# **آلایش ماگمایی به وسیله بیگانهسنگهای رسی شیستی فرو افتاده در باتولیت** تله-پهلوانی، شهربابک، ایران

عبدالناصر فضلنيا "

<sup>۱</sup>گروه زمینشناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران تاریخ دریافت: ۱۳۸۸/۰۴/۰۸ تاریخ پذیرش: ۱۳۸۸/۰۴/۰۰

#### چکیدہ

تزریق توده ماگمایی غیر کوهزایی لو کو کوارتز دیوریتی-آنورتوزیتی تله پهلوانی به بخش شمال باختر کمپلکس دگر گونی قوری (جنوب باختر زون سنندج- سیرجان) در حدود ۱۹۰ میلیون سال پیش، باعث شد تا قطعاتی از سنگهای رسی دگر گون شده (که به طور عمده کیانیت شیستهای دگر گونی ناحیهای هستند) از این کمپلکس، خرد شوند و درون این توده ماگمایی سقوط نمایند. توده ماگمایی اولیه بی آب و بسیار پر حرارت بوده است؛ در نتیجه، باعث شده تا قطعات فرو افتاده، دگر گونی مجاورتی شدیدی (در حد درگونیهای رخساره پیرومتامرفیسم) را تحمل نمایند. آبدار بودن قطعات رسی شیستی دگر گونی شده ناحیهای همتند) از این کمپلکس، خرد شوند و بخشی فراهم شود؛ در نتیجه، برخی از این بیگانهسنگها به دلیل ذوب بخشی، سست شده و در نتیجه همرفتی در توده، در سرتاس ماگمای اصلی پراکنده و باعث آلایش گسترده در ماگما شدند.

> **كليدواژەھا:** باتوليت تلەپھلوانى، لوكو كوارتز ديوريت- آنورتوزيت، ذوب بخشى، بيگانەسنىڭ رسى (شيست)، آلايش ماگمايى \*نويسندە مسئول: عبدالناصر فضلنيا

E-mail: a.fazlnia@mail.urmia.ac.ir

#### ۱- مقدمه

بخش های مختلف سرزمین ایران در اواخر پالئوزوییک جزیی از بخش های شمال باختری سرزمین گندوانا بوده است (Golonka, 2004). سرزمین گندوانا، شکستگی و کافت شدگی شدیدی در انتهای پرمین، تریاس و همچنین ژوراسیک تا ابتدای کرتاسه، تحمل کرده است و در نتیجه آن ماگماتیسم غیر کوهزایی در این زمانها متداول شده است (Sears et al., 2005). نفوذ چنین ماگماهایی به بخش هایی از پوسته میانی و بالایی می تواند باعث انتقال حرارت شده و دگر گونی های مجاورتی و در مایند. با توجه به این که این ماگماها بیشتر منشأ گوشته ای یا قاعده پوسته قارهای دارند، پرحرارت هستند (Bédrad, 2001: Ashwal, 1993). بنابراین نفوذ توده های حجیمی از آنها به بخش های بالایی پوسته قاره ای، می تواند باعث افزایش گرادیان زمین گرمایی و در نتیجه دگر گونی های ناحیه ای و یا مجاورتی شدید شوند.

در سرزمین هایی که تودههای نفوذی به درون مجموعههای دگرگونی ناحیهای کهن، که اختلاف سنی وقایع سنگشناختی آنها زیاد نیست، به صورت قدرتمند (powerful) نفوذ نمودهاند. در این مناطق فرو افتادن قطعات دگرگونی به درون این تودهها می تواند منجر به واپاشی بیگانهسنگها (زنولیتها؛ قطعاتی از شیستهای دگرگونی ناحیهای) و آلایش گسترده در آنها شود. گاه بیگانهسنگهای فروافتاده که خود حاوی بلورهای میکای فراوان هستند (بیگانهسنگهای رسی: شیستهای ناحیهای)، درجات شدید دگرگونی مجاورتی را تحت شرایط آبدار تحمل كردهاند. تحت این شرایط، فرایند ذوب بخشی بیگانهسنگها نه تنها می تواند مجموعههای کوچکی از گرانیتهای نوع S ایجاد نماید (فضلنیا، ۱۳۸۸)، بلکه واپاشی آنها میتواند باعث آلایش گسترده در تودههای نفوذی شود (برای مثال Bateman, 1995؛ فضل نيا، ۱۳۷۹؛ ۲۵۵۲ Arvin et al., 2007؛ ۱۳۷۹؛ Bateman, 1995 .(Kocak, 2006; entura et al.,2006; Perugini et al.,2003; Kumar & Rino,2006 در برخی از بررسیها بر روی تودههای نفوذی بزرگ، ذوب بخشی بیگانهسنگها بویژه از نوع رسی (قطعاتی از شیستهای ناحیهای) و آغشته شدن این مذاب با مذاب مادر (توده نفوذي بزرگ)، باعث آلايش گسترده شده است (Petford et al., 1996؛ Perugini et al , 2003؛ فضل نيا، ١٣٨٨).

یک واقعه دگرگونی ناحیهای از نوع بارووین حاصل از ستبر شدن پوسته

قارهای در طول توآرسین (پایان ژوراسیک ابتدایی) باعث شد تا بخش جنوب باختری زون سنندج – سیرجان (کمپلکس دگرگونی قوری؛ شکل ۱) دچار دگرشکلی و دگرگونی شود (Fazlnia et al., 2009، Fazlnia et al., 2009، پس از واقعه دگرگونی ناحیهای، عملکرد سیستم کافت در سرزمین ابرقاره گندوانا (Glonka, 2004، 2005، Sears et al., 2005، دست کم در بخش جنوبی زون دگرگونی سنندج – سیرجان، باعث جدایش آن از این ابرقاره شد. در نتیجه این حادثه، ماگماتیسم غیر کوهزایی، رخداد چیره در محدوده مورد بررسی شد. تودههای نفوذی کوچک مافیک والترامافیک تلهیهلوانی (فضلنیا، ۱۳۸۸)

و باتولیت ناهمگن تله پهلوانی با قطری حدود ۴۰ کیلومتر حاصل از این رویداد سنگشناختی غیر کوهزایی هستند. این تودهها در سنگهای رسی دگرگون شده شمال خاور کمپلکس دگرگونی قوری نفوذ کردهاند (شکل۱). باتولیت تله پهلوانی ترکیب اولیه لوکو کوارتز دیوریتی-آنورتوزیتی دارد (فضل نیا، ۱۳۸۸؛ لوکو کوارتز دیوریتی- آنورتوزیتی و انواع آلایش یافته ای از آنها، بیگانه سنگهای لوکو کوارتز دیوریتی- آنورتوزیتی و انواع آلایش یافته ای از آنها، بیگانه سنگهای رسی دگرگون شده (قطعاتی از شیستهای دگرگونی ناحیه ای)، بیگانه سنگهای گابرویی نامتعادل و گرانیت های پر آلومینوس تشکیل شده است. قطعات فرو افتاده (بیگانه سنگها) در این ماگما، به طور عمده سنگهای رسی شیستی دگرگون شده مستند. بنابراین بیگانه سنگهای حاضر، غنی از کانی های آلومینیم دار هستند. ریخامون دارند. تمامی مطالعات پیشین (برای مثال سبزه یی و همکاران، ۲۷۲۱ توده گرانیتوییدی با طبیعت کلسیمی-قلیای (کالکو آلکاکن) معرفی کردهاند.

بر اساس بررسیهای سنسنجی 40<sup>-40</sup>Ar (2003;2008) <sup>40</sup>K بر روی بلورهای بیوتیت و مسکوویت موجود در این توده ماگمایی، سنی حدود ۱۹۵ تا ۱۵۵ میلیون سال را برای آن تعیین نمودند. سنهای به دست آمده توسط فضل نیا (۱۳۸۴) و (۲۵۵7) Fazinia et al. (2007) بر ایساس روش SHRIMP شده (قطعاتی از شیستهای دگرگونی ناحیهای) بر اساس روش ۱۹۷۹ و ۱۹±۹۲ (بر روی زیرکن) و CHIME (بر روی مونازیت) بهترتیب ۲/۱

# اللي المراجع

میلیون سال پیش است. سنهای بهدست آمده برای میانبارهای گرانیتی پر آلومینوس بر اساس روش SHRIMP (بر روی زیرکن) و CHIME (بر روی مونازیت) به ترتیب ۱/۸±۱۶/۴± و ۱۰± ۱۷۱ میلیون سال پیش است. همچنین سن توده ماگمایی غیر کوهزایی اصلی بر اساس روش SHRIMP (بر روی زیرکن) ۱/۹± ۱۷۰/۵ میلیون سال پیش است. این روابط سنی نشان میدهد که احتمالاً انواع سنگهای موجود در این باتولیت با هم در ارتباط هستند.

هدف از این پژوهش بررسی فرایند آلایش ماگمایی همراه با تبلور تفریقی در باتولیت تلهپهلوانی با ترکیب اولیه لوکو کوارتز دیوریت-آنورتوزیت است. این مطالعه می تواند مقدمهای بر بررسی آلایش ماگمای باتولیتها با بیگانهسنگهای رسی دگرگون شده (قطعاتی از شیستهای دگرگونی ناحیهای) در زون سنندج-سیرجان باشد.

# ۲- روش مطالعه و پژوهش

به منظور مطالعه آلایش ماگمایی، نمونه ها در صحرا بر اساس روابط میان بیگانه سنگ ها و سنگ های میزبان برداشت شدند و از آنها مقاطع ناز ک تهیه و روابط سنگ نگاری و پتروفابریکی با مشاهدات صحرایی منطبق شد. سپس مطالعات شیمی کانی برای بررسی تغییرات در روند ترکیبی کانی های سنگ های مختلف صورت گرفت.

### 3- شواهد صحرایی و سنگنگاری

بررسی دقیق صحرایی رخنمونهای سنگی مختلف در باتولیت تلهپهلوانی نشان می دهد که چندین نوع رخنمون سنگی مختلف در محدوده مورد مطالعه و جود دارد. سنگ های اصلی موجود در باتولیت یا دشده بخش های هستند که اکنون ویژگی یک گرانودیوریت – تونالیت بیوتیت دار را دارند. لکه هایی از تجمعات پلاژیو کلازی – کوارتزی در این سنگ ها فراوان است (شکل های ۲ – ب و ۲ – د). ترکیب این لکه ها لو کو کوارتز دیوریت – آنورتوزیت هستند. برخی از لکه های یادشده حجیم هستند و گاه تا چندین ده سانتی می رسند (شکل های ۲ – ب و ۲ – د). ترکیب این لکه ها اصلی را بیوتیت، مسکوویت، گارنت، کوارتز و کردیریت تشکیل می دهند (شکل های ۲ – د و ۲ – ه). گاه درصد این بلورها تا ۴۰ درصد حجم سنگ می رسد (شکل های ۲ – ج و ۲ – ه). بقیه درصد حجمی این سنگ ها را پلاژیو کلاز با ۴۰ – ۴۵ درصد آنورتیت (بخش شیمی کانی) و ۵ تا ۱۰ درصد را هم کوارتز تشکیل داده است.

برخی از بیگانهسنگها (قطعاتی از شیستهای دگر گونی ناحیهای) ساختارهای میگماتیتی را نشان میدهند که احتمالاً نشانگر ذوب بخشی در آنها است (شکلهای ۳-الف، ۳-ب، ۳-ج و ۳-د). این ساختارها بیشتر در بخشهای مرکزی و جنوب باختری توده نفوذی دیده میشوند. بیگانهسنگهای با ساختار میگماتیتی در بخشهایی که لو کو گرانیتهای پر آلومینوس و پگماتیتها حضور دارند گسترش زیادی یافتهاند. در این بیگانهسنگها بخشهای روشن به صورت رگهای (شکلهای ۳- الف و ۳-ب)، عدسی، تدریجی (شکل ۳-ج) و لکهای مانند (شکل ۳- د) در درون بخشهای تیره گسترش دارند. در نمونه دستی این بیگانهسنگها، بخشهای تیرهتر (ملانوسوم) به طور عمده از بیوتیت، مسکوویت و گارنت و بخشهای روشن (لو کوسوم) از کوارتز و فلدسپار پتاسیم تشکیل یافتهاند. در بسیاری از این ساختارها مرز میان بخشهای روشن و تیره تدریجی (شکلهای ۳- الف تا ۳- د) است که نشانگر خروج بخش روش از درون بخشهای تیره است.

میانبارهایی از لو کوگرانیتها دیده می شود که در بخشهای مرکزی و جنوب باختری توده نفوذی تله پهلوانی گسترش دارند. قطر آنها از چندین سانتی متر تا چندین ده می و بهندرت تا ۵۰ متر می رسد. رنگ کاملاً روشنی دارند و از کوارتز، فلدسپار پتاسیم و مسکوویت (همراه با کمی گارنت و کردیریت) تشکیل شدهاند

(شکلهای ۴- الف و ۴- ب). مرز این سنگها با سنگهای اصلی باتولیت یادشده آشکار بوده و اندازه دانهها در بخشهای درونی و حاشیهای یک میانبار لو کو گرانیتی تغییر نمییابد. در برخی بخشها، رگههای روشن موجود در بیگانهسنگهای با ساختار میگماتیتی (لوکوسوم) به میانبارهای لوکو گرانیتی ختم میشوند (شکلهای ۳- الف و ۳- ج). فضلنیا (۱۳۸۸) ناآمیخته شدن مذابهای بخشی جدا شده از این بیگانهسنگها با ماگمای اصلی را به واسطه ترکیب و حرارت مختلف عامل تشکیل میانبارهای لوکو گرانیتی میداند.

بخش هایی که کمترین مقدار مودال کانی های تیره را (مانند بیوتیت، گارنت و کردیریت) دارند، از پلاژیو کلاز همراه با مقادیر کمی از کوارتز، تیتانیت و اپیدوت با بافت گرانولار تشکیل شدهاند (شکل های ۵- الف و ۵- ب). برخی از نمونه ها فقط از پلاژیو کلاز با آنورتیت ۴۷-۴۲ درصد تشکیل شدهاند. این بخش ها به طور عمده در شمال خاور، جنوب خاور باتولیت و جنوب تله پهلوانی دیده می شوند. در بقیه بخش های توده نفوذی، درصد این کانی های تیره متفاوت و با نزدیک شده نب مجموعه دگرگونی قوری در جنوب باختر، بر درصد آن افزوده می شود. عمده ترین بلورهای تیره بیوتیت و مسکوویت و کمتر گارنت و کردیریت هستند. این چهار کانی، بلورهای اصلی بیگانه سنگهای رسی شیستی دگرگون شده فرو افتاده در این باتولیت هستند (شکل های ۵- ج و ۵-د). این احتمال وجود دارد که واپاشی این بیگانه سنگها باعث شده است تا سنگی با ویژگی های یک گرانودیوریت و تونالیت ایجاد شود. اما با توجه به ترکیب هسته پلاژیو کلازها که غنی در آنورتیت هستند (بخش شیمی کانی) و شواهد واپاشی، این سنگها همان لو کو کوارتز دیوریت-آنور توزیت ها هستند که آلایش یافته و سنگهایی همگن یا ناهمگن از نظر کانی شناسی ایجاد کردهاند.

بیگانهسنگهای رسی شیستی فرو افتاده بسته به ژرفای سقوطشان در ماگمای باتولیت، ویژگی های متفاوتی را نشان میدهند. انواعی که احتمالاً نزدیک به دیواره و سقف سقوط کردهاند، تنها یک دگرگونی مجاورتی حرارت متوسط را تحمل نمودهاند. این بیگانهسنگها آثار واپاشی از خود نشان نمیدهند؛ زیرا به احتمال، در بخش هایی که سقوط کردهاند نه دما چندان بالا بوده و نه جریان همرفتی قوی وجود داشته است که آنها را متلاشی نماید. انواع دیگر آنهایی هستند که درجات دگرگونی شدیدی را تحمل نمودهاند و در آنها ساختارهای میگماتیتی بهخوبی توسعه یافته است (شکل های ۳- الف تا ۳- د). این نوع از بیگانهسنگ های شیستی احتمالاً به بخش های ژرف باتولیت سقوط کردهاند. شواهد ذوب بخشی در مقاطع نازک به خوبی دیده شده است و به طور خلاصه شامل دربرگرفته شدن کردیریت، گارنت و بيوتيت در درون پلاژيو كلازهاي با مشخصه زونبندي نوساني، بافت غربالي بيوتيت در حضور كرديريت + سيليمانيت منشوري + اسپينل + گارنت و فلدسپارهاي ارتوز کلاز با بافت پرتیتی که ماکل کارلسباد را قطع کردهاند (فضل نیا، ۱۳۸۸). برخی از این بیگانهسنگهای شیستی که بهشدت میگماتیتی شدهاند، مساعد برای واپاشی در اثر جریان همرفتی در بخش های ژرف بودهاند (شکل ۳- د). وجود فلدسپارهای پتاسیم پرتیتی و تشابه ترکیبی بلورهای بیوتیت، مسکوویت و گارنت بیگانهسنگهای میگماتیتی شده با بیگانه بلورهای (زنوکریست) موجود در بخشهای آلایش یافته (بخش های از توده که غنی در کانی های تیره هستند) به احتمال، دلایل منطقی برای واياشى اين بيگانەسنگەھا ھستند.

### 4- شیمی کانی

کلیه تجزیههای نقطهای کانیها بهوسیله دستگاه الکترون میکروپروب Jeol GXA 8900 در دانشگاه کریستین آلبرت (کیل) آلمان انجام شد. برای تجزیه فازهای اصلی و سنگ ساز جریان پروب ۱۵ یا ۲۰ nA با پتانسیل شتابدهنده ۱۵ kV استفاده شد. زمان تجزیه هر نقطه بسته به نوع کانی و عناصر مورد نیاز برای تجزیه از

۳۰ ثانیه تا ۶۰ ثانیه متغیر بود. تر کیبات عناصر اصلی کانی ها در نمونه های انتخاب شده از باتولیت تلهپهلوانی، در جدول ۱ آورده شدهاست. در این پژوهش از شیمی کانی بيوتيت، مسكوويت و پلاژيو كلاز، براي بررسي هاي آلايش سود برده شده است. ۴-۱. سوتیت

ترکیب بیوتیتها در بیگانهسنگهای رسی شیستی فرو افتاده در این باتولیت کم و بیش مشابه با بیوتیتهای موجود در متن سنگهای اصلی است (برخی از نقاط تجزیه شده بیوتیت بهدلیل خروج تیتانیم در اثر فشار یا عوامل دگرسانی Ti کمتری دارند). چنین ویژگی نشان میدهد که منشأ آنها یکی است (شکل ۶-الف) و نشانگر واپاشی بیگانهسنگهای رسی شیستی و ورود بلورهای سنگ دیواره به ماگما است. اگر بیوتیتها از منشأ ماگمایی متبلور میشدند، محدوده ترکیبی آنها در محلی دورتر از محدودههای توصیفی قرار می گرفت و احتمالاً غنی تر از FeO می شدند. بهطور معمول بیوتیتهای ماگمایی با سهولت بیشتری قابلیت جذب آهن را دارند و در صورتی که منیزیم در مذاب زیاد باشد، احتمال جذب آن بهوسیله تشکیل آمفیبول فراهم شده و بنابراین بیوتیتها غنی از آهن می شوند. اما در فرایند دگرگونی منیزیم یک عنصر است که با افزایش درجه دگر گونی در بیوتیت افزایش می یابد.

۲-۴. مسکوویت

مسکوویت در کلیه انواع سنگی کم و بیش ترکیب یکنواختی دارد و در محدوده زون گارنت و یا نزدیک به محدوده زون استاورولیت و آندالوزیت قرار می گیرد (شکل ۶-ب). به طور کلی مسکوویت ها در بیگانه سنگ های رسی شیستی و در انواعی که لوکو کوارتز دیوریت-آنورتوزیتها را آلوده کردهاند، ترکیب مشابهی دارند. ٣-٣. يلاژيوكلاز

پلاژیوکلازها در انواع سنگهای مختلف یک محدوده ترکیبی گسترده از Ca و Na دارند (شکل ۷). نیمرخ پلاژیوکلاز لوکو کوارتز دیوریت-آنورتوزیتها (شکل ۷- الف) غنی از Ca (میان ۴۹ و ۳۸ درصد آنورتیت) است. بلورهای پلاژیو کلاز در این نوع از سنگها تغییرات Ca کمی را به سوی حاشیه نشان میدهند. مقدار Ca به سوی حاشیه کاهش جزیی مییابد. نیمرخ ترکیبی (شیمیایی) آنها کم و بیش مسطح و صاف است.

نيمرخ پلاژيوكلاز در گرانوديوريت- توناليتها (لوكو كوارتز ديوريت-آنورتوزیتهای آلایشیافته) هستههای یکنواخت و مسطح با متوسط ترکیبی ۴۵–۴۹ درصد آنورتیت (اشکال ۷– ب و ۷– ج) دارند، اما در نزدیکی حواشی به ناگاه مقدار Ca (جزء آنورتیت) کاهش و Na (جزء آلبیت) افزایش مییابد. چنین نیمرخهایی در اثر آلایش یا آمیختگی ماگمایی و یا نوسانات در مقدار آب ایجاد می شوند (Tsuchiyama, 1985؛ مرادیان و فضل نیا، ۱۳۸۳). با توجه به این که هیچ شاهدی برای نوسانات در مقدار آب ماگما وجود ندارد (برای مثال، پلاژیوکلاز با بافت اسفنجی در متن بلور یا در حاشیه و بیوتیتی با بافت اسفنجی یا حواشی اکسید شده)، بنابراین احتمالاً نیمرخ شکل ۷- ج پلاژیو کلازی را نشان میدهد که در اثر تزریق دوباره ماگما، Ca دوباره به سوی حاشیه آن افزایش یافته است. هسته ها همگی کلسیمی تر از حواشی هستند، به همین علت در اثر آلایش یا آمیختگی ماگمایی بافت غربالی (یا همان اسفنجی) در بلورهای پلاژیوکلاز ایجاد نشده است. اگر مذاب جدید کلسیمیتر از پلاژیوکلاز متبلور شده پیشین ماگمای میزبان باشد، بلور پلاژیوکلاز در حاشیه بافت شبهغربالی پیدا میکند (Tsuchiyama, 1985؛ مراديان و فضل نيا، ١٣٨٣).

در بیگانهسنگهای رسی شیستی غنی از کردیریت، Ca پلاژیو کلاز از هسته به سوي حاشيه كاهش مي يابد (شكل ٧- د). اين پلاژيو كلاز زون بندي نوساني ماگمايي دارد و کردیریت و بیوتیت را به صورت دربرداری در حاشیه خود گرفته است. بنابراین العامالا حوامتين اين الموراها در اثر تبلور مذاب به وجود آمدهاند (فضل نيا، ١٣٨٨).

### ۵- بحث و نتیجهگیری

(1)

در نتیجه کافتی شدن سرزمین گندوانا ماگماتیسم غیرکوهزایی مهمترین واقعه سنگشناختی در طول این وقایع بوده است (Sears et al., 2005). جدایش زون دگرگونی سنندج- سیرجان در اثر کافتی شدن باعث تشکیل ماگما غیر کوهزایی تلهپهلوانی (شکل ۱) با ترکیب لوکو کوارتز دیوریت-آنورتوزیت و گابروهای آپاتیتدار- پیروکسنیت (کمپلکس مافیک- اولترامافیک) در بخش جنوبی این زون شد (فضل نیا، ۱۳۸۶؛ Fazlnia et al., 2007؛ فضل نیا، ۱۳۸۸). در طول تزریق اولیه ماگمای اصلی (لوکو کوارتز دیوریت-آنورتوزیت) به بخش جنوب باختری کمپلکس دگرگونی ناحیهای قوری، سنگ میزبان که به طور عمده رسی دگرگون شده است، شکسته شده و بنابراین ماگمای یادشده بهصورت قدر تمند (Powerful) و در اثر عملکرد احتمالی گسل های اصلی منطقه (شکل ۱) نفوذ کرده است.

قطعات فرو افتاده (بیگانهسنگها) در این ماگما، به طور عمده سنگهای رسی دگرگونشده (قطعاتی از شیستهای دگرگونی ناحیهای) هستند. بنابراین بیگانهسنگهای حاضر، غنی از کانیهای آلومینیمدار هستند. بیگانهسنگهای رسی شیستی دگرگونشده، دگرگونی مجاورتی دما بالایی را تحمل کردهاند. حرارت و فشار اوج دگرگونی مجاورتی این بیگانهسنگها (۲۷±۷۶۰ درجه سانتی گراد و ۵/۱±۱/۲ کیلوبار) (فضل نیا، ۱۳۸۸)، نشانگر محدوده ذوب بخشی سنگ های اشباع از آب است. در اثر این شرایط دگرگونی، برخی بیگانهسنگهای رسی شیستی، ذوب بخشی گستردهای را تحمل کردهاند به گونهای که به خوبی آثار ذوب بخشی و رگههای ذوب (لوکوسوم) در بیگانهسنگها مشخص میباشد (شکل ۳؛ فضلنیا، ۱۳۸۸). خلاصهای از واکنش های ذوب بخشی برخی از بیگانهسنگ های شیستی را مي توان به صورت زير بيان گردد.

الف) در بیگانهسنگهایی که دانههای مسکوویت به شدت تحلیل رفتهاند می توان واكنش زير را نوشت:

 $Ms + Qtz = Kfs + Sil + H_2O/melt$ ب) در بیگانهسنگهایی که مسکوویت حضور ندارد و رگههای ذوب در آن همراه

با گردهمایی کانیایی بیوتیت + فلدسپارپتاسیم + سیلیمانیت + کردیریت + گارنت + كوارتز + پلاژيوكلاز ديده مي شود، واكنش هاي زير را مي توان نوشت: Bt + Sil + Qtz = Kfs + Crd + melt(۲)

Bt + Sil + Qtz = Kfs + Crd + Grt + melt(۳) ج) در نمونههای بیگانهسنگی که دانههای گارنت در حال تحلیل هستند و بلورهای اسپینل در کنار کردیریت، فلدسپار پتاسیم پرتیتی و سیلیمانیت حضور دارند. درصد مودال بیوتیت در این نمونهها کاهش چشمگیری یافته است. واکنش زیر را می توان براي چنين نمونههايي نوشت:

Bt + Sil + Grt = Crd + Spl + Kfs + melt

غلبه بر نیروهای پیوستگی مذاب- بلور باعث شده است تا بخشی از مذاب تولید شده قابلیت جدایش از بیگانهسنگ را بهدست آورد. احتمالاً در بخش های ژرف تر که این بیگانهسنگها تجمع بیشتری داشتهاند، در اثر اجتماع بخشی از مذابهای تولید شده و ناآمیختگی آنها با ماگمای میزبان (بهعلت دما و ترکیب شیمیایی مختلف)، عدسی های کوچکی از گرانیت های پر آلومینوس غنی از پتاسیم در باتولیت تلەپھلوانى تشكيل شدە است. در مقابل، برخى ديگر از بيگانەسنىڭھاى رسى شيستى، بهعلت تحمل دگرگونی مجاورتی دما بالا و جریانات همرفتی درون ماگمای اولیه در طول ضربان های بعدی تزریق ماگمای میزبان، خرد شده و بهصورت مکانیکی بلورهای جامدشان باعث آلایش گستردهای در باتولیت تله پهلوانی شده است (شكل ٨ در ;Fazlnia et al., 2007).

وجود رگههایی از پگماتیت در درون این باتولیت، که به طور عمده در نزدیکی تجمع

بیگانهسنگهای با ساختار میگماتیتی و گرانیتهای پر آلومینوس رخ دادهاند، نشان میدهد که احتمالاً واکنشهای ذوب بی آب شدن کانیهای آبداری مانند مسکوویت و بیوتیت موجب آزاد شدن فازهای آبگین غنی در عناصر ناساز گار شده است. سپس این فاز آبگین توانسته است رگههای پگماتیتی را درون این باتولیت ایجاد نماید.

تشابه سنی بیگانهسنگ های با ساختار میگماتیتی، گرانیت های پر آلومینوس و توده ماگمایی اصلی گویای این مطلب است که کلیه وقایع سنگ شناختی در این توده در زمانی مشابه انجام شده است. بنابراین، نفوذ ماگمای غیر کوهزایی به ژرفای پوسته میانی که پیش تر یک واقعه دگر گونی ناحیه ای را در تو آرسین تحمل کردهاند، باعث ایجاد یک باتولیت به شدت ناهمگنی را به واسطه آلایش در بخش شمال خاور کمپلکس دگر گونی قوری نموده است. اختلاف سنی کم واقعه دگر گونی ناحیه ای و نفوذ باتولیت مورد مطالعه نشان می دهد که هنگام نفوذ این توده ماگمایی، سنگ میزبان دگر گونی، دماهای بالایی داشته است. این وضعیت باعث شده است که اولاً توده ماگمایی، حرارت و حالت مذاب خود را سریع از دست ندهد؛ ثانیاً اتلاف باعث شده است که سقوط بخش های از سنگ میزبان خرد شده به بخشهای ژرف باتولیت (شکل ۸ در ;2007, et ما و سنگ ها، در ژرفای بیشتر باتولیت، منجر فرایندهای دگر گونی و ذوب در این بیگانهسنگها، در ژرفای بیشتر باتولیت، منجر

به ایجاد ساختارهای میگماتیتی و میانبارهای گرانیتی پرآلومینوس و واپاشی برخی بیگانهسنگکها شده، در نتیجه آلایش گسترده در این باتولیت رخ داده است.

## سپاسگزاری

به این وسیله از پروفسور دکتر فولکر شنک که شرایط لازم برای انجام آزمایشهای مختلف را در دانشگاه کیل آلمان برای نگارنده فراهم نمودند تشکر می شود. از تکنسینهای آزمایشگاه الکترون میکروپروب جناب آقای دکتر پیتر اپل و سرکار خانم باربارا مادر بواسطه راهنمایی و انتخاب استانداردهای مناسب برای تجزیه نقطهای و آندریاس فیلر بواسطه تهیه مقاطع ناز ک مخصوص الکترون میکروپروب که ایدههای مناسبی را در نگارش مقاله ارائه نمودند تشکر می شود. از جناب آقای که ایدههای مناسبی را در نگارش مقاله ارائه نمودند تشکر می شود. از جناب آقای دکتر علیرضا شاکر اردکانی و جناب آقای مهندس سید جواد یوسفی که در نمونه برداری صحرایی کمکهای فراوانی به نویسنده مبذول داشتند سیاسگزاری می شود. از وزارت علوم، تحقیقات و فناوری جمهوری اسلامی ایران، دانشگاههای ارومیه و شهید باهنر کرمان و دولت آلمان که همکاری لازم را برای این پژوهش مبذول داشتند تشکر می شود



شکل ۱- نقشه زمین شناسی ساده شده محدود شمال خاور نیریز (سبزهای و همکاران، ۱۳۷۲).



شکل ۲- عکسهای نمونه دستی از انواع سنگهای رخنمون یافته در باتولیت تلهپهلوانی

الف) لوکوکوارتز دیوریت، ب) بخشهای آلایش یافته از باتولیت، a) بخشهای غنی در پلاژیوکلاز با آلایش بسیار کم، b) آثار بیگانهسنگیهای رسی شیستی در حال واپاشی.

www.SID.ir

# نید زو<u>م</u>د و



### ادامه شکل ۲

ج) آثار بیگانهسنگهای رسی که هنوز از بین نرفتهاند. بسیاری از بیگانهسنگها کشیده هستند، د) شکلی به مانند ب. در این شکل نیز ناهمگنی توزیع کانیها آشکارا مشخص است. ه) یکنواخت شدن پراکندگی انواع کانیها که به سنگ منظره یک گرانودیوریت- تونالیت داده است.









شکل ۳-اشکال صحرایی ذوب بخشی و گسترش ساختارهای میگمایتی در بیگانهسنگ های رسی شیستی. الف) رگه روشن که گرانیت پر آلومینوس است (لو کوسوم: Leu) با بیگانهسنگ (ملانوسوم: Mel) مرز تدریجی دارد، ب) مرز تدریجی بیگانهسنگها (ملانوسوم) با رگههای ذوب بخشی (لو کوسوم)، ج) مرز کاملاً تدریجی بیگانهسنگ (ملانوسوم) و رگه ذوب بخشی (لو کوسوم). به متن مراجعه نمایید.



شکل ۴- شکلهای میانبارهای گرانیتی پرآلومینوس. الف) رخنمون صحرایی از میانبار گرانیتی بهصورت عدسی شکل در درون باتولیت. ب) نمونه دستی گرانیت پرآلومینوس. کلمات مخفف از (Kretz(1983 است.

www.SID.ir

شکل ۵- تصاویر میکروسکوبی بخش هایی از باتولیت با آلایش کمینه و آلایش شدید. الف و ب) تصاویری از لوکو-کوارتز دیوریت با بلورهای ماگمایی اسفن و اپیدوت، ج و د) نمایش میکروسکوپی بخش های آلایش یافنه در اثر واپاشی بیگانهسنگهای رسی شیستی (zex: بیگانهسنگ رسی شیستی).





شکل ۶- نمایش ترکیب شیمیایی بیوتیت و مسکوویت. الف)- ترکیب بیوتیتهایی از انواع سنگها در نمودار Ti در برابر مسکوویتهایی از انواع سنگها در نمودار مسکوویتهایی از انواع سنگها در برابر مسکوویتهایی از مول شیمیایی بلور) در برابر Fe/Hg (در فرمول شیمیایی بلور) (Larid, 1988) Tyیش یافته؛ شماره: ۲۰۵، B-7-4 و f=۹۹ بیگانه سنگ رسی شیستی فرو افتاده.

0.6

0.4

0.2

0.0

0.6

0.4

0.2

0.0

Rim

(-)

(3)

شکل۷- نمایش ترکیب شیمیایی بلورهای پلاژیوکلاز. الف) یک نمونه سنگ که ترکیب لوکوکوارتز دیوریت دارد. همچنین نمونههایی از انواع آنورتوزیتی که تقریباً فاقد کوارتز مستند نیز همین روندها را نشان میدهند، ب و چ) انواع آلایش یافتهای از لوکوکوارتز دیوریت و آنورتوزیت. هسته غنی در جزء آنورتیت است و به سوی حاشیه به سرعت از مقدار آن کم میشود. همچنین تصویر چ احتمال ضربانهای تزریقی دوباره ماگمای اصلی را نشان میدهد. د) یک پلاژیوکلاز از بیگانه نشان میدهد. د) یک پلاژیوکلاز از بیگانه سنگهای رسی شیستی فرو افتاده با گردهمایی اوچ دگرگونی و ساختار میگماتیتی. کاهش جزء آنورتیت به سوی حاشیه، احتمالاً به دلیل رشد بلور



Sample	269- f	B-7-b	182- E2	187	189- E2	264	272	273	269- f	B-7-b	187	189- E	264	272	273
Mineral	Bt	Bt	Bt	Bt	Bt	Bt	Bt	Bt	Ms	Ms	Ms	Ms	Ms	Мв	Ms
Type of rock	Xeno	Xeno	Xeno	Granite	Granite	Granite	Granite	Cont	Xeno	Xeno	Granite	Granite	Granite	Granite	Cont
	Mat	Mat	Mat	Mat	Mat	Mat	Mat	Mat	Mat	Mat	Mat	in Kfs	Mat	Mat	Mat
SiO2	34.61	35.03	34.18	34.04	34.91	34.68	34.28	35.36	46.22	45.23	46.02	46.35	46.53	46.23	45.82
TiO2	1.96	2.93	3.03	2.98	2.98	4.30	3.77	2.65	0.43	0.41	0.14	0.05	0.00	0.02	0.03
<b>A</b> <sub>2</sub> <b>O</b> <sub>3</sub>	19.62	19.41	19.80	18.95	17.70	18.01	18.29	18. 18	36.21	35.83	36.76	35.85	35.77	34.97	36.05
FeO	22.05	20.43	23.57	26.71	24.18	25.59	23.64	22.96	0.76	0.92	0.96	0.95	0.96	1.23	0.84
MgO	7.35	7.14	6.49	3.39	5.88	3.58	3.65	0.43	0.42	0.55	0.22	0.41	0.49	0.60	0.04
MnO	0.12	0.34	0.19	0.41	0.45	0.43	0.68	7.35	0.03	0.00	0.00	0.03	0.04	0.09	0.54
Na <sub>2</sub> O	0.11	0.18	0.10	0.12	0.09	0.10	0.10	0.08	1.22	0.71	0.60	0.62	0.79	0.75	0.56
K₂O	9.36	9.74	9.65	9.52	9.91	9.49	9.61	9.90	9.86	11.09	11.04	10.83	10.46	10.51	11.30
Total	95.18	95.19	97.00	96.11	96.10	96.18	94.02	96.91	95.15	94.74	95.73	95.09	95.04	94.39	95.17
Structural formulae on a basis of 22 oxygens															
Si	5.35	5.38	5.23	5.35	5.43	5.41	5.44	5.41	6.13	6.08	6.10	6.18	6.19	6.21	6.12
AIV	2.66	2.62	2.77	2.65	2.57	2.59	2.56	2.59	1.87	1.92	1.90	1.82	1.81	1.79	1.88
A	0.92	0.90	0.81	0.86	0.68	0.73	0.86	0.69	3.79	3.75	3.84	3.81	3.80	3.75	3.80
Ті	0.23	0.34	0.35	0.35	0.35	0.51	0.45	0.31	0.04	0.04	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
Fe <sup>2+</sup>	2.85	2.63	3.02	3.51	3.15	3.34	3.14	2.94	0.08	0.10	0.11	0.11	0.11	0.14	0.09
Mg	1.69	1.64	1.48	0.79	1.36	0.83	0.86	0.06	0.08	0.11	0.04	0.08	0.10	0.12	0.11
Mn	0.02	0.04	0.02	0.05	0.06	0.06	0.09	1.68	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00
Na	0.03	0.05	0.03	0.04	0.03	0.03	0.03	0.02	0.31	0.18	0.15	0.16	0.20	0.19	0.14
К	1.85	1.91	1.88	1.91	1.97	1.89	1.95	1.93	1.67	1.90	1.87	1.84	1.78	1.80	1.93
Total	15.58	15.50	15.59	15.52	15.59	15.39	15.39	15.62	13.99	14.09	14.03	14.01	13.99	14.02	14.07
XFe	0.63	0.62	0.67	0.82	0.70	0.80	0.78	0.64	0.50	0.49	0.71	0.57	0.53	0.54	0.47

جدول ۱- تجزیه نقطهای بیوتیت، مسکوویت و پلاژیو کلاز از انواع سنگهای موجود در باتولیت تلهپهلوانی.

Notes:Granite: Per-aluminous granite; Xeno: xenolith; Inn R: Inner rim; Out R: Outer rim; Anor: anorthosite; Cont:

contaminated leuco-quartz diorite-anorthosite; Mat: matrix

Sample	269- f	269- f	B-7-b	B-7-b	187	264	264	272	272	272	273	273	B-1-b	B-1-b
Mineral	Ы	PI	Ы	Р	Ы	Р	Р	Ы	Ы	Ы	Ы	PI	Ы	Р
Type of rock	Xeno	Xeno	Xeno	Xeno	Granite	Granite	Granite	Granite	Granite	Granite	Cont	Cont	Anor	Anor
	Rim	Core	Rim	Core	Mat	Rim	Core	Outr	lnn r	Core	Rim	Core	Rim	Core
SiO2	64.56	59.74	59.56	55.09	60.92	66.92	60.50	62.49	66.33	61.17	63.65	56.42	58.33	55.96
Al2O3	22.66	25.90	25.63	28.37	25.19	20.95	25.59	23.42	20.43	24.09	23.25	28.47	25.92	27.32
Fe <sub>2</sub> O <sub>8</sub>	0.09	0.09	0.17	0.04	0.13	0.04	0.05	0.04	0.00	0.00	0.18	0.00	0.11	0.06
CaO	3.11	6.75	6.37	9.83	6.02	1.16	6.50	4.50	1.36	5.76	3.99	9.83	7.78	10.01
Na <sub>2</sub> O	9.72	7.54	7.72	5.82	8.08	10.93	7.77	8.78	10.82	8.23	9.46	5.96	6.99	5.79
K₂O	0.08	0.08	0.17	0.09	0.16	0.07	0.34	0.32	0.15	0.25	0.18	0.12	0.20	0.12
BaO	0.03	0.02	0.04	0.00	0.06	0.05	0.04	0.00	0.01	0.05	0.02	0.02	0.00	0.00
Total	100.25	100.13	99.66	99.24	100.57	100.11	100.80	99.55	99.10	99.55	100.73	100.82	99.33	99.25
	Structural formulae on a basis of 8 oxygens													
Si	2.84	2.66	2.66	2.50	2.69	2.93	2.67	2.78	2.94	2.73	2.80	2.51	2.62	2.53
A	1.17	1.36	1.35	1.52	1.31	1.08	1.33	1.23	1.07	1.27	1.20	1.50	1.37	1.46
Total	4.01	4.01	4.01	4.01	4.01	4.01	4.01	4.01	4.00	4.00	4.00	4.01	4.00	3.99
Fe <sup>3+</sup>	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00
Ca	0.15	0.32	0.31	0.48	0.29	0.05	0.31	0.21	0.06	0.28	0.19	0.47	0.38	0.49
Na	0.83	0.65	0.67	0.51	0.69	0.93	0.67	0.76	0.93	0.71	0.81	0.52	0.61	0.51
к	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Ba	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total	0.98	0.98	0.99	0.99	0.99	0.99	1.00	0.99	1.00	1.00	1.01	0.99	1.00	1.00
An	0.15	0.33	0.31	0.48	0.29	0.06	0.31	0.22	0.06	0.28	0.19	0.47	0.38	0.48
Ab	0.85	0.67	0.68	0.51	0.70	0.94	0.67	0.77	0.93	0.71	0.80	0.52	0.61	0.51
Kfs	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01

#### کتابنگاری

جمشیدی، ف.، ۱۳۸۲ – مطالعه پترولوژی و پتروژنز سنگهای گرانیتوییدی چاهدزدان واقع در جنوب غرب شهربابک، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه شهید باهنر، دانشکده علوم. سبزه ایی، م.، نوازی، م.، قوردل، م.، حمدی، س. ب.، روشن روان، ج. و اشراقی، س.ا.، ۱۳۷۲ – "نقشه ۱۲۵۰۰۰ نیریز "، سازمان زمین شناسی کشور. فضل نیا، ع. ن.، ۱۳۸۴ – مطالعه باتولیت جنوب غرب شهربابک و ارتباط آن با سنگهای دگر گونی شمال شرق نیریز، پایان نامه دکترای، دانشگاه شهید باهنر، دانشکده علوم. فضل نیا، ع. ن.، ۱۳۸۴ – فوب بخشی زنولیت های رسی فرو افتاده در باتولیت تله پهلوانی، شهربابک: دلایل تشکیل میانبارهای گرانیتی پر آلومینوس، مجله علوم دانشگاه شهید جمران، شماره ۳۳ (قسمت ب): ۲۸ – ۲۹ شماره ۳۳ (قسمت ب): ۲۸ – ۱۹۶ فضل نیا، ع. ن.، ۱۳۷۹ – پترو گرافی، ژئوشیمی و پتروژنز گرانیتوئیدهای چهار گنبد، پایان نامه کار شناسی، دانشگاه شهید باهنر کرمان، دانشکده علوم مرادیان، ع. و فضل نیا، ع. ن.، ۱۳۸۰ – پتره گرافی، ژئوشیمی و پتروژنز گرانیتوئیدهای چهار گنبد، پایان نامه کار شناسی، دانشگاه شهید باهنر کرمان، دانشکده علوم مرادیان، ع. و فضل نیا، ع. ن.، ۱۳۸۰ – زمین ژنویی شوا و کاهش فشار آدیاباتیک بر اساس شواهد صحرایی و میکروسکیی در دایکه می می از می بیک و مین دانه کار شناسی دانشکاه می می در این می دانشکده علوم. مرادیان، ع. و فضل نیا، ع. ن.، ۱۳۸۰ – آلایش و کاهش فشار آدیاباتیک بر اساس شواهد صحرایی و میکروسکپی در دایکهای میکرودیوریت پورفیری کوارتزدار، چهار گنبد، سیر جان، شدین می شناسی ایران، دانشگاه شهید باهنر کرمان.

#### References

Arvin, M., Pan, Y., Dargahi, S., Malekizadeh, A. & Babaei A., 2007- Petrochemistry of the Siah-Kuh granitoid stock southwest of Kerman, Iran: Implications for initiation of Neotethys subduction, journal of asian earth sciences, 30: 474-489.

Ashwal, L. D., 1993- Anorthosite, 2nd edition. Springer-Verlag, Berlin, Germany, 422 p.

- Bateman, R., 1995- The interplay between crystallization, replenishment and hybridization in large felsic magma chambers, earth-science reviews, 39: 91-106.
- Bédrad, J. H., 2001- Parental magmas of the Nain Plutonic Suite anorthosites and mafic cumulates: a trace element modelling approach, contributions to mineralogy and petrology, 141: 474-771.
- Fazlnia, A. N., Moradian, A., Rezaei, K., Moazzen, M. & Alipour, S., 2007- Synchronous Activity of Anorthositic and S-type Granitic magmas in Chah-Dozdan batholith, Neyriz, Iran: Evidence of Zircon SHRIMP and Monazite CHIME Dating, Journal of Sciences, Islamic Republic of Iran, 18: 221-237.
- Fazlnia, A. N., Schenk, V., Van der Straaten, F. & Mirmohammadi, M. S., 2009- Petrology, Geochemistry, and Geochronology of Trondhjemites from the Qori Complex, Neyriz, Iran, lithos, 112: 413-433.

Golonka, J., 2004- Plate tectonic evolution of the southern margin of Eurasia in the Mesozoic and Cenozoic, tectonophysics, 381: 235-273.

- Kadioğlu, Y. K., & Güleç, L. N., 1999- Types and genesis of the enclaves in Central Anatolian granitoids, geological journal, 34: 243-256.
- Kocak, K., 2006- Hybridization of mafic microgranular enclaves: mineral and whole-rock chemistry evidence from the Karamadaz*i* Granitoid, Central Turkey Kerim Kocak, international journal of earth sciences, 95:587-607.
- Kretz, R., 1983- Symbols for rock-forming minerals, American mineralogist, 68: 277-279.
- Kumar, S. & Rino, V., 2006- Mineralogy and geochemistry of microgranular enclaves in Palaeoproterozoic Malanjkhand granitoids, central India: evidence of magma mixing, mingling, and chemical equilibration, contributions to mineralogy and petrology, 152:591-609.
- Larid, J., 1988- Chlorites: metamorphic petrology in: Bailey S.W. (eds.) Hydrous phyllosilicates. Reviews in Mineralogy. 19: 405-453.
- Perugini, D. Poli, G. Christofides, G. & Eleftheriadis, G., 2003- Magma mixing in the Sithonia Plutonic Complex, Greece: evidence from mafic microgranular enclaves, mineralogy and petrology, 78: 173-200.
- Petford, N., Paterson, B., McCaffrey, K. & Pugliese, S., 1996- Melt infiltration and advection in microdioritic enclaves, European journal of mineralogy, 8: 405-412.
- Robinson, P., 1991- The eye of the petrographer, the mind of the petrologist. American mineralogist, 76: 1781-1810.
- Sears, J. W., George, G. M. S. & Winne, J. C., 2005- Continental rift systems and anorogenic magmatism, lithos, 80: 147-154.
- Sheikholeslami, M. R., Pique, A., Mobayen, P., Sabzehei, M., Bellon, H. & Emami, M., 2008- Tectono-metamorphic evolution of the Neyriz metamorphic complex, Quri-Kor-e-Sefid area (Sanandaj-Sirjan Zone, SW Iran), Journal of Asian Earth Sciences, 31: 504-521.
- Sheikholeslami, R., Bellon, H., Emami, H., Sabzehei, M. & Pique, I., 2003- Nouvelles donnees structurales et datatious <sup>40</sup>K-<sup>40</sup>Ar sur roches metamorphiques de la region de Neyriz (Zone de Sanandaj-Sirjan, Iran meridional), Leur tethysien du Moyen-Orient, J. C. R. Geosciences, 335: 981-991.
- Tsuchiyama, A., 1985- Dissolution kinetics of plagioclase in the melt of the system diopside-albite-anorthite, and origin of dusty plagioclase in andesite, contributions to mineralogy and petrology, 89: 1-16.
- Ventura, G., Gaudio, P. D. & Iezzi, G., 2006- Enclaves provide new insights on the dynamics of magma mingling: A case study from Salina Island (Southern Tyrrhenian Sea, Italy), earth and planetary science letters, 243: 128-140.