

آلبیت زایی در سنگ های آذرین منطقه چاه جوله

محمد یزدی*، زهرا نوریان رامشه، ایرج رسا

گروه زمین شناسی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران

محمدرضا کتابداری، احمد بسکابادی

سازمان انرژی اتمی، تهران، ایران

// :

// :

چکیده

مقدمه: منطقه چاه جوله در ۱۷۰ کیلومتری شمال شرق شهر یزد و در پهنه ساختاری ایران مرکزی قرار دارد. واحدهای سنگی منطقه شامل لوکوگرانیت زیرگان، دایک های دیابازی و توده های کوارتز دیوریتی می باشد. لوکوگرانیت زیرگان با سن کامبرین زیرین بزرگ ترین رخنمون سنگی منطقه می باشد. نفوذ محلول های سدیک باعث رخداد متاسوماتیزم سدیک و آلبیت زایی و از جمله کانی سازی اورانیوم در منطقه شده است.

هدف: هدف اصلی این پژوهش بررسی شواهد صحرایی، پتروگرافی و ژئوشیمیایی دگرسانی آلبیت زایی در توده لوکوگرانیت، کوارتز دیوریت و حتی دایک های دیابازی منطقه به همراه دگرسانی هماتیتی و کانی سازی اورانیوم می باشد.

روش بررسی: برای رسیدن به چنین هدفی، تعداد ۶۳ نمونه با دستگاه XRF، ۱۱ نمونه با دستگاه XRD^۱ در آزمایشگاه سازمان انرژی اتمی آماده و مورد تجزیه قرار گرفتند. همچنین علاوه بر مطالعات صحرایی ۲۳ نمونه مقطع نازک از سنگ های منطقه مطالعه شد.

نتایج: شواهد صحرایی، پتروگرافی و ژئوشیمیایی حاکی از رخداد دگرسانی سدیک و کانی سازی اورانیوم در منطقه می باشد.

از جمله شواهد این دگرسانی می توان به بافت پسودومورف، جانشینی آلبیت به جای اورتوز، بافت ناهمگن، ماکل صفحه شطرنجی پلاژیوکلاز، افزایش میزان Na₂O و کاهش میزان SiO₂ و K₂O در سنگ های منطقه اشاره کرد.

عهده دار مکاتبات: ایمیل: m-yazdi@sbu.ac.ir

¹X-ray fluorescence

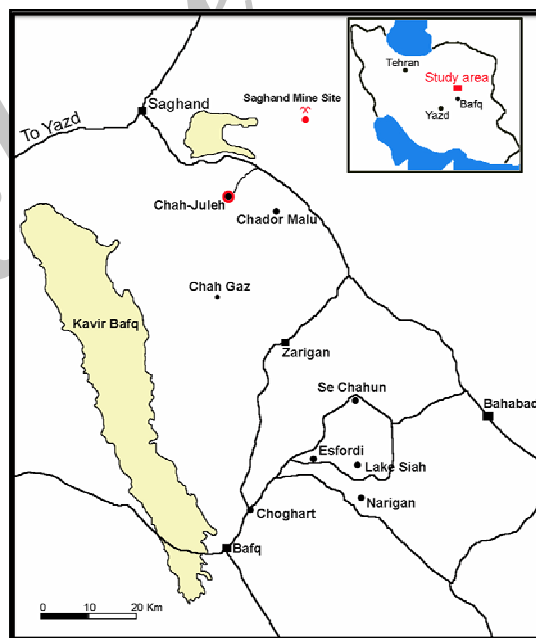
²X-ray Diffraction

نتیجه گیری: سنگ های منطقه دارای طیف ترکیبی لوکوگرانیت، کوارتز دیوریت و دایک های دیاباز می باشند. در اثر نفوذ محلول های آلکالن سدیک به درون بخش هایی از لوکوگرانیت که گسلی و خرد شده هستند، فرآیند متاسوماتیسم سدیک و کانی سازی اورانیوم رخ داده است.

واژه های کلیدی: متاسوماتیسم سدیک، آلبیت زایی، گرانیت زیرگان، چاه جوله، ایران مرکزی

مقدمه

منطقه چاه جوله در شمال شرق استان یزد و ۱۷۰ کیلومتری شمال شرق شهر یزد قرار دارد. این منطقه از شمال کویر ساغند، از غرب به کوه های خشومی، از شرق به معدن سنگ آهن چادرملو و از جنوب به منطقه زیرگان محدود می شود (شکل شماره ۱). بخشی از سنگ های منطقه تحت تاثیر متاسوماتیسم سدیک-فریک قرار گرفته است. در این نوشتار شواهد متاسوماتیسم در منطقه و ویژگی های پترولوژیکی و ژئوشیمیایی سنگ های منطقه مورد بررسی قرار می گیرد، به این منظور تعداد ۶۳ نمونه برای تجزیه بادستگاه فلئورسانس اشعه ایکس (XRF)، ۱۱ نمونه برای تجزیه بادستگاه پراش اشعه ایکس (XRD) و ۲۳ نمونه جهت تهیه مقطع نازک از منطقه برداشت شد. تمامی نمونه ها در آزمایشگاه سازمان انرژی اتمی آماده و مورد آنالیز قرار گرفت که در ادامه نتایج آن ها ارائه می شود.

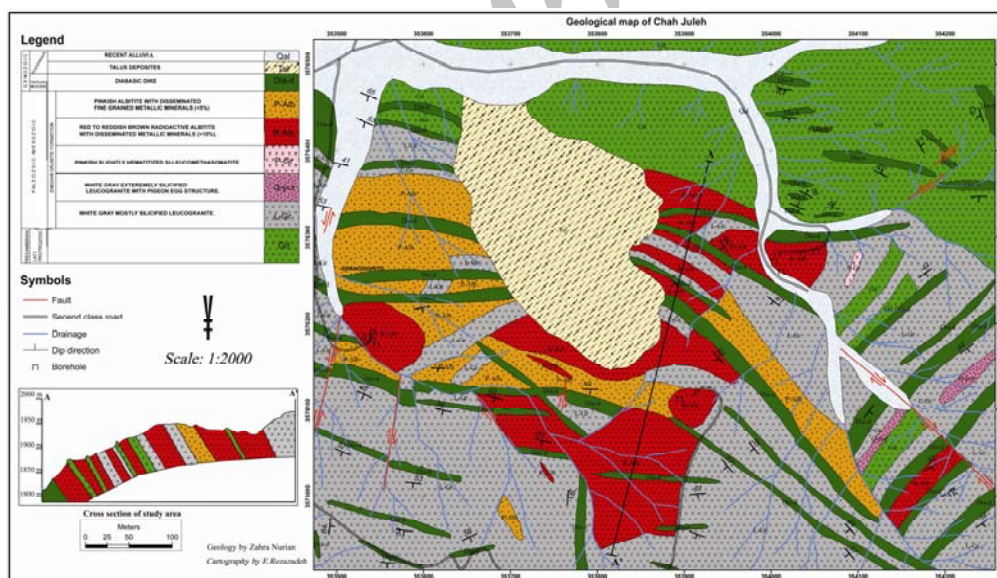


شکل ۱- موقعیت جغرافیایی و راه های دسترسی به منطقه

زمین شناسی عمومی

منطقه چاه جوله بخشی از زون ساختاری ایران مرکزی و ایالت متالورژی بافق- ساغند می باشد. این ناحیه با طبقاتی از پرکامبرین پسین تا تریاس میانی پوشیده شده و در بعضی از مناطق، طبقات کرتاسه و جوان تر نیز رخنمون دارند. براساس شواهد زمین شناسی و مطالعات ایزوتوپی، این ایالت میزبان کنسارهای آهن فسفات دار، نهشته های اورانیوم- توریوم، سرب و روی و ... است.^(۱) رضانی و تاکر^(۲) معتقدند که تبخیری های موجود در منطقه در یک محیط پشت کمانی تا یک محیط کافت درون قاره ای در ارتباط با فرورانش تشکیل شده اند.

در زمان پرکامبرین دو رخساره متفاوت از نوع کافتی و سکویی وجود داشته که رخساره کافتی تا زمان پرکامبرین و رخساره پلاتفرمی تا زمان تریاس میانی ادامه داشته اما در زمان تریاس میانی با رخداد سپرین آغازی دستخوش دگرشکلی و تکتونیک واقع شده و این زون به صورت یک فرازمین درآمده است. تکوین خرد قاره ایران مرکزی با رخداد تکتونرمال پان آفریکن به عنوان بخشی از گندوانا متأثر گشته و پدیده ها و رویکرد هایی را بر جای گذاشته که عمدتاً در متالورژی این پهنه نقش به سزایی داشته است. طبق نقشه زمین شناسی تهیه شده از منطقه توسط نویسندگان با مقیاس ۱:۲۰۰۰ (نقشه ۱)، واحدهای سنگی منطقه از قدیم به جدید شامل: توده کوارتز دیوریت، لوکوگرانیت، دایک های دیاباز، واریزه ها و آبرفت های عهد حاضر می باشد. در محدوده مورد مطالعه فرآیند متاسوماتیسم سدیک-فریک بخش هایی از منطقه را تحت تاثیر قرار داده که شواهد این فرآیند مورد بررسی قرار می گیرد.



نقشه ۱- نقشه زمین شناسی منطقه چاه جوله با مقیاس ۱:۲۰۰۰

نتایج و بحث

پetroگرافی

سنگ های منطقه شامل لوکوگرانیت، آلبیتیت، کوارتز دیوریت و دیاباز می باشد. ویژگی های پتروگرافی

این سنگ ها به شرح زیر می باشد:

لوکوگرانیت زیریگان

لوکوگرانیت زیریگان، یک گرانیت سفید رنگ بدون کانی فرومینزین و با کانی اپاک بسیار پایین می باشد. این توده، بزرگ ترین رخنمون سنگی در محدوده ساغند می باشد. در منطقه مورد مطالعه این توده در داخل سازند تاشک و واحدهای ولکانیکی- رسوبی کامبرین نفوذ کرده و سنگ های این واحدها را قطع کرده است. این توده به علت ماهیت شدیداً جانشینی، بیشتر یک لوکومتاسوماتیت است تا یک لوکوگرانیت.^(۳) گرانیت زیریگان یک توده کم عمق می باشد که تغییر رخساره های از یک گرانیت متوسط دانه تا یک گرانیت پورفیری را نشان می دهد، به طوری که در منطقه پورفیرپلاست های کوارتز در اندازه ۲-۳ میلی متر در نمونه های دستی دیده می شود. این توده مشخصات بافتی و کانی شناسی یک گرانیت هیپرسولوس را نشان می دهد. بر اساس مطالعات ژئوشیمیایی، فلدسپات ها در لوکوگرانیت زیریگان شدیداً سدیک می باشند، به همین علت این توده بیشتر ماهیت تونالیت- ترونجمیت تا گرانیت دارد.^(۱) طبق مطالعات پتروگرافی اختصاصات کانی شناسی و بافتی این توده به شرح زیر می باشد:

- کوارتزها به صورت بلورهای درشت دارای شکستگی احتمالاً ناشی از عملکرد نیروهای زمین ساختی موجود در منطقه با خاموشی موحی وجود دارد.

- پلاژیوکلاز دارای ماکل پلی سنتتیک بوده که بعضاً به سرسیت دگرسان شده است.

- آلکالی فلدسپارها شامل اورتوز و میکروکلین می باشد هستند (شکل ۳).

- بلورهای ریز زیرکن در اکثر نمونه ها دیده می شود.

بافت سنگ میکروگرانولار تا گرانولار می باشد، برخی از نمونه ها دارای بافت گرافیکی هستند که معرف تبلور همزمان کوارتز و فلدسپار با ترکیب احتمالی کوتکتیک می باشد. از طرفی وجود پرتیت رشته ای و رگه ای منظم که پراکندگی یکنواختی در سطح بلور نشان می دهد معرف تبلور فلدسپات آلکالن از مذاب است.^(۴) وجود پرتیت رشته ای به عنوان یک بافت هیپرسولوس و عدم وجود کانی های آب دار مانند بیوتیت و آمفیبول در لوکوگرانیت زیریگان، فشار بخار آب پائینی را در زمان تشکیل توده پیشنهاد می کند.^(۵)

بخش هایی از لوکوگرانیت زیریگان در منطقه تحت تاثیر فرآیند متاسوماتیسم سدیک-فریک قرار گرفته است. این بخش ها در منطقه به صورت عدسی هایی قرمز رنگ پراکنده در سطح لوکوگرانیت دیده می شود (شکل ۲) که روند خاصی را دنبال نمی کند. البته در منطقه سنگ هایی با شدت آلبیتی-هماتیتی شدن مختلف داریم، این سنگ ها احتمالاً دارای زون بندی مشخصی بوده، ولی با توجه به این که منطقه مورد مطالعه منطقه ای تکتونیزه است. این نظم به هم خورده و بنابراین روند خاصی را دنبال نمی کنند. همچنین این نمونه ها از لحاظ رنگ ظاهری، خصوصیات پتروگرافی و ژئوشیمیایی با لوکوگرانیت زیریگان تفاوت هایی دارد. با توجه به نتایج تجزیه نمونه ها با دستگاه XRD که کانی اصلی در این نمونه ها آلبیت بوده و همچنین مطالعه مقاطع نازک مربوط به این نمونه ها که بیش از ۷۰٪ حجم آن ها از کانی آلبیت تشکیل شده، از لفظ آلبیتیت در مورد این نمونه ها استفاده می کنیم. در این نمونه ها آلبیت با ماکل صفحه شطرنجی دیده می شود (شکل ۳). بلورهای آلبیت در این نمونه ها به رنگ صورتی کم رنگ می باشد که دالکم^(۶) رنگ این آلبیت ها را ناشی از وجود اکسید آهن در ریز شکستگی های آن ها می

داند. همچنین این نمونه ها در مقایسه با لوکوگرانیت زیرگان دارای میزان کانی اپاک بالاتری می باشند. در منطقه، این سنگ ها را برحسب محتوای کانی اپاک و شدت رنگ قرمزشان به سه دسته تقسیم کرده ایم: یک دسته آلبیت های صورتی رنگ با کانی های اپاک حدود ۳-۵ درصد پراکنده در سطح سنگ، دسته دوم آلبیت های قرمز تا قهوه ای مایل به قرمز با محتوای کانی اپاک حدود ۱۰-۵ درصد و دسته سوم لوکومتاسوماتیت سیلیسی صورتی رنگ. در مورد دسته اخیر با توجه به این که این سنگ ها سیلیسی شدن شدیدی را نشان می دهند. نفوذ محلول های آلکالن مسبب اصلی متاسوماتیسم در منطقه می باشند. با توجه به پاراژنز کانیایی سنگ ها می توان برداشت کرد که این محلول ها دمای بالایی داشته و غنی از $\text{Na, U, Fe-Ti, CO}_2$ هستند.^(۷)

کوارتز دیوریت

این توده به رنگ خاکستری تیره در شمال شرقی منطقه دیده می شود. طبق مطالعات حقی پور^(۸) توده مذکور قدیمی ترین فعالیت ماگمایی در منطقه می باشد ولی بر اساس این که درون لوکوگرانیت زیرگان نفوذ کرده، باید از لوکوگرانیت جوان تر باشد. طبق مطالعه مقاطع نازک مربوط به این نمونه ها کانی های اصلی آن ها شامل:

- پلاژیوکلاز: بلورهای شکل دار تا نیمه شکل دار، بعضا دارای زونینگ (شکل ۴). بر اساس تعیین زاویه خاموشی پلاژیوکلازها از نوع آندزین، لابرادوریت می باشند. در بعضی مقاطع به میزان اندک آلبیتی شدن دیده می شود. بنابراین این توده نیز احتمالا تحت تاثیر متاسوماتیسم قرار گرفته است.

- آمفیبول: نیمه شکل دار تا بی شکل

- کوارتز: بی شکل دارای خاموشی موجی

کانی های فرعی: اسفن، اپیدوت، کربنات

بافت نمونه ها گرانولار می باشد.

دایک های دیاباز

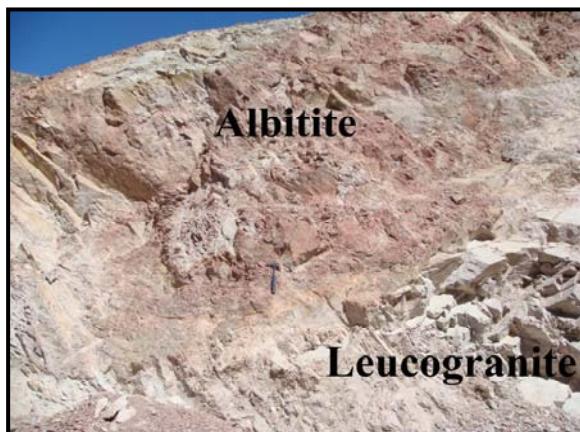
این دایک ها در منطقه با رنگ سبز تیره از دیگر واحدهای سنگی قابل تفکیک هستند و دارای دو روند اصلی می باشند: یکی روند شمال غرب- جنوب شرق و دسته دیگر که دایک های دسته اول را قطع کرده اند دارای روند شمالی- جنوبی می باشند (شکل ۵) که این پدیده دلیلی بر وجود دو فاز کششی در منطقه می باشد. به دلیل مرز تدریجی دایک های سری اول با لوکوگرانیت زیرگان، تزریق دایک های دیاباز همزمان یا کمی بعد از تشکیل لوکوگرانیت می باشد.^(۱) محلول های سدیک بیشتر در راستای این دایک ها در سنگ های منطقه نفوذ کرده اند و باعث آلبیتی شدن سنگ ها شده است، به طوری که در بعضی نقاط می بینیم سنگ های یک طرف دایک قرمز رنگ و پرتوزا می باشد، ولی سنگ های طرف دیگر دایک پرتوزایی خاصی نشان نمی دهد (این پرتوزایی توسط دستگاه سنتیلومتر مشخص شد). بنابراین دایک های دیاباز در منطقه مانند مجرای برای نفوذ محلول های سدیک عمل کرده اند. اختصاصات کانی شناسی و بافتی آن ها شامل:

- آمفیبول: بلورهای نیمه شکل دار که بعضی از آن ها تحت تاثیر متاسوماتیسم سدیک به آمفیبول سدیک تبدیل شده اند. بلورهای آمفیبول سدیک دارای رنگ سبز آبی می باشد (شکل ۶).

- پیروکسن: بلورهای نیمه شکل دار کرم رنگ دارای دو سیستم رخ عمود بر هم که در حال تبدیل شدن به آمفیبول می باشد (شکل ۷).

- پلاژیوکلاز: شکل دار تا نیمه شکل دار با ماکل پلی سنتتیک و دارای زونینگ. تحت تاثیر پدیده متاسوماتیسم مقداری از پلاژیوکلازها به آلبیت تبدیل شده اند.

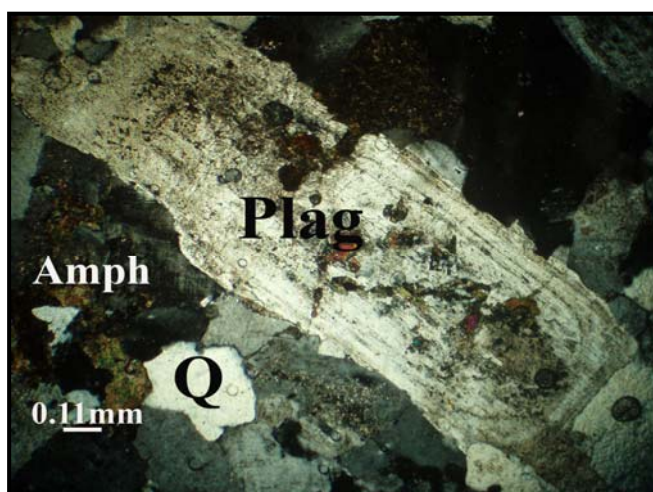
کانی های فرعی: کوارتز، کلریت، اسفن، کانی های اپاک بافت دایک ها اینترگرانولار می باشد.



شکل ۲- تفکیک لوکوگرانیت از آلبیتیت به وسیله اختلاف رنگ



شکل ۳- آلبیت با ماکل صفحه شطرنجی



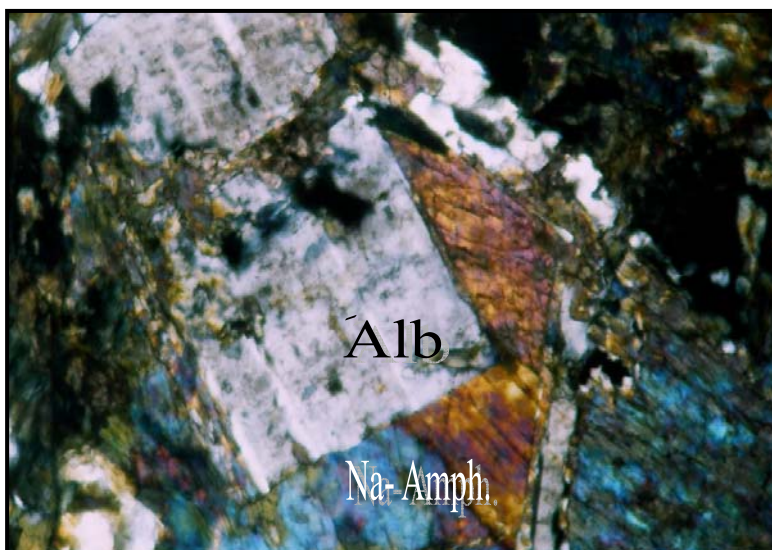
شکل ۴- بلور پلاژیوکلاز دارای زونینگ



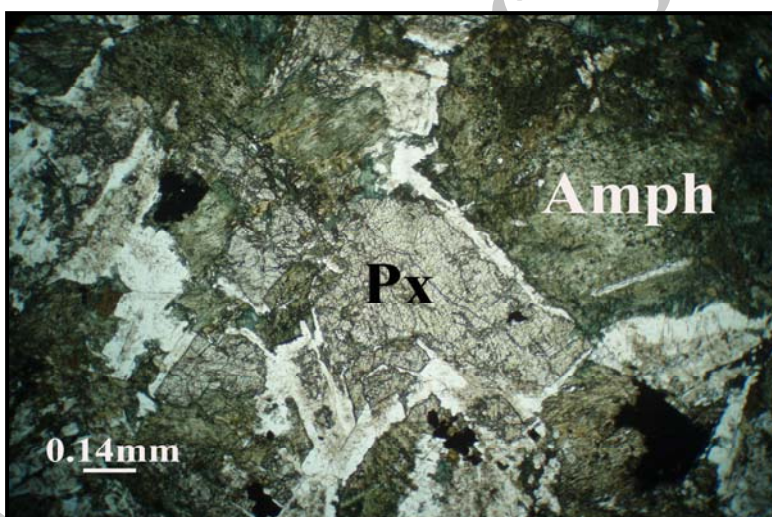
شکل ۵ - دایک های دیاباز با دو روند متفاوت (دید به سمت شمال)

شواهد متاسوماتیسم در منطقه چاه جوله

فرآیندهای متاسوماتیکی در هر عمقی از پوسته رخ می دهد. در طی این فرآیند در اثر نفوذ محلول های متاسوماتوزکننده در سنگ، کانی های قدیمی سنگ مادر توسط کانی های جدید جانشین می شوند، به این ترتیب ترکیب شیمیایی سنگ مادر تغییر می کند، بدون این که تغییری در حجم آن به وجود آید.^(۸)



شکل ۶- نمونه ای از آمفیبول سدیک



شکل ۷- مقطع دایک دیاباز

شواهد رخداد متاسوماتیسم در منطقه چاه جوله عبارتند از:

شواهد صحرایی

برای ورود سیالات به درون سنگ و رخداد متاسوماتیسم، وجود درزه و شکاف زیاد در سنگ ضروری است. منطقه مورد مطالعه، منطقه ای تکتونیزه می باشد، بنابراین برای ورود سیالات و پدیده متاسوماتیسم محیطی مناسب می باشد. پدیده متاسوماتیسم با جابجایی عناصر همراه است که نتیجه آن، تغییر در ترکیب کانی شناسی سنگ می باشد. تغییر در ترکیب کانی شناسی به نوبه خود می تواند تغییر در رنگ ظاهری را در بر داشته باشد. همان طور که گفته شد در منطقه مورد مطالعه، محلول ها در راستای نقاط ضعف سنگ مانند گسل ها و شکستگی ها، در سنگ

نفوذ کرده اند و باعث تشکیل آلبیت ها شده است این آلبیت ها با رنگ قرمز از لوکوگرانیت شیری رنگ قابل تفکیک است (شکل ۲).

شواهد پتروگرافی

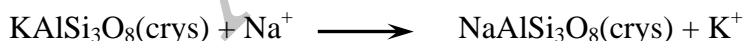
در مقاطع نازک شواهدی دال بر رخداد متاسوماتیسم در منطقه وجود دارد:

۱- بافت پسودومورف: در طی متاسوماتیسم انحلال کانی ها با ته نشینی کانی های جدید در قالب و شکل کانی قبلی صورت می گیرد که یکی از شواهد متاسوماتیسم می باشد^(۹) (شکل ۳).

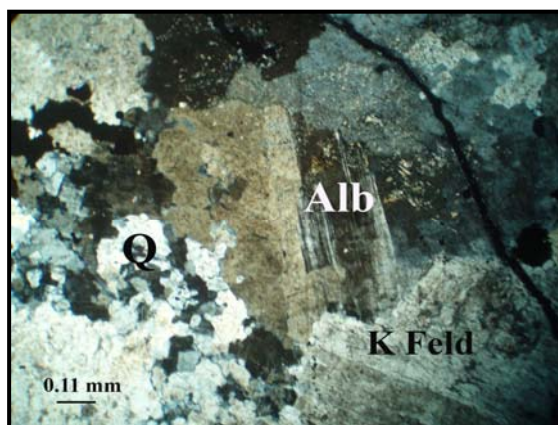
۲- وجود شکستگی و نفوذ محلول ها: در سنگ هایی که تحت تاثیر نیروهای زمین ساختی قرار گرفته اند، وجود درزها و شکستگی ها با مقیاس های مختلف شرایط مناسبی برای نفوذ محلول ها فراهم می آورد، در این شرایط متاسوماتیسم انتشاری سنگ را تحت تاثیر قرار می دهد. در آلبیت های منطقه به علت پرشدگی ترک ها و شکستگی های ریز توسط اکسید آهن، آلبیت ها به رنگ قرمز می باشند.

۳- ماکل صفحه شطرنجی پلاژیوکلاز: اضافه شدن یون Na^+ به ساختمان پلاژیوکلاز می تواند بافت های جدیدی را در پلاژیوکلاز ایجاد کند که از این میان می توان به پلاژیوکلاز با ماکل صفحه شطرنجی اشاره کرد. در این پلاژیوکلازها، تیغه های آلبیتی کوچک طوری قرار می گیرند که بافتی شبیه صفحه شطرنج را به وجود می آورند، با این تفاوت که هر یک از این واحدها به صورت یک مربع کامل نبوده و حالت نامنظمی دارند. به عقیده برخی زمین شناسان ایجاد بافت صفحه شطرنجی در فلدسپارها در نتیجه متاسوماتیسم سدیک بر روی فلدسپار اولیه است و عده ای دیگر به عدم اختلاط فلدسپار پتاسیک و فلدسپار سدیک ناشی از متاسوماتیسم اعتقاد دارند. عده ای نیز تنش و فشارهای تکتونیکی را در تشکیل پلاژیوکلاز صفحه شطرنجی موثر می دانند. پلاژیوکلاز با بافت صفحه شطرنجی می تواند در اثر ایجاد بافت پرتیت و یا متاسوماتیسم ایجاد شود. با توجه به مطالعات پتروگرافی، وجود اورتوز پرتیتی به همراه آلبیت صفحه شطرنجی را جز با پدیده متاسوماتیسم سدیک در منطقه نمی توان توجیه کرد.

۴- جانشینی آلبیت به جای اورتوز: یکی دیگر از شواهد متاسوماتیسم سدیک در منطقه جانشینی آلبیت به جای اورتوز می باشد، به این طریق که با ورود محلول های غنی از سدیم به سنگ K_2O از محیط شسته شده و به جای آن Na_2O جانشین می شود^(۱۰) (شکل ۸).



۵- بافت ناهمگن: بافت پورفیری مختص سنگ های نیمه خروجی است. در صورتی که بافت گرانولار مربوط به سنگ های درونی است. لوکوگرانیت زیرگان یک توده نیمه عمیق با بافت پورفیری می باشد. در بعضی مقاطع بافت پورفیری با خمیره دانه متوسط در کنار بافت گرانولار دیده می شود که می تواند گواهی بر پدیده متاسوماتیسم در منطقه می باشد.



شکل شماره ۸- جانیشینی آلبیت به جای اورتوز

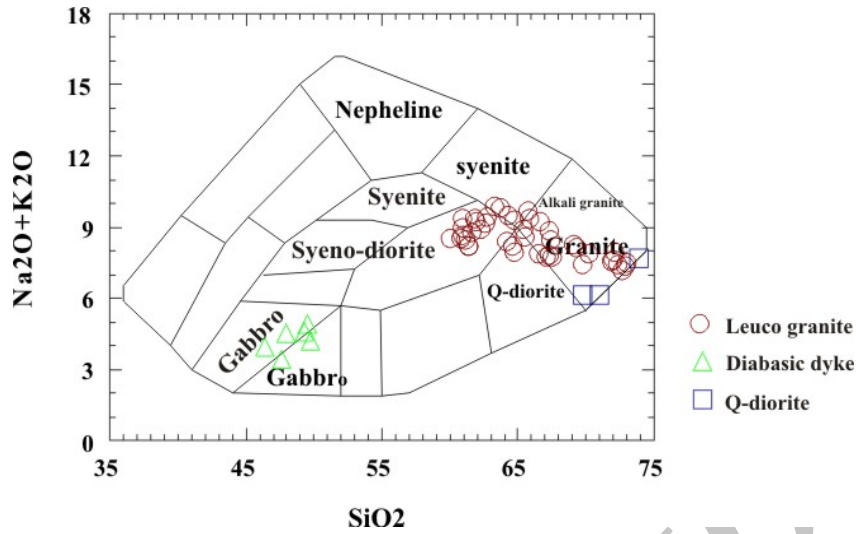
شواهد ژئوشیمیایی

نتایج آنالیز نمونه ها با دستگاه XRF رخداد متاسوماتیسم سدیک-فریک در منطقه را تأیید می کند، به طوری که طبق نتایج حاصل از تجزیه ژئوشیمیایی ارائه شده در جدول شماره ۱ نمونه های مربوط به لوکوگرانیت زیرگان که رنگی دیده می شود حاوی Na_2O بیشتر و K_2O نسبت به نمونه ای آلبیتی می باشد.

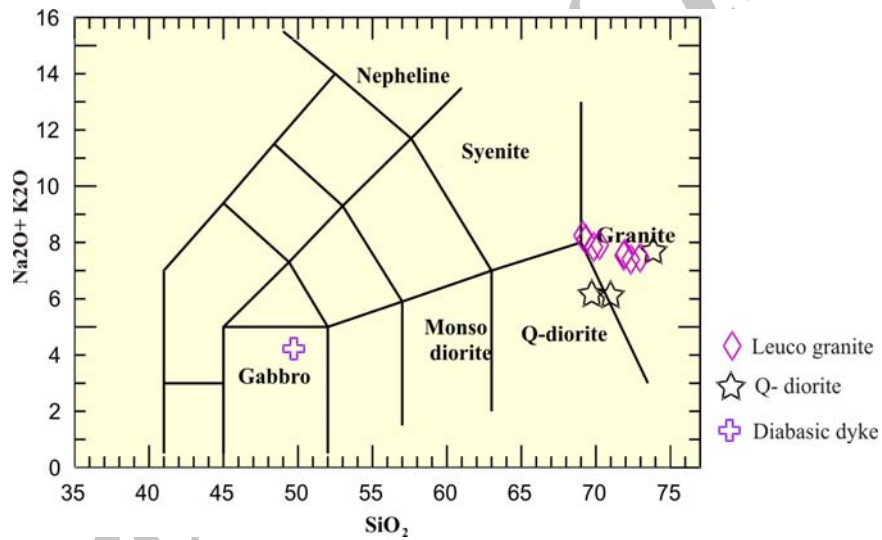
نام گذاری سنگ های آذرین منطقه چاه جوله

جهت نام گذاری و طبقه بندی سنگ های منطقه از درصد مجموع اکسیدهای آلکالن ($\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$) و SiO_2 استفاده شده است. طبق رده بندی کاکس^(۱۱) و لی باس^(۱۲) جایگاه توده نفوذی زیرگان در محدوده گرانیت و نمونه های مربوط به دایک های دیاباز و توده کوارتز دیوریت به ترتیب در محدوده گابرو و کوارتز دیوریت قرار می گیرد (نمودارهای ۲ و ۳). البته جهت نامگذاری سعی شد حتی الامکان از نمونه هایی استفاده شود که تحت تاثیر متاسوماتیسم قرار نگرفته اند. جهت تعیین سری ماگمایی نمودارهای مختلفی پیشنهاد شده است، یکی از این نمودارها، نمودار ایروین و بارگار^(۱۳) است که بر اساس آن می توان سری آلکالن را از ساب آلکالن تفکیک کرد. طبق این نمودار (نمودار ۳) همه نمونه ها در محدوده ساب آلکالن قرار می گیرند.

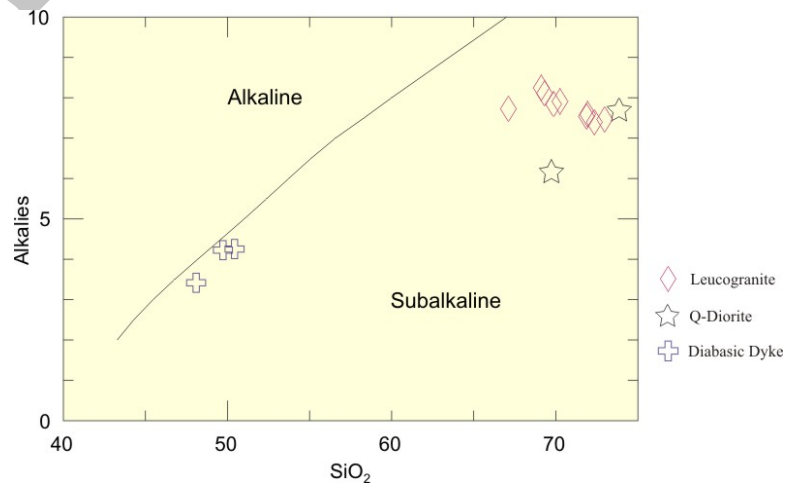
سری ساب آلکالن، خود شامل سری تولیتی و کالک آلکالن است که با استفاده از نمودار مثلثی ایروین و بارگار^(۱۳) می توان این دو سری را از هم تفکیک کرد. براساس این نمودار (نمودار ۴)، نمونه های مربوط به لوکوگرانیت و توده کوارتز دیوریت در محدوده کالک آلکالن و نمونه های دایک های دیاباز در محدوده تولیتی قرار می گیرند. همچنین در نمودار مثلثی An- Ab- Or، ایروین و بارگار^(۱۳) موقعیت نمونه های لوکوگرانیت، دایک های دیاباز و توده کوارتز دیوریت مشخص شده است (نمودار ۵). همان طور که دیده می شود، نمونه های مربوط به لوکوگرانیت زیرگان در محدوده سدیک و نمونه های مربوط به توده کوارتز دیوریت در محدوده پتاسیک قرار می گیرند.



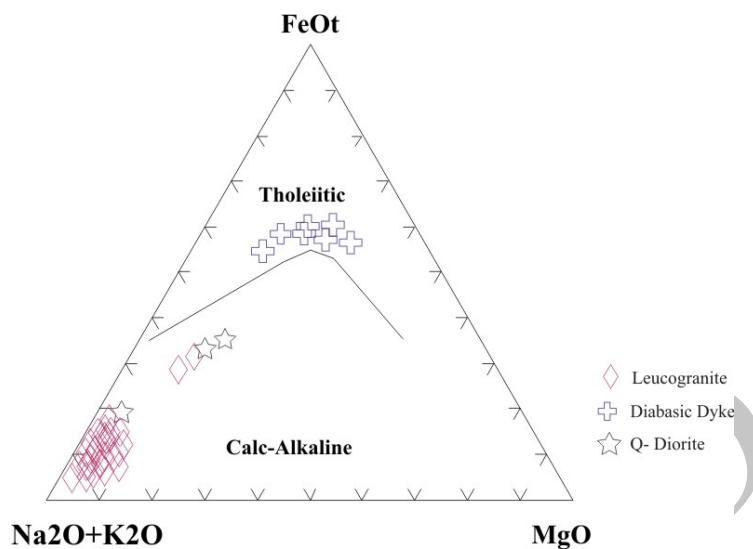
نمودار ۱ - رده بندی شیمیایی کاکس و همکاران (۱۲)



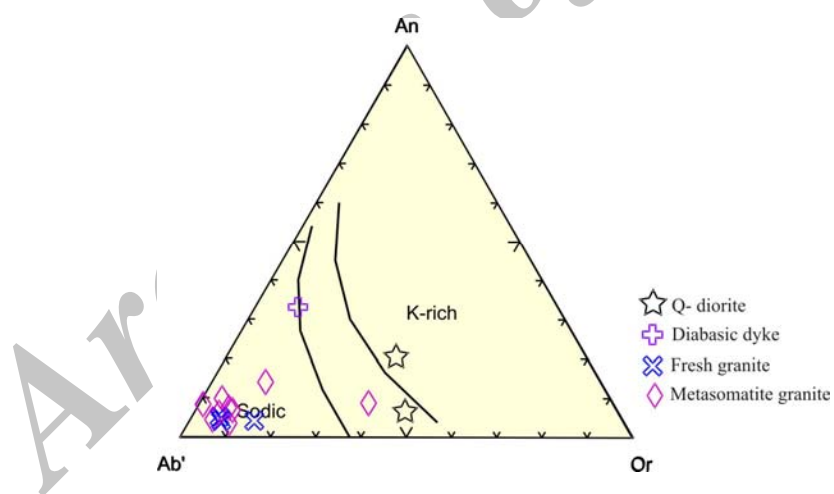
نمودار ۲- رده بندی شیمیایی لی باس و همکاران (۱۳)



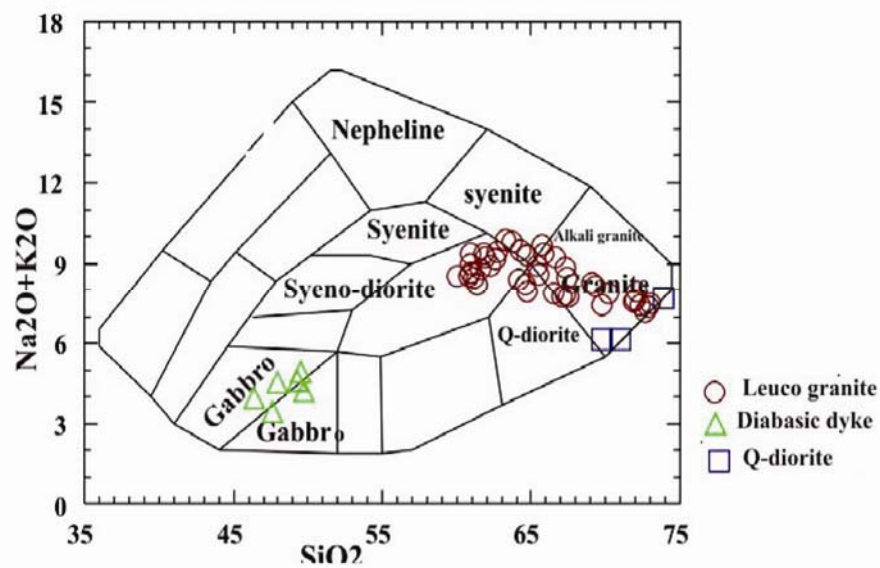
نمودار ۳ - تفکیک سری آلکالن از ساب آلکالن



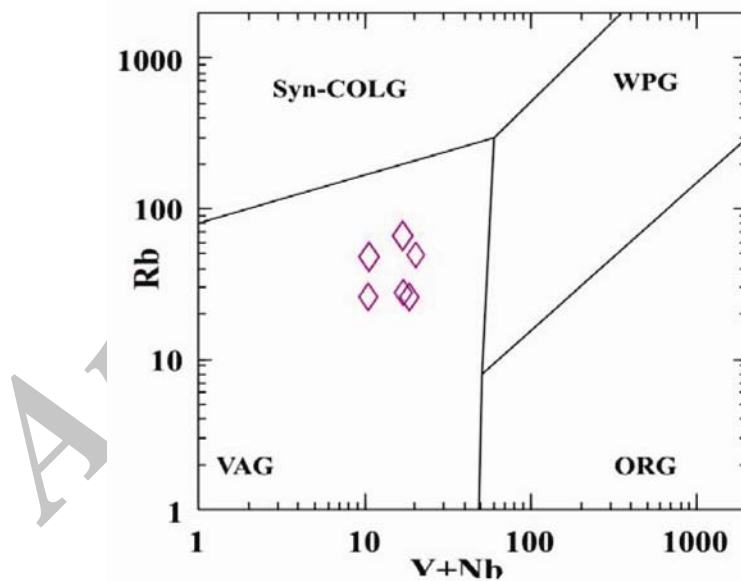
نمودار ۴- تفکیک سری کالک آلكالن و تولییتی



نمودار ۵- تفکیک محدوده سدیک و پتاسیک برای نمونه سنگ های منطقه (An: آنورتیت، Ab: آلیت، Or: اورتوز)



نمودار ۶- نمودار Nb در برابر Y پیرس^(۱۴)



نمودار ۷- نمودار Rb در برابر Y+Nb پیرس^(۱۴)

جایگاه زمین ساختی

در نمودارهای تفکیک کننده محیط زمین ساختی بایستی از عناصری مانند P, Nb, Y, Zr, Ti استفاده می شود که به اصطلاح عناصر کم تحرک باشند و اندازه گیری آن ها حتی در غلظت پایین به روش های ساده و با دقت بالا امکان پذیر باشد و تحت تاثیر فرآیندهای ثانویه دگرسانی و هوازدگی قرار نگیرند. بر اساس نمودارهای

پیرس^(۱۴) و طبق نمودارهای ۷ و ۶، نمونه های گرانیت زیرگان در محدوده گرانیت های مرتبط با کمان های آتش فشانی (VAG) قرا می گیرد. رضانی و تاکر^(۱) نیز چنین جایگاهی برای توده جنوبی گرانیت زیرگان پیشنهاد کرده اند.

جدول ۱- ترکیب ژئوشیمیایی سنگ های آلبیتی شده در مقایسه با نمونه های لوکوگرانیت زیرگان (نمونه های رنگی)

Sample	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	Na ₂ O	MgO	K ₂ O	TiO ₂
BHCH-01	۶۷,۲۷۵	۱۴,۷۶۲	۰,۸۷	۰,۹۵۹	۶,۵۴۴	۰,۲۴۸	۱,۲۶	۱,۰۱۱
BHCH-02	۶۱,۳۵۲	۱۵,۶۷۱	۰,۶۸۵	۳,۳۸۲	۷,۷۴۲	۰,۳۳۲	۰,۴۳۵	۱,۴۴۶
BHCH-03	۶۱,۱۴۴	۱۶,۱۲۸	۰,۹۷۵	۱,۴۶۲	۷,۱۸۹	۰,۲۶	۱,۲۹۲	۱,۱۱۴
BHCH-04	۶۰,۹۱۶	۱۶,۱۷۲	۱,۱۸۴	۰,۹۳۵	۷,۲۰۵	۰,۱۶۸	۱,۴۳۱	۱,۱۱۲
BHCH-08	۶۷,۰۲	۱۴,۳۸۷	۰,۸۹۳	۱,۱۱۴	۷,۱۶۱	۰,۰۸	۰,۵۶۳	۱,۰۱۵
BHCH-10	۶۴,۷۳۱	۱۴,۹۲۵	۱,۱۷۱	۱,۰۰۲	۶,۹۹۷	۰,۱۷۵	۰,۹۷۲	۱,۱۷۶
BHCH-11	۶۴,۶۴۳	۱۵,۳۲۱	۱,۱۲۹	۰,۹۹۲	۷,۱۰۴	۰,۰۹۴	۱,۰۶۵	۰,۶۷۴
BHCH-12	۶۲,۳	۱۶,۲۸۴	۱,۰۶۵	۱,۱۱۷	۷,۷۱۱	۰,۱۶۹	۱,۲۰۵	۱,۰۶
BHCH-13	۶۶,۴۹۶	۱۴,۴۴۷	۰,۹۵۵	۱,۴۷۱	۷,۳۱۷	۰,۱۹۷	۰,۵۵۸	۱,۰۲۹
BHCH-16	۶۹,۷۴۹	۱۲,۴۷۳	۱,۳۲۲	۱,۵۳۷	۴,۸۶۲	۰,۵۸۶	۲,۵۳۹	۰,۲۵۲
BHCH-17	۷۲,۶۲	۱۲,۰۶۶	۱,۲۳۵	۰,۹۹۴	۴,۶۸۳	۰,۶۳۶	۲,۵۰۳	۰,۲۰۷
BHCH-21	۶۵,۳۵۶	۱۶,۱	۱,۱۰۴	۱,۱۱۱۷	۷,۶۹۲	۰,۱۲۲	۱,۲۳	۰,۹۸۳
FC-200	۶۲,۷۱۱	۱۷,۹۰۴	۱,۰۶	۱,۴۱۵	۸,۳۶۱	۰,۱۰۳	۱,۰۵۳	۱,۷۰۷
FC-202	۶۵,۸۳۸	۱۶,۹۳۱	۰,۹۱۲	۱,۳	۸,۲۷۷	۰,۰۹۵	۱,۰۸۸	۲,۰۶۷
FC-72	۶۰,۰۶۴	۱۶,۰۰۹	۱,۵۰۵	۲,۳۰۲	۸,۳۷	۰,۲۳۵	۰,۱۳۲	۱,۲۴۳
FC-74	۷۲,۸۴۱	۱۲,۹۴۴	۰,۴۰۸	۰,۷۲۶	۷,۲۶۴	N	۰,۱۰۱	۰,۱۵۳
FC-76	۶۱,۸۰۵	۱۷,۴۰۷	۱,۱۰۱	۱,۳۸۲	۷,۷۸۲	۰,۲۱۶	۱,۵۴۴	۱,۹۵۱
FC-83	۷۲,۱۲۹	۱۳,۸۹۹	۰,۶۴۶	۱,۱۷	۷,۸۰۲	۰,۰۵۷	۰,۱۱۲	۰,۵۲۸
FC-80	۶۷,۲۸	۱۶,۱۶۸	۱,۰۰۸	۱,۲۵۷	۸,۰۴۳	۰,۱۳۸	۰,۸۱۵	۱,۳۵۱
FC-81-1	۶۴,۲۲۲	۱۶,۸۱۱	۱,۳۲۱	۰,۶۸۹	۸,۶۹۳	۰,۱۰۷	۰,۸۲	۲,۰۴
FC-81-2	۶۶,۶۱	۱۶,۰۹۲	۱,۴۵۱	۰,۹۰۹	۸,۲۴۱	۰,۲۱۶	۰,۹۸۶	۱,۶۱۳
FC-81-3	۶۵,۷۷	۱۶,۷۰۳	۱,۱۵۶	۱,۸۱۵	۸,۵۳۴	۰,۱۰۴	۱,۱۵	۲,۰۰۲
FC-82	۶۰,۹۷۳	۱۸,۹۵۱	۱,۳۲۲	۲,۶۰۳	۸,۱۱۸	۰,۱۹۲	۰,۸۵۶	۱,۱۶۴
FC-84	۶۴,۲۱۱	۱۵,۶۷	۱,۴۹۳	۲,۶۵۱	۷,۸۴۹	۰,۶۴۱	۰,۵۶۹	۱,۰۲۵
FC-85	۶۳,۲۷۷	۱۷,۴۲۲	۱,۱۴۲	۱,۳۰۶	۸,۴۳	۰,۱۹۸	۱,۴۶۲	۲,۳۰۱
FC-88	۶۴,۷۶۲	۱۷,۰۴۵	۱,۲۱۱	۰,۹۹۷	۸,۱۹۱	۰,۲۷۱	۱,۱۳۳	۱,۰۵۶
FC-89	۶۷,۴۵۹	۱۴,۵۳۷	۱,۱۸	۰,۶۹۳	۶,۵۱۱	۰,۱۴	۱,۹۲۱	۰,۷۶۳
FC-90	۵۳,۸۷۷	۱۹,۳۲۵	۱,۴۵۸	۱,۷۹۴	۲,۶۰۵	۱,۱۴۸	۴,۲۷۳	۰,۴۵۹
FC-91	۶۲,۶۱۵	۱۷,۰۴۹	۰,۷۵۲	۱,۶۶	۸,۸۳۲	۰,۰۴۶	۰,۳۰۵	۱,۶۲۸
FC-92	۶۱,۶۰۵	۱۶,۸۷	۰,۸۳۲	۱,۳۷۲	۸,۳۴۶	۰,۱۶۷	۰,۴۴۴	۱,۸۸۱
FC-93	۶۱,۵۶۱	۱۷,۰۵۶	۰,۶۵۶	۱,۹۰۹	۶,۱۷	۰,۵۱۵	۱,۴۴۷	۰,۱۰۱
FC-94	۶۱,۹۲۱	۱۷,۳۹۳	۱,۳۴۲	۱,۸۶۸	۸,۷۳۵	۰,۲۰۷	۰,۴۹۹	۱,۷۶۷
FC-95	۶۳,۷۳۳	۱۷,۶۴۸	۱,۷۳۴	۱,۰۴۵	۸,۷۳۴	۰,۲۲	۱,۰۷۲	۱,۷۶

FC-105	۶۰,۹۴۷	۱۸,۱۶۷	۱,۴۲۱	۲,۱۵۴	۷,۸۵	۰,۱۶۶	۱,۴۷۹	۱,۶۶۶
CH-AN-DH61	۶۰,۷۸۳	۱۶,۴۸۹	۱,۲۱۹	۱,۰۷۸	۷,۳۵۲	۰,۲۱۴	۱,۱۷۵	۲,۲۷۸
CH-AN-DH62	۶۱,۳۷۷	۱۶,۰۲۱	۱,۲۸۲	۱,۳۸۱	۶,۷۶۳	۰,۳۴۱	۱,۴۲۴	۲,۲
86-ZN- 01	۷۲,۳۴۹	۱۵,۳۸۴	۱,۰۹۶	۰,۸۴۵	۶,۷۴۹	۰,۳۰۸	۰,۶۴۵	۱,۴۶۸
86-ZN- 03	۷۸,۹۳۶	۱۲,۴۵۳	۰,۵۳۴	۰,۴۳۶	۴,۷۷۵	N	۱,۲۷۶	۰,۱۱۲
86-ZN- 05	۷,۰۲۵۶	۱۶,۲۹	۰,۵۶۷	۱,۲۸۶	۷,۷۸۸	N	۰,۱۱۹	۱,۶۶۷
86-ZN- 07	۶۹,۱۱۵	۱۷,۴۹۳	۱,۰۷۵	۱,۱۴۸	۷,۳۲۵	۰,۱۶۴	۰,۹۱۹	۱,۷۵۳

نتیجه گیری

سنگ‌های منطقه دارای طیف ترکیبی لوکوگرانیت، کوارتز دیوریت و دایک‌های دیاباز می‌باشند. در اثر نفوذ محلول‌های آلکالن سدیک - فریک به درون بخش‌هایی از لوکوگرانیت که گسلی و خرد شده هستند، فرآیند متاسوماتیسم سدیک - فریک و دگرسانی آلبیتی - هماتیخی رخ داده است. شواهد صحرایی، شواهد پتروگرافی مانند بافت پسودومورف، ماکل صفحه شطرنجی، جانشینی آلبیت به جای فلدسپار آلکالن و شواهد ژئوشیمیایی مانند Na_2O بیشتر و Si_2O و K_2O کمتر در نمونه‌های مربوط به آلبیت نسبت به نمونه‌هایی از لوکوگرانیت که تحت تاثیر متاسوماتیسم قرار نگرفته است، همه حاکی از رخداد متاسوماتیسم در منطقه می‌باشد. این فرآیند دارای زون‌بندی می‌باشد. نفوذ محلول‌های آلکالن مسبب اصلی متاسوماتیسم در منطقه می‌باشند. این محلول‌ها دمای بالایی داشته و غنی از U, Na, Fe-Ti و CO_2 هستند، طبق مطالعات ژئوشیمیایی انجام شده لوکوگرانیت زیرگان یک گرانیت پراآلمین، کالک آلکالن با موقعیت آتش فشانی می‌باشد.

References:

- Haghipour, A., and Pelissier, G., Geology of the Saghand sector, in Haghipour, A., Valeh, N., Pelissier, G., and Davoudzadeh, M., editors, *Explanatory Text of the Ardakan Quadrangle Map*, Geological Survey, Iran (1977).
- Ramezani, J., Toker, R., *Amr. J. Sci.*, **303**, 622 (2003).
- Zharikov, V.A., Pertsev, N.N., Rusinov, V.L., Callegari, E., and Fettes, D.G., *Metasomatism and metasomatic rocks*, Recommendations by the IUGS, subcommission on the systematics of Metamorphic Rocks (2006).
- Samani, B., *Metallogeny of Precambrian In Iran*, *Precambrian research*, **39**, 85 (1988).
- Deer, W.A., Howie, R.A., and Zussman, J., *An introduction to rock forming mineral (17th impression)*, Longman Scientific and Technical Publication, Blackwell (1991).
- Philpotts, A.R., *Principles of igneous and metamorphic petrology*, Prentice Hall Publication, New Jersey (1990).
- Dahlkamp, F.J., *Uranium ore deposit*, Springer-Verlag, Berlin (1993).
- Bardina, N., Yu., Popov, V.S., *Int. Geo. Rev.*, **34**(2), 187 (1991).
- Haghipour, A., *Etude geologique de la region de Biabanak- bafgh (Iran Central)*, *Petrologie et tectonique du socle Precambrian et de sa couverture: These*, Universite scientifique et Medical de Grenoble, France (1974).
- Krasnova, N.I., *In. Geol. Rev.*, **30**, 1070 (1988).
- Shmariovich, Ye.M., Ashikhmin, A.A., and Modnikov, I.S., *Int. Geo. Rev.*, 734 (1990).

12. Cox, K.G., Bell, J.D., and Pankhurst, R., *The interpretation of igneous rocks*, London George Alien and unwin, London (1979).
13. Lee Bass, M.J., Le Maitre, R.W., Streckeisen, A., Zonettin, Ba., *J. Petrol.*, **27**(3), 745 (1985).
14. Irvine, T.N. and Baragar, W.R.A, *J. Earth Sci.*, **8**, 523 (1971).
1. Pearce, J.A., Harris, N.B., Tindle, A.G., *J. petrol.*, **25**, 956 (1984).

Archive of SID