارد، در حالی که بخش جنوب‌باختری آن به پهنه سنندج سیرجان پیوند دارد. رخدادهای ماگمایی همراه با پدیده‌های کانه‌زایی موجب شده تا جایگاه ماگمایی- فلززایی این منطقه مورد توجه قرار گیرد.

جغرافیا و ریخت‌شناسی

ورقه زمین‌شناسی ماه‌نشان با مختصات جغرافیایی ۳۶° ۳۰' تا ۳۷° عرض شمالی و ۴۷° ۳۰' تا ۴۸° طول خاوری در ۱۴۰ کیلومتری باختر زنجان قرار دارد و وسعت آن به ۲۴۷۲ کیلومتر مربع می‌رسد.

از دیدگاه ریخت‌زمین‌ساخت، منطقه ماه‌نشان با ساختاری از زیرپهنه‌های موازی، شامل رشته‌کوههایی با جهت شمال‌باختری - جنوب‌خاوری است

آن که در بخش زیرین واحد گنیسی (PC^{gn})، میگماتیت بروز می‌کند (شکل ۲)، توده‌های گرانیتوئیدی (gd) مغالو، اینچه، بلندپرچین، باختر اسدآباد و قوشکار (شکل ۱) در روند ذوب آتاکتیکی و طی فاز کاتانگایی شکل می‌گیرند. شاهد ذوب آتاکتیکی وجود بازمانده‌های (restites) بسیار غنی از بیوتیت است (شکل ۳) که به عنوان بقایای غیر قابل ذوب در درون گرانیت‌های آتاکتیکی به جا مانده‌اند. در این روند نیز بافت‌های دگرگونی گوناگون، از جمله بافت‌های بلاستیک، شستی و همچنین ساخت میلونیتی (شکل ۴ و ۵) پدیدار شده‌اند. با بررسی این ساخت و بافتها، روند اندازه‌گیری سطوح شست‌وارگی و برگوارگی مجموعه دگرگونی زیرپهنه شماره ۴ از N35W تا N55W متغیر است که با جهت NE/SW از یک فاز فشارشی همسویی دارند.

از همبری غیر مستقیم میان سازند کهر و سربهای دگرگون‌شده کهن و برپایه مشاهدات صحرایی و همسانی بافتی و کانیایی، چنین بر می‌آید که خویشاوندی آنها انتقالی است و به همان دلیل گمان می‌رود که سنگهای اولیه و خاستگاه سربهای دگرگون‌شده در یک حوضه عمیق تا نیمه عمیق نهشته شده و در افق‌های ساحلی به عنوان یک حوضه برقراره‌ای و به گونه انتقالی به سازند کهر تبدیل شده‌اند. بدین ترتیب ملاحظه می‌شود که پدیداری و جایگزینی توده‌های گرانیتوئیدی (gd) پنجگانه فوق در منطقه ماه‌نشان، حاصل ذوب آتاکتیکی در یک حوضه رسوبی است که در آن دو رژیم رسوبگذاری اتفاق افتاده است:

۱) رژیم سکویی که در آن رسوبگذاری در فلات قاره اتفاق افتاده و واحدهای رسوبی موسوم به سازند کهر، دولومیت سلطانیه، سازندهای باروت-زایگون - لالون و میلا را در زیرپهنه شماره ۲ برجای گذاشته است. فعالیت دامنشایی ماگمایی از نوع ریولیت و آندزیت نیز، آنها را همراهی می‌کرده است. این رسوبات در اثر دگرگونی ناحیه‌ای، سری سنگهای با درجه دگرگونی ضعیف از نوع اسلیت، فیلیت و شست نیم‌رس را به وجود آورده که منسوب به سازند کهر می‌باشند.

۲) رژیم رسوبگذاری در پهنه کافتی شامل رسوبات آواری، شیل، ماسه‌سنگ و مقداری آهک همراه با فعالیت آتشفشانی دو منشأیی بازالت و ریولیت است. در این محیط شیب زمین گرمایی و شدت دگرگونی بالا بوده و موجب دگرگون‌شدن شدید نهشته‌ها و پدیداری مجموعه دگرگونی شست سبز، آمفیبولیت گنیس و گرانیت آتاکسی شده‌اند.

شرایط تشکیل ماگمای آتاکسی در منطقه ماه‌نشان

شواهد صحرایی و نتایج سنگ‌نگاری سنگها، بالا بودن فشار بخار آب در ماگمای تشکیل‌دهنده توده‌های گرانیتوئیدی منطقه ماه‌نشان را تأیید می‌کند. این شواهد عبارتند از:

وسيله نهشته‌های سیلابی یا دریاچه‌ای محلی از واحد QPI پوشیده شده است. شیب ملایم آن از دوزکند با ارتفاع ۱۶۰۰ متر شروع و تا ارتفاع ۱۲۰۰ متر در ینگجه ادامه دارد و در این راستا، امتداد رودخانه قزل اوزن قابل ملاحظه است.

۴- رشته‌کوه‌های ابراهیم‌آباد- اینچه - آلمالو، با ارتفاع ۲۳۸۴ متر از سطح دریا، زیر پهنه آهیخته جنوب‌باختری را در مقابل رشته‌کوه‌های آهیخته مغالو - حبش در جبهه شمال‌خاوری می‌سازد. بخش شمال‌باختری این رشته‌کوه‌ها را واحدهای سنگی دگرگون‌شده درجه بالا ساخته‌شده و بخش جنوب‌خاوری آن از نهشته‌های نوژن پوشیده شده‌است.

۵- دشت دندی - انگوران، به وسیله نهشته‌های سیلابی و واریزه‌ای پوشیده شده و توسط شاخه‌های دره مانند بریده شده که سرانجام به رودخانه اصلی قزل اوزن می‌پیوندند.

زمین‌شناسی و سنگ‌نگاری

مجموعه واحدهای سنگی پرکامبرین، با قدیمی‌ترین سنگها در کوهستانهای آهیخته مغالو، حبش (زیرپهنه شماره ۲) و در کوهسارهای آلمالو - اینچه (زیرپهنه شماره ۴) بروز دارند. این مجموعه سنگها در زیرپهنه شماره ۴ از توالی آتاکتیکی و رخنمونهای محدودی از سازند کهر تشکیل شده، در صورتی که زیرپهنه شماره ۲ با گستره نسبتاً زیاد تنها سازند کهر و به دور از دیگر واحدهای دگرگون‌شده پرکامبرین مشخص می‌باشد. توالی آتاکتیکی به ترتیب درجه دگرگونی، شامل واحدهای سنگی زیر است:

قدیمی‌ترین واحد از گنیس‌های پورفیروبلاستیک تا گرانوبلاستیک PC^{gn} همراه با میان‌لایه‌هایی از میکاشیست و آمفیبولیت تشکیل شده که جهت گنیس‌وارگی و برگوارگی آن N50W/54NE است. میزان میان‌لایه‌های آمفیبولیت به سوی افق‌های بالایی، فراوان گشته و واحد (PC^{gn}) به تدریج جای خود را به واحد (PC^a) می‌دهد که از میکاشیست با بافت لپیدوبلاستیک و آمفیبولیت با بافت نماتوبلاستیک همراه با عدسیه‌هایی خردشده از سنگهای اولترامافیک (ترکیب سنگ شناختی لرزولیتی) تشکیل شده است. واحد PC^a به رخساره شست‌سبز (PC^m) با میان‌لایه‌هایی از مرمر تبدیل می‌شود. واحد (PC^m) به طور غیرمستقیم توسط سازند کهر (PC^k) پوشیده می‌شود که شامل شیل، فیلیت، اسلیت، شست نارس و میان‌لایه‌هایی از توف و متاآندزیت است.

محیط رسوبگذاری و سازوکار تشکیل توده‌های آتاکتیکی گرانیتوئیدی

با فرا بارشدن درجه دگرگونی و افزایش حالت گداز مربوطه، گنیس‌های گرانیتی با بافت گرانوبلاستیک و در نهایت گرانیت‌های لوکوکرات (gd) در بخش زیرین واحد گنیسی (PC^{gn}) توسعه می‌یابد. در این راستا ضمن

ماگمای گرانیتوئیدها در عمق بین ۲۰ تا بیش از ۳۰ کیلومتر (نهایتاً تا عمق ۴۰ کیلومتر) را نشان می‌دهد که تأییدی بر خاستگاه پوسته قاره‌ای آنهاست.

تعیین نوع گرانیتوئیدها

افزون بر موارد فوق، مطالب زیر نیز می‌تواند تأییدی بر خاستگاه پوسته قاره‌ای توده‌های گرانیتوئیدی منطقه ماه‌نشان و همسویی آنها با گرانیتوئیدهای نوع "S" باشد:

۱) با توجه به جدول شماره ۱، ملاحظه می‌شود که نسبت $(CaO+K_2O+Na_2O) / Al_2O_3$ کلیه نمونه‌ها بزرگ‌تر از ۱/۱ و میزان درصد نورم کزدوم در اکثر نمونه‌ها بیشتر از واحد است.

۲) همراه بودن اغلب توده‌های گرانیتوئیدی با میگماتیت، آمفیبولیت، میکاشیست و گنیس

۳) نبود هورنبلند و هر گونه آمفیبول در نمونه‌های سنگی گرانیتوئیدی

۴) وجود بیوتیت با مقدار درصد حجمی بالا، با نام تنها کانی فرومنیزین در نمونه‌های سنگی.

۵) وجود بازماندهایی از مجموعه کانیهای بیوتیت با نام بقایای غیرقابل ذوب در بیشتر نمونه‌های گرانیتوئیدی.

۶) محدود بودن ترکیب سنگ‌شناختی نمونه‌ها از گرانودیوریت تا گرانیت.

۷) با توجه به نمودار مثلی Rb، Ba، Sr، شکل ۱۴، قلمرو گرانیتوئیدهای منطقه ماه‌نشان در محدوده گرانیتوئیدهای قلع‌دار قرار نمی‌گیرند.

پس از شکل‌گیری و جایگزینی، توده‌های گرانیتوئیدی پنجگانه موجود در منطقه ماه‌نشان در اثر تنشهای دینامیکی دگرشکل شده، در آنها فابریک میلیونیتی پدیدار شده است.

پدیده‌های دگرسانی و کانی‌زایی و ارتباط آنها با فابریکهای ژئودینامیکی

ماگمای گرانیتی نوع "S" فوق در بعضی نقاط توده گرانیتوئیدی اینچه و بلندپرچین موجب دگرگونی همبری شده، این در حالی است که توده‌های گرانیتوئیدی مغاللو و قوشکار در داخل سازند کهر بدون شکل‌گیری هاله دگرگونی با ساخت تقریباً حلقوی جایگزین شده‌اند. مسئله نحوه جاگیری این توده‌ها می‌تواند با حرکات دیاپیری ناشی از تاثیر نیروهای گرانشی تطبیق داشته باشد. زمان این جاگیری قبل از نهشت دولومیت سلطانیه و بعد از سازند کهر می‌باشد. بدین ترتیب توده‌های گرانیتوئیدی بصورت دیاپیرهای گرانیتی (S)، سازند کهر را قطع می‌نمایند

۱) در توده‌های گرانیتوئیدی، اغلب پهنه‌های پگماتیستی (مانند گرانیت مغاللو- شکل ۶) و رگه‌های پگماتیستی (در دیگر توده‌های گرانیتوئیدی) یافت می‌شود که بیانگر آبدار بودن ماگمای تشکیل دهنده آنهاست.

۲) وجود مسکوویت در این سنگها، نشانه بالا بودن فشار بخار آب در محیط تشکیل گرانیتوئیدهای منطقه ماه‌نشان است. زیرا پایداری مسکوویت به فشار بخار آب و دما بستگی دارد. بر اساس شکل ۷ منحنی پایداری مسکوویت در کنار منحنی ذوب گرانیت‌ها رسم شده است و همان گونه که ملاحظه می‌شود، این دو منحنی همدیگر را در دمای حدود ۷۰۰ درجه سانتی‌گراد و فشار حدود ۱۵۰۰ بار قطع کرده‌اند. این امر نشان می‌دهد که گرانیت‌های دارای مسکوویت حتماً در فشار بخار آب بیش از ۱۵۰۰ بار متبلور شده‌اند.

۳) وابستگی مطلب فوق در راستای نمودار Qz-Ab-Or (شکل ۸) حاکی از آن است که توده‌های گرانیتوئیدی در شرایط دست‌کم بیش از ۲/۵ کیلو بار فشار بخار آب و در دمای ۶۵۰ تا ۸۶۰ درجه سانتی‌گراد تشکیل شده‌اند.

ویژگیهای سنگ‌ژئوشیمیایی، محیط زمین‌ساخت‌ماگمایی و عمق ماگمای آناتکسی توده‌های گرانیتوئیدی (gd)

از توده‌های گرانیتوئیدی (gd) در منطقه ماه‌نشان، تعداد ۲۳ نمونه به روش XRF برای عناصر اصلی و جزئی مورد تجزیه قرار گرفته (جدول ۲) که در محاسبات سنگ‌ژئوشیمیایی این توده‌ها به کار رفته است.

۱) در رده‌بندی سنگ‌ژئوشیمیایی نمونه‌ها، از نمودارهای SiO_2 در مقابل مجموع قلیایی‌ها (Na_2O+K_2O) ، نمودار (AFM) (ایروین- باراگار ۱۹۷۱ شکل ۹ و ۱۰) و نمودار لگاریتمی درصد SiO_2 در برابر نسبت Zr/TiO_2 (وینچستر و فلویید ۱۹۷۶) (شکل ۱۱) استفاده شده و چنین نتیجه‌گیری شد که سری ماگمایی نمونه‌ها کلسیم- قلیایی بوده، ضمن آنکه از دیدگاه ترکیب شیمیایی در قلمرو گرانودیوریت تا گرانیت قرار می‌گیرند. این موضوع تأییدکننده برسپهای سنگ‌نگاری است.

۲) به منظور تعیین جایگاه زمین‌ساخت-ماگمایی توده‌های گرانیتوئیدی (gd) از نمودار مانیار- پیکولی (۱۹۸۹) استفاده شده و همان گونه که در شکل ۱۲ ملاحظه می‌شود، بیشتر نمونه‌ها در قلمرو (POG) * قرار گرفته‌اند. این قلمرو با جایگزینی توده‌های گرانیتوئیدی ماه‌نشان پس از رخداد دگرگونی در پهنه کافی نابالغ و سکویی برابری دارد.

۳) در تعیین عمق ماگما، بر اساس شکل ۱۳، نمودار لگاریتمی (Rb) در برابر (Sr) (نمودار کاندی ۱۹۷۰) به کار گرفته شد و همان گونه که ملاحظه می‌شود، محدوده قرارگیری نمونه‌ها، جایگزینی و تشکیل

رشته کوههای ابراهیم آباد - اینچه - آلمالو) در منطقه ماه نشان، نشانگر یک حوضه رسوبی با دو رژیم رسوبگذاری کافتی (ریفت نابالغ) و سکویی است. این رسوبات پس از رخداد دگرگونی، به ترتیب در حوضه کافتی (زیرپهنه شماره ۴) موجب پدیداری سنگهایی با شدت دگرگونی بالا از نوع گنیس، آمفیبولیت، شیست سبز و مرمر شده است، این در حالی است که در حوضه سکویی، واحدهای سنگی نوع اسلیت، فیلیت و شیست نیمرس منتسب به سازند کهر شکل گرفته است (زیرپهنه شماره ۲). در واقع شیب زمین گرمایی و شدت دگرگونی از حوضه کافتی به سوی حوضه سکویی برقراره ای به تدریج کاهش یافته است.

این روند از دگرگونی پیشرونده، در حوضه کافتی به مرحله فرا دگرگونی رسیده و منجر به زایش و جاگیری توده های گرانیتوئیدی نوع S شده است. این توده های گرانیتوئیدی با منشا آتاکسی، از نوع گرانیتوئیدهای قلع دار نمی باشند.

برخی از این توده های گرانیتوئیدی به صورت دیاپیرهای گرانیتی قدرتمند، آن هم در زمان بسیار دیرتری نسبت به زمان تبلور ماگمای گرانیتی خود، نفوذ کرده اند و پدیداری هاله های خردشده و برشی در حاشیه را سبب شده اند. این هاله خردشده محمل بسیار مناسبی جهت نفوذ محلولهای گرمایی بوده که سرانجام ضمن توسعه دگرسانی های فراگیر آرژیلیک متوسط تا پیشرفته، موجب کانی زایی سولفیدی آنتیموان نوع اپی ترمال، به ویژه در حاشیه توده گرانیتوئیدی مغالو نیز شده است.

واحد ۱: دایکی به شدت خردشده و میلوئیتی که عمدتاً از ترمولیت - آکتینولیت، کلریت و مقداری کانیه های گروه اپیدوت تشکیل شده و به وسیله رگه های کوارتز و مواد کانه ای آنتیموان قطع و آغشتگی یافته است. ضخامت آن به ۴ متر می رسد.

واحد ۲: سنگی به رنگ صورتی تا سرخ، به شدت خرد و میلوئیتی شده و با رگچه هایی از استینیت و کوارتز با بافت تداخلی، آمیخته شده است. این واحد با توجه به مقاومت مکانیکی بالا، چهره ای خشن از هوازدگی را نشان می دهد.

واحد ۳: یک دایک به شدت کلریتی تا سربانتینیتی و با ترکیب بازی است که توسط باطله کوارتزی همراه با بلورهای تیغه ای، سوزنی شکل و شعاعی از کانه استینیت بریده شده است. یک ترانشه اکتشافی نیز با اندازه ۳×۱۲×۲۳ متر حفر شده است. دیگر کارهای قدیمی در امتداد شکستگی کانی زایی شده از این واحد همچنین قابل دیدن هستند.

واحد ۴: این واحد با ضخامت ۲ متر از گرانیت خرد شده، در حاشیه خاوری ترانشه اکتشافی قرار دارد که به تدریج به گرانیت معمولی تبدیل می شود. مواد قهوه ای رنگ کربنات و سیلیس، رگه و رگچه هایی در این واحد ایجاد کرده اند.

نمودار پاراژنز کانه ای رخداد معدنی استینیت در شمال مغالو در شکل ۱۸ آورده شده است.

نتیجه گیری

ویژگی سنگ چینه ای و سنگ شناختی واحدهای سنگی تشکیل دهنده دو زیرپهنه آبیخته شماره ۲ (رشته کوههای مغالو - حبش) و شماره ۴

جدول ۱- شاخصهای توده های گرانیتوئیدی نوع S

توده گرانیتوئیدی	Al ₂ O ₃ /(CaO+K ₂ O+Na ₂ O)	در صد نورم کروندم
مغالو	1.498>1.1	1.34>1
باختر اسدآباد	1.52>1.1	2.63>1
اینچه	2.115>1.1	2.28>1
قوشکار	1.45>1.1
بلندپرچین	1.30>1.1

جدول ۲- نتایج تجزیه شیمیایی نمونه‌های مربوط به توده‌های گرانیتیویدی نوع آتاکسی منطقه ماه‌نشان

Sample	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	Ba	Rb	Sr
ML.1	71.972	0.194	13.401	0.598	0.598	0.008	0.012	0.411	5.948	6.65	0.019	63.493	3.2	106.74
ML.3	73.531	0.171	13.917	2.191	2.191	0.014	0.074	0.691	2.314	5.154	0.023	458.08	198.79	81.348
ML.4	70.952	0.53	13.945	1.197	1.197	0.012	0.558	1.099	4.812	6.577	0.086	204.03	5.261	187.36
ML.8	71.883	0.12	13.977	0.77	0.77	0.011	0.074	0.924	5.022	6.527	0.14	46.456	3.5	62.025
ML.15	73.267	0.309	13.548	3.853	3.853	0.021	0.178	0.519	2.381	4.784	0.094	767.21	110.37	43.436
ML.18	72.572	0.095	14.071	0.195	0.195	0.005	0.051	0.222	4.418	6.515	0.015	20.074	3.4	58.3
ML.33	73.501	0.265	14.144	1.322	1.322	0.022	1.101	1.456	0.342	6.006	0.021	928.32	117.06	83.749
ML.40	73.793	0.118	13.589	0.532	0.523	0.004	0.208	1.467	3.889	4.983	0.013	405.5	160.45	188.41
ML.91	70.182	0.369	14.411	1.326	1.326	0.055	0.565	3.405	5.176	2.514	0.109	336.87	103.86	886.16
ML.142	74.296	0.073	12.973	0.357	0.357	0	0.041	-0.181	10.022	0.11	0.09	157.02	122.02	202.73
ML.145A	68.531	0.67	14.267	5.183	5.183	0.049	0.813	2.335	2.44	3.546	0.111	1100.9	92.535	156.3
ML.146	69.459	0.978	15.072	3.337	3.337	0.054	0.966	3.714	3.038	2.458	0.217	138.57	107.74	416.29
ML.147	71.71	0.45	14.31	0.55	0.55	0.02	4.18	0.63	5.57	0.12	0.18	213	138	66
ML.113	74.929	0.139	12.268	1.23	1.23	0.001	0.14	0.131	7.51	0.547	0.012	188.03	117.08	198.6
ML.107	73.873	0.302	12.905	2.349	2.349	0.03	0.224	1.098	3.813	4.312	0.061	240.91	142.34	140.2
ML.104	68.149	0.46	15.26	1.737	1.737	0.063	0.795	3.354	4.614	3.16	0.138	135.57	95.74	1160.3
ML.108	65.403	0.514	15.558	2.75	2.75	0.065	0.772	2.89	4.141	4.606	0.147	176.48	122.32	835.35
ML.225	64.911	0.677	17.652	3.01	3.01	0.044	0.941	3.338	5.712	3.127	0.204	273.76	93.222	1249
ML.273	75.69	0.1	15.05	0.95	0.95	0.01	0.15	0.37	2.78	4.28	0.02	353	103	86
ML.277	70.32	0.37	14.98	2.68	2.68	0.03	0.98	2.44	2.71	2.82	0.07	690	162	493
ML.280	69.96	0.38	14.45	3.48	3.48	0.03	0.64	2.94	2.83	2.91	0.06	480	178	487

Sample	Y	Zr	Nb	Th	Pb	Ga	Zn	Cu	Ni	V	Cr	Hf	Cs	Sc
ML.1	24.107	357.8	53.285	*	*	104.32	*	*	*	11.227	6.608	*	*	*
ML.3	19.628	115.37	*	*	*	16.436	1.576	*	*	5.603	7.478	*	*	*
ML.4	1.233	382.13	28.556	*	*	83.976	*	*	*	29.802	13.498	*	*	*
ML.8	1.68	200.73	11.496	*	*	42.049	4.224	*	*	4.801	7.097	*	*	*
ML.15	10.192	215.97	*	*	*	53.887	*	*	*	12.307	10.346	*	*	*
ML.18	8.83	274.72	53.57	*	*	72.801	*	*	*	4.567	7.095	*	*	*
ML.33	4.867	212.97	*	*	*	200.07	*	*	*	13.878	7.202	*	*	*
ML.40	28.228	121.92	3.314	*	*	13.11	27.158	14.469	*	*	*	2.515	*	*
ML.91	*	184.33	*	*	*	12.582	32.218	11.035	*	*	*	*	*	*
ML.142	62.29	163.03	58.397	66.299	*	15.09	23.819	17.363	4.757	*	*	3.33	*	*
ML.145A	*	302.92	*	*	*	36.298	*	*	*	47.476	8.647	*	*	*
ML.146	22.169	352.19	7.508	*	*	11.873	26.345	9.557	*	31.588	16.142	5.413	*	*
ML.147	33	354	0.7	4	*	37	300	*	9	30	*	7	*	*
ML.113	35.055	172.95	34.775	46.058	*	15.358	28.08	17.919	10.654	5.121	4.441	5.29	*	*
ML.107	9.099	124.41	*	*	*	12.688	29.589	21.29	*	9.076	5.015	1.262	*	*
ML.104	*	192.59	*	*	*	15.604	51.05	18.751	*	*	*	*	*	*
ML.108	*	181.63	*	15.135	*	17.471	54.82	13.301	3.326	4.344	1.983	3.988	*	*
ML.225	*	184.28	*	*	*	17.19	57.063	11.57	9.055	22.105	10.721	2.716	*	*
ML.273	0.5	133	0.7	0.7	*	65	938	*	5	6	*	2	*	*
ML.277	22	189	0.5	2	*	24	243	*	4	16	*	2	*	*
ML.280	19	240	0.5	0.5	*	21	220	*	4	13	*	1	*	*

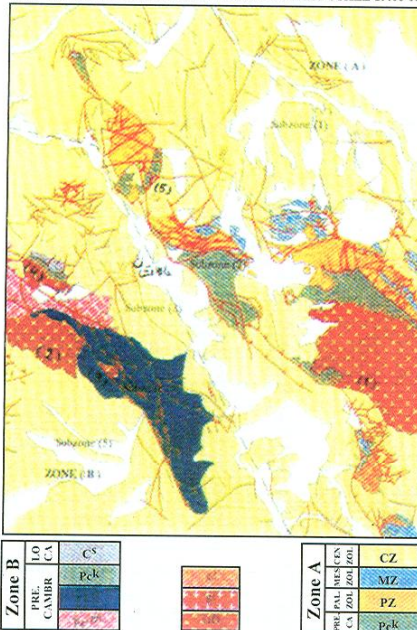


ادامه جدول ۲

Sample	Ns	Di	DiWo	DiEn	DiFs	Hy	HyEn	HyFs	OI	OIFo	OIFa	Mt	iL	Ap	C I	D I	Rb/Sr
ML.1	11.27	1.55	0.73	0.03	0.79	0	0	0	0	0	0	0	0.37	0.04	1.92	78.8	0.030
ML.3	0	0	0	0	0	2.13	0.18	1.95	0	0	0	3.17	0.32	0.05	5.62	87.74	2.444
ML.4	8.47	4.05	2.05	1.02	0.98	0.71	0.36	0.35	0	0	0	0	1	0.19	5.75	75.42	0.028
ML.8	9.27	2.71	1.3	0.18	1.23	0	0	0	0	0	0	0	0.23	0.3	2.94	78.25	0.056
ML.15	0	0	0	0	0	3.75	0.43	3.32	0	0	0	5.43	0.57	0.2	9.76	84.48	2.541
ML.18	8.69	0.68	0.34	0.13	0.21	0	0	0	0	0	0	0	0.18	0.03	0.86	82.68	0.058
ML.33	0	0	0	0	0	3.71	2.77	0.94	0	0	0	1.93	0.51	0.05	6.14	28.19	1.398
ML.40	0	1.76	0.9	0.52	0.34	0	0	0	0	0	0	0.78	0.23	0.03	2.77	92.26	0.852
ML.91	0	4.64	2.38	1.42	0.84	0	0	0	0	0	0	1.93	0.71	0.24	7.28	83.41	0.117
ML.142	19.74	0.33	0.16	0.03	0.14	0.48	0.08	0.4	0	0	0	0	0.14	0.2	0.94	65.02	0.602
ML.145A	0	0	0	0	0	25.33	15.76	9.58	0	0	0	7.29	1.23	0.23	14.58	72.26	0.592
ML.146	0	0	0	0	0	4.16	2.35	1.8	0	0	0	4.71	1.81	0.46	10.68	71.05	0.259
ML.147	0	0	0	0	0	10.63	10.63	0	0	0	0	0.54	0.87	0.4	12.05	80.93	2.091
ML.113	14.1	0.51	0.25	0.04	0.23	2.15	0.32	1.84	0	0	0	0	0.27	0.03	2.94	67.42	0.590
ML.107	0	0	0	0	0	2.45	0.55	1.9	0	0	0	3.36	0.57	0.13	6.38	88.38	1.015
ML.104	0	3.49	1.8	1.09	0.61	1.42	0.91	0.51	0	0	0	2.53	0.88	0.3	8.32	79.76	0.083
ML.108	0	2.72	1.37	0.66	0.69	2.64	1.28	1.36	0	0	0	4	0.98	0.32	10.35	79.08	0.146
ML.225	0	1.7	0.86	0.45	0.38	3.4	1.84	1.56	0	0	0	4.25	1.25	0.43	10.61	76.05	0.075
ML.273	0	0	0	0	0	1.18	0.37	0.81	0	0	0	1.37	0.19	0.04	2.74	90.32	1.198
ML.277	0	0	0	0	0	4.59	2.45	2.15	0	0	0	3.88	0.7	0.15	9.18	75.81	0.329
ML.280	0	0	0	0	0	4.49	1.58	2.9	0	0	0	4.99	0.71	0.13	10.19	74.21	0.366

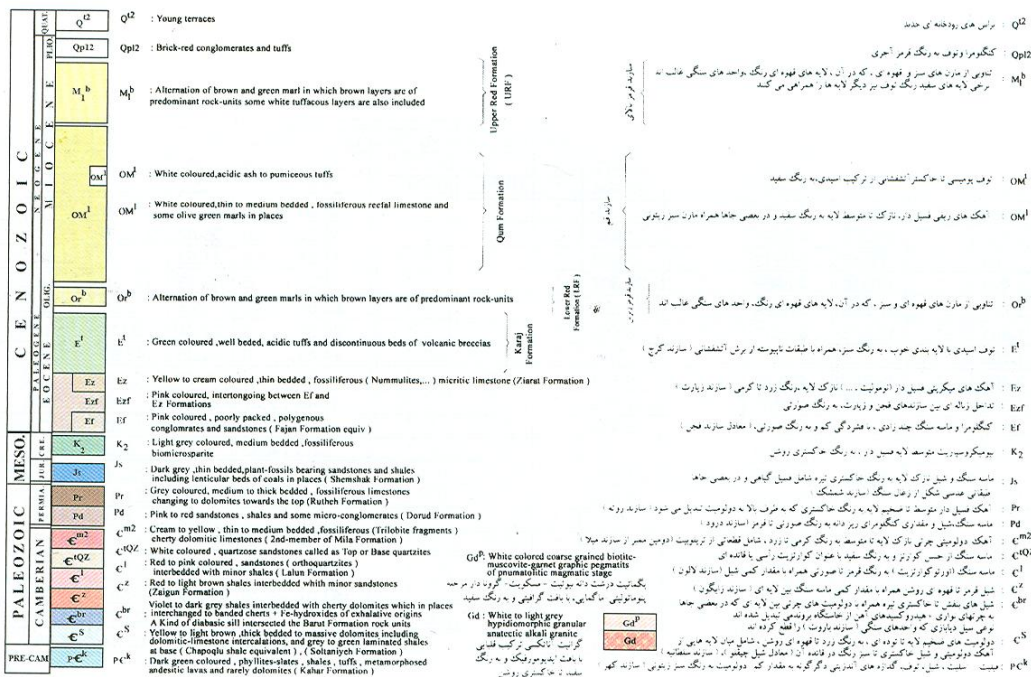
Sample	Ta	Co	La	Ce	Nd	Sm	Eu	Tb	Yb	Q	C	Or	Ab	An	Ne	Ac
ML.1	0.955	*	49.739	52.504	*	32.422	*	*	*	39.39	0	39.41	0	0	0	1.73
ML.3	3.303	*	15.941	50.421	*	27.798	*	*	*	37.83	3.3	30.4	19.5	3.29	0	0
ML.4	1.026	*	100.05	54.756	*	1.8	*	*	*	36.89	0	38.53	0	0	0	3.42
ML.8	2.766	*	49.222	49.961	*	22.642	*	*	*	39.73	0	38.52	0	0	0	2.22
ML.15	2.83	*	70.45	73.512	*	0.404	*	*	*	37.38	3.6	27.52	19.57	1.97	0	0
ML.18	1.491	*	13.314	49.668	*	26.307	*	*	*	43.5	0	39.18	0	0	0	0.57
ML.33	2.774	*	27.205	71.209	*	70.275	*	*	*	43.58	4.47	35.7	2.9	7.15	0	0
ML.40	1.851	*	12.973	54.617	*	3.453	*	*	*	29.36	0	29.74	33.16	4.91	0	0
ML.91	1.109	*	*	*	*	*	*	*	*	24.46	0	14.95	43.99	8.68	0	0
ML.142	2.307	*	19.646	100.39	*	19.733	*	*	*	64.36	0	0.66	0	0	0	1.05
ML.145A	1.589	*	47.435	83.407	*	61.762	*	*	*	31.93	2.32	20.34	20	10.61	0	0
ML.146	0.773	*	65.663	12.52	*	16.457	*	*	*	31.87	1.08	14.17	25.02	16.72	0	0
ML.147	7	*	22	96	*	21	*	*	*	32.3	4.33	0.72	47.9	2.11	0	0
ML.113	2.38	*	42.164	140.95	*	21.687	*	*	*	64.12	0	3.3	0	0	0	3.62
ML.107	1.287	*	*	52.566	*	2.694	*	*	*	31.4	0.08	25.17	31.81	5.03	0	0
ML.104	1.291	*	*	*	*	*	*	*	*	21.76	0	18.79	39.2	11.62	0	0
ML.108	1.509	*	35.279	1.684	*	5.053	*	*	*	16.58	0	27.35	35.14	10.25	0	0
ML.225	1.137	*	19.38	*	*	7.281	*	*	*	10.98	0	18.02	47.04	12.91	0	0
ML.273	2	*	1.5	62	*	4	*	*	*	41.67	5.18	25.23	23.41	1.71	0	0
ML.277	2	*	17	2	*	8	*	*	*	36.26	3.17	16.67	22.89	11.69	0	0
ML.280	1.5	*	25	14	*	11	*	*	*	33.55	1.39	17.01	23.64	14.08	0	0

STRUCTURAL MAP OF THE MAHNESHAN SHEET SCALE 1:400 000



- Subzone (1) (۱) زیر پهنه شماره (۱)
- حوضه انداباد - مشهار
- Subzone (2) (۲) زیر پهنه شماره (۲)
- رشته کوههای آهیکته مغاللو - حبش
- Subzone (3) (۳) زیر پهنه شماره (۳)
- دشت دوزکند - ماه نشان - پینکچه
- Subzone (4) (۴) زیر پهنه شماره (۴)
- رشته کوههای آهیکته ابراهیم آباد - اینچه - کنالو
- Subzone (5) (۵) زیر پهنه شماره (۵)
- دشت دندی - انگوران
- (۱) گرانیتوئید مغاللو (۲) گرانیتوئید بلند برجین
- (۲) گرانیتوئید اینچه (۳) گرانیتوئید غرب اسداباد
- (۴) گرانیتوئید قوشکار (۵) گرانیتوئید قوشکار

LEGEND راهنما



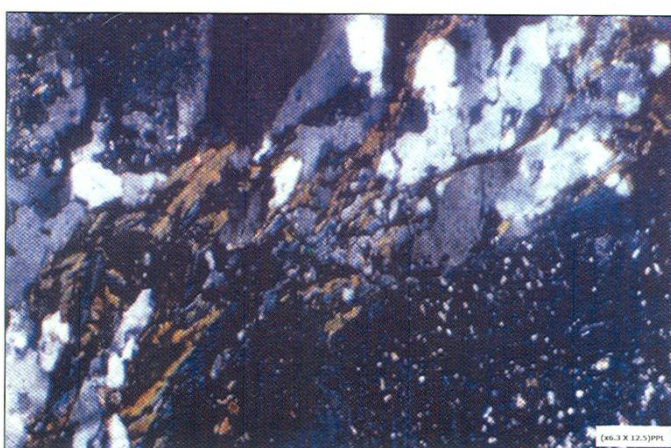
شکل ۱- نمایش از پهنه بندی ریخت زمین ساختی چهار گوش ۱:۱۰۰۰۰۰ ماه نشان و برنزدهایی از توده های گرانیتوئیدی آتاکسیک (gd) به اصطلاح موسوم به گرانیتهای دوران (Doran granites) (تهیه شده توسط لطیفی، ۱۳۸۱).



شکل ۲- فرایند میکماتیسی شدن در گنیس PC^{gn}

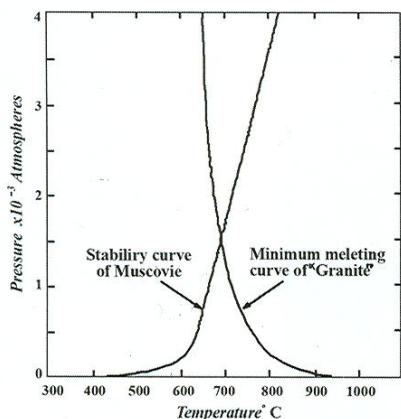


شکل ۳- نمایی از بازماند بیوتیتی در توده گرانیتوئید آناتکسی مغالو

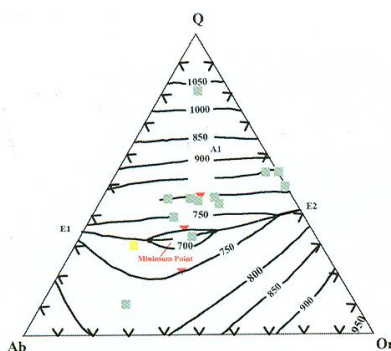


شکل ۴ و ۵- فنوبلاستهای از فلدسپار در گنیس را نشان می دهند که به وسیله یک فاز پلاستیک از مواد فلسیک همراه با رشته های میکا قرار گرفته شده اند و در نهایت ساخت میلونیتی را نشان می دهند.

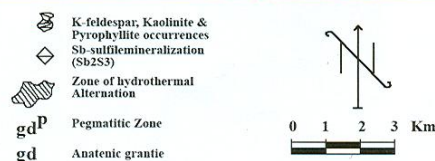
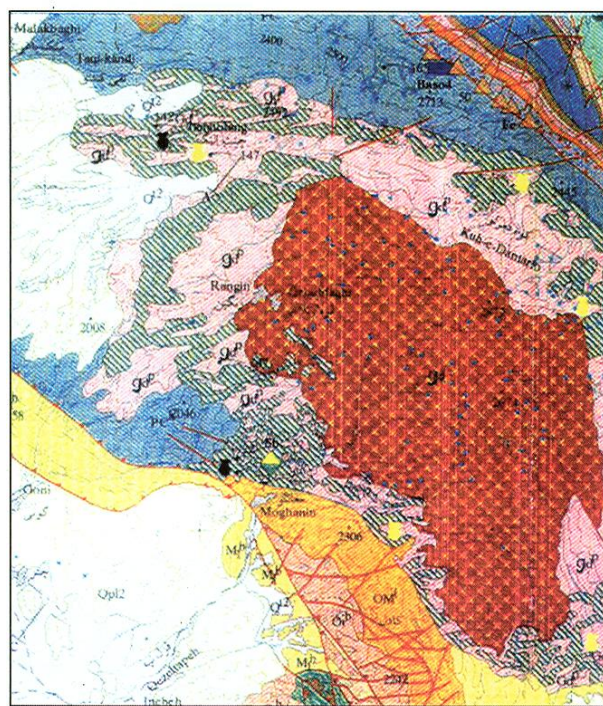
(X6.3X 12.5) XPL



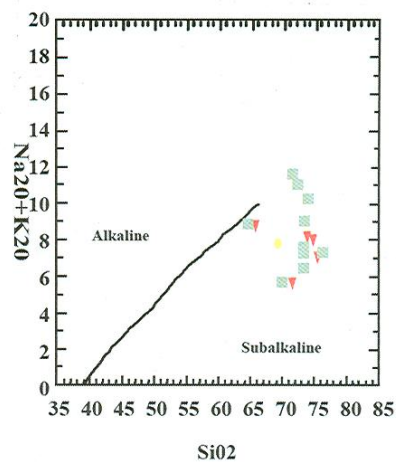
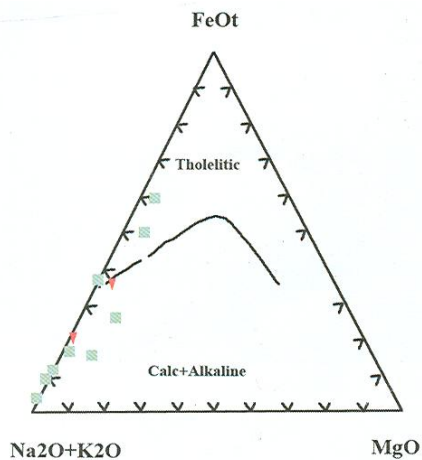
شکل ۷- منحنی پایداری مسکوویت (بودر و همکار، ۱۹۵۵).



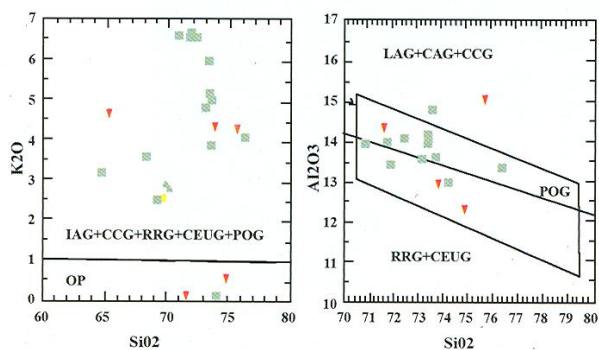
شکل ۸- سیستم کوارتز- آلپیت- ارتوز و موقعیت نمونه‌های گرانیتوئیدی gd بر روی آن را نشان می‌دهد. M: نقطه مینیمم حرارت در حالت اشباع از آب (تاتال و باودن، ۱۹۵۸) A1: مینیمم حرارت در حالت بی‌آبی (هیگنز، ۱۹۸۵)



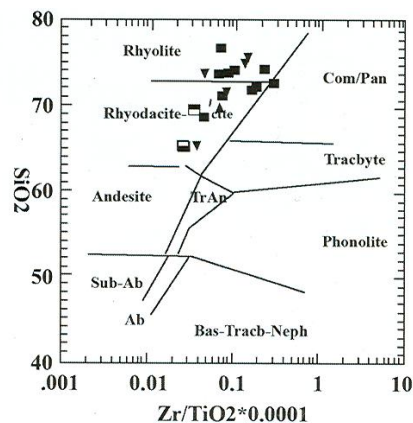
شکل ۶- نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ منطقه مغالو و سیمانی از پهنه بندی سنگ‌شناختی دگرسانی و کانی‌زایی در توده گرانیتوئیدی مغالو واقع در بخش خاور و شمال خاوری چهارگوش ۱:۱۰۰۰۰۰ ماه‌نشان (تهیه شده توسط لطفی، ۱۳۸۱).



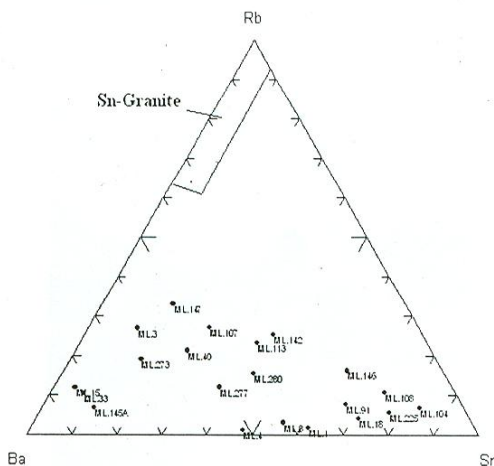
شکل ۹ و ۱۰- نمودارهای تعیین سری ماگمایی (Irvine & Baragar 1971)



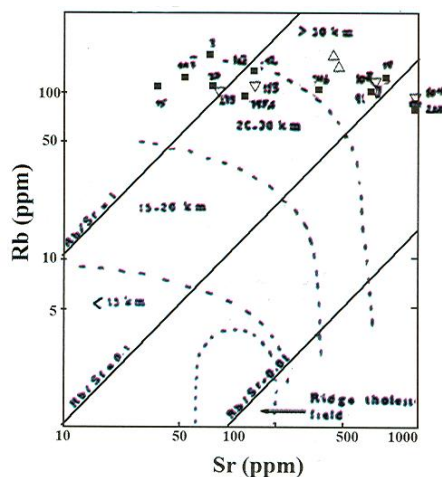
شکل ۱۲- نمودارهای تعیین جایگاه زمین ساختمانی ماگمایی توده های گرانیتوئیدی (gd) (Maniar & Piccoli, 1989)



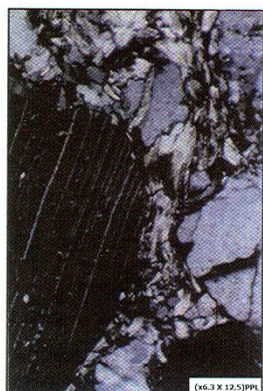
شکل ۱۱- نمودار تعیین ترکیب سنگ شناختی توده های گرانیتوئیدی (gd) بر اساس پارامترهای ژئوشیمیایی (Winchester and Floyd, 1976)



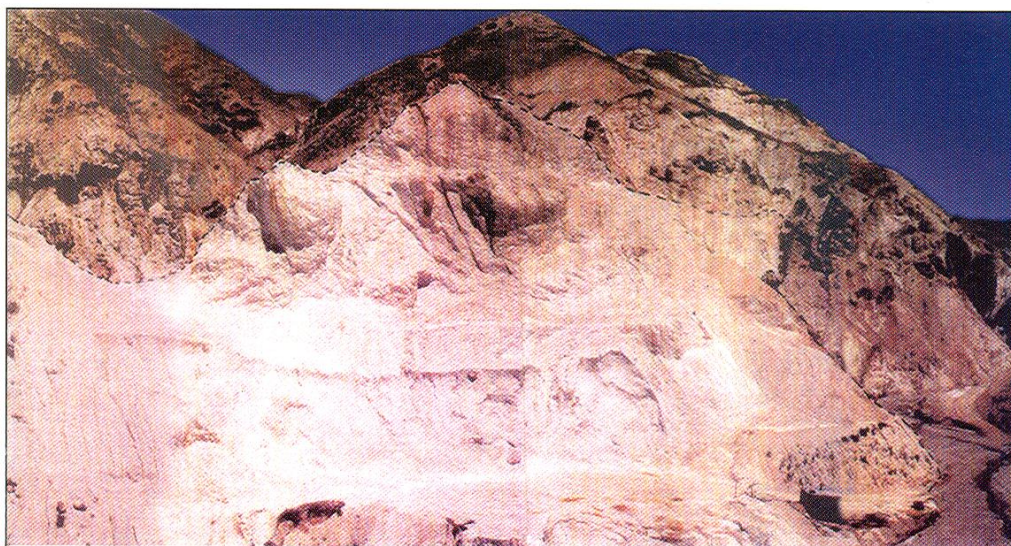
شکل ۱۴- نمودار Rb-BaSr، نشانگر قلمرو گرانیتوئیدهای منطقه ماه نشان است که در محدوده گرانیتوئیدهای قلع قرار نمی گیرند.



شکل ۱۳- نمودار تعیین عمق ماگما بر اساس پارامترهای لگاریتمی (Condie, 1976)



شکل ۱۵- بلورهای رشته ای پیروفیلیت را نشان می دهد که طی دگرسانی آرژلیک پیشرفته در تداخل رگه ها تشکیل شده است.



Ore-minerals	Stages of ore-mineralization	
	Early	Late
Quartz	-----	-----
Fe-hydroxides	-----	-----
Kermesite	-----	-----
Sphalerite	-----	-----
Stibnite	-----	-----
Arsenopyrite	-----	-----
Chalcopyrite	-----	-----
Pyrite	-----	-----

شکل ۱۸- نمودار پاراژنز کانه‌ای رخداد معدنی استیبینیت در شمال مغالو

توجه: سن کانی‌زایی آنتیموان نسبت به زمان جایگزینی گرانیت مغالو خیلی جوان‌تر بوده است.

شکل ۱۷- نمایی از کانه‌زایی اپی‌ترمال و رگه‌های آنتیموان در شمال روستای مغالو (دید به طرف جنوب باختر).



References

- Batchelor, R.A. and Bowden, P., 1985- Petrogenetic interpretation of granitoid rock series using multicationic parameters. *Chem. Geol., Geol.*, 48-43-55.
- Bowden, P., Batchelor, R.A., Chappel, B.W., Didier, J. and Lameyre, J., 1984- petrological, geochemical and source criteria for the classification of granitic rocks: a discussion. *Phys. Earth. Planet. Inter.*, 35, 1-11.
- Condie, K.C., 1976- magma associations. In "Condie, K.C., plate tectonic and crustal evolution" Pergamon press. Inc., 145-174.
- Cox, K.G., Bell, J.D. and Pankurst, R.J., 1979 – The interpretation of igneous rocks, Allen and Unwin, London., 450pp.
- Irvine, T.N. and Baragar, W.R.A., 1971- A guide to the chemical classification of the common Volcanic rocks. *Can. J. Earth. Sci.* 8, 523-548.
- Lotfi, M., and Jafari Rad, A.R., 2000- Fe Ore mineralization related to exhalative- sedimentary processes in northeast of 1:100,000 Mah-Neshan geological map quadrangle (a genetic interpretation). 18th symposium of earth science (GSI), (in Persian).
- Lotfi, M., 2002- Geology and Mineral Resources of 1:100,000 Mahneshan Map Quadrangle (West of Zanzan Province, NW-Iran), in Persian.
- Maniar, P.D. and Piccoli, M., 1989- Tectonic discrimination of granitoids. *Geol. Soc. Am. Bull.*, 101, 635-642.
- Middlemost, E.A.K., 1991- Towards a comprehensive classification of igneous rocks and magmas. *Earth Sci. Rev.*, 31, 73-87.
- Winchester J.A. and Floyd P.A., 1976- Geochemical magma type discrimination: application to altered and metamorphosed basic igneous rocks, *Earth Planet, Sci, Lett.* 28, 459-469.

* پژوهشکده علوم زمین، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور

* Research Institute for Earth Sciences , Geological Survey of Iran