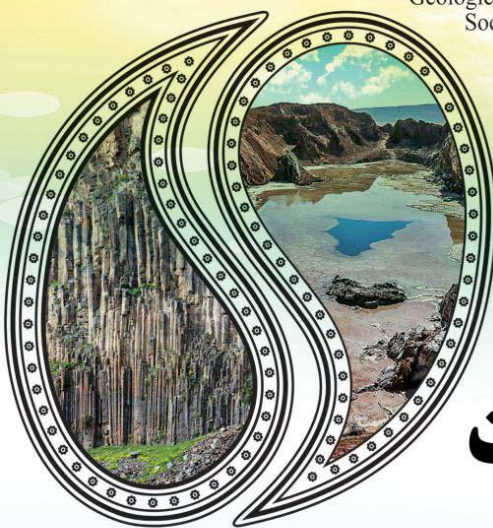




دانشگاه پیام نور
میزبان بیستمین همایش ملی تخصصی زمین‌شناسی
و
انجمن زمین‌شناسی ایران
بیست و یکمین همایش
The 21st Symposium of Geological Society of Iran
The 11th Geological National Conference of Payame Noor University



۲۳ - ۲۴ آبان ۱۳۹۷ - قم

Qom, 14 - 15 Nov, 2018

مجموعه مقالات

تدوین و گردآوری:
دکتر روح اله ندری - دکتر سید جواد مقدسی

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

مجموعه مقالات بیست و یکمین همایش انجمن زمین شناسی ایران و

یازدهمین همایش ملی زمین شناسی دانشگاه پیام نور

تدوین مجموعه مقالات: دکتر روح اله ندری، دکتر سید جواد مقدسی
طراح جلد : دکتر روح اله ندری
انتشار : به صورت الکترونیک - دانشگاه پیام نور
تاریخ انتشار: آبان ماه ۱۳۹۷
نشانی دبیرخانه: قم، بلوار عمار یاسر، دانشگاه پیام نور مرکز قم
نشانی الکترونیک: http://conference.pnu.ac.ir/qom-Geology/default.aspx
مسئولیت کلیه مطالب علمی مقاله‌ها، بر عهده نویسندگان می‌باشد.

مقدمه

تولید دانش در سالهای آغازین قرن بیست و یکم رشدی شتابان داشته است و کشور عزیز ما ایران نیز از این امر مستثناء نبوده است. در این میان توجه به علوم زمین با توجه به نیازهای متنوع جوامع بشری به انرژی، آب و منابع معدنی و همچنین مخاطرات گوناگون زیست محیطی بیش از پیش نمایان شده است. بدین ترتیب رشته های مختلف زمین شناسی توسعه و شاخه های میان رشته ای مانند زمین شناسی پزشکی، زمین شناسی شهری، زمین شناسی زیست محیطی، زمین شناسی نظامی و نظایر آن معرفی و به خوبی رشد کرده اند.

اگرچه دانشگاه ها و موسسات آموزش عالی کشور نقش کلیدی و اصلی در توسعه علوم ایفا می کنند، ولی انجمن های علمی نیز توانسته اند با گرد هم آوردن پژوهشگران، اساتید، دانشجویان و سایر علاقمندان، به کمک دانشگاه ها شتافته و نقش مهمی در پیشرفت و توسعه علوم ایفا نمایند. در همین راستا انجمن زمین شناسی ایران نیز توانسته است با برگزاری همایش های تخصصی پرمخاطب به میزبانی دانشگاه های بزرگ کشور، نقشی ارزشمند در ارائه دستاوردهای پژوهشی تولید شده در دانشگاه ها و سایر موسسات آموزشی و پژوهشی و همچنین صنعت ایفا کند.

با توجه به توسعه و رشد قابل توجه دانشگاه پیام نور در سال های اخیر و ظرفیت های آموزشی و پژوهشی ایجاد شده در حوزه علوم زمین در آن دانشگاه و بر اساس توافق صورت گرفته فیما بین انجمن زمین شناسی ایران و گروه زمین شناسی دانشگاه پیام نور، بیست و یکمین همایش سالانه انجمن زمین شناسی ایران و یازدهمین همایش ملی زمین شناسی دانشگاه پیام نور به صورت مشترک با میزبانی دانشگاه پیام نور استان قم برگزار گردید. این همایش که با استقبال خوب پژوهشگران و صاحب نظران علوم زمین برگزار شد، فرصتی بود تا آخرین یافته های حوزه علوم زمین ارائه و در معرض نقد و مباحثه قرار گیرد.

ضمن تشکر از کلیه پژوهشگرانی که آخرین یافته های پژوهشی خود را بصورت مقاله به دبیرخانه همایش ارسال نمودند، سعی شد این مجموعه با سرعت و در اندک زمان باقیمانده تا تاریخ برگزاری همایش آماده و در اختیار عزیزان حاضر در همایش قرار گیرد. **مجموعه مقالات در ۱۰ جلد و عنوان بر مبنای عناوین در ج شده در سامانه همایش و بر حسب حروف الفبای فارسی نام نویسنده اول مقاله تنظیم گردیده است.**

لازم به ذکر است که بر اساس رویه ی موجود در برگزاری همایش های علمی، دبیرخانه همایش هیچگونه دخل و تصرفی در محتوای علمی مقالات ننموده است و صرفاً در مواردی که نویسنده (نویسندگان) الگوی مورد درخواست را رعایت ننموده بودند، نسبت به ویرایش جزئی مقالات اقدام نمود. در صورتی که در برخی صفحات ناهماهنگی و یا به هم ریختگی ملاحظه می شود، به دلیل عدم ارسال مقاله با الگوی درخواستی توسط نویسندگان بوده است که با توجه به فرصت کم، امکان تنظیم دوباره نبوده است. از زحمات بی دریغ اعضای محترم کمیته علمی و داوران که از دانشگاه های مختلف کشور و همچنین بخش صنعت این مهم را برعهده داشتند تشکر و قدردانی می شود.

این همایش با تلاش و کوشش خستگی ناپذیر جمع زیادی از همکاران علمی، اداری و دانشجویان دانشگاه پیام نور به بار نشست که لازم است بدین وسیله از ایشان تشکر و قدردانی شود. آقای دکتر محمدعلی حسینی ریاست دانشگاه پیام نور استان قم، آقای دکتر روح اله ندیری دبیر اجرایی، مدیران ستادی و اجرایی دانشگاه پیام نور استان قم و دانشجویان پرتلاش رشته زمین شناسی دانشگاه پیام نور استان قم که امور مربوط به برگزاری همایش را به طور خستگی ناپذیر و شبانه روزی به سرانجام رساندند که بدین وسیله از تلاش ایشان صمیمانه تشکر و قدردانی می شود.

در پایان ضمن تشکر از همه پژوهشگران و صاحب نظران حوزه علوم زمین کشور، امیدواریم این همایش توانسته باشد نقشی مهم و موثر در پیشبرد علوم زمین در کشور داشته باشد.

دکتر سید جواد مقدسی: دبیر علمی همایش

دکتر منصور قربانی: رئیس انجمن زمین شناسی ایران

آبان ماه ۱۳۹۷

برگزار کنندگان

دانشگاه پیام نور

انجمن زمین شناسی ایران

حمایت کنندگان

آقای دکتر کریمی - معاونت فناوری و پژوهشی دانشگاه پیام نور

آقای دکتر علیزاده - معاونت اداری مالی و عمرانی دانشگاه پیام نور

خانم دکتر لک - سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور

آقای دکتر دهقانی - پایگاه استنادی علوم جهان اسلام (ISC)

آقای دکتر صالحی - مرکز منطقه ای اطلاع رسانی علوم و فناوری

آقای دکتر حسینی - دانشگاه پیام نور استان قم

آقای دکتر محمدرضایی - بنیاد ملی نخبگان استان قم

آقای دکتر خطیب - انجمن زمین ساخت و زمین شناسی ساختاری ایران

آقای مهندسی سید حسینی - سازمان نظام مهندسی معدن استان قم

آقای دکتر بشری - انجمن زمین شناسی نفت ایران

آقای دکتر قربانی - مرکز پژوهشی زمین شناسی پارس آراین زمین

شرکت مطالعات مواد معدنی زرآزما

پایگاه اطلاعاتی مرجع دانش (CIVILICA)

شرکت ژئودیوار

آقای مهندس رضا صدیق

کمیته اجرایی بیست و یکمین همایش انجمن زمین شناسی ایران
و یازدهمین همایش ملی زمین شناسی دانشگاه پیام نور

دکتر منصور قربانی	خانم معصومه رضایی
دکتر سید جواد مقدسی	خانم ریحانه افخمی
دکتر روح اله ندری	خانم نجمه ذاکری
دکتر محمد علی حسینی	آقای ابوالفضل صفری
آقای علی مصطفوی	خانم افسانه قنبریان
آقای حسن پاکدامن	خانم زهرا رباط جزى
آقای حسن بیطرفان	خانم سمانه رجا قمی
آقای علی کریمی	خانم نفیسه شیعه مرتضی
آقای محمد نیک نام	خانم فاطمه پژمان
آقای داود غلامی	خانم فائزه سلمان
آقای مجید اسدی	خانم عظیمه برقی
خانم اسرا محتشمی راد	خانم سمانه سادات مجتوبی
خانم لیلا میرزایی مقدم	آقای ابراهیم قنبری
خانم فاطمه گلاب عین آبادی	آقای محمد حسن شهبازی
خانم فرزانه احمدی	آقای سید محمد جواد شهابی
خانم عطیه خراسانی	آقای سید محمد قدمگاهی
خانم رقیه قربانی	آقای سید حسن حسینی
خانم مینا رحیمی	آقای سید صمد مشعشی

کمیته علمی بیست و یکمین همایش انجمن زمین شناسی ایران و یازدهمین همایش ملی زمین شناسی دانشگاه پیام نور

خانم دکتر مهناز سادات امیر شاه کرمی	آقای دکتر محمد حسین آدابی
آقای دکتر سید احمد بابازاده	آقای دکتر مهران آرین
خانم دکتر لی لی ایزدی کیان	آقای دکتر محمد آریامنش
آقای دکتر مهدی بادپا	آقای دکتر اصغر آزادی
آقای دکتر حسن برزگر	آقای دکتر مهرج آقازاده
خانم دکتر صدیقه بطالبویی	خانم دکتر فریمه آیتی
آقای دکتر علی اکبر بهاری فر	خانم دکتر مریم آهنکوب
خانم دکتر مهناز پروانه نژاد شیرازی	آقای دکتر امیر اثنی عشری
آقای دکتر حمیدرضا پیروان	آقای دکتر ناصر ارزانی
خانم دکتر فتنه تقی زاده فرهمند	آقای دکتر علی ارومیه ای
آقای دکتر وحید توکلی	آقای دکتر وحید احدنژاد
خانم دکتر سیده سمیه تیموری	آقای دکتر جمشید احمدیان
آقای دکتر علی اصغر ثیاب قدسی	آقای دکتر فرهاد احیا
آقای دکتر حسین جلالی	خانم دکتر زهرا اعلمی نیا
آقای دکتر علی حسین جلیلیان	آقای دکتر پیمان افضل
خانم دکتر محبوبه جمشیدی بدر	آقای دکتر علی امام علی پور

خانم دکتر گلناز جوزانی کهن	آقای دکتر حجت الله رنجبر
آقای دکتر ناصر حافظی مقدس	آقای دکتر محسن رنجبران
آقای دکتر بهزاد حاج علیلو	آقای دکتر سید ناصر رئیس السادات
خانم دکتر شهره حسن پور	آقای دکتر عزت الله رئیسی
آقای دکتر ماشاله خامه چیان	آقای دکتر مهدی زارع
آقای دکتر سعید خدابخش	آقای دکتر علیرضا زراسوندی
آقای دکتر محمد خلج	آقای دکتر رامین ساریخانی
آقای دکتر محمد مهدی خطیب	آقای دکتر عادل ساکی
آقای مهندس حسین داداشی آرانی	آقای دکتر علی اصغر سپاهی
خانم دکتر لی لی دانشور صائین	آقای دکتر سیروس شاکری
آقای دکتر جهانبخش دانشیان	آقای دکتر جعفر شریفی
آقای دکتر علیرضا داوودیان دهکردی	آقای دکتر شهرام شریعتی
خانم دکتر زینب داوودی	آقای دکتر غلامرضا شعاعی
آقای دکتر محمد علی رجب زاده	آقای دکتر رحیم شعبانیا
آقای دکتر پیمان رجبی	آقای دکتر بهنام شفیعی
آقای دکتر نعمت الله رشید نژاد عمران	آقای دکتر جعفر شریفی
آقای دکتر خلیل رضایی	آقای دکتر شهریار صادقی
آقای دکتر بهروز رفیعی	آقای دکتر مهدی صفری

آقای دکتر محمد کشاورز بخشایش	آقای دکتر ابراهیم طالع فاضل
خانم دکتر زهرا کی همایون	آقای دکتر محمد فداییان
آقای دکتر اسد الله محبوبی	آقای دکتر نصرالله عباسی
خانم دکتر مهین محمدی	خانم دکتر کیمیا سادات عجایی
آقای دکتر سید داوود محمدی	آقای دکتر سعید علیرضایی
آقای دکتر علی اصغر مختاری	آقای دکتر حسن عزیزاده
آقای دکتر سروش مدبری	آقای دکتر پرویز غضنفری
آقای دکتر فرید مر	آقای دکتر مرتضی فلاح پور طرنجی
آقای دکتر مسعود مرسلی	آقای دکتر عباس قادری
آقای دکتر فربرز مسعودی	آقای دکتر مجید قادری
آقای دکتر علیرضا مظلومی	آقای دکتر حبیب الله قاسمی
آقای دکتر سید علی مظهری	آقای دکتر ابراهیم قاسمی نژاد
آقای دکتر محمد معانی جو	آقای دکتر جواد قانع اردکانی
آقای دکتر سعید معدنی پور	آقای دکتر فریدون قدیمی
آقای دکتر سید جواد مقدسی	آقای دکتر منصور قربانی
آقای دکتر همایون مقیمی	آقای دکتر جلیل قلمقاش
خانم دکتر آزاده ملک زاده شفارودی	آقای دکتر محمد رضا کبریایی زاده
آقای دکتر محسن موذن	آقای دکتر جلال کرمی

- آقای دکتر محمد یزدی
- آقای دکتر علی یساقی
- آقای دکتر هادی یگانه فر
- آقای دکتر سید رضا موسوی حرمی
- آقای دکتر فردین موسیوند
- آقای دکتر سید رضا مهرنیا
- آقای دکتر حسن میرنژاد
- آقای دکتر حمید رضا ناصری
- آقای دکتر تقی نبئی
- آقای دکتر علیرضا نجف زاده
- آقای دکتر بهرام نجفیان
- آقای دکتر محمد نخعی
- خانم دکتر مهناز ندایی
- آقای دکتر روح اله ندری
- آقای دکتر محمدرضا نیکودل
- آقای دکتر رضا نوزعیم
- سرکار خانم دکتر فاطمه واعظ جوادی
- آقای دکتر محمد وحیدی نیا
- آقای دکتر مهدی هاشمی
- آقای دکتر حمید هراتی
- آقای دکتر عبدالرحیم هوشمند زاده

بررسی معیارهای گسیختگی و کیفیت توده سنگ‌های اولترامافیک جنوب مشهد

ژئوشیمی و جایگاه تکتونیکی سنگهای آتشفشانی محدوده گل چشمه، جنوب نیشابور، شمال شرق ایران

♦♦♦♦♦♦♦♦

*اعظم انتظاری هرسینی،^۲صدیقه زیرجانی،^۱بهنام سخاوتی

^۱گروه زمین شناسی، دانشگاه پیام نور، صندوق پستی ۱۹۳۹۵-۳۶۹۷، تهران، ایران

^۲گروه زمین شناسی، موسسه آموزش عالی گناباد، ایران

*Entezari552003@yahoo.com

♦♦♦♦♦♦♦♦

چکیده:

محدوده مورد مطالعه در ۲۲۰ کیلومتری جنوب غربی مشهد، ۸۰ کیلومتری جنوب نیشابور و در گستره ای بین طولهای ۳۰" ۵۸°۴۰' الی ۵۸°۴۴'۳۰" قرار گرفته است و در پهنه ساختاری سبزوار قرار دارد. زمین شناسی منطقه عمدتاً شامل سنگ‌های آتشفشانی با ترکیب تراکیت، تراکی اندزیت و آندزیت بازالت بوده که در بعضی قسمت‌ها تحت تاثیر دگرسانی آرژلیک، کربناته و پروپیلیتیک قرار گرفته اند. تجزیه شیمیای نشان دهنده ماهیت آلکالن این سنگها است. غنی‌شدگی عناصر LREE نسبت به HREE و تهی‌شدگی Nb و Ta نشانه تشکیل ماگما در محیط فرورانش است نمودارهای تکتونیکی و ژئوشیمی سنگهای منطقه بیانگر محیط تکتونیکی قوس آتشفشانی قاره ای می باشد. با نسبت $(La/Yb)_N$ می‌توان حضور گارنت و در نتیجه عمق ذوب را برآورد نمود. این نسبت در سنگهای منطقه بسیار پایین (حدود ۵/۳-۹/۳) است که کم بودن گارنت در ناحیه منشأ را نشان می‌دهد. نسبت $(Ce/Yb)_N$ نیز حاکی از عمق و نرخ ذوب ماگمای مادر است که این نسبت در سنگهای آتشفشانی منطقه نیز پایین بوده (۴/۲ تا ۷) که نشان ذوب و عمق پایین ماگما است. به نظر می رسد که گدازه های منطقه گل چشمه از ذوب بخشی گوه گوشته ای در عمق اسپینل+گارنت لرزولیتی با مقدار گارنت پایین که در اثر تماس با سیالات مشتق شده از پوسته اقیانوسی فرورونده، از عناصر کمیاب غنی شده منشأ گرفته باشند.

کلید واژه ها: سنگ های آتشفشانی، ذوب بخشی، گل چشمه، سبزوار.

Geochemistry and tectonic environment of Golchehshme volcanic rocks , Neyshabour south, northeast of Iran

*¹Azam Entezari, ²Sedigheh zirjani, ¹Behnam Sekhavati

¹Department of Geology, Payame Noor University, P.O. Box No. 19395-3697, Tehran, Iran.

²Department of Geology, Higher Education Institute of Gonabad, Iran

*Entezari552003@yahoo.com

Abstract:

The study area is located 220 km southwest of Mashhad, 80 km south of Neyshabour, and in the range between the lengths of 30'40 ° 58 'and 30'44 ° 58, and is located in the Sabzevar structural zone. The geology of the area is mainly composed of volcanic rocks with coponent of trachyte, trachy andesite and basaltic andesite, which are affected by argillic, carbonate and propylitic alteration in some areas. Chemical analysis indicates the alkaline nature of these rocks. The enrichment of LREE elements relative to HREE and deplemant of Nb and Ta indicates the formation of magma in the subduction environment. Tectonic and geochemical graphs of the rocks

of the region indicate the tectonic environment of the continental volcanic arc. With the ratio $(La / Yb)_N$, it is possible to estimate the presence of garnet and, consequently, the depth of melting. This ratio is very low in rocks in the region (about 3.5-3.3) that shows the low garnet in the source region. The proportion $(Ce / Yb)_N$ also indicates the depth and rate of melting of the mother's magma, which is also low in volcanic rocks of the region (4.2 to 7), which indicates melting and low depth of magma. It seems that the lava of the Golcheshmeh originated from the melting of a mantle wedge in the depths of Spinel + Garnet Lherzolite with low garnet content, which that has been enriched with rare elements by fluids derived from the oceanic crust.

Key words: Volcanic Rocks, Partial melting, Golcheshmeh, Sabzevar

Keywords : Volcanic Rocks, Partial melting, Golcheshmeh, Sabzevar



مقدمه :

محدوده مورد مطالعه در ۲۲۰ کیلومتری جنوب غربی مشهد، ۸۰ کیلومتری جنوب نیشابور و گستره‌ای بین طولهای ۱۵°۵۴'۴۲" الی ۵۴°۴۳'۴۰" قرار گرفته است. این منطقه در شمال شرق پهنه ایران مرکزی و در پهنه ساختاری سبزوار در شمال گسل درونه واقع است (Ruttner and stockline, 1967; Berberian and King 1981; Alavi, 1991). پهنه ساختاری سبزوار شامل گستره‌ای محدود بین گسل میامی - سنگ بست و گسل درونه است که در یک روند تقریبی شرقی - غربی از سبزوار تا مرز افغانستان ادامه دارد. هدف از این پژوهش مطالعات سنگ‌شناسی تولید داده‌های ژئوشیمی و جایگاه تکتونیکی سنگ‌های آتشفشانی منطقه است.



روش تحقیق:

این مقاله بیشتر به سنگ‌شناسی و ژئوشیمی و جایگاه تکتونیکی سنگ‌های آتشفشانی منطقه می‌پردازد که مراحل مختلف انجام شده شامل موارد زیر است:

- ۱- بازدید صحرایی، برداشت نمونه‌ای سنگی از واحدهای مختلف منطقه و تهیه ۱۵۰ مقطع نازک جهت مطالعات سنگ‌نگاری.
- ۲- انجام ۲۰ آنالیز XRF در شرکت کانساران بینالود ایران با دستگاه فیلیپس مدل PW 1480 جهت اندازه‌گیری اکسیدهای اصلی سنگ‌های آتشفشانی منطقه.
- ۲- انجام ۲۰ آنالیز ICP-MS در آزمایشگاه ACME کانادا (روش آماده‌سازی نمونه‌ها روش ذوب قلیایی جهت اندازه‌گیری عناصر فرعی و نادر خاکی سنگ‌های آتشفشانی).
- ۴- تجزیه و تحلیل نتایج حاصل از آنالیزهای فوق و استفاده از نرم‌افزارهای مربوطه.

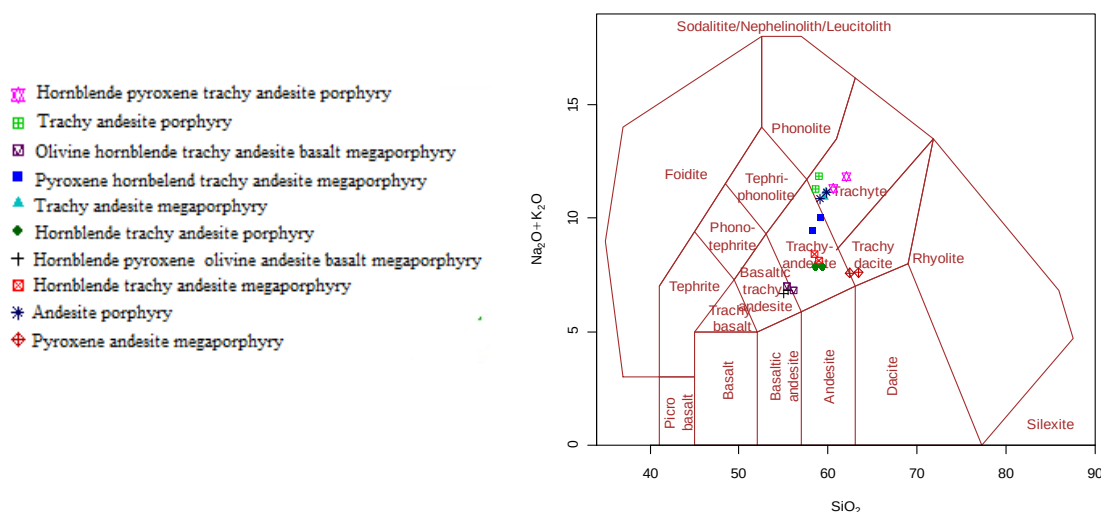
زمین شناسی و پتروگرافی

منطقه مورد مطالعه در محدوده نقشه زمین شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ کدکن قرار دارد، بر اساس نقشه ذکر شده واحدهای منطقه به سن پالئوژن می‌باشند. که سنگ‌های آتشفشانی مورد مطالعه طبق مطالعات پتروگرافی عمدتاً ترکیب آندزیتی داشته‌اند که دچار دگرسانی کربناته، پروپلیتیک و آرتلیک شده‌اند بافت عمده آنها پورفیری با زمینه دانه ریز تا دانه متوسط و گاهی شیشه‌ای است که

بافتهای فرعی بادامکی، جریانی، پویی کلیتیک، گلوپورفیری نیز در بعضی قسمت‌ها قابل مشاهده است. فنوکریستهای پلاژیوکلاز، پیروکسن و هورنبلند سازندگان اصلی این سنگها می باشند.

ژئوشیمی و پتروژنز

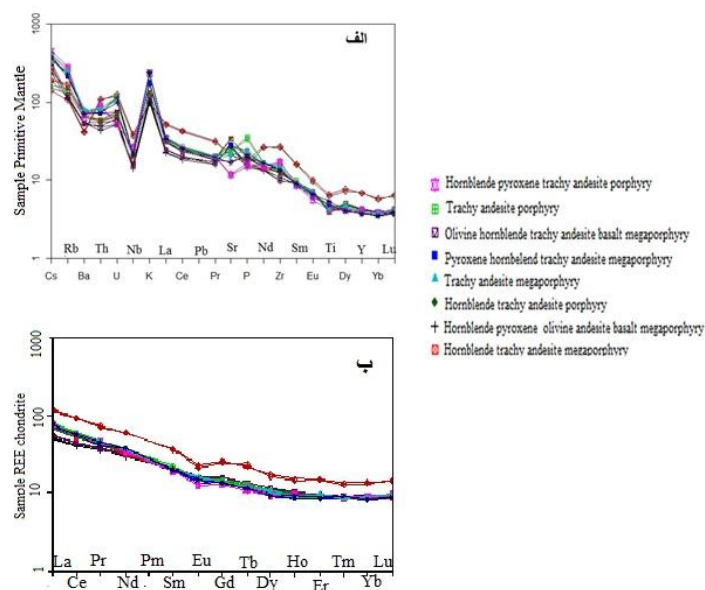
از مجموع ۱۵۰ نمونه برداشت شده از سنگهای آندزیتی منطقه، مطالعه پتروگرافی انجام و با توجه به شواهد و روابط صحرایی ۲۰ نمونه با کمترین اثر آلتراسیونهای تأخیری به منظور آنالیز عناصر اصلی توسط دستگاه XRF انتخاب شد (موقعیت نمونه ها و نوع سنگ در جدول ۱ مشخص گردیده است). پس از بررسی نتایج آنالیز عناصر اصلی این نمونه ها به منظور آنالیز عناصر کمیاب و نادر خاکی مورد تجزیه قرار گرفتند (جدول ۲). مقدار SiO_2 در سنگهای آتشفشانی منطقه بین ۵۴ تا ۶۳ درصد متغیر بوده که بیشترین مقدار مربوط به سنگ پیروکسن آندزیت مگاپورفیری و کمترین آن مربوط به هورنبلند پیروکسن الیون آندزیت بازالت مگاپورفیری است. برای نامگذاری سنگهای آتشفشانی از نمودار $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ در مقابل SiO_2 استفاده گردید (Middlemost, 1985) که بر طبق این نمودار سنگهای آتشفشانی منطقه در محدوده در محدوده ترکیبی تراکی آندزیت بازالت، تراکی آندزیت، تراکی داسیت و تراکیت واقع می گردند (شکل ۱).



شکل ۱. نامگذاری سنگهای آتشفشانی منطقه گل چشمه بر اساس نمودار (Middlemost, 1985).

نمودارهای عنکبوتی از نمودارهای معمول جهت مقایسه الگوهای ژئوشیمیایی می باشند (Thompson 1982). از این نمودارها جهت تعیین کیفی نوع سنگ منشأ، کیفیت ذوب بخشی سنگ منشأ، تبلور جزئی ماگما و همچنین تفکیک سری های ماگمایی استفاده می گردد. بر این اساس نمودارهایی برای سنگهای منطقه ترسیم گردید که نسبت به گوشته اولیه (Sun and 1989) McDonough, و عناصر نادر خاکی نسبت به کندریت (Boynton, 1984) به هنجار شده اند (شکل ۲. الف و ب). بر اساس داده های ژئوشیمی مقدار پتاسیم و سدیم این سنگ نسبت به کلسیم بسیار بالاتر است و خاصیت آلوکالین بودن سنگ ها را نشان می دهد. نمودارهای به هنجار شده نسبت به گوشته اولیه غنی شدگی LILE (به استثنای Ba و در سنگ هورنبلند پیروکسن تراکی آندزیت پورفیری Sr) و تهی شدگی HFSE را در سنگهای منطقه نشان میدهند که از خصوصیات عمده ماگماهای وابسته به

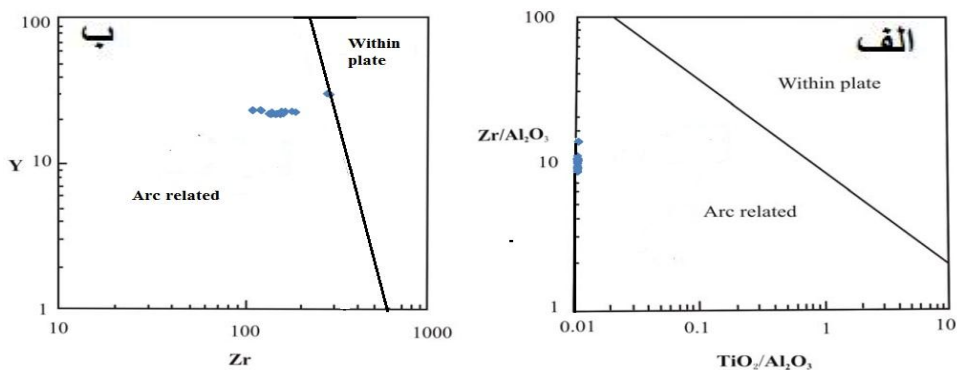
فرورانش است (Kuscu, 2008; Yang and Li, 2014; Rivera et al., 2010; Mand Geneli, 2010). این ویژگی عناصر ماگماهای کمان می‌تواند در نتیجه ورود اجزای LILE موجود در پوسته فرورونده به درون گوشته بالای آن و رخداد متاسوماتیسم به وجود آید یا در اثر ذوب بخشی پایین گوشته غنی شده حاصل شود (Hirschman, 1998). غنی‌شدگی در عناصر LREE نسبت به عناصر HREE در تمامی سنگهای آتشفشانی منطقه از خصوصیات ماگماهای تشکیل شده در زون‌های فرورانش حاشیه قاره ای می باشد (Rivera et al., 2014; Machado et al., 2007; Kampunzu et al., 2003; Brewer et al., 1998). Wilson et al., 2005. آنومالی منفی عناصر Rb, Ti, Nb می تواند نشان از شکل گیری سنگ ها در منطقه فرورانش باشد. (Wilson 2007; Rivera et al.), در مناطق فرورانش سیالات آزاد شده از لیتوسفر که از Nb فقیر و حاوی LILE بالایی هستند به گوه گوشته ای افزوده می شوند. (Helvacı et al., 2009; Borg et al., 1997). در سنگ های آتشفشانی منطقه تهی شدگی می تواند مستقل از درجه اشباع شدگی ماگمای آنها از سیلیس و میزان شکل گیری آن باشد (Avanzinelli et al., 2008). غنی شدگی این سنگها از Th و U به علت آلودگی پوسته ای یا وابسته به خصوصیات منشا می باشد (Kuscu and Geneli, 2010). هرگاه مقدار Eu/Eu^* بیشتر از یک باشد ناهنجاری مثبت و کمتر از یک ناهنجاری منفی است (Taylor and McLennan, 1985) مقدار این نسبت برای سنگهای منطقه گل چشمه از ۰٫۷۲-۰٫۹۸ متغیر است وجود آنومالی منفی Eu از ویژگیهای گدازه های کالک آلکالن وابسته به فرورانش و بیانگر حضور پلاژیوکلاز در فاز باقی مانده در حین ذوب بخشی می باشد (Yang and Li, 2008). در نمودارهای عناصر نادر خاکی هنجار شده نسبت به کندریت غنی شدگی نسبی از عناصر نادر خاکی سبک نسبت عناصر نادر خاکی سنگین در تمام توده ها دیده می شود (شکل ۲ ب). غنی شدگی در عناصر LREE نسبت به عناصر HREE در تمامی سنگهای آتشفشانی منطقه از خصوصیات ماگماهای تشکیل شده در زون‌های فرورانش حاشیه قاره ای می باشد (Rivera et al., 2014; Wilson, 2007; Machado et al., 2005; Kampunzu et al., 2003; Brewer et al., 1998).



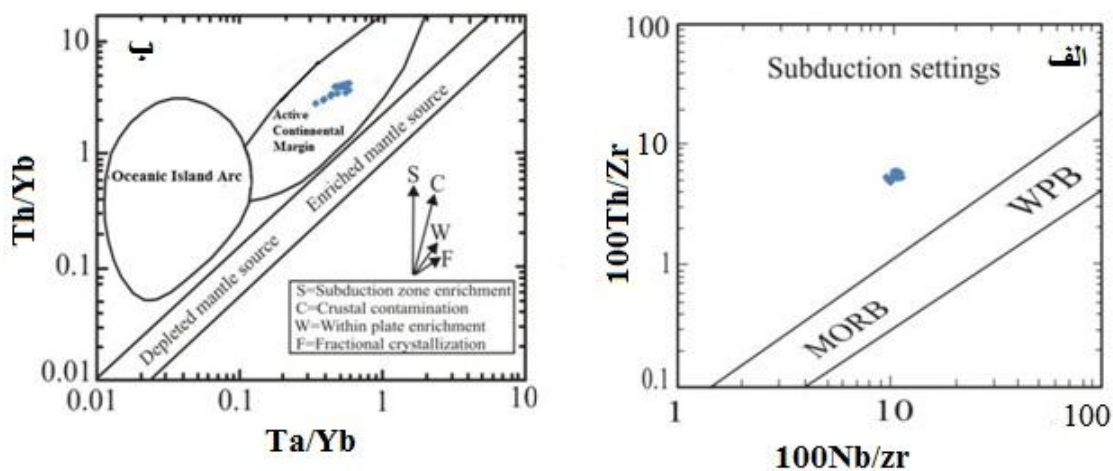
شکل ۲- الف) الگوی عناصر فرعی و نادر خاکی ناسازگار به هنجار شده نسبت به گوشته اولیه در سنگهای آتشفشانی محدوده گل چشمه دادهی گوشته اولیه از (Sun and McDonough, 1989). ب) الگوی عناصر نادر خاکی به هنجار شده نسبت به کندریت در سنگهای آتشفشانی محدوده گل چشمه داده های کندریت از (Boynton, 1984).

خاستگاه تکتونیکی

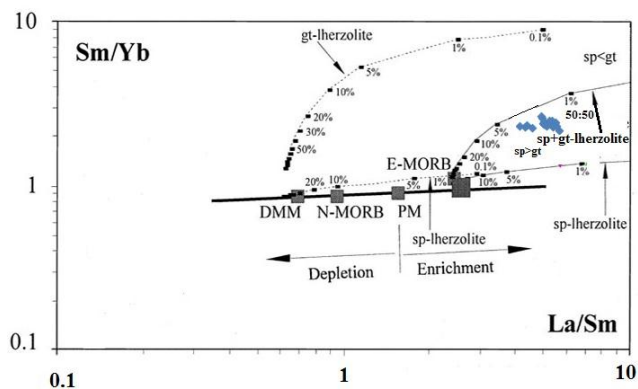
میزان عناصر اصلی و فرعی سنگهای آذرین در جایگاه های تکتونیکی مختلف دارای تفاوت هایی هستند به همین دلیل جایگاه زمین ساختی در حل مسائل زایش سنگها دارای اهمیت است. برای تعیین جایگاه تکتونیکی سنگهای منطقه نمودارهای زیر مورد استفاده گردید. بر اساس نمودارهای (Muller & Groves, 1997) سنگ های آتشفشانی منطقه مورد مطالعه در محدوده کمان های ماگمایی ناشی از فروورانش قرار می گیرند (شکل ۳. الف و ب). در نمودار 100 Th/Zr در مقابل 100 Nb/Zr (Asiabanha et al., 2012; Pearce, 1983) نیز سنگهای منطقه در جایگاه فروورانش قرار می گیرند (شکل ۷. الف) و نمودار Th/Yb در مقابل Ta/Yb (Helvacı et al., 2009; Pearce, 1983) پراکنش نمونه ها از الگوی منطقه حاشیه قاره فعال تبعیت میکند (شکل ۴. ب). درجه ذوب بخشی پایین در گوشته اولیه، به وسیله تمرکز بالای عناصر فرعی ناسازگار و غنی شدگی LREE نسبت به HREE تشخیص داده شد. همچنین با نسبت $(\text{La/Yb})_N$ می توان حضور گارنت و در نتیجه عمق ذوب را برآورد نمود. این نسبت در سنگهای آتشفشانی منطقه بسیار پایین (حدود $9/3 - 5/3$) بوده که کم بودن گارنت در ناحیه منشأ را نشان می دهد. نسبت $(\text{Ce/Yb})_N$ نیز حکایت از عمق و نرخ ذوب ماگمای مادر را دارد این نسبت نیز پایین بوده ($4/2$ تا 7) که نشان ذوب و عمق پایین ماگما است. جهت این امر از نمودار Sm/Yb-La/Sm استفاده گردید. این دیاگرام در واقع به عنوان دیاگرام MREE/HREE در مقابل LREE/MREE بوده که مشخص کننده منشأ ذوب گارنت-لرزلولیت یا اسپینل-لرزلولیت است. زمانی که اسپینل-لرزلولیت در معرض ذوب بخشی قرار می گیرد، گوشته و مذاب حاصل از گوشته مقادیر یکسان Sm/Yb داشته، در حالی که مقدار La/Sm با افزایش درجه ذوب بخشی کاهش می یابد (Aldanmaz, 2000). از طرفی عنصر Yb دارای ضریب توزیع بالا در کانی گارنت نسبت به اسپینل است، بنابراین ذوب بخشی گوشته گارنت دار، روند مذابی تولید می کند که به طور مشخص، از روند مذاب گوشته اسپینل دار متمایز می گردد. این پدیده با توجه به نمودار شکل ۵ منشأ ذوب بخشی اسپینل- گارنت لرزلولیت را برای این سنگ های آتشفشانی مشخص می نماید. در این نمودار ترکیب گوشته اولیه (PM) بر اساس (Sun and Mc Donough, 1989)، گوشته تهی شده (DDM) بر اساس (McKenzie, 1991, 1995) and O'Nions و همچنین از معادلات ذوب Shaw, 1970 استفاده شده است. همان گونه که مشخص است سنگ های آتشفشانی منطقه مورد مطالعه دارای ذوب بخشی پایین از ۲ تا ۵ درصد بوده وجود اندک گارنت به عنوان کانی باقی مانده در منشأ با نسبت پایین $(\text{La/Yb})_N$ و $(\text{Ce/Yb})_N$ مطابقت دارد. بر این اساس نمونه های بررسی شده در منطقه گل چشمه در محدوده اسپینل- گارنت لرزلولیتی گوشته غنی شده با ذوب پایین ۲ الی ۵ درصد قرار می گیرند بنابراین به نظر می رسد که گدازه های منطقه گل چشمه از ذوب بخشی گوه گوشته ای که در اثر تماس با سیالات مشتق شده از پوسته اقیانوسی فروورنده، از عناصر کمیاب غنی شده است منشأ گرفته باشند.



شکل ۳. الف و ب) تعیین موقعیت تکتونیکی سنگهای منطقه گل چشمه بر اساس نمودارهای (Muller & Groves, 1997).



شکل ۴. تعیین موقعیت تکتونیکی سنگهای آتشفشانی منطقه گل چشمه الف) با استفاده از عناصر کمیاب Th/Zr در مقابل Nb/Zr (Helvacı et al., 2009; Pearce, 1983) و عناصر نادر Th/Yb در مقابل Ta/Zr (Asiabanha et al., 2012; Pearce, 1983)



شکل ۵- نمودار Sm/Yb در مقابل La/Sm که منحنی‌های ذوب در آن بر اساس گوشته اسپینل-لرزلیتی و گوشته گارنت لرزلیتی محاسبه شده‌اند که نمونه‌های مورد مطالعه در محدوده اسپینل-گارنت لرزلیتی واقع می‌شوند (Shaw, 1970).

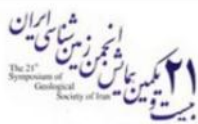
نتیجه گیری :

سنگ های آتشفشانی منطقه گل چشمه مشتمل بر تراکیت، تراکی آندزیت و تراکی آندزیت بازالتی هستند که توف و سنگ آهک نیز در منطقه رخنمون دارد. سنگهای آندزیتی منطقه دچار دگرسانی آرژلیک، کربناته و پروپلیتیک شده اند بافت عمده آنها پورفیری با زمینه دانه ریز تا دانه متوسط و گاهی شیشه ای است که بافتهای فرعی بادامکی، جریان، پویی کلیتیک، گلوپورپورفیری نیز در بعضی قسمتها قابل مشاهده است. فنوکریستهای پلاژیوکلاز، پیروکسن و هورنبلند سازندگان اصلی این سنگها می باشند. بر اساس داده های ژئوشیمیایی عناصر اصلی و کمیاب، سنگ های آتشفشانی منطقه جزء سری کالکوالکالن محسوب می شوند. نمودارهای تکتونیکی و ژئوشیمی کل سنگهای منطقه بیانگر محیط تکتونیکی قوس آتشفشانی قاره ای می باشد. غنی شدگی در عناصر LREE نسبت به عناصر HREE در تمامی سنگهای آتشفشانی منطقه دیده می شود که از خصوصیات ماگماهای تشکیل شده در زونهای فرورانش حاشیه قاره ای می باشد. آنومالی منفی عناصر Ti, Rb و Nb می تواند نشان از شکل گیری سنگ ها در منطقه فرورانش باشد. در مناطق فرورانش سیالات آزاد شده از لیتوسفر که از Nb فقیر و حاوی LILE بالایی هستند به گوه گوشته ای افزوده می شوند. این سنگها دارای نسبت بالای K₂O و MgO پایین هستند که نشانی از منشا گوشته ای آنها می باشد. درجه ذوب بخشی پایین در گوشته اولیه، به وسیله تمرکز بالای عناصر فرعی ناسازگار و غنی شدگی LREE نسبت به HREE تشخیص داده شد. همچنین نتایج عناصر نادر خاکی نشان می‌دهد که ماگمای مولد سنگهای آتشفشانی منطقه از لحاظ منشأ از گوشته اسپینل-گارنت لرزلیتی نشأت گرفته که مقدار گارنت آن پایین است.



References:

- Alavi M., "Tectonic map of the Middle East, scale 1:2,900,000", Geological Survey of Iran(1991).
- Aldanmaz E., Pearce J.A., Thirlwall M.F., Mitchell J.G. 2000: Petrogenetic evolution of late Cenozoic, postcollision volcanism in western Anatolia, Turkey. J. Volcan. Geo. Res. 102: 67– 95
- Asiabanha A, Bardintzeff JM, Kananian A, Rahimi G (2012) Post-Eocene volcanics of the Abazar district, Qazvin, Iran: Mineralogical and geochemical evidence for a complex magmatic evolution. JAsian Earth Sci 45:79–94
- Avanzinelli, R., Elliott, T., Tommasini, S.&Conticeli,S., 2008,"Constraints on the genesis of potassium-rich Italian volcanic rocks form U/Th disequilibrium".Journal of petrology, Vol. 49: 195-223.
- Berberian M., King G. C. P., "Towards a paleogeography and tectonic evolution of Iran", Canadian Journal of Earth Sciences (1981) 18: 210-265.
- Borg L.E., Clynne M.A., Bullen T.D. 1997: The variable role of slabderived fluids in the generation of a suite of primitive calcalkaline lavas from the Southernmost Cascades, California. Can. Min. 35: 425–452.
- Boynnton, W.V., 1984. Cosmochemistry of rareearth elements: meteorite studies. In: P.Henderson, (Editor), Rare Earth ElementGeochemistry. Elsevier, Amsterdam, pp. 63–114.
- Brewer, T. S., Daly, J. S. & Åhäll, K.-I., 1998,"Contrasting magmatic arcs in the Palaeoproterozoic of the south-western Baltic Shield", Precambrian Research,Vol. 92: 297-315.
- 266(3-4):364–389.



۲۳ و ۲۴ آبان ماه ۱۳۹۷
Qom, 14-15 Nov., 2018
دانشگاه پیام نور قم



- Helvacı, C., Ersoy, E.Y., Sözbilir, H., Erkül, F., Sümer, Ö. and Uzel, B., 2009. Geochemistry and $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ geochronology of Miocene volcanic rocks from the Karaburun Peninsula: Implications for amphibole-bearing lithospheric mantle source, Western Anatolia. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 185(3):181–202.
- Kampunzu, A. B., Tombale, A. R., Zhai, M., Bagai, Z., Majaule, T. & Modisi, M. P., 2003, "Major and trace element geochemistry of plutonic rocks from Francistown, NE Botswana: evidence for a Neoproterozoic continental active margin in the Zimbabwe canton", *Lithos*, Vol. 71(2):431–460.
- Kuscu, G.G. and Geneli, F., 2010. Review of post-collisional volcanism in the central Anatolian volcanic province (Turkey), with special reference to the Tepekoy volcanic complex. *International Journal of Earth Sciences*, 99(3): 593–621.
- Pearce J.A. 1983: Role of sub-continental lithosphere in magma genesis at active continental margins. In: Hawkesworth C.J., Nurry M.L. (Eds.), *Continental basalts and Mantle Xenoliths*. Shiva, Nantwich. Pp. 230–249.
- Pearce J.A., Peate D.W. 1995: Tectonic implications of the composition of volcanic arc magmas. *Ann. Rev. Earth Plan. Sci.* 23:251–285.
- Machado, A., Lima, E. F., Chemale, F. J., Morata, D., Oteiza, O. Almeida, D. P. M., Figueiredo, A. M. G., Alexandre, F. M. & Urrutia, J. L., 2005, "Geochemistry constraints of Mesozoic–Cenozoic calc-alkaline magmatism in the South Shetland arc, Antarctica", *Journal of South American Earth Sciences*, Vol. 18 (3–4): 407–425.
- Middlemost, E.A.K. (1985) *Magma and Magmatic Rocks: An Introduction to Igneous Petrology*. Longmans, London, 266.
- Middlemost E.A.K. 1986: *Magma and magmatic rocks: an introduction to igneous petrology*. John Wiley & Sons Inc., New York.
- Muller, D., & Groves, D. I., 1997, "Potassic igneous rocks and associated gold-copper mineralization", Springer, 238 pp
- McKenzie, D.P., O'Nions, R.K. (1995) The source regions of Ocean Island Basalts. *J. Petrol.* 36, 133–159
- Rivera, M., Thourret, J.C., Gourgaud, A., 2014. The 2006–2009 activity of the Ubinas volcano (Peru): Petrology of the 2006 eruptive products and insights into genesis of andesite magmas, magma recharge and plumbing system *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 270 (2014) 122–141 France (407 pp.).
- Ruttner A., Stöcklin J., "Geological map of Iran, scale 1:100,000", Geological Survey of Iran" (1967).
- Shaw, D.M. (1970) Trace element fractionation during anatexis. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 34, 237–243.
- Sun S.S., Mc Donough W.F. 1989: Chemical and isotopic systematic of oceanic basalts: implications for mantle composition and processes. In: Saunders A.D., Norry M.J. (Eds.), *Magmatism in the Ocean basins*. Geol. Soc. Sp. Pub. 42: 313–345.
- Taylor, S. R., and McLennan, S. M. (1985) *The continental crust, its composition and evolution, an examination of the geochemical record preserved in sedimentary rocks*. Blackwell, Oxford.
- Thompson, R. N., 1982, "Magmatism of the British Tertiary volcanic province", *Scottish Journal of Geology*, Vol. 18: 49–107.
- Yang, W., Li, Sh., 2008. Geochronology and geochemistry of the Mesozoic volcanic rocks in Liaoning: Implications for lithospheric thinning of the North China Craton. *Lithos*, 102(1–3): 88–117.
- Wilson, B. M., 2007, "Igneous petrogenesis a global tectonic approach", Springer, 1edn, 485 pp.

ژئوشیمی و پتروژنز دایک‌های گابرویی قره چر در جنوب غرب سقز



محبوبه بهرامی^۱، علی کنعانیان^۲، رضا نوزعیم^۳

^۱دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشکده زمین‌شناسی، پردیس علوم، دانشگاه تهران، تهران، ایران (Bahramy.mahbobe@ut.ac.ir)

^۲استاد، دانشکده زمین‌شناسی، پردیس علوم، دانشگاه تهران، تهران، ایران (kananian@khayam.ut.ac.ir)

^۳استادیار، دانشکده زمین‌شناسی، پردیس علوم، دانشگاه تهران، تهران، ایران (nozaem@ut.ac.ir)



چکیده:

دایک‌های گابرویی قره چر در جنوب غرب شهرستان سقز با روند شمال شرق-جنوب غرب به درون سنگهای آذرین منسوب به پرکامبرین زون سنندج- سیرجان تزریق شده‌اند. کانی‌های اصلی این گابروها شامل پلاژیوکلاز و پیروکسن و فازهای فرعی شامل کلریت، ترمولیت و اپیدوت است. نمونه‌ها بر روی نمودارهای عنکبوتی عناصر کمیاب، آنومالی مثبت سرب و غنی‌شدگی از LREE نسبت به HREE نشان می‌دهند. این ویژگی‌های ژئوشیمیایی می‌تواند ناشی از آلودگی ماگماهای مشتق شده از گوشته (غنی‌شده) با پوسته باشد. روند تغییرات اکسیدهای مختلف نسبت به SiO_2 مبین تکامل ماگما در طی تفریق است. بر اساس شواهد ژئوشیمیایی، به نظر می‌رسد گابروها در یک حوضه کششی پشت کمان تشکیل شده باشند.

کلید واژه‌ها: زون سنندج- سیرجان، ماگماتیسزم درون ورقه‌ای، دایک‌های گابرویی، حوضه پشت کمان.

Geochemistry and Petrogenesis of Qareh-Char gabbroic dykes in the Southwest of Saqqez

Mahbobeh Bahrami¹, Ali Kananian², Reza Nozaem³

¹M.Sc student, School of Geology, College of Science, University of Tehran, Tehran, Iran

²Professor, School of Geology, College of Science, University of Tehran, Tehran, Iran

³Associated professor, School of Geology, College of Science, University of Tehran, Tehran, Iran

Abstract:

Qareh-Char gabbroic dyke swarm, with northeast-southwest trend, cross cut the Precambrian igneous rocks of Sanandaj-Sirjan zone in southwest of Saqqez city. The main minerals in the dykes are Plagioclase and Pyroxene. The minor and accessory phases include chlorite, termolite and epidote. The samples show enrichment in LREE relative to HREE along with positive Pb anomaly in the trace element spider diagrams. These geochemical features may be due to crustal contamination of enriched mantle-derived magmas. The variation trend of samples on the Harker variation diagrams indicates the evolution of magma by fractional crystallization. Based on geochemical evidence, these gabbroic rocks have been formed in a tensional back arc basin.

Keywords : Sanandaj- Sirjan Zone, within-plate magmatism, Gabbroic dykes, back arc basin.



مقدمه:

در زون سنندج- سیرجان تیپ‌های مختلفی از سنگ‌های نفوذی وجود دارد که در موقعیت‌های تکتونیکی مختلف همچون همزمان با برخورد، پس از برخورد و همزمان با کوهزایی جایگزین شده‌اند (شعبانیان و همکاران، ۲۰۰۹). بیشتر توده‌های نفوذی در زون سنندج- سیرجان ماهیت کالک آلکالن دارند و در نتیجه فروانش نئوتتیس به زیر صفحه ایران در نیمه دوم مزوزوئیک تشکیل شده‌اند (بربریان و کینگ، ۱۹۸۱). این توده‌ها متعلق به یک مجموعه کمان ماگمایی هستند که متعاقباً تحت تاثیر ماگماتیسم برخورد و پس از برخورد قرار گرفته‌اند.

گرانیتوئیدهای لوکوکرات در مکان‌های زیادی در شمال غرب ایران رخنمون دارند. آنها شامل لوکوگرانیت‌های تیپ S، A و I هستند. در ناحیه قره چر، گرانیتوئیدها توسط یک سری دایک‌های گابرویی قطع شده‌اند. در پژوهش حاضر، دایک‌های گابرویی ناحیه جنوب غرب سقز (قره چر) خصوصاً پتروگرافی، ژئوشیمی و ژنز آنها مورد مطالعه قرار گرفته است.



زمین‌شناسی منطقه

زاگرس در طول فروانش دریای نئوتتیس و متعاقب آن برخورد مایل صفحه آفریقا- عربی (گندوانا) با خرده قاره ایران در کرتاسه پسین- ترشیری پیشین شکل گرفته است (بربریان و کینگ، ۱۹۸۱؛ محجل و فرگوسن ۲۰۰۰؛ محجل و همکاران، ۲۰۰۳). تکامل تکتونیکی زون سنندج- سیرجان شامل ماگماتیسم کمان قاره‌ای به دنبال برخورد قاره‌ای است. زون سنندج- سیرجان از سنگ‌های دگرگونی ناحیه‌ای (کوهزاد) و حرارتی (تماسی) درجه پایین تا بالا تشکیل شده که توده‌های نفوذی مافیک، متوسط و فلسیک (گرانیتی) در آنها نفوذ کرده‌اند. در بخش‌های زیادی از زون سنندج- سیرجان گرانیتوئیدها همراه با توده‌های نفوذی مافیک- متوسط (گابرو و توده‌های دیوریتی) و با سنگ‌های دگرگونی (سنگ‌های دگرگونی درجه پایین تا متوسط و بالا) همراه هستند.

منطقه سقز در مرز شمال غرب کمربند دگرگونی سنندج- سیرجان با زون البرز-آذربایجان واقع شده، بنابراین واحدهای سنگی مختلف در این ناحیه ویژگی‌های هر دو زون را نشان می‌دهند (حریری، ۱۳۸۲). محجل (۱۹۹۷) و محجل و سهندی (۱۹۹۹) زون سنندج- سیرجان را به پنج زیر زون تقسیم نموده‌اند که ناحیه سقز بخشی از زیر زون دگرشکلی پیچیده است. ناحیه قره چر در ۲۱ کیلومتری جنوب غرب سقز در شمال استان کردستان در شمال غرب ایران واقع است. دایک‌های گابرویی قره چر با روند شمال شرق- جنوب غرب توده نفوذی فلسیک منطقه به سن پرکامبرین را قطع نموده و در کل منطقه مورد مطالعه رخنمون دارند.

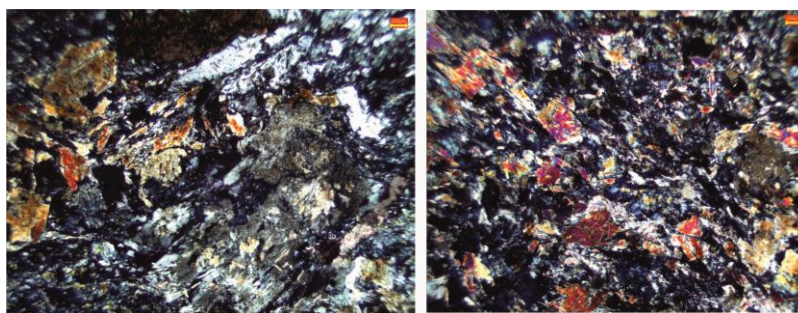
روش تحقیق:

پس از بازدید و مطالعات صحرایی، از کل منطقه نمونه‌برداری صورت گرفت. تعداد ۲۰ مقطع نازک از سنگ‌های برداشت شده تهیه شد و توسط میکروسکوپ پلاریزان مورد مطالعه قرار گرفت. سپس از میان نمونه‌های سالم و کمتر دگرسان شده،

تعداد ۵ نمونه برای آنالیز عناصر اصلی به روش XRF و نیز تجزیه عناصر کمیاب و خاکی کمیاب به روش ICP-MS انتخاب شد و مورد آنالیز قرار گرفت.

پetroگرافی

کانی‌های اصلی گابروهای قره چر شامل پلاژیوکلاز، پیروکسن و کانی‌های فرعی شامل آلکالی فلدسپار، کلریت، ترمولیت، کلسیت و اپیدوت می‌شود. بافت این سنگ‌ها به دلیل تحمل دگرشکلی اغلب میلونیتی شده است. پلاژیوکلازها در اندازه‌های متوسط تا ریز و بی‌شکل بوده و در مواردی ماکل کارلسباد نشان می‌دهند. پلاژیوکلازها به کانی‌های گروه اپیدوت (زوئزیت، کلینوزوئزیت) آلتره شده‌اند. پیروکسن‌ها بی‌شکل و با اورالیت جایگزین شده‌اند. یافتن نمونه سالم پیروکسن در گابروها دشوار است.

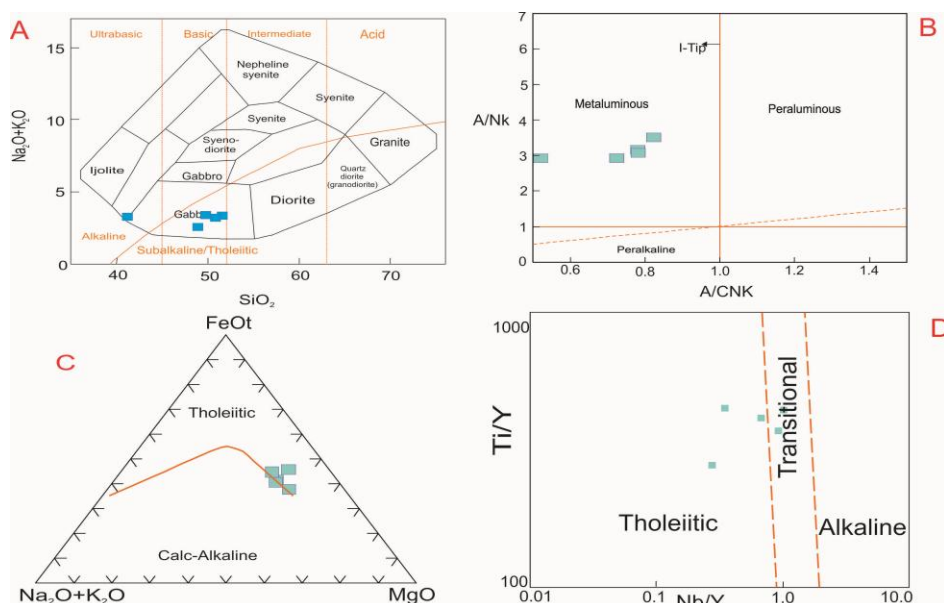


عکس ۱: بافت میلونیتی در سنگ‌های گابرویی قره چر در نور پلاریزه (XPL)

ژئوشیمی

به منظور مطالعات ژئوشیمیایی، ۵ نمونه از سالم‌ترین گابروها برای آنالیزهای شیمیایی انتخاب شدند. در نمونه‌های انتخاب شده، عناصر اصلی سنگ کل به روش XRF و همچنین عناصر کمیاب به روش ICP-MS مورد آنالیز قرار گرفتند. با توجه به نقش دگرسانی و تاثیرپذیری عناصر اصلی حتی الامکان از عناصر جزئی و خاکی کمیاب در تجزیه و تحلیل‌های ژئوشیمیایی استفاده شده است.

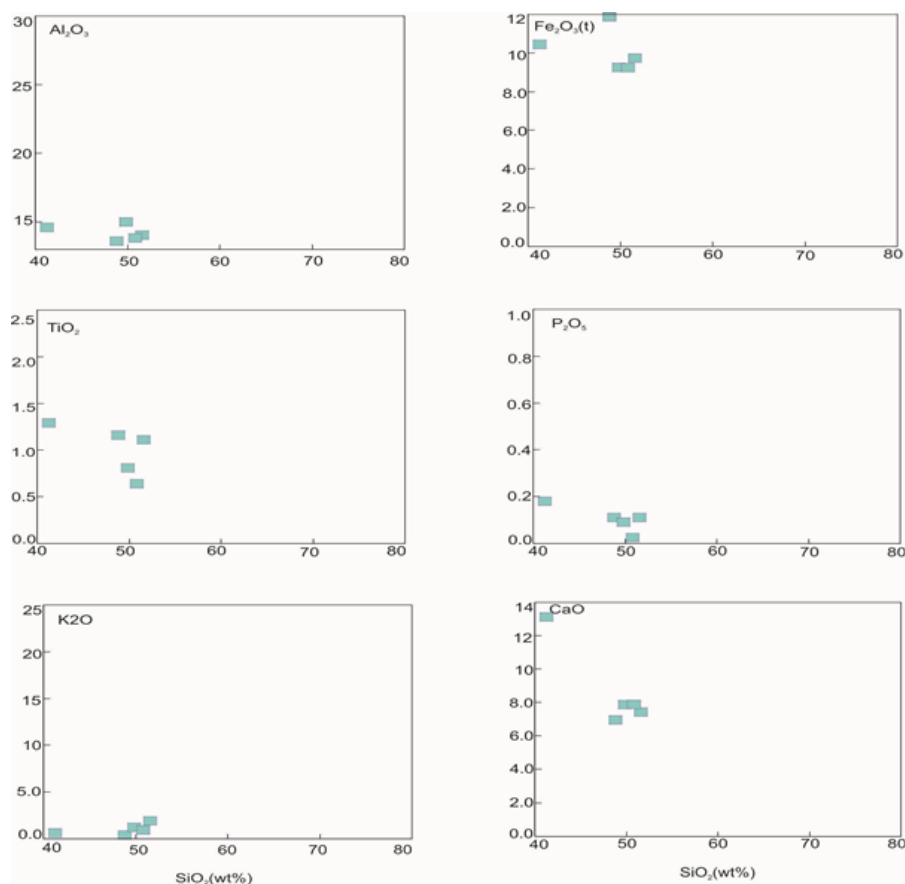
محتوی SiO_2 نمونه‌های مورد مطالعه، بین ۴۱-۵۱ درصد وزنی در تغییر است. نمونه‌های مورد مطالعه در نمودار TAS (Cox et al., 1979) در محدوده ساب آلكالن / تولییتی واقع شده‌اند (شکل ۱A). بر اساس نمودار تغییرات $[\text{Al}_2\text{O}_3]/(\text{CaO} + \text{CNK})$ در مقابل $[\text{Al}_2\text{O}_3]/(\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})$ A/NK (Maniar & Piccoli 1989) دایک‌های گابرویی متاآلمینوس با مقدار A/CNK بین ۰/۵۱-۰/۸۲ می‌باشند (شکل ۱B). در نمودار سه تایی AFM (شکل ۱C) نمونه‌ها تا حدی روند تولییتی را نشان می‌دهند. با توجه به نمودار Nb/Y در مقابل Ti/Y (شکل ۱D) نمونه‌ها در محدوده تولییتی تا تحولی واقع شده‌اند.



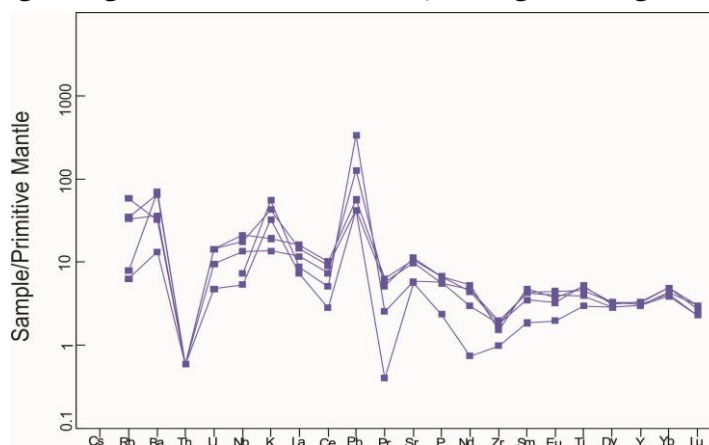
شکل ۱: A: نمودار SiO_2 در مقابل $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ (Cox et al., 1979). B: نمودار A/NK در مقابل A/CNK (Maniar & Piccoli, 1989). C: نمودار AFM (Irvine & Baragar, 1971). D: نمودار Ti/Y در مقابل Nb/Y (Pearce, 1982).

در نمودار هارکر (شکل ۲)، کاهش محتوای TiO_2 ، MgO و CaO با افزایش SiO_2 نشان دهنده مشارکت این عناصر در ساختار کانی‌های فرومنیزین، پیروکسن و اکسیدهای آهن و تیتان و پلاژیوکلاز در مراحل اولیه تبلور ماگما است. گرایش ترکیب پلاژیوکلاز به ترکیبات با آنورتیت کمتر و آل بیت بیشتر باعث روند کاهشی در نمودار $\text{CaO}-\text{SiO}_2$ است. روند تغییرات FeO_t در مقابل SiO_2 برای نمونه‌های مورد بحث، به دلیل تبلور کانی‌های فرومنیزین همچون بیوتیت و آمفیبول و جدایش اکسیدهایی همانند هماتیت و مگنتیت در طی فرایند تفریق ماگما روند نزولی نشان می‌دهند. در نمودار $\text{Al}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2$ ، با افزایش SiO_2 مقدار Al_2O_3 کاهش می‌یابد که می‌تواند به دلیل کاهش درصد پلاژیوکلازهای کلسیم دار و گرایش به سمت تشکیل فلدسپارهای سدیک و پتاسیک در سنگ‌های اسیدی‌تر باشد. مقدار بالای پلاژیوکلاز در گابروها نشان می‌دهد که تفریق فازهای مافیک در فشار نسبتاً بالا انجام شده است (جایی که تبلور پلاژیوکلاز انجام نمی‌شود، Yoder & Tilley, 1962).

عناصر Rb, Sr, Ba و Cs (LILE) که با داشتن شعاع بزرگ و بار کاتیونی کم شناخته می‌شوند، در بیشتر ماگماها با افزایش محتوای SiO_2 ، افزایش می‌یابند. این عناصر حداقل در مراحل اولیه تفریق ناسازگارند و در ماگمای باقیمانده متمرکز می‌شوند. رویدیدوم یک عنصر ناسازگار با تحرک بالا است، از این رو، در فرایند تفریق با پیشرفت تبلور بر غلظت آن در ماگمای باقیمانده افزوده می‌شود. نیکل بار و شعاع یونی مشابه منیزیم دارد و می‌تواند در کانی‌ها فرومنیزین جایگزین این عنصر شود بنابراین انتظار می‌رود که این دو عنصر روند مشابه داشته باشد و با افزایش سیلیس کاهش یابند. آنومالی مثبت سرب می‌تواند نشان دهنده آلودگی ماگماهای مشتق شده از گوشته غنی شده با پوسته باشد (شکل ۳).



شکل ۲: نمودار هارکر برای دایک‌های گابرویی قره چر. آنها روند عمومی از کاهش محتوی برخی اکسیدهای اصلی (P_2O_5 و TiO_2, CaO) با افزایش SiO_2 نشان می‌دهند در حالی که مقادیر Al_2O_3 و Fe_2O_3 نسبتاً روند خاصی نشان نمی‌دهند.



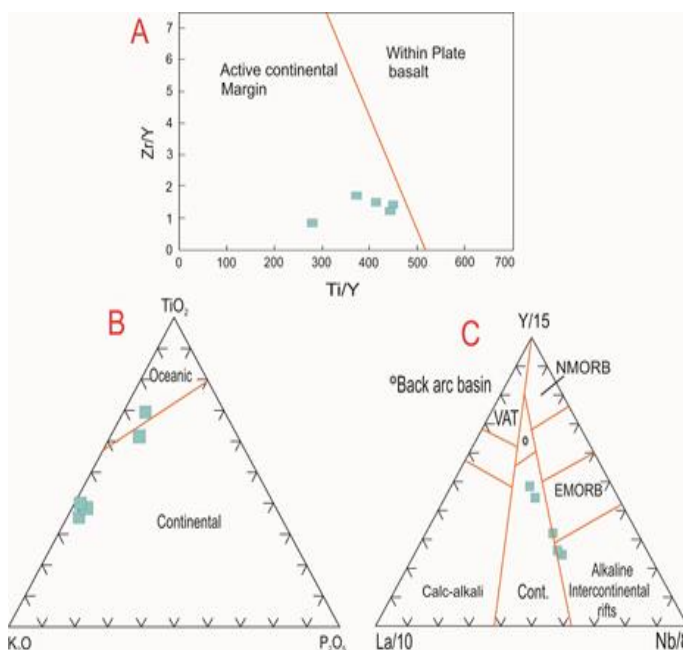
شکل ۳: الگوی عناصر فرعی هنجار شده به گوشته اولیه (Sun & McDonough, 1989).

موقعیت تکتونیکی

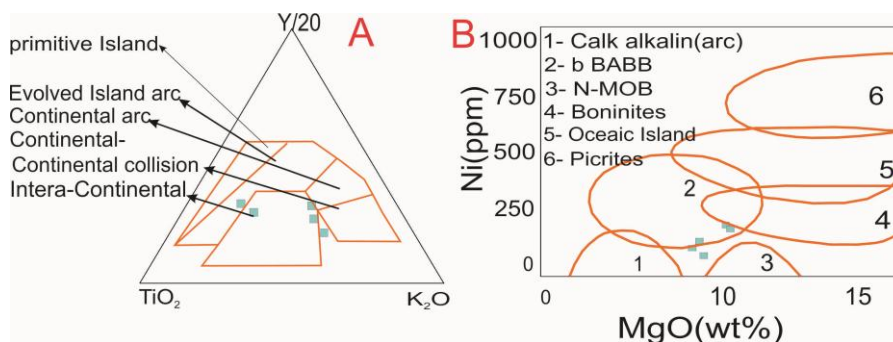
در نمودار دوتایی Ti/Y در مقابل Zr/Y (pearce & Gale, 1977) تمامی نمونه‌ها در محدوده حاشیه فعال قاره‌ای قرار گرفته‌اند (شکل ۴A). با توجه به فراوانی نسبی $TiO_2 - P_2O_5 - K_2O$ ، نمونه‌ها در محیط قاره‌ای تشکیل شده‌اند (شکل ۴B). بر طبق

نمودار سه تایی La/10- Y/15- Nb/8 (Cabanis & Lacolle, 1989) نیز عمده نمونه‌ها در محدوده بازالت‌های قاره‌ای واقع شده است (شکل ۴C).

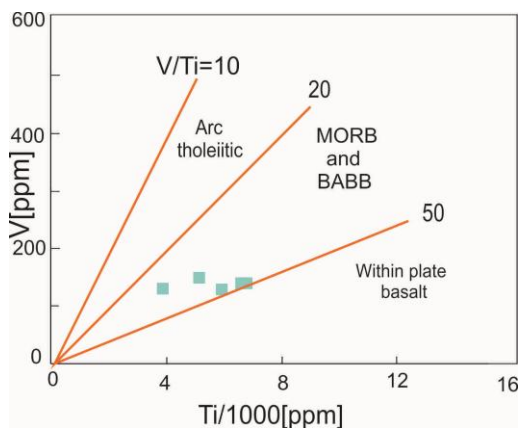
در شکل ۵ (A) موقعیت نمونه‌های گابرویی در نمودار TiO_2 - Y/20- K_2O (Biermanns, 1996) عمدتاً در محدوده درون قاره‌ای واقع شده‌اند و در شکل ۵ (B) در نمودار دوتایی Ni در مقابل MgO (juteau & Maury, 1999) در محدوده حوضه‌های پشت کمانی هستند و همچنین در شکل ۶ بر روی دیاگرام V در مقابل Ti نیز تمامی نمونه‌ها در محدوده بازالت‌های پشت قوس و مورب پلات می‌شوند.



شکل ۴: نمودارهای متمایز کننده موقعیت تکتونیکی. A: نمودار Ti/Y در مقابل Zr/Y (pearce & Gale, 1977). B: نمودار TiO_2 - P_2O_5 - K_2O . C: نمودار La/10- Y/15- Nb/8 (Cabanis & Lacolle, 1989).



شکل ۵: A: موقعیت نمونه‌های دایک‌های گابرویی در TiO_2 - Y/20- K_2O (Biermanns, 1996). B: نمونه‌ها در نمودار Ni در مقابل MgO (juteau & Maury, 1999) در پشت کمان قوسی هستند.



شکل ۶: نمودار V در مقابل $Ti/1000$ (Shervais, 1982).



نتیجه گیری :

دایک‌های گابرویی قره چر در نمونه دستی ریز تا متوسط دانه و شاخص رنگی مزوکرات دارند. پلاژیوکلاز، پیروکسن کانی‌های اصلی و کانی‌های فرعی شامل آلکالی فلدسپار، کلریت، ترمولیت، کلسیت و اپیدوت است. پلاژیوکلازها عمدتاً سریستی و پیروکسن‌ها اورالیتی شده‌اند و تقریباً بلور سالمی باقی نمانده است. بافت این سنگ‌ها به دلیل تحمل دگرشکلی اغلب میلونیتی شده است. تعیین سری ماگمایی، گویای تولییتی تا تحولی بودن ماگمای گابروها است. افزایش مقدار Pb نسبت به گوشته اولیه نیز گویای آرایش پوسته‌ای است. دایک‌های گابرویی قره چر از نظر تکتونوماگمایی مربوط به مناطق درون قاره‌ای و پشت قوس هستند.



منابع فارسی :

حریری، ع.، (۱۳۸۲)، "نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ سقز"، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی ایران، تهران.



References:

- Berberian, M. & King, G. C. P. (1981). Towards a paleogeography and tectonic evolution of Iran. Canadian Journal of Earth Sciences 18, 210–265.
- Biermanns, L. (1996). Chemical classification of gabbroic-dioritic rocks, based on TiO_2 , SiO_2 , MgO , K_2O , Y and Zr. Symposium International sur la Geodynamique Andine 3. Saint-Malo, France.



- Cabanis, B. and Lacolle, M., (1989). Le diagramme La/10- Y/15- Nb/8: un outil pour la discrimination des series volcaniques et la mise en evidence des processus de melange et/ ou de contamination crustale, C. R. Acad. Sci. II, 309, 2023- 2029.
- Cox, K.G., Bell, J. D., Pandhurst, R. G., (1979). The interpretation of igneous rocks. London, George Allen & Unwin. 450pp.
- Juteau, T. and Maury, R. (1999). The oceanic crust, from accretion to mantle recycling. Springer, Verlag, Berlin.
- Harker, A., (1909). The natural history of igneous rocks Methuen and Co, London, 384 pp.
- Irvine, T. N., Baragar, W.R.A., (1971). A guide to chemical classification of the common volcanic rocks. Can. Jour. Earth. Sci, 8, 523-548.
- Maniar, P. D. & Piccoli, P. M. (1989). Tectonic discrimination of granitoids. – Geol. Soc. of Amer. Bull. 101: 635–643.
- Mohajjel, M. (1997). Structure and tectonic evolution of Paleozoic-Mesozoic rocks, Sanandaj-Sirjan Zone, western Iran. – Ph. D. Thesis. Univ. of Wollongong, Wollongong, Australia.
- Mohajjel, M. & Sahandi, M. R. (1999). Tectonic evolution of Sanandaj-Sirjan Zone. (in Farsi with English abstract). – Geosciences 8 (31–32): 28–49.
- Mohajjel, M. & Fergusson, C. L. (2000). Dextral transpression in Late-Cretaceous continental collision, Sanandaj–Sirjan zone, Western Iran. Journal of Structural Geology 22, 1125–1139.
- Mohajjel, M., Fergusson, C. L. & Sahandi, M. R. (2003). Cretaceous–Tertiary convergence and continental collision, Saandaj–Sirjan Zone, western Iran. Journal of Asian Earth Sciences 21, 397–412.
- Pearce, T. H., Groman, B. E. and Birkett, T. C., (1975). The TiO₂- K₂O- P₂O diagram: a method of discriminating between oceanic and non- oceanic basalts, Earth Planet. Sci, 24, 419-426.
- Pearce, J. A. and Gale G. H., (1977). Identification of ore- deposition environment from trace element geochemistry of associated igneous host rocks, Geol Soc, Spec .Publ, 7, 14-24.
- Pearce, J. A., (1982). Trace element characteristics of lavas from destructive plate margins. In: R.S. Thorpe (Editor), Andesites: Orogenic Andesites and Related Rocks. Wiley, New York. 525-548.
- Shabanian, N., Khalili, M., Davoudian, A. R. & Mohajjel, M. (2009). Petrography and geochemistry mylonitic granite of Ghaleh-Dezh, NW Azna, Sanandaj–Sirjan zone, Iran. Neues Jahrb. Mineral. Monatsh 185 (3), 233–248.
- Shervais, J. W., (1982). Ti-V plot and the petrogenesis of modern ophiolitic lavas. Earth and planetary science letters 59 (1) : 101-118.
- Sun S. S. & McDonough W. F. (1989). Systematic Chemical and Isotope Oceanic Basalt: Molar composition and processing effects. London Special Geological Society Publication 42, 313 – 345.

ژئوشیمی و پتروژنز توده گرانیتوئیدی قره چر در جنوب غرب سقز



محبوبه بهرامی^۱، علی کنعانیان^۲، رضا نوزعیم^۳

^۱دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشکده زمین شناسی، پردیس علوم، دانشگاه تهران، تهران، ایران (Bahramy.mahbobe@ut.ac.ir)

^۲استاد، دانشکده زمین شناسی، پردیس علوم، دانشگاه تهران، تهران، ایران (kananian@khayam.ut.ac.ir)

^۳استادیار، دانشکده زمین شناسی، پردیس علوم، دانشگاه تهران، تهران، ایران (nozaem@ut.ac.ir)



چکیده:

توده گرانیتوئیدی قره چر در بخش شمالی نوار دگرگونی سندانج- سیرجان، در جنوب غرب شهرستان سقز رخنمون دارد. این توده نفوذی اسیدی توسط تعدادی دایک گابرویی قطع شده است. سنگ شناسی توده مورد مطالعه شامل گرانودیوریت و گرانیت با بافت میلونیتی می باشد. کانی های اصلی تشکیل دهنده این سنگ ها شامل کوارتز، پلاژیوکلاز و آلکالی فلدسپار و کانی های فرعی شامل کلریت، مسکوویت، پیروکسن، اپیدوت و کلسیت می باشند. نمودارهای ژئوشیمیایی بر نقش فرایند تبلور تفریقی در ژنز این سنگ های گرانیتی دلالت دارد. نمونه های گرانیتوئیدی مورد مطالعه در نمودارهای عنکبوتی، غنی شدگی از عناصر LILE و تهی شدگی از عناصر HFSE نشان می دهند. توده گرانیتوئیدی قره چر دارای ماهیت کالک آلکالن و پرآلومین از نوع گرانیت های تیپ S است. نمودارهای مختلف جدایش محیط زمین ساختی حاکی از نفوذ این توده در یک محیط وابسته به قوس آتشفشان (VAG) در حاشیه فعال قاره ای است.

کلید واژه ها: گرانیتوئید قره چر، کالک آلکالن، نوع S، حاشیه فعال.

Geochemistry and petrogenesis of the Qureh-Char granitoid pluton in S.W of Saqqez

Mahbobe Bahrani¹, Ali Kananian², Reza Nozaem³

¹M.Sc student, School of Geology, College of Science, University of Tehran, Tehran, Iran

²Professor, School of Geology, College of Science, University of Tehran, Tehran, Iran

³Associated professor, School of Geology, College of Science, University of Tehran, Tehran, Iran

Abstract:

The Qureh- Char granitoid cropping out in SW of Saqqez area in the northern part of Sanandaj-Sirjan metamorphic belt. This acidic pluton cut by numerous gabbroic dikes. The granitic rocks, lithologically range from granite to granodiorite with mylonitic texture. The main minerals in these rocks include quartz, plagioclase and alkali feldspar. Chlorite, muscovite, pyroxene, epidote and calcite are occurring as accessory minerals. Geochemical diagrams indicate the role of the fractional crystallization in the genesis of granitic rocks. Based on the spider diagrams, the granitoid samples show enrichment in LILE and depletion in HFSE. Qureh-Char granitoids are S-type and characterized by peraluminum and calc-alkaline nature. The results from the tectonic discrimination diagrams indicate a volcanic arc setting (VAG) in an active continental margin for emplacement of this pluton.

Keywords : Qureh- char granitoid, calc- alkaline, S type, active margin.



مقدمه :

در ناحیه سقز توده‌های نفوذی متعددی رخنمون دارند که از آن جمله می‌توان به توده‌های نفوذی حسن سالاران، صاحب، سیاه در علیا، سیاه در سفلی، قبغلوچه و تموته ... اشاره کرد. تا کنون مطالعات زمین شناسی و پترولوژیکی مختلفی بر روی این توده‌ها انجام شده که از مهمترین آنها می‌توان به نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ سقز (حریری ۱۳۸۲)، تحقیقات به عمل آمده بر روی پترولوژی گرانیتوئیدهای لوکوکرات تیپ I در جنوب غرب سقز (اطهری و همکاران، ۲۰۰۷)، و گرانیتوئیدهای تیپ A جنوب شرق ناحیه سقز (سپاهی و اطهری، ۲۰۰۶) و همچنین مطالعات سنگ‌شناسی و ژئوشیمیایی صورت گرفته بر روی توده‌های گرانیتی شمال شرق سقز و هاله دگرگونی اطراف آن (آرین و همکاران، ۲۰۱۱) و بخش شمالی توده گرانیتوئیدی حسن سالاران و آنکلاوهای آن در جنوب شرق سقز (پازوکی، ۱۳۹۶) اشاره نمود.

توده نفوذی قره چر تقریباً در ۲۱ کیلومتری جنوب غرب شهرستان سقز در شمال غرب استان کردستان، در محدوده بین روستای میرده و قبغلوچه حد فاصل بین طول‌های جغرافیایی $46^{\circ} 5' 00''$ تا $46^{\circ} 10' 00''$ شرقی و عرض‌های $36^{\circ} 10' 00''$ تا $36^{\circ} 5' 00''$ شمالی قرار گرفته است. منطقه سقز در حاشیه شمال غربی نوار دگرگونی سنندج-سیرجان و در حقیقت در محل تلاقی این زون با زون‌های ساختاری خوی-مهاباد و البرز-آذربایجان واقع شده است (حریری ۱۳۸۲).

بعضی از واحدهای سنگی موجود در ورقه سقز، خصوصیات زون دگرگونه سنندج-سیرجان را داشته و گاهی نیز تشابهات لیتولوژیکی با زون البرز-آذربایجان نشان می‌دهند. نهشته‌های مربوط به پالئوزوئیک زیرین تا میانی در منطقه رخنمون نداشته و نهشته‌های پرمین با مرز ناهمسان بر روی دولومیت‌های سازند میلا یا واحدهای قدیمی‌تر جای می‌گیرند.

از نگاه ساختاری بخش‌های غربی و جنوب غربی سقز عمدتاً پی سنگ دگرگونه پرکامبرین است که با پوششی نازک از مجموعه کربناته-آواری پرکامبرین-کامبرین و واحدهای کربناته پرمین با مرز ناهمساز تا تکتونیکی پوشیده شده است. پی سنگ دگرگونه پرکامبرین که در رخساره شیبست سبز-آمفیبولیت دگرگون شده دارای روند همگانی شمال شرق-جنوب غربی است که سوی غرب در ورقه آلوت روندی شمالی-جنوبی می‌یابد و تا جنوب مهاباد رخنمون دارد. دگرگونی شدید مجموعه دگرگونه پرکامبرین و مرز ناهمساز آنها با مجموعه کربناته-آواری پرکامبرین-کامبرین زیرین و نیز تکاپوی ماگمایی همزمان با تکتونیک گرانیت-گنایس نشان‌دهنده رخداد تکتونیکی وابسته به سرانجام‌های پرکامبرین (پان آفریکن) در منطقه سقز است، درحالی‌که جایگیری واحد کربناته پرمین (روته) با مرز ناهمساز بر روی واحدهای وابسته به کامبرین (میلا) نشان‌دهنده نبود چینه‌ای اردوئیسین تا کربونیفر در منطقه است که شاید بتوان آن را به فازهای خشکی‌زایی هرسینین نسبت داد. بطور کلی دو سیستم شکستگی در ناحیه حاکم است، یکی سیستم شمال غرب-جنوب شرق که از نوع برشی و راست‌گرد و دیگری سیستم شمال شرق-جنوب غربی که دارای جابجایی عمدتاً چپ‌گرد می‌باشد. در پژوهش حاضر سعی شده با اتکا به مطالعات صحرایی، بررسی‌های پتروگرافی و داده‌های ژئوشیمیایی، اقدام به شناسایی خصوصیات پتروژنتیکی و محیط تکتونیکی تشکیل توده نفوذی قره چر شود.



زمین شناسی منطقه

منطقه قره چر در جنوب غربی نقشه ۱/۱۰۰۰۰۰ سقر و در بخش جنوب شرقی نقشه ۱/۲۵۰۰۰۰ مهاباد واقع شده است. در ناحیه سقر، توده های نفوذی گرانیتوئیدی با ترکیب گرانیت، کوارتز مونزونیت و کوارتز دیوریت در سنگ های قدیمی تر مانند ماسه سنگ سازند کهر نفوذ کرده اند (آرین و همکاران ۲۰۱۱). توده نفوذی قره چر حدود ۲۱ کیلومتری جنوب غرب شهرستان سقر رخنمون دارد. بر اساس گزارش نقشه ۱/۱۰۰۰۰۰ سقر، کهن ترین برونزد در محدوده سقر شامل توالی ضخیمی از سنگ های دگرگونی گنایس، شیس، مرمر و آمفیبولیت می باشد که به صورت ناهم ساز با سنگ نهشته های کربناته - آواری پرکامبرین - کامبرین زیرین (دولومیت های سلطانیه)، پرمین و کرتاسه پوشیده شده اند. نهشته های مربوط به پالئوزوئیک زیرین تا میانی (اردوئیسین تا کربونیفر) در منطقه رخنمون نداشته و نهشته های پرمین به صورت ناهم ساز بر روی دولومیت های سازند میلا یا واحدهای قدیمی تر جای می گیرند.

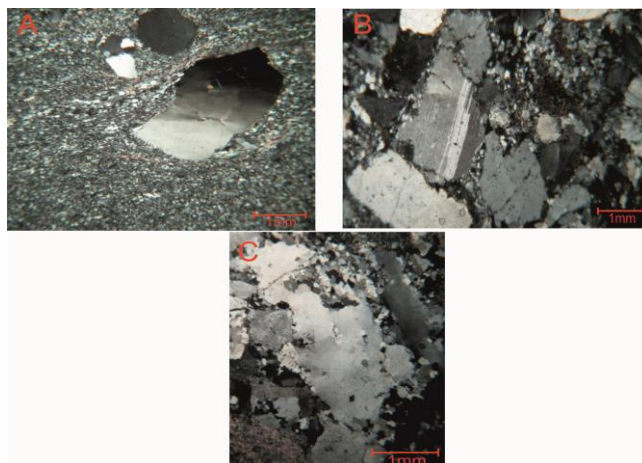
روش تحقیق:

پس از بازدید و مطالعات صحرایی، از کل توده نفوذی نمونه برداری صورت گرفت. تعداد ۴۰ مقطع نازک از سنگ های برداشت شده تهیه شد و توسط میکروسکوپ پلاریزان مورد مطالعه قرار گرفت. سپس از میان نمونه های سالم و کمتر دگرسان شده، تعداد ۷ نمونه برای آنالیز عناصر اصلی به روش XRF و نیز تجزیه عناصر کمیاب و خاکی کمیاب به روش ICP-MS انتخاب شد و مورد آنالیز قرار گرفت.

پetroگرافی

نمونه سنگ های این توده در نمونه دستی دانه ریز تا دانه متوسط بوده و شامل بلورهای کوارتز، آلکالی فلدسپار و پلاژیوکلاز و کانی های فرعی موسکویت، پیروکسن، کلریت و اپیدوت می باشند و دارای بافت میلونیتی است. کوارتز و پلاژیوکلاز فراوانترین کانی های تشکیل دهنده هستند و اغلب نیمه شکل دار و بی شکل می باشند. کوارتزها در اندازه های مختلف دیده می شوند و عموماً دانه های درشت خاموشی موجی نشان می دهند و دارای مرز مضرس هستند و در اطراف تبلور مجدد (New grain) تشکیل داده اند. کوارتزهای دانه ریز در حد چرت هستند. پلاژیوکلاز در ابعاد قابل مقایسه با دانه های درشت کوارتز هستند. در اغلب موارد بافت پرتیتی نشان می دهند و دارای ماکل کارلسباد آلبیتی هستند. آثار سریستی شدن روی سطح فلدسپارها نمایان است و در بعضی موارد سریست غالب کانی را به صورت کامل پر کرده است. همچنین کلریتی شدن فلدسپارها را تحت تأثیر قرار داده است. علاوه بر این کلریت در زمینه در بین چرت ها به صورت باندهای بسیار ظریف حضور دارند. در مواردی پلاژیوکلازها تبلور مجدد یافته اند. اپیدوت به صورت دانه های بسیار کوچک از نوع زوئزیت و کلینوزوئزیت با فراوانی کمتر از ۱٪ در متن سنگ و عموماً بین سریست ها دیده می شود.

در بعضی موارد سریسیتی شدن به حدی پیشرفت داشته که ورقه‌های موسکویت تشکیل شده‌اند. سریسیت علاوه بر سطح فلدسپارها گاهی به صورت باندهای ضخیم به شکل ورقه‌های موسکویت، دانه‌های فلدسپار را احاطه کرده‌اند. کانی‌های کربناته در زمینه چرت به صورت تجمعاتی از کلسیت با رخ رمبوندی وجود دارند که با توجه به ضخامت رخها به نظر می‌رسد تا حدودی تحت تأثیر دما قرار گرفته باشند.

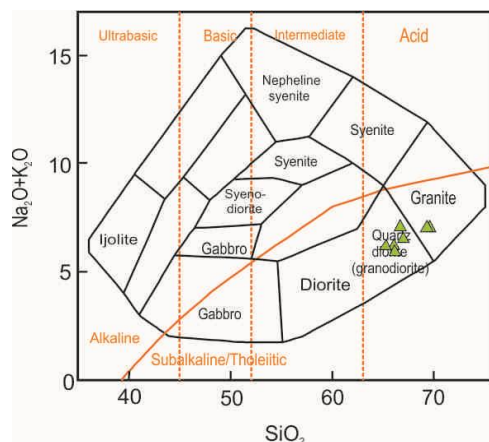


عکس ۳. A: خاموشی موجی در پورفایرولاست‌های کوارتز. B: تبلور مجدد در پلاژیوکلاز با ماکل آلبیتی. C: تبلور مجدد در بلورهای کوارتز با خاموشی موجی و مرزهای مضرسی.

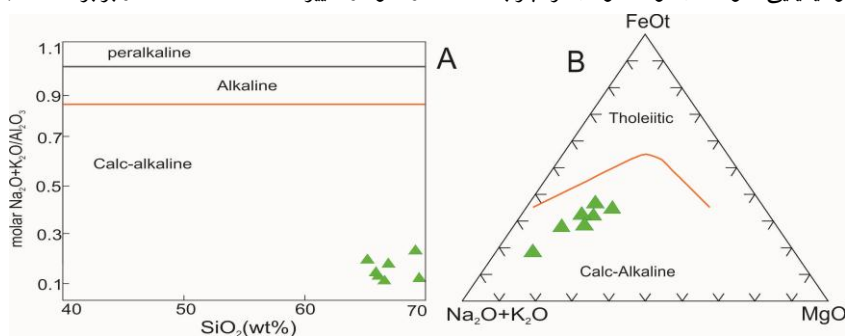
ژئوشیمی

به منظور مطالعات ژئوشیمیایی، ۷ نمونه سالم غیر آلتزه از توده گرانیتوئیدی انتخاب شدند و عناصر اصلی آنها XRF و عناصر فرعی به روش ICP تجزیه شیمیایی گردید. با توجه به نقش دگرسانی و تاثیرپذیری عناصر اصلی حتی الامکان از عناصر جزئی و خاکی کمیاب در تجزیه و تحلیل‌های ژئوشیمیایی استفاده شده است.

در نمودار TAS (Cox et al., 1979) مجموع درصد وزنی $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ در برابر درصد وزنی SiO_2 ترسیم می‌شود و با توجه به موقعیت قرارگیری نمونه‌ها، نامگذاری انجام می‌شود. وجود خط جداکننده در این نمودار محدوده آکالی را از ساب آکالی جدا می‌سازد. سنگ‌های اسیدی مورد مطالعه در قلمرو گرانیت تا کوارتز دیوریت (گرانودیوریت) واقع می‌شوند (شکل ۱). جهت تعیین سری ماگمایی توده آذرین محدوده مورد مطالعه نمودار $(\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} / \text{Al}_2\text{O}_3)$ molar در برابر SiO_2 (شکل ۲، A) و نمودار مثلثی AFM (Irvin & Barger, 1971) ترسیم شده است (شکل ۲، B) که در هر دو نمودار نمونه‌ها در محدوده کالک آکالین قرار گرفته‌اند.



شکل ۱: طبقه‌بندی ژئوشیمیایی نمونه‌های توده نفوذی قره‌چر با استفاده از نمودار تغییرات $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$ در برابر SiO_2 (Cox et al., 1979).



شکل ۲: A: نمونه‌های توده نفوذی قره‌چر بر اساس نمودار $\text{molar} (\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}/\text{Al}_2\text{O}_3)$ در برابر SiO_2 ، کالک آلکالن هستند. B: نمودار مثلی AFM جهت تفکیک سری‌های کالک آلکالن از تولیتی (Irvin & Barger, 1971).

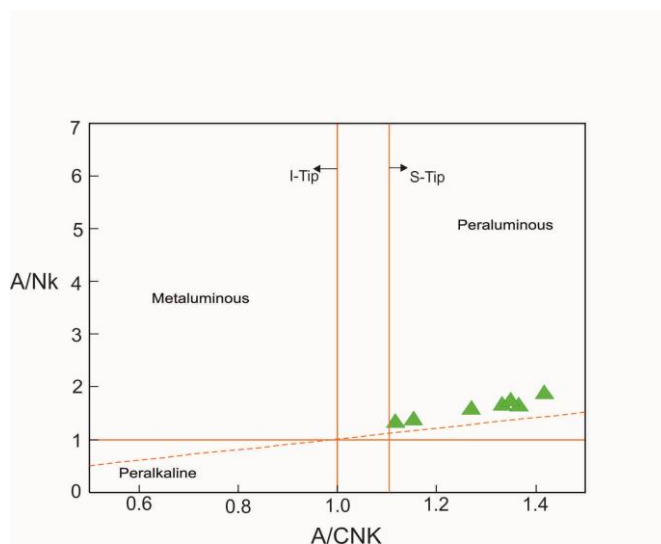
توده گرانیتوئیدی قره‌چر از لحاظ درجه اشباعیت از آلومین (Shand, 1943) پرآلومین ($\text{Al}_2\text{O}_3/\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}+\text{CaO} > 1.1$) هستند (شکل ۳)، که این یکی از مشخصه‌های گرانیت نوع S می‌باشد (Cobbing, 2000). گرانیت‌های نوع S حاوی SiO_2 بالایی هستند (۶۴-۷۷ درصد وزنی) در حالی که میزان SiO_2 در انواع I دارای طیف وسیعی از سنگ‌های فلسیک تا مافیک می‌باشد (Chappell & White, 1974).

در بررسی تغییرات شیمیایی عناصر اصلی نسبت به سیلیس از نمودارهای هارکر (۱۹۰۹) استفاده شد. در این نمودار محور افقی به درصد اکسید SiO_2 و محور عمودی به اکسیدهای عناصر اصلی و فرعی هر نمونه اختصاص داده شده است. بر اساس این نمودار با افزایش مقدار SiO_2 مقادیر Na_2O و K_2O روند نسبتاً افزایشی نشان می‌دهند. Na_2O و K_2O در ساختمان کانی‌های تشکیل شده در مراحل نخستین تفریق وارد نمی‌شوند، بلکه در مراحل پایانی تفریق و در ساختمان فلدسپارهای قلیایی، بیوتیت و پلاژیوکلزهای اسیدی شرکت می‌کنند. بنابراین مقدار آنها در جریان تفریق، در ماگمای باقیمانده و در ترم‌های اسیدی افزایش می‌یابد. کاهش میزان اکسیدهای FeO_t ، TiO_2 ، MgO ، CaO با افزایش سیلیس بیانگر مشارکت این عناصر در ساختار کانی‌های فرومنیزین پیروکسن و اکسیدهای آهن و تیتان دار و پلاژیوکلز در مراحل اولیه تبلور ماگما است. با افزایش SiO_2 مقدار Al_2O_3 کاهش می‌یابد، که می‌تواند ناشی از کاهش درصد پلاژیوکلز در سنگ‌های اسیدی و

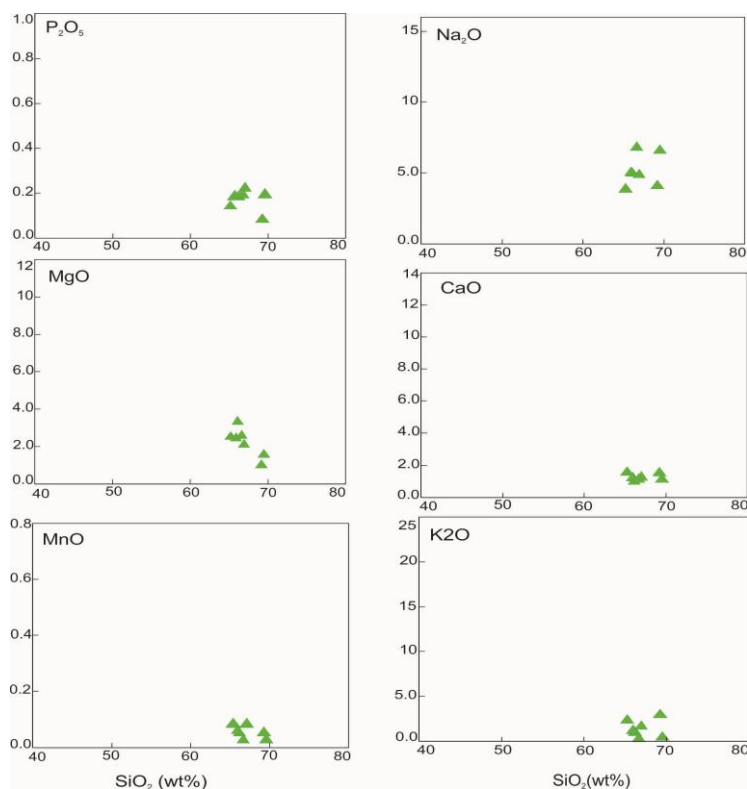
گرایش به سمت تشکیل فلدسپارهای سدیک و پتاسک باشد (شکل ۴). همچنین بر روی نمودارهای دوتایی عناصر فرعی در برابر SiO_2 ، محتوای Rb, Th, Eu و Ba با افزایش SiO_2 افزایش می‌یابند در حالی که V, Zr و Sr ارتباط منفی نشان می‌دهند.

در بررسی جایگاه تکتونیکی گرانیتوئیدها از نمودارهای پیرس و همکاران (۱۹۸۴) استفاده شده است. نمودارهای Nb/Y و Rb/(Nb+Y) جهت تفکیک محیط‌های تکتونیکی ترسیم شده‌اند. در این نمودارها محیط‌های تکتونیکی ORG, VAG, WPG و Syn-COLG از هم جدا می‌شوند.

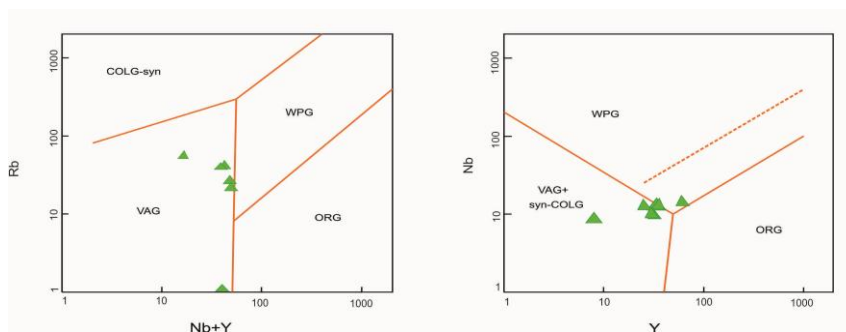
بر اساس نمودار Rb/(Y+Nb) گرانیتوئیدهای منطقه از نوع گرانیت‌های قوس آتشفشانی (VAG) هستند و در نمودار Nb-Y سنگ‌های منطقه در محدوده گرانیت‌های قوس آتشفشانی و همزمان با برخورد (VAG+Syn-COLG) قرار می‌گیرند (شکل ۵).



شکل ۳: تعیین غنی‌شدگی از آلومین نمونه‌های مورد مطالعه (Shand, 1943)

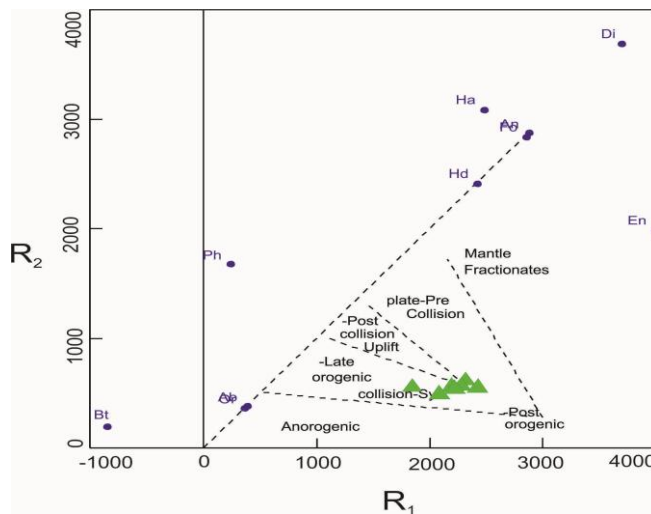


شکل ۴: نمودار تغییرات شیمیایی عناصر اصلی در برابر SiO_2 (Harker, 1909)



شکل ۵: موقعیت نمونه‌های محدوده مورد مطالعه بر روی نمودارهای Nb/Y و $\text{Rb}/(\text{Nb}+\text{Y})$ (Pearce et al., 1984)

در نمودار باچلر و بودن (۱۹۸۵) ضرایب R_1 و R_2 بر اساس درصد اکسیدها محاسبه می‌شود. در این نمودار انواع گرانیت‌ها به ۷ گروه تقسیم می‌شوند. بر اساس این نمودار نمونه‌های مورد بررسی در محدوده همزمان با برخورد قرار گرفته‌اند (شکل ۶).



شکل ۶: موقعیت نمونه های مورد مطالعه بر روی نمودار R_2 در برابر R_1 (Batchelor & Bowden, 1985)



نتیجه گیری:

توده نفوذی مورد مطالعه به سن پرکامبرین در بخش شمالی زون ساختاری سنندج- سیرجان قرار دارد. عملکرد زونهای برشی در منطقه باعث دگرشکلی سنگها شده که سبب تبلور مجدد، خردشدگی، خمش ماکل و شکستگی در بعضی از کانیها شده است.

این توده توسط یک سری دایکهای گابرویی قطع شده است. مطالعات ژئوشیمیایی نشاندهنده ماهیت کالک آلکالن و پرآلومین بودن ماگما است. همچنین این گرانیتها از نوع S هستند.

از نظر محیط تکتونیکی، این ماگما از نوع گرانیتهای قوس آتشفشانی همزمان با تصادم قاره‌ای قرار می‌گیرد. با توجه به موقعیت زمین‌شناسی ناحیه سقز، تعیین خاستگاه زمین‌ساختی- ماگمایی آن را به عنوان یک زون فرورانش در موقعیت قوس‌های حاشیه فعال قاره‌ای می‌تواند در ارتباط با تکوین ساختاری زون سنندج- سیرجان اهمیت خاصی داشته باشد. لذا مطالعه سنگ‌شناسی، ژئوشیمی و تعیین محیط زمین‌ساختی و خاستگاه ماگمایی منطقه مورد مطالعه در این راستا راهگشا می‌باشد.



منابع فارسی:

حریری، ع.، (۱۳۸۲)، "نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ سقز"، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی ایران، تهران.





References:

- Arian, M.A., Emamalipour, A., Mohammad Amini, A., 2011. "Petrology and geochemistry of granitic masses and those metamorphic hallow in north- east of Saghez". Journal of the Earth: 19, 650-80.
- Athari, S.F., Sepahi, A.A., Moazzen, M., 2007. "Petrology of leucocratic granitoids in the northwest of Iran with emphasis on leucocratic I-type granites from Sw Saqqes", vol. 184/2, p. 169-179.
- Batchelor, R.A., Bowden, P., 1985. " Petrogenetic interpretation of granitoids rocks series using multicationic parameters", Chem Geol,48.
- Chappell, B.W. and White, A.J.R., 1974. "Two contrasting granite types", Pacific Geology8: 173-174.
- Cobbing, E.j., 2000. "The geology and mapping of granite batholiths", Lecture Notes in Earth Sciences, vol 99, Springer, Berlin. 117p.
- Cox, K.G., Bell, J.D., Pandhurst, R.G., 1979. "The interpretation of igneous rocks", London, George Allen & Unwin, 450, pp.
- Harker, A., 1909. "The natural history of igneous rocks" Methuen and Co, London, 384, pp.
- Irvine, T.N., Baragar, W.R.A., 1971. "A guid to chemical classification of the common volcanic rocks", Can. Jour. Earth. Sci8, 523-548.
- Pearce, J.A., Harris, N.B.W., Tindie, A.G., 1984. "Trace element discrimination tectonic interpretation of granitic rocks", Journal of perology, 25. 956-980.
- Sepahi, A.A., Athari, S.F., 2006. "Petrology of major granitic plutons of the northwestern part of the Sanandaj-Sirjan Metamorphic Belt, Zagros Orogen, Iran: with emphasis on A-type granitoids from the SE Saqqez area", journal of mineralogy and geochemistry, vol. 183/1, p. 93-106.
- Shand, S.j., 1943., 1943. Eruptive rocks. "Their genesis, composition, classification, and their relations to oredeposits", Wiley, New York, 444, p.

شیمی کلینوپیروکسن و شرایط فیزیکوشیمیایی تبلور افق‌های آذرین میان چینه‌ای تریاس جنوب اصفهان

(پهنه سندج سیرجان)

◆◆◆◆◆◆

شهرزاد شرافت^{۱*}، مریم منانی^۲

^۱دستیار گروه زمین شناسی دانشگاه پیام نور، تهران، ایران

sh_sherafat@yahoo.com

◆◆◆◆◆◆

چکیده:

افق‌های آذرین میان‌چینه‌ای سنگ‌های کربناته تریاس جنوب اصفهان با ترکیب سنگ‌شناسی الیوین بازالت تا بازالت کوارتزدار و معادل‌های نیمه‌عمیق آنها از کانی‌های پلاژیوکلاز، کلینوپیروکسن (اوژیت)، الیوین، کوارتز و کانی‌های اپاک (ایلمنیت و تیتانومگنتیت)، تشکیل شده‌اند. تجزیه نقطه‌ای کانی کلینوپیروکسن نشان‌دهنده مقادیر نسبتا بالای SiO_2 (۵۲/۸۳ - ۵۰/۳۹ درصد وزنی) و MgO (۱۶/۹ - ۱۲/۶۶) بوده و محتوای Al_2O_3 (۱/۷ - ۲/۷۳) درصد وزنی) و Na_2O (۰/۲۹ - ۰/۱۹ درصد وزنی) آنها نسبتا پائین است. نسبت‌های متوسط $\text{Al}^{\text{VI}}/\text{Al}^{\text{IV}}$ ، نشان‌دهنده تبلور ماگما در شرایط فشار متوسط بین ۵ تا ۱۰ کیلو بار می باشد. دمای محاسبه شده برای کلینوپیروکسن‌ها از ۱۱۵۰ تا ۱۲۰۰ درجه سانتی گراد متغیر است. بر اساس ویژگی‌های ژئوشیمیایی کلینوپیروکسن، فوگاسیته اکسیژن در زمان تبلور نسبتا پائین بوده است.

کلید واژه‌ها: شیمی کلینوپیروکسن، فوگاسیته اکسیژن، ماگماتیسم تریاس، دمای تبلور، جنوب اصفهان، پهنه سندج سیرجان.

Clinopyroxene chemistry and physicochemical conditions of Triassic interlayer igneous rocks in the South of Isfahan (Sanandaj - Sirjan zone)

Shahzad Sherafat*, Maryam Mannani

Assistant Prof., Department of Geology, Payam Noor University, Tehran, Iran

Sh_sherafat@yahoo.com

Abstract:

Interlayering igneous horizons of the Triassic carbonate rocks in the south of Isfahan with olivine basalts to quartz bearing basalts and hypabyssal equivalents are composed of plagioclase, clinopyroxene, olivine, quartz and opaque minerals (ilmenite and titanomagnetite). The EPMA analysis of clinopyroxene show relatively high SiO_2 (52.83% - 39.50 wt%), MgO (12.66-9.6 wt%) and low Al_2O_3 (73.2%) (1.7% wt%) and Na_2O content (0.19-0.9wt%). The medium ratios of $\text{Al}^{\text{VI}} / \text{Al}^{\text{IV}}$ suggesting moderate pressure of crystallization conditions of the magma. The temperature calculated for the clinopyroxenes crystallization varies from 1150 to 1200°C. Based on the geochemical analysis of clinopyroxene, the magma has low oxygen fugacity.

Keywords: Clinopyroxene chemistry, Oxygene fugacity, Triassic interlayer magmatism, temperature of crystallization, south of Isfahan, Sanandj-Sirjan zone.



مقدمه :

منطقه مورد پژوهش در فاصله تقریبی ۱۲ کیلومتری شرق روستای سیدعلی اکبر شهرضا و ۶۸ کیلومتری جنوب اصفهان واقع شده و بخش شمال غربی کمر بند شهرضا-آباد-همبست در پهنه ساختاری سنجسیرجان را تشکیل می‌دهد. گذر رسوبی پرمین-تریاس منطقه از سنگهای کربناته‌ای تشکیل شده که همگی در شرایط آرام نهشته شده‌اند. مابین نهشته‌های رسوبی تریاس پیشین، ۴ افق آذرین میان چینه‌ای تیره‌رنگ با ضخامت متغیر دیده می‌شود. حضور افق‌های آذرین میان چینه‌ای در نهشته‌های تریاس از بخش‌های مختلف ایران گزارش شده‌است (طباطبایی و همکاران، ۱۳۹۴). افق‌های آذرین بازیگ، دگرساں شده و علاوه بر کلسیتی شدن، مقادیر زیادی کلریت به خرج کانی‌های اولیه در آن تشکیل شده‌است. پیروکسن از مهمترین کانی‌های سنگ‌ساز است که اغلب با ماگمای میزبان در تعادل بوده و ترکیب شیمیایی، ترتیب تبلور و سرعت سرد شدن ماگمای مادر بر ترکیب آن تاثیرگذارند (Le Bas, 1962; Leterrier et al., 1982; Beccaluva, 1989). ترکیب شیمیایی کلینوپيروكسن‌ها از عوامل فیزیکی مثل دما، فشار و فوگاسیته اکسیژن نیز تاثیر می‌پذیرند (Nisbet and Pearce, 1977). لذا شیمی پیروکسن، ابزار ارزشمندی در تشخیص شرایط فیزیکوشیمیایی انجماد ماگما به حساب می‌آید. در این تحقیق سعی خواهد شد شرایط حاکم بر تبلور افق‌های آذرین میان چینه‌ای رسوبات تریاس پیشین در مقطع پیوسته پرموتریاس شهرضا با توجه ویژه به شیمی کانی کلینوپيروكسن بازسازی شود.



روش تحقیق:

پس از بررسی اولیه نقشه‌ها، نمونه‌برداری میدانی انجام گرفته و بیش از ۵۰ نمونه سنگی انتخاب و جهت بررسی‌های پتروگرافی از آنها مقطع نازک میکروسکوپی تهیه شد. بافت‌ها و کانی‌های موجود با استفاده از میکروسکوپ پلاریزان دوچشمی المپوس Olympus مدل BH-2 مورد شناسایی قرار گرفتند. پس از مطالعات دقیق کانی‌شناسی، ۴ نمونه سنگی انتخاب و به منظور برآورد محیط تکتونیکی و شرایط فیزیکوشیمیایی، ترکیب عناصر اصلی کانی‌ها در ریزکاو الکترونی (EPMA) با استفاده از دستگاه JEOL-JXA در دانشگاه‌های Naruto تعیین شد. شتاب ولتاژ و جریان نمونه‌ها به ترتیب ۱۵ Kev و ۱۵ nA بود. بخش دیگری از کانیها توسط دستگاه JEOL مدل JXA-800 در دانشگاه کاناواوی ژاپن و با ولتاژ شتاب دهنده ۲۰ Kev و ۱۲ nA مورد بررسی قرار گرفتند. ترکیب کاتیونی کلینوپيروكسن بر اساس ۶ اکسیژن محاسبه شده است. بررسی شیمی کانیها، محاسبه فرمول کانیها (جدول ۲) و ترسیم نمودارهای مربوطه با نرم افزار Minpet و صفحات گسترده (Spread sheet) انجام شد.



نتیجه گیری :

زمین شناسی منطقه مورد پژوهش ساده بوده و کهن ترین نهشته های آن را سنگ های کربناته پرمین تشکیل می دهند که با ناپیوستگی فرسایشی بر روی رسوبات کربونیفر و به طور هم شیب و بدون نبود چینه ای در زیر رسوبات تریاس زیرین قرار می گیرند. توالی پرمین منطقه را واحدهای سنگ چینه ای کنگلومرا، سنگ آهک، ماسه سنگ و شیل سازند وژنان به سن کربونیفر پسین - پرمین پیشین تشکیل می دهد (شیره زاده اصفهانی و همکاران، ۱۳۹۵). سازند همبست در مقطع سیدعلی اکبر حدود ۸۰ متر ضخامت داشته و به طور پیوسته به لایه های تریاس می پیوندد. لایه های تریاس با ضخامت تقریبی ۶۸۲ متر، به دو گروه آهک ها و شیل های قرمز تریاس پیشین (با ضخامت تقریبی ۹۰ متر) و دولومیت های توده ای زردرنگ تریاس میانی (معادل سازند شتری) تقسیم می شود (Taraz, 1974). دولومیت ها به دلیل فرسایش پذیری ناچیز، ارتفاعات و ستیغ ها را تشکیل می دهند. بین نهشته های آهکی مارنی تریاس پیشین، چند افق آذرین میان چینه ای با رنگ تیره دیده می شود که رخداد آنها به نهشته های آهکی و شیلی تریاس پیشین محدود شده و اثری از آنها در دولومیت های تریاس میانی دیده نمی شود (شکل ۱). کرتاسه در منطقه با کنگلومراها و ماسه سنگ های قرمز همراه با دولومیت های ماسه ای شروع شده و با آهک اربیتولین دار توده ای ادامه می یابد. جوان ترین نهشته های رخنمون یافته در منطقه را دشت های ماسه ای و تراس - های آبرفتی جوان کواترنر تشکیل می دهند که بویژه در بخش های غربی منطقه رخنمون یافته اند (زاهدی، ۱۹۷۶).

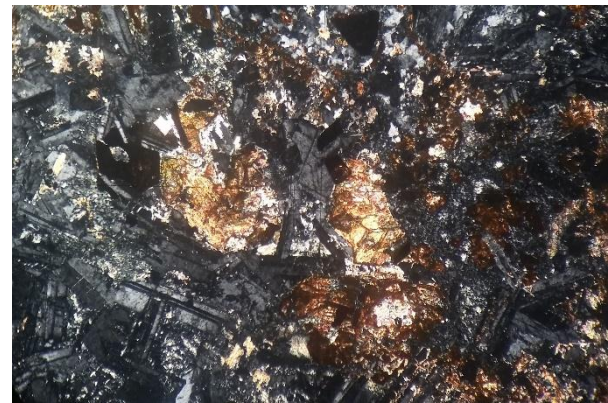
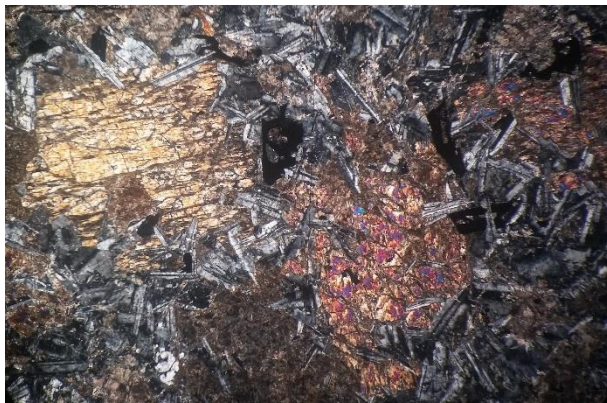
افق میان چینه ای آذرین منطقه شهرضا شامل ۴ افق با ضخامت متغیر ۱۲۰ سانتی متر تا ۱۰ متر است که منحصرا در میان لایه - های تریاس پیشین دیده می شود. افق های آذرین، تیره رنگ، میان چینه ای و هم سن با لایه های رسوبی دربرگیرنده خود می باشند. نمونه های دستی این سنگها، تیره رنگ و ریزدانه بوده و در مطالعات میکروسکوپی بافت پورفیری، گلوپورفیری، اینترسرتال تا اینترگرانولار، افیتیک و گاهی بین دانه ای نشان می دهند. درشت بلورهای پلاژیوکلاز، کلینوپیروکسن (اوژیت)، بقایایی از الوین، کوارتز و کانی های اوپاک (تیتانومگنتیت و ایلمنیت) کانی های اصلی آن را تشکیل داده اند (شکل ۲). کلسیت، کلریت، کوارتز و اوپاک، متداول ترین کانی های حاصل از دگرسانی هستند. تغییر در مقدار کانی های اصلی سنگ، ترکیب آنرا از الوین بازالت تا بازالت کوارتزدار و دولریت - دیاباز تغییر می دهد.

فراوان ترین کانی سنگ را بلورهای کشیده باریک و درشت بلورهای شکل دار تا نیمه شکل دار پلاژیوکلاز با دوقلویی ساده تشکیل می دهند. نحوه قرارگیری پلاژیوکلازها بافت اینترسرتال و اینترگرانولار را به نمایش می گذارد. درشت بلورهای شکل دار تا نیمه شکل دار الوین از دیگر کانیهای سنگ هستند که اغلب به کلریت تجزیه شده و ایدنگزیتی شدن در امتداد شکستگی ها و حاشیه ی بلورهای آن رخ داده است (شکل ۲).

های شکل دار تا نیمه شکل دار
متداولترین کانیهای سنگ
بافت گلوپروپورفیری را
بلورهای پیروکسن با
افیتیک تا ساب افیتیک شده-



گلوپروپورول و یا تک فلوکریست-
کلینوپروپروکسنهای
هستند که گاهی تجمع آنها
بوجود می آورد. تداخل
پلاژیوکلاز سبب تشکیل بافت
است (شکل ۳).



شک

ل ۱:

افقهای آذرین میان چینهای تیره رنگ

شکل ۳: بافت افیتیک تا ساب افیتیک

شکل ۲: بقایای الیون در میان پلاژیوکلاز

پیروکسن از کانیهایی است که بیشتر عناصر موجود در ماگما را در خود جای می دهد. ترکیب شیمیایی پیروکسن به صورت $M_2M_1T_2O_6$ نشان داده می شود. این فرمول شامل یک موضع تتراندری و دو موقعیت اکتاندری است. مجموع کاتیونهای موقعیت T برابر ۲ بوده و این موضع می تواند با کاتیونهای Si^{4+} ، Al^{3+} و Fe^{3+} پر شود. مجموع کاتیونهای موضع M1 برابر ۱ بوده و توسط Al^{3+} و Fe^{3+} باقیمانده از موقعیت T اشغال می شود. اگر این دو کاتیون برای پر کردن

موضع M1 کافی نباشند کاتیون‌های Mn^{2+} و نهایتاً Fe^{2+} , Mg^{2+} , Zn^{2+} , Sc^{3+} , Ti^{3+} , Cr^{3+} , Zr^{4+} , Ti^{4+} در این موضع قرار می‌گیرند. موقعیت M2 با ظرفیت ۱، توسط کاتیون‌های برجامانده از موضع M1 پر می‌شود. در جدول ۱ نتیجه آنالیز نقطه-ای پیروکسن‌ها و فرمول ساختاری آن‌ها آورده شده است.

بلورهای کلینوپيروكسن حاوی مقادیر نسبتاً بالای SiO_2 (۵۲/۸۳ - ۵۰/۳۹ درصد وزنی)، MgO بالا (۱۶/۹ - ۱۲/۶۶)، Al_2O_3 (۱/۷ - ۲/۷۳ درصد وزنی) و TiO_2 نسبتاً پائین (۱/۳۲ - ۰/۶۳ درصد وزنی) و Na_2O پائین (۰/۲۹ - ۰/۱۹ درصد وزنی) می‌باشند. در نمودار $Q = \text{Ca} + \text{Mg} + \text{Fe}$ در برابر $J = 2\text{Na}$ ، کلینوپيروكسن‌ها در محدوده QUAD (Ca-Mg-Fe) قرار می‌گیرند (Morimoto et al., 1988). همه پیروکسن‌ها در نمودار Wo-En-Fs، ترکیب اورتیتی دارند (شکل ۴).

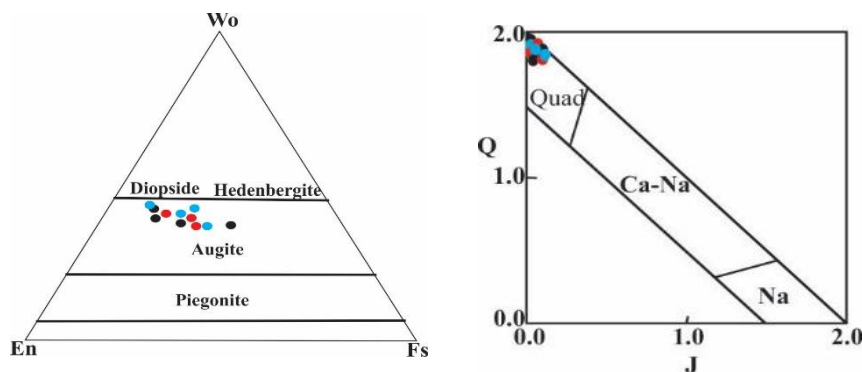
کلینوپيروكسن‌ها غنی از کلسیم ($\text{Wo} = 38.5 - 41.7$) و فقیر از سدیم ($\text{Na}_2\text{O} < 27\text{wt}\%$) بوده و ترکیب آن‌ها در محدوده $\text{Wo}_{41.7} - \text{En}_{42.2} - \text{Fs}_{15.3}$ تا $\text{Fs}_{17.2} - \text{Wo}_{38.5} - \text{En}_{44.3}$ قرار می‌گیرد.

کانی‌های اوپاک سنگ‌های مورد بررسی اغلب شکل‌دار تا نیمه شکل‌دار و شامل ایلمنیت و تیتانومگنتیت می‌باشند. حضور ایلمنیت در افق‌های آذرین را می‌توان به پایین بودن فوگاسیته اکسیژن و شرایط احیایی محیط نسبت داد. محتوای بالای تیتانیوم مگنتیت‌ها (حدود ۳۳ درصد)، نشان‌دهنده حضور مگنتیت تیتانیفر است (Budington & Lindsly, 1964).

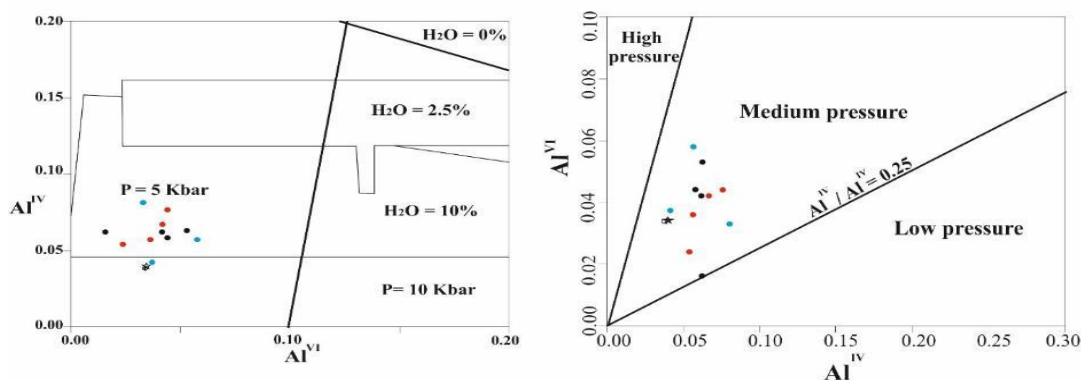
پائین بودن فوگاسیته اکسیژن در محیط تشکیل سنگ‌های مورد بررسی به پائین بودن فوگاسیته سنگ منشأ نسبت داده می‌شود. از آنجا که فوگاسیته اکسیژن با پیشرفت تبلور و افزایش محتوای آب ماگما افزایش می‌یابد، لذا تشکیل کلینوپيروكسن‌ها را می‌توان به مراحل ابتدایی و پیش از پیشرفت تبلور ماگما نسبت داد.

با توجه به تاثیر شرایط فیزیکوشیمیایی بر روی ترکیب شیمیایی پیروکسن، امکان تعیین دما، فشار و فوگاسیته اکسیژن در ماگما با استفاده از ترکیب پیروکسن فراهم است. تحقیقات متعدد، تأثیر فشار تبلور کلینوپيروكسن‌ها در سیستم ماگمایی بر روی شیمی بلور را نشان داده (Beccaluva et al., 1989; Malgarotto et al., 1993) و به عقیده Wass (1979)، از نسبت‌های $\text{TiO}_2/(\text{Mg}/\text{Mg} + \text{Fe})$ و $\text{Ti} + \text{Al}^{\text{IV}}/\text{Si}$ ، $\text{Al}^{\text{VI}}/\text{Al}^{\text{IV}}$ می‌توان به عنوان فشارسنج استفاده نمود.

توزیع آلومینیوم در موقعیت‌های تتراندری و اکتاندری کلینوپيروكسن، معیار مناسبی برای برآورد فشار حاکم بر محیط و مقدار آب ماگما است و میزان Al^{IV} پیروکسن‌ها به تبعیت از افزایش مقدار آب موجود در محیط تبلور کاهش می‌یابد (Helz, 1973). ترسیم ترکیب پیروکسن‌های مورد بررسی در نمودار $\text{Al}^{\text{VI}}/\text{Al}^{\text{IV}}$ ، گستره‌ی فشار متوسط یعنی محدوده سنگ‌های آذرین را نشان می‌دهد (شکل ۵-الف). به عقیده پژوهشگران، کلینوپيروكسن‌های غنی از Al در فشار پایین‌تری نسبت به نمونه‌های فقیر از Al تشکیل شده‌اند (Foley and Venturelli, 1989; Liu et al., 2000). بنابراین بالا بودن مقدار Al در نمونه‌های مورد بررسی نشان‌دهنده این واقعیت است که کلینوپيروكسن‌های مورد نظر در فشار متوسط تا پایین بوجود آمده‌اند. بر اساس نمودار ترسیم شده، کلینوپيروكسن‌ها از ماگمایی با محتوای آب حدود ۱۰ درصد و تحت فشار ۲ تا ۵ کیلو بار تشکیل شده‌اند (شکل ۵-ب).



شکل ۴- الف: نمودار Q-J، و ب: ترکیب کلینوپیروکسن‌های منطقه بر روی نمودار مثلثی Wo-En-Fs (Morimoto, 1988)



شکل ۵: الف) تخمین فشار و ب) توزیع Al در موقعیتهای تتراندی و اکتاندی کلینوپیروکسن به تناسب درصد آب ماگما (Helz, 1973)

جدول ۴- نتایج آنالیز نقطه‌ای کلینوپیروکسن‌های منطقه به همراه محاسبه فرمول ساختاری آن‌ها

Sample	139A	140A	141A	147A	148A	151A	152A	158A	159A	160A	121T	123T	127T	128T	133T	134T	135T	136To
SiO ₂	50.86	52.09	52.20	52.26	52.26	52.28	52.14	52.83	50.65	51.05	51.68	50.86	50.39	50.58	51.21	51.07	51.17	52.67
TiO ₂	1.21	0.98	0.95	0.79	0.75	0.95	0.97	0.66	1.32	1.15	0.83	1.08	1.17	0.89	0.93	1.03	1.01	0.63
Al ₂ O ₃	2.60	2.66	1.81	1.66	1.80	1.70	2.37	1.82	2.63	2.35	1.78	2.73	2.45	2.09	2.74	2.66	2.71	1.96
FeO	10.99	10.24	10.76	10.44	10.17	10.16	9.34	8.31	12.00	10.33	10.11	9.51	12.39	13.65	9.03	9.46	9.37	7.81
MnO	0.26	0.28	0.30	0.24	0.18	0.22	0.15	0.20	0.26	0.25	0.24	0.22	0.29	0.30	0.20	0.22	0.19	0.18
MgO	15.21	15.39	15.56	15.50	15.91	15.34	15.50	16.90	14.29	14.85	15.49	14.95	13.21	12.66	15.64	15.35	15.60	16.69
CaO	19.13	19.23	18.81	19.04	19.34	19.74	20.24	20.35	18.59	19.52	19.56	20.20	19.65	19.42	19.80	19.65	19.69	19.83
Na ₂ O	0.25	0.23	0.24	0.27	0.19	0.19	0.27	0.22	0.22	0.28	0.21	0.24	0.29	0.23	0.26	0.25	0.27	0.23
K ₂ O	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01
Total	100.50	101.10	100.62	100.19	100.58	100.61	100.97	101.34	99.95	99.78	99.91	99.80	99.84	99.81	99.81	99.68	100.03	100.01
O	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
Si	1.89	1.92	1.93	1.94	1.93	1.94	1.92	1.92	1.90	1.91	1.92	1.89	1.90	1.92	1.90	1.09	1.90	1.94
Ti	0.03	0.03	0.03	0.02	0.02	0.03	0.03	0.02	0.04	0.03	0.02	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.02
Al	0.11	0.12	0.08	0.07	0.08	0.07	0.10	0.08	0.12	0.10	0.08	0.12	0.11	0.09	0.12	0.12	0.12	0.09
Cr	0.001	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	0.00	0.00	0.00
Fe ³⁺	0.07	0.02	0.02	0.02	0.04	0.02	0.03	0.06	0.03	0.04	0.05	0.05	0.05	0.04	0.05	0.04	0.05	0.02
Fe ²⁺	0.27	0.30	0.31	0.30	0.28	0.30	0.25	0.19	0.35	0.28	0.27	0.25	0.35	0.40	0.23	0.25	0.24	0.22
Mn	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01

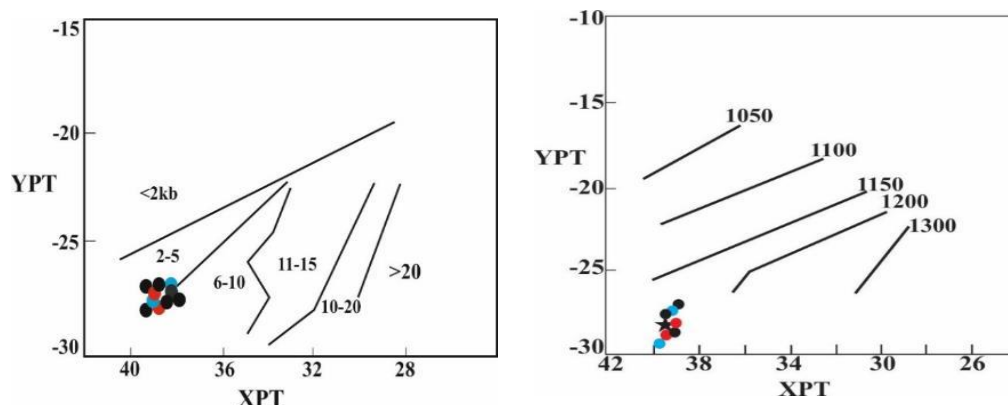
Mg	0.84	0.84	0.86	0.86	0.88	0.85	0.85	0.92	0.80	0.83	0.86	0.83	0.74	0.72	0.86	0.85	0.86	0.92
Ca	0.76	0.76	0.75	0.76	0.77	0.78	0.80	0.79	0.75	0.78	0.78	0.81	0.79	0.79	0.79	0.78	0.78	0.78
Na	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
En%	44.03	43.30	44.31	44.23	44.80	43.54	43.92	46.71	41.56	42.84	43.98	42.95	38.52	36.93	44.77	44.14	44.57	47.24
Fs%	16.43	17.56	17.19	16.72	16.06	16.19	14.85	12.88	19.57	16.71	16.11	15.33	20.27	22.35	14.50	15.26	15.01	12.40
Wo%	38.54	39.14	38.50	39.05	39.14	40.27	41.23	40.41	38.86	40.45	39.91	41.72	41.21	40.72	40.73	40.60	40.42	40.36

دمای تشکیل کلینوپیروکسن را بر اساس ترکیب شیمیایی آن می‌توان تخمین زد. بر این اساس نموداری توسط Soesoo (۱۹۹۷) ابداع شده که در آن از اکسیدهای مختلف با نسبت‌های متفاوت استفاده شده است. طبق این روش دمای تشکیل اغلب پیروکسن‌های مورد پژوهش ۱۱۵۰ تا ۱۲۰۰ درجه سانتیگراد محاسبه شد (شکل ۶). گستره دمایی نشان‌دهنده تغییرات دما در هنگام تبلور کلینوپیروکسن‌ها است. فشار حاکم بر تبلور ماگما حین تشکیل بلور پیروکسن بر اساس نمودار سوئسو (Soesoo, 1997) نیز بین ۲ تا ۵ کیلو بار تخمین زده می‌شود (شکل ۶) که با فشار بدست آمده بر اساس توزیع آلومینیوم در موقعیت‌های تتراهدری و اکتاهدری همخوانی دارد. محاسبه مقادیر XPT و YPT بر اساس روابط زیر انجام می‌گیرد:

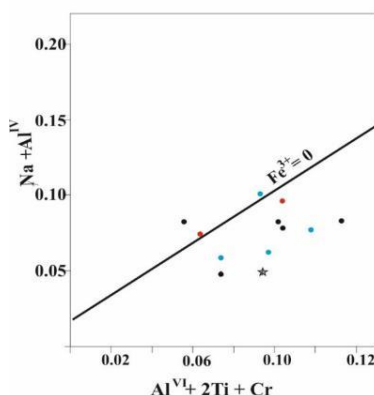
$$XPT = 0.446 \text{ SiO}_2 + 0.187 \text{ TiO}_2 - 0.404 \text{ Al}_2\text{O}_3 + 0.346 \text{ FeO} - 0.052 \text{ MnO} + 0.309 \text{ MgO} + 0.446 \text{ CaO} - 0.446 \text{ Na}_2\text{O}$$

$$YPT = -0.369 \text{ SiO}_2 + 0.535 \text{ TiO}_2 - 0.317 \text{ Al}_2\text{O}_3 + 0.232 \text{ FeO} + 0.235 \text{ MnO} - 0.516 \text{ MgO} - 0.167 \text{ CaO} - 0.153 \text{ Na}_2\text{O}$$

دمای لیکیدوس، ترکیب مذاب و بلور (France et al., 2010)، ترتیب تبلور ماگما (Moretti, 2005) و میزان آهن فریک (Fe^{3+}) محیط تشکیل سنگ‌ها به فوگاسیته اکسیژن بستگی دارد. بر این اساس، Schweitzer و همکاران (۱۹۷۹) به منظور تعیین فوگاسیته اکسیژن در محیط تبلور کلینوپیروکسن، نمودار تغییرات $\text{Al}^{\text{IV}} + \text{Na}$ در برابر $\text{Al}^{\text{VI}} + 2\text{Ti} + \text{Cr}$ را ارائه دادند (شکل ۷). این نمودار بر اساس میزان Al موجود در موقعیت تتراهدری نسبت به Al و Cr^{3+} در موقعیت اکتاهدری، تنظیم شده است. قرارگیری نمونه‌ها در زیر خط $\text{Fe}^{3+} = 0$ نمودار، بیانگر پایین بودن فوگاسیته اکسیژن در محیط تبلور کلینوپیروکسن‌هاست. پائین بودن فوگاسیته اکسیژن محیط، با حضور کانی‌های کدر تیتانومگنتیت و ایلمنیت در سنگ‌های مورد پژوهش تائید می‌شود.



شکل ۶: نمودار تعیین دما و فشار تبلور پیروکسن‌های منطقه (Soesoo, 1997)



شکل ۷: تخمین فوگاسیته اکسیژن در محیط تشکیل کلینوپیروکسن ها (Schweitzer et al, 1979)

بحث و نتیجه گیری

منطقه شاهزاده علی اکبر شهرضا بواسطه پیوستگی رسوبی گذر پرمین به تریاس مشهور است. رسوبات پرموتریاس منطقه از نوع کربناته و حاصل رسوبگذاری در شرایط آرام هستند. چندین افق آذرین بین چینه‌ای تیره رنگ با محدوده ترکیبی الیوین بازالت تا بازالت کوارتزار و معادل‌های نیمه عمیق آنها در رسوبات تریاس پیشین رخمون یافته‌اند. کانی‌های شاخص سنگ‌های بازیگ، الیوین ایدیگزیتی شده، پلاژیوکلاز، فنوکریستال‌های کلینوپیروکسن (با ترکیب اوژیتی) و کانی‌های اوپاک می‌باشند که درجات متفاوت دگرسانی بویژه کلسیتی شدن بر روی آنها تاثیرگذار بوده است. بر اساس نمودارهای ترکیب شیمیایی پیروکسن‌ها، ماگمای سازنده در فشار بین کیلو بار ۲ تا ۵ کیلو بار با مقدار آب ماگمایی حدود ۱۰ درصد متبلور شده است. نمودارهای ترسیم شده بر اساس ترکیب کلینوپیروکسن و نیز تبلور کانی‌های ایلمنیت-تیتانومگنتیت نشان دهنده پائین بودن فوگاسیته اکسیژن در محیط تشکیل سنگ‌هاست.



منابع فارسی :

- زاهدی، م.، ۱۹۷۶، "چهار گوش زمین شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ شهرضا"، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور، تهران.
- شیره‌زاده اصفهانی، ف.، کهنسال قدیم وند، ن.، کنگازیان، ع.، حجازی، س. ح. و هایراپطیان، و.، ۱۳۹۵، "سنگ چینه نگاری سازند وژنان (کربونیفر پسین، پرمین پیشین) در نواحی آباده- شهرضا بر پایه یافته‌های نوین"، مجله علوم زمین، ۱۰-۳.
- طباطبایی، س. ح.، طبائی، م.، منصوری اصفهانی، م. و اسدی هارونی، ه.، ۱۳۹۴، "ویژگی های زمین شناسی، کانی شناسی و ژئوشیمیایی کانسار تیتانیم چشمه سیاه شهرضا اصفهان"، مجله ژئوشیمی، ۲۴۶-۲۳۵.
- Beccaluva, L., Macciotta, G., Piccardo, G. B. and Zeda, O., 1989, "Clinopyroxene composition of ophiolite basalts as petrogenetic indicator". Chemical Geology, 77, p.165-182.
- Foley, S. F. and Venturelli, G., 1989, "High K₂O rocks with high MgO, High SiO₂ affinities". In: Crawford, A. J. (Ed.): Boninites and related rocks. Unwin Hyman London, 72-88.
- Helz, R. T., 1973, "Phase relations of basalts in their melting range at PH₂O= 5 kb as a function of oxygen fugacity", Journal of Petrology, 17(2), p. 139-193.
- Le Bas, N.J., 1962, "The role of aluminous in igneous clinopyroxenes with relation to their parentage". American Journal of Science, 260(4), p.) 267-88.

- Leterrier, J., Maury, R. C., Thonon, P., Girard, D. and Marchal, M., 1982, "*Clinopyroxene composition as a method of identification of the magmatic affinities of paleo-volcanic series*". Earth and Planetary Science Letters. 59(1), p. 139-154.
- Liu, T. C., Chen, B. R. and Chen, C. H. "Melting experiment of a Wannienta basalt in the Kuanyinshan area, northern Taiwan". Journal of Asian Earth Sciences 18 (2000) 519-531.
- Malgarotto, C., Molin, G. & Zanazzi, F., 1993, "*Crystal chemistry of clinopyroxenes from Filicudi and Salina (Aeolian Islands, Italy): geothermometry and barometry*". European Journal of Mineralogy, 5, p. 915-923.
- Morimoto, N., Fabries, J., Ferguson, A.K., Ginzburg, I.V., Ross, M., Seifert, F.A., Zussman, J., Aoki, K. and Gottardi, D., 1988, "*Nomenclature of pyroxenes*". Am. Min., 62, p. 53-62.
- Nisbet, E. G. and Pearce, J. A., 1977, "*Clinopyroxene composition of mafic lavas from different tectonic settings*". Contributions to Mineralogy and Petrology, 63(2), p.161-173.
- Schweitzer, E. L., Papike, J. J. and bence, A. E., 1979, "*Statistical analysis of clinopyroxenes from deep sea basalts*". American Mineralogist, 64(2), p. 501-513.
- Soesoo, A., 1997, "*A multivariate statistical analysis of clinopyroxene composition: empirical coordinates for the crystallization P-T estimations*". Geological Society of Sweden (Geologiska Föreningen), 119(1), p. 55-60.
- Taraz, H., 1974, "*Geology of the Surmaq-Deh Bid area, Abadeh region, Central Iran*", Rep. Geol. Surv. Iran, no. 37, 1-148.
- Wass, S. Y., 1979, "*Multiple origins of clinopyroxenes in alkali basaltic rocks*" Lithos, 12, p. 115-132.

شیمی کانی آمفیبول و دما-فشارسنجی سنگهای آذرین مرادلو، استان اردبیل



محمد فدائیان، عضو هیات علمی، استادیار، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران، m_fadaeyan@pnu.ac.ir



چکیده:

منطقه مورد مطالعه در استان اردبیل و شمال شرق شهرستان مشکین شهر و غرب مرادلو واقع شده است. این ناحیه در زون البرز غربی و آذربایجان و زون ماگمایی ترشیاری قرار گرفته است. آمفیبول ها از گروه اینوسیلیکاتهای دو زنجیره ای بوده که ترکیب شیمیایی و ساختار کانی شناسی متنوعی دارند. کانی آمفیبول فاز فرومنیزین اصلی در سنگ های آندزیتی است. هورنبلند، به دلیل محدوده پایداری گسترده، کاربردی ترین کانی برای بررسیهای زمین دما-فشارسنجی محسوب می شود. آمفیبول های مورد مطالعه از نوع هورنبلند و غنی از منیزیوم هستند و از نوع آمفیبول های کلسیک هستند. زمین فشارسنجی بر اساس مقدرا الومینیوم موجود در آمفیبول های مورد مطالعه فشاری معادل 0.62 تا 1.58 کیلو بار و عمق تقریبی بین $1/5$ تا 5 کیلومتر را نشان میدهد. همچنین زمین دماسنجی آمفیبول ها، دمای تشکیل آنها را بین 686 تا 722 درجه سانتیگراد نشان میدهد. مقدار درصد بلورشدگی آمفیبول ها در سنگ های آندزیتی به طور متوسط $95/89$ درصد به دست آمده است. تغییرات فشار - دما ثبت شده مطابق با افزایش درصد بلورشدگی احتمالا نشانگر ثبت شرایط آغازین تبلور آمفیبول در مسیر صعود ماگما و ادامه آن طی توقف ماگما در اتاقک اصلی میباشد. همچنین گریزندگی بالای اکسیژن که به طور متوسط $15/88$ - میباشد، میتواند نشان دهنده تشکیل این سنگها مرتبط با مرزهای ورقه ای همگرا باشد.

کلید واژه ها: شیمی کانی، آمفیبول، دما-فشارسنجی، مرادلو، اردبیل.

Mineral chemistry of Amphiboles and Thermobarometry of Moradloo igneous rocks, Ardebil

Mohammad Fadaeian, Faculty member, Payame Noor University, Tehran, Iran

Abstract:

The study area is located in Ardebil province and northeast of Meshkinshahr and west of Moradloo. This area is geologically located in the western Alborz Zone - Azerbaijan and the Tertiary Magmatic Zone. Amphiboles are a two-chain inosylate group that has a chemical composition and mineralogy structure. This mineral is one of the main minerals in Andesite rocks. Hornblende, due to the wide range of stability, is considered to be the most useful mineral for surveying the thermobarometry of rocks. The studied amphiboles are hornblende and magnesium-rich and are calcium amphiboles. In order to determine the crystallization pressure of amphibole crystals, four different methods have been used which indicate the average formation pressure of amphiboles in the studied area between 0.62 and 1.88 kb and indicate a depth of 1.5 to 5 kilometers. Thermometry has also been used to determine the formation temperature of amphiboles between 686 ° C and 722 ° C. The percentage of crystallization of amphiboles in andesitic rocks was 95.99%. Pressure changes - The recorded temperature according to the increase in the crystallization percentage is probably indicative of the initial recording of amphibole crystallization in the magma climb path and its continuation during the stopping of magma in the main chamber. Also, high oxygen saturation, which is an average of -15.88, can indicate the formation. These rocks are related to the convergent sheet boundaries.

Keywords : Mineral chemistry, Amphibole, Thermobarometry, Moradloo, Ardebil.



مقدمه :

منطقه مورد مطالعه در استان اردبیل و شمال شرق شهرستان مشکین شهر و غرب مرادلو واقع شده است. این ناحیه در زون البرز غربی و آذربایجان و زون ماگمایی ترشیاری قرار گرفته است (Stöcklin 1968, 1977; Nabavi 1976; Nezafati 2006). همچنین به عقیده Alberti et al. (1981) این ناحیه در ایالت ماگمایی آذربایجان که بین دریای خزر و دریای سیاه قرار گرفته و به طرف غرب به داخل آناتولی مرکزی کشیده شده است، قرارداد (شکل ۱). ظهور برش های آتشفشانی با ترکیب آندزیت بازالتی، تراکی آندزیتی، بازالتی و تفریتی با زمینه توفی و هیالوکلاستیکی اولین نشان از فعالیت آتشفشانی در منطقه مورد مطالعه و نیز کهن ترین سنگ های منطقه را شامل می شوند که بر روی سنگ های آهکی کرتاسه بالایی قرار میگیرند و سن ائوسن برای آنها در نظر گرفته شده است (باباخانی و همکاران ۱۳۷۰). این واحد در بعضی نقاط ویژگی آتشفشان های زیر دریایی را از خود نشان می دهد و قطر قطعات آن از ۵ تا ۲۰ سانتیمتر متغیر است. فعالیت آتشفشانی به صورت جریان های گدازه ای با ساخت منشوری و با ترکیب بازالتی ، تراکیتی و تراکی آندزیتی ادامه یافته است (فدائیان، ۱۳۸۲).



روش تحقیق:

پس از مطالعات صحرایی گسترده، از سنگ های آندزیتی موجود در منطقه، به تعداد ۲۵ نمونه جهت تهیه مقاطع میکروسکوپی انتخاب گردید. پس از مطالعات پتروگرافی دقیق و مشخص نمودن روابط بافتی بین کانی ها، تعداد ۵ نمونه جهت آنالیز نقطه ای به آزمایشگاه پژوهشگاه زمین شناسی و ژئوفیزیک آکادمی علوم چین ارسال گردید. آنالیز نقطه ای توسط دستگاه میکروپروپ JEOL, JXA-8100 ، با ولتاژ 20 kV، شدت جریان 20 nA و قطر نقطه آنالیز 3 μm، انجام گرفت. تعداد ۱۳ نقطه از کانی های آمفیبول آنالیز گردید و تصحیحات زمینه با استفاده از الگوریتم PAP (Pouchou & Pichoir, 1985) انجام شد.



شیمی کانی آمفیبول:

آمفیبول‌ها از گروه اینوسیلیکاتهای دو زنجیره‌ای بوده که ترکیب شیمیایی و ساختار کانی شناسی متنوعی دارند. کانی آمفیبول فاز فرومنیزین اصلی در سنگ‌های آندزیتی است. هورنبلند، به دلیل محدوده پایداری گسترده، کاربردی ترین کانی برای بررسی‌های زمین دما-فشارسنجی محسوب می شود (Zhang et al. 2006). میزان سدیم، کلسیم، تیتان و آلومینیم در ترکیب آمفیبولها تابع دما، فشار و فوگاسیته اکسیژن است. هم چنین کاتیون‌هایی مانند تیتانیم، آلومینیم کل و آلومینیم موجود در موقعیت چهار وجهی نسبت به دما حساس می شود (Hammarstrom & Zen, 1968). به طور کلی به ازای ۱۰۰ درجه افزایش دما، ۰/۳ کاتیون به مقدار Al^{IV} اضافه می شود. مقدار Al^{VI} بر خلاف Al^{IV} متناسب با افزایش فشار افزایش یافته و دما بر آن بی تاثیر است. محاسبه مقادیر Al^{IV} و Al_{total} مبنای سنجش فشار با استفاده از ترکیب آمفیبول است. زیرا مقدار Al در آمفیبول تابع غلظت Al در ماگمای مادر نیست، بلکه تابع فشار حاکم بر تبلور آن است. ولی میزان Si در آمفیبول تابع میزان Si ماگما بوده و دما و فشار بر آن بی تاثیر است. فرمول ساختمانی آمفیبول‌های منطقه مورد مطالعه به ازای ۲۳ اکسیژن و ۱۳ کاتیون به استثناء کاتیون‌های Na, Ca, K طبق توصیه انجمن بین‌المللی کانی‌شناسی در سال ۲۰۱۲ (IMA (International Mineralogical Association که توسط Hawthorne et al., (2012) ارائه شده است، محاسبه شده است (جدول ۱). مقدار آهن ۳ ظرفیتی با استفاده از متد Droop (1987) با فرض مجموع کاتیون‌های Si, Ti, Al, Cr, Fe, Mg (Mn برابر ۱۳ و تعداد اکسیژن ۲۳ توسط نرم افزار WinAmphcal که توسط Yavuz, 2007) تهیه و توسعه داده شده، محاسبه شده است. طبق آخرین گزارش IMA که توسط Hawthorne et al., (2012) ارائه شده است، فرمول شیمیایی عمومی آمفیبول‌ها به صورت $A_{0-1}B_2C_5T_8O_{22}W_2$ می باشد. سایت A محل قرارگیری کاتیون‌هایی مانند Na, K, Ca می باشد؛ موقعیت B که درواقع همان سایت $M_{(4)}$ می باشد محل قرارگیری کاتیون‌های $Li, Mn^{2+}, Fe^{2+}, Mg, Ca, Na$ می باشد؛ موقعیت C همان سایت $M_{(1-3)}$ می باشد که محل قرارگیری و جایگیری کاتیون‌های $Li, Zr, Ti^{4+}, Cr^{3+}, Mn^{3+}, Fe^{3+}, Al, Zn, Mn^{2+}, Fe^{2+}, Mg$ می باشد؛ موقعیت T که همان سایت $T_{(1-2)}$ می باشد محل جایگیری کاتیون‌های Be^{2+}, Ti^{4+}, Al, Si می باشد؛ موقعیت W که همان سایت $O_{(3)}$ می باشد محل قرارگیری O_2, Cl, F, OH می باشد. آنالیز بلورهای آمفیبول در سنگ‌های مختلف و بافت‌های متفاوت توسط دستگاه میکروپروب انجام گرفت. در مجموع ۴۶ نقطه از آمفیبول‌ها آنالیز نقطه‌ای انجام گرفته است. این آمفیبول‌ها در سنگهای آندزیتی منطقه به صورت فنوکریست و در زمینه به صورت ریز بلور حضور دارند.

نامگذاری و مکانیسم جانشینی در آمفیبول‌ها:

مقادیر اکسیدهای تشکیل دهنده آمفیبول‌ها متغیر می باشد به طوری که مقدار SiO_2 بین 37.73-49.15 Wt% ، مقدار TiO_2 بین 0.58-2.15 Wt% ، مقدار Al_2O_3 بین 4.15-15.49 Wt% ، مقدار $FeO^{(0)}$ بین 6.31-14.90 ، مقدار MgO بین 12.05-15.88 Wt% ، مقدار CaO بین 6.68-21.73 Wt% ، مقدار Na_2O بین 0.46-3.06 Wt% ، مقدار K_2O بین 0.00-2.17 Wt% ، مقدار MnO بین 0.15-0.50 Wt% ، مقدار Cr_2O_3 بین 0.00-0.39 Wt% و مقدار NiO بین 0.00-0.05 Wt% می باشد. مقادیر بالای

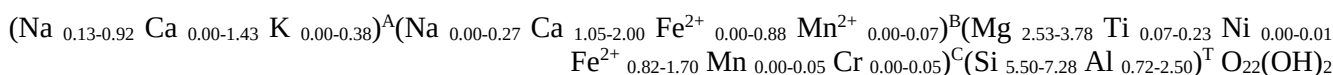
CaO و MgO از خصوصیات این آمفیبول‌ها می‌باشد که این آمفیبول‌ها را جزو آمفیبول‌های کلسیم دار طبقه‌بندی می‌کند. مقدار عددی منیزیم ($Mg\# = Mg/(Mg+Fe^{2+})$) به عنوان یک شاخص مهم در بررسی تغییرات ترکیب شیمیایی آمفیبول‌ها قابل استفاده می‌باشد. تغییرات عدد منیزیم $Mg\#$ در آندزیت‌ها بین 0.70-0.75 تغییر می‌کند. فرمول آمفیبول‌ها بر اساس ۲۳ اکسیژن با فرض (OH, Cl, F = 2.00) محاسبه می‌شود. با توجه به عدم وجود داده‌های مربوط به H_2O در آنالیز نقطه‌ای و نیز اندازه‌گیری مقادیر آهن فقط به صورت آهن کل $FeO^{(t)}$ ، لذا نامگذاری و بررسی آمفیبول‌ها از دقت پایین‌تری برخوردار خواهد بود. علاوه بر این محدودیت در مقادیر شارژ کاتیونی و تعداد کل کاتیون‌ها به علت تغییرات زیاد OH در ساختمان آمفیبول‌ها باعث کاهش دقت در اندازه‌گیری‌ها می‌گردد (Leake et al., 1979). انجمن بین‌المللی کانی‌شناسی پیشنهاد می‌کند که زیر مجموعه کاتیونها ممکن است مناسب‌ترین راه را برای برآورد Fe^{3+} و Fe^{2+} بسته به نوع آمفیبول کلسیک، سدیک، منیزیک، فریک و منگنز دار فراهم نماید. ارزش محاسبه میزان عناصر از طریق برآورد حداقل و حداکثر Fe^{3+} انجام می‌گیرد.

جدول ۱- نتایج آنالیز نقطه‌ای کانی آمفیبول در سنگ‌های منطقه مورد مطالعه

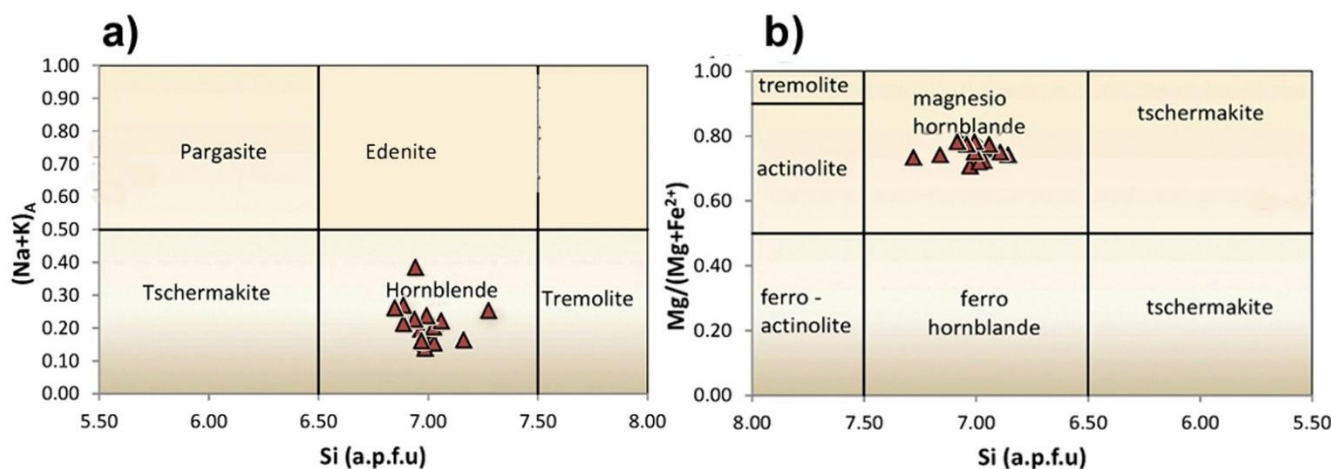
Sample No	42	43	44	45	46	72	73	74	75	158	159	160	161
SiO ₂	47.43	48.61	48.14	47.19	45.95	49.14	45.51	48.36	48.58	48.76	49.02	47.90	47.37
TiO ₂	0.65	0.63	0.64	0.75	0.85	0.92	0.59	0.62	0.63	0.67	0.65	0.78	0.95
Al ₂ O ₃	6.20	5.66	5.95	6.11	6.49	4.15	5.03	5.86	5.61	5.73	4.87	6.03	5.84
Cr ₂ O ₃	0.21	0.23	0.21	0.20	0.08	0.00	0.38	0.26	0.39	0.17	0.00	0.02	0.02
FeO	7.53	7.34	7.54	7.48	7.92	8.37	6.31	7.00	6.91	9.00	8.59	8.85	9.07
MnO	0.22	0.24	0.23	0.22	0.26	0.39	0.19	0.19	0.18	0.29	0.25	0.30	0.24
NiO	0.01	0.02	0.01	0.01	0.00	0.01	0.05	0.02	0.01	0.00	0.00	0.02	0.00
MgO	13.37	13.79	13.53	13.35	12.54	13.06	13.04	13.61	13.69	12.21	13.84	13.10	13.06
CaO	21.29	21.41	21.60	21.17	20.55	21.30	20.53	21.69	21.73	20.06	21.13	20.95	21.73
Na ₂ O	0.75	0.68	0.74	1.24	0.80	0.82	3.06	0.65	0.74	0.50	0.58	0.68	0.46
K ₂ O	0.06	0.02	0.03	0.14	0.15	0.05	1.02	0.03	0.04	0.07	0.00	0.02	0.04
Total	97.72	98.63	98.62	97.86	95.59	98.21	95.71	98.29	98.51	97.46	98.93	98.65	98.78
Si	6.93	7.03	6.98	6.94	6.86	7.28	7.08	7.00	7.04	7.03	7.16	6.97	6.99
Ti	0.07	0.07	0.07	0.08	0.10	0.10	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.09	0.11
Al	1.07	0.97	1.02	1.06	1.14	0.72	0.92	1.00	0.96	0.97	0.84	1.03	1.02
Cr	0.02	0.03	0.03	0.02	0.01	0.00	0.05	0.03	0.05	0.02	0.00	0.00	0.00
Fe ³⁺	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
Fe ²⁺	0.92	0.89	0.92	0.92	0.99	1.04	0.82	0.85	0.84	1.09	1.05	1.08	1.12
Mn ²⁺	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.05	0.02	0.02	0.02	0.04	0.03	0.04	0.03
Ni	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mg	2.91	2.97	2.93	2.93	2.79	2.88	3.02	2.94	2.96	2.62	3.01	2.84	2.87
Ca	3.34	3.32	3.36	3.34	3.29	3.38	3.42	3.36	3.38	3.10	3.31	3.27	3.43
Na	0.21	0.19	0.21	0.35	0.23	0.24	0.92	0.18	0.21	0.14	0.16	0.19	0.13
K	0.01	0.00	0.01	0.03	0.03	0.01	0.20	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.01
Tot. Cat.	15.51	15.50	15.53	15.70	15.47	15.70	16.53	15.46	15.52	15.09	15.64	15.51	15.70
Na(A)	0.21	0.19	0.21	0.35	0.23	0.24	0.92	0.18	0.21	0.14	0.16	0.19	0.13
Ca(A)	1.34	1.32	1.36	1.34	1.29	1.38	1.42	1.36	1.38	1.10	1.31	1.27	1.43
K(A)	0.01	0.00	0.01	0.03	0.03	0.01	0.20	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.01
Total A	1.56	1.51	1.57	1.71	1.55	1.63	2.55	1.55	1.59	1.25	1.47	1.46	1.57
Mn ²⁺ (B)	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
Fe ²⁺ (B)	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
Ni(B)	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
Mg(B)	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
Cr(B)	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
Fe ³⁺ (B)	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
Ca(B)	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
Na(B)	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 B	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
Al(C)	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
Ti(C)	0.07	0.07	0.07	0.08	0.10	0.10	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.09	0.11
Fe ³⁺ (C)	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
Cr(C)	0.02	0.03	0.03	0.02	0.01	0.00	0.05	0.03	0.05	0.02	0.00	0.00	0.00
Mg(C)	2.91	2.97	2.93	2.93	2.79	2.88	3.02	2.94	2.96	2.62	3.01	2.84	2.87
Ni(C)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

	Fe ²⁺ (C)	0.92	0.89	0.92	0.92	0.99	1.04	0.82	0.85	0.84	1.09	1.05	1.08	1.12
	Mn ²⁺ (C)	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.05	0.02	0.02	0.02	0.04	0.03	0.04	0.03
	Total C	3.96	3.99	3.96	3.98	3.92	4.07	3.99	3.91	3.93	3.84	4.17	4.05	4.13
Site T	Si(T)	6.93	7.03	6.98	6.94	6.86	7.28	7.08	7.00	7.04	7.03	7.16	6.97	6.99
	Al(T)	1.07	0.97	1.02	1.06	1.14	0.72	0.92	1.00	0.96	0.97	0.84	1.03	1.02
	Ti(T)	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 T	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00
	OH	1.95	1.93	1.94	1.96	1.99	1.98	2.08	1.93	1.94	1.92	1.95	1.94	1.97
	H ₂ O(c)	2.05	2.07	2.07	2.04	2.01	2.03	1.93	2.07	2.07	2.08	2.05	2.06	2.03
	Mn ²⁺ +Mn ³⁺	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.05	0.02	0.02	0.02	0.04	0.03	0.04	0.03
	(Na+K)A	0.22	0.19	0.21	0.38	0.26	0.25	1.12	0.19	0.22	0.15	0.16	0.20	0.14
	Ca+(Na)B	3.34	3.32	3.36	3.34	3.29	3.38	3.42	3.36	3.38	3.10	3.31	3.27	3.43
	(Na+Ca)B	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
	Mg/(Mg+Fe ²⁺)	0.76	0.77	0.76	0.76	0.74	0.74	0.79	0.78	0.78	0.71	0.74	0.73	0.72
	(Mg+Fe ²⁺ +Mn ²⁺ +Li)B	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
	Mg/(Mg+Mn ²⁺)	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.98	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99
	Al(VI)+Fe ³⁺ +Fe ²⁺ +Mg	3.83	3.86	3.84	3.85	3.78	3.92	3.84	3.78	3.80	3.71	4.06	3.92	3.99
	OH+F+Cl	1.95	1.93	1.94	1.96	1.99	1.98	2.08	1.93	1.94	1.92	1.95	1.94	1.97
	O(3)	0.05	0.07	0.06	0.04	0.01	0.02	0.00	0.07	0.07	0.08	0.05	0.06	0.03
	O.S.	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
	P1(kbar)	1.45	0.94	1.19	1.41	1.83	n.v.	0.72	1.11	0.9	0.97	0.3	1.28	1.18
	P2(kbar)	1.26	0.69	0.97	1.22	1.68	n.v.	0.44	0.88	0.65	0.73	0	1.07	0.96
	P3(kbar)	1.06	0.62	0.84	1.02	1.37	n.v.	0.44	0.77	0.6	0.66	0.09	0.91	0.83
	P4(kbar)	2.07	1.59	1.83	2.03	2.43	n.v.	1.38	1.75	1.55	1.62	0.98	1.91	1.82
	Cation charge	45.833	45.941	45.933	46.058	45.63	46.528	47.138	45.824	45.987	45.139	46.343	45.87	46.356

لذا با توجه به مطالعات پتروگرافی و تعیین کلسیک بودن آمفیبول های مورد مطالعه برای محاسبه فرمول آمفیبول ها از مجموع ۱۳ کاتیون محاسبه شده و سپس مقادیر Fe^{3+} توسط روش ارائه شده توسط (Droop, 1987) محاسبه شده است. با توجه به محاسبات انجام شده فرمول کاتیونی آمفیبول ها به صورت زیر میباشد:



طبق طبقه بندی صورت گرفته آمفیبول های مورد مطالعه از نوع هورنبلند و غنی از منیزیم هستند و از نوع آمفیبول های کلسیک هستند (شکل ۱).



شکل ۱- طبقه بندی آمفیبول ها (Yavuz, 2007). (a) نمودار طبقه بندی Si در مقابل (Na+K)، (b) نمودار طبقه بندی Si در مقابل Mg#

تغییرات فشار و حرارت در آمفیبول ها:

مطالعات تجربی نشان داده اند که مقادیر اتمی $Al^{(t)}$ و $(Na+K)^{[A]}$ در ساختار آمفیبول به حرارت وابسته بوده و اغلب دارای همبستگی مثبت بالایی با یکدیگر هستند (Scaillet & Evans, 1999; Rutherford & Devine, 2003). بررسی حاکی از وجود همبستگی مثبت میان مقادیر $Al^{(t)}$ و $(Na+K)^{[A]}$ بوده و نشان دهنده افزایش آن‌ها با افزایش دما در آمفیبول‌های مورد مطالعه می‌باشند. مقادیر Si, Mg با افزایش مقدار آلومینیوم کل آمفیبول، کاهش یافته و وقادیر Ti افزایش نشان می‌دهد که نشان دهنده این است که با افزایش فشار میزان جانشینی Si, Mg افزایش و جانشینی Ti کاهش میابد. در عوض با افزایش مقدار $(Na+K)^{[A]}$ مقادیر Si, Mg کاهش یافته که کاهش جانشینی Mg, Fe با افزایش دما در آمفیبول‌ها را نشان می‌دهد. از طرف دیگر با افزایش دما مقدار Ti افزایش میابد که نشان دهنده افزایش جانشینی Ti در دماهای بالا است و نشان دهنده تاثیر مستقیم دما در میزان جانشینی تیتان در شبکه آمفیبول‌ها می‌باشد.

فشار سنجی آمفیبول:

جهت تعیین فشار تبلور بلورهای آمفیبول از چهار روش ارائه شده در جدول ۲ استفاده شده است.

جدول ۲- جهت تعیین فشار از چهار روش زیر استفاده شده است.

فشار	روش مورد استفاده	فرمول محاسبه فشار	میزان خطا	همبستگی
P1	Hammarstorm & Zen, 1986	$-3.92 + 5.03 * Al^{(total)}$	$\pm 3Kbar$	$R^2 = 0.8$
P2	Hollister et al., 1987	$-4.76 + 5.64 * Al^{(total)}$	$\pm 1Kbar$	$R^2 = 0.97$
P3	Johanson & Rutherford, 1989	$-3.46 + 4.23 * Al^{(total)}$	$\pm 0.5Kbar$	$R^2 = 0.99$
P4	Schmidt, 1992	$-3.01 + 4.76 * Al^{(total)}$	$\pm 0.6Kbar$	$R^2 = 0.99$

در روش‌های فوق الذکر مقدار فشار تبلور بر حسب کیلو بار و بر اساس مقدار آلومینیوم کل موجود در آمفیبول‌ها محاسبه می‌شود. فشار تبلور بر اساس هر چهار معادله فوق برای کلیه نمونه‌های مورد مطالعه محاسبه شده است و نتایج به تفکیک هر نمونه در جدول ۳ آورده شده است. همچنین مقادیر متوسط، حداکثر و حداقل عمق برآورد شده برای سنگهای منطقه مورد مطالعه به تفکیک روش‌های بکاررفته در فشار سنجی آمفیبول، طبق دانسیته پوسته ای 2.65 gr/cm^3 و $3.75 \text{ Kbar} = 1 \text{ Km}$ محاسبه شده است و در جدول ۳ آورده شده است.

جدول ۳- نتایج محاسبات مقادیر فشار و عمق تبلور ماگما طبق زمین فشار سنج Al آمفیبول

Rock Type	Method	Hammarstorm & Zen, 1986(P1)	Hollister et al., 1987(P2)	Johanson & Rutherford, 1989(P3)	Schmidt, 1992(P4)
Andesite	P- Max	0.98	0.09	0.00	0.30
	P-Min	1.91	0.91	1.07	1.28
	Depth. Max	3.68	0.34	0.00	1.13
	Depth. Min	7.16	3.41	4.01	4.80
	P-Average	1.58	0.62	0.69	0.93
	Depth. Average	5.42	1.88	2.01	2.96

حرارت سنجی آمفیبول:

جهت تعیین دمای تبلور آمفیبول در سنگ‌های مورد مطالعه از روش ارائه شده توسط Humphreys et al. (2009) استفاده شده است. که رابطه تجربی میان پرشدگی سایت A در آمفیبول و دمای تبلور آن به دست آورد که به شکل زیر است:

$$T = 479.8 * (Na+K)^{[A]} + 643.5 \quad R^2 = 0.63$$

مقدار عدم اطمینان از حرارت سنجی زوج کانی آمفیبول - پلاژیوکلاز تقریباً 35-40 درجه

سانتیگراد است (Holland & Blundy, 1994). بررسی‌های انجام شده توسط Humphreys et al. (2009) نشان داد که دماهای محاسبه شده توسط ترمومتر ارائه شده از صحت قابل قبولی در حدود ۹۵٪ برخوردار است و لذا از این معادله برای محاسبه دمای تبلور آمفیبول‌های مورد مطالعه استفاده نمودیم. نتایج این محاسبات در جدول ۴ ارائه شده است. همچنین Vyhnal et al., (1991) با در نظر گرفتن ارتباط مستقیم میان تغییرات فشار و دما معادله زیر را برای محاسبه دمای تبلور آمفیبول از بارومتري آمفیبول پیشنهاد نموده اند:

$$T = 25.3 * P + 645.9$$

که برای محاسبه دمای تبلور آمفیبول‌های سنگ‌های مورد مطالعه بکار گرفته شد (جدول ۴).

تعیین درصد بلوری شدن ماگما در زمان تبلور آمفیبول

مقدار بلوری شدگی ماگمای سنگ‌های مورد مطالعه در زمان تبلور آمفیبول‌ها، بر اساس معادله پیشنهادی Blundy & Cashman (2008) به عنوان تابعی از دما و فشار در ماگمای با ترکیب حد واسطه برآورد شده است:

$$\text{Crystal Fraction} = (325 - P) / 1000 + (900 - T) / 300$$

نتایج حاصل از این محاسبات نیز در جدول ۴ آمده است. مقدار Crystal Fraction در سنگ‌های آندزیتی به طور متوسط ۹۵.۸۹٪ به دست آمده است. تغییرات فشار - دما ثبت شده مطابق با افزایش درصد بلورشدگی احتمالاً نشانگر ثبت شرایط آغازین تبلور آمفیبول در مسیر صعود ماگما و ادامه آن طی توقف ماگما در اتاقک اصلی می‌باشد.

محاسبه فوگاسیته اکسیژن ماگما

فوگاسیته اکسیژن اولیه یک ماگما به ماهیت مواد منشأ آن بستگی دارد که خود تابعی از جایگاه تکتونیکی آن می‌باشد (Helmy et al., 2004). ماگماهای با درجه اکسیدان بالاتر معمولاً با مرزهای صفحات همگرا همراه هستند (Ewart, 1979). آمفیبول‌ها کانی‌های مهمی برای شناسایی شرایط فوگاسیته اکسیژن در ماگما هستند (Wones, 1989) معادله کمی زیر را برای محاسبه فوگاسیته اکسیژن پیشنهاد نمود:

$$\text{Log } fO_2 = -30930/T + 14.98 + 0.142 * 9P - 1/T$$

T= Temperature (Kelvin)

P= pressure (Bar)

محاسبات مربوط به فوگاسیته اکسیژن نیز برای مقایسه بهتر در جدول ۴ آورده شده است. مقادیر فوگاسیته اکسیژن در سنگ‌های آندزیتی (15.35- to 16.21-) و به طور متوسط 15.88- می‌باشد.

جدول ۴- نتایج محاسبات دماسنجی، درصد بلور شدگی در زمان تبلور آمفیبول‌ها، و فوگاسیته اکسیژن

Rock Type	Sample No.	T ^o C (Hummpheys)	T ^o C (Vyhnal)	Crystal Fraction %	Log fO2
Andesite	158	717.39	686.89	93.21	-16.01
	159	722.19	670.69	91.67	-15.96

160	737.54	694.22	86.46	-15.35
161	710.19	691.95	95.59	-16.21
42	750.02	698.27	82.29	-14.96
43	736.58	686.13	86.81	-15.43
44	745.70	692.20	83.75	-15.12
45	825.34	697.26	83.75	-12.91
46	769.21	707.38	75.85	-14.36
74	734.18	690.18	87.60	-15.48
75	747.14	685.12	83.30	-15.12
76	745.22	688.66	83.93	-15.16
77	771.61	703.33	75.07	-14.32
Min.	710.19	670.69	86.46	-16.21
Max.	737.54	694.22	95.59	-15.35
Average	721.83	685.94	91.73	-15.88

نتیجه گیری:

آمفیبول های مورد مطالعه از نوع هورنبلند و غنی از منیزیوم هستند و از نوع آمفیبول های کلسیک هستند. زمین فشارسنجی بر اساس مقدرا الومینیوم موجود در آمفیبول های مورد مطالعه فشاری معادل ۰/۶۲ تا ۱/۵۸ کیلو بار و عمق تقریبی بین ۱/۵ تا ۵ کیلومتر را نشان میدهد. همچنین زمین دماسنجی آمفیبول ها، دمای تشکیل آنها را بین ۶۸۶ تا ۷۲۲ درجه سانتیگراد نشان میدهد. مقدار درصد بلورشدگی آمفیبول ها در سنگ های آندزیتی به طور متوسط ۹۵/۸۹ درصد به دست آمده است. تغییرات فشار - دما ثبت شده مطابق با افزایش درصد بلورشدگی احتمالا نشانگر ثبت شرایط آغازین تبلور آمفیبول در مسیر صعود ماگما و ادامه آن طی توقف ماگما در اتاقک اصلی میباشد. همچنین گریزندگی بالای اکسیژن که به طور متوسط ۱۵/۸۸- میباشد، میتواند نشان دهنده تشکیل این سنگها مرتبط با مرزهای ورقه ای همگرا باشد.



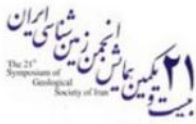
منابع فارسی :

باباخانی ع.ر.، (۱۳۷۵)، نقشه زمین شناسی چهارگوش لاهرود به مقیاس ۱/۱۰۰۰۰۰، سازمان زمین شناسی و تحقیقات معدنی کشور.
فدائیان، م.، (۱۳۸۲)، پتروگرافی و پترولوژی سنگ های آذرین شمال مشکین شهر، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ۲۲۰ ص.



References:

- Stocklin, J., 1968. "Structural history and tectonics of Iran: a review". AAPG Bulletin, 52(7), pp.1229-1258.
Stocklin, J., 1977. "Structural correlation of the Alpine ranges between Iran and Central Asia". Memoire Hors-Serve, 8, pp.333-353.
Nabavi, M. H., 1976, "An introduction to the geology of Iran". Geological survey of Iran, 109.



۲۳ و ۲۴ آبان ماه ۱۳۹۷
Qom, 14-15 Nov., 2018
دانشگاه پیام نور قم



- Nezafati N., 2006, "Au-Sn-W-Cu-Mineralization in the Astaneh-Sarband Area, West Central Iran: including a comparison of the ores with ancient bronze artifacts from Western Asia" PhD diss., Universität Tübingen.
- Alberti A., Cominchiaramonti P., Dibattistini G., Fioriti R., Sinigoi S., 1981, "Crystal fractionation in the eastern Azerbaijan (Iran) lower tertiary shoshonitic suite", Neues Jahrbuch für Mineralogie-Monatshefte, Vol. 1: 35-48.
- Pouchou, J. L., & Pichoir, F., 1985, "Pap. Z procedure for improved quantitative microanalysis". In: Armstrong, JT (Ed.), Microbeam Anal., 104-106.
- Zhang, Z., Mahoney, J.J., Mao, J. and Wang, F., 2006. "Geochemistry of picritic and associated basalt flows of the western Emeishan flood basalt province", China. Journal of Petrology, 47(10), pp.1997-2019.
- Hammarstrom, J.M., and Zen, E-an, 1986. "Aluminum in hornblende: An empirical igneous geobarometer". American Mineralogist, 71, 1297-1313.
- Hawthorne, F.C., Oberti, R., Harlow, G.E., Maresch, W.V., Martin, R.F., Schumacher, J.C. and Welch, M.D., 2012. "Nomenclature of the amphibole supergroup". American Mineralogist, 97(11-12), pp.2031-2048.
- Droop, G. T. R., 1987 "A general equation for estimating Fe³⁺ concentrations in ferromagnesian silicates and oxides from microprobe analyses, using stoichiometric criteria". Mineralogical magazine, 51(361), 431-435.
- Yavuz, F., 2007. "WinAmphcal: A Windows program for the IMA-04 amphibole classification". Geochemistry, Geophysics, Geosystems, 8(1).
- Leake, B.E., Woolley, A.R., Arps, C.E.S., Birch, W.D., Gilbert, M.C., Grice, J.D., Hawthorne, F.C., Kato, A., Kisch, H.J., Krivovichev, V.G., Linthout, K., Larid, J., 1997. "Nomenclature of amphiboles: report of the subcommittee on amphiboles of the International Mineralogical Association, Commission on New Minerals and Mineral Names". American Mineralogist, 82, 1019-1037.
- Scailliet, B. and Evans, B.W., 1999. "The 15 June 1991 eruption of Mount Pinatubo. I. Phase equilibria and pre-eruption P-T-fO₂-fH₂O conditions of the dacite magma". Journal of Petrology, 40(3), pp.381-411.
- Rutherford, M.J. and Devine, J.D., 2003. "Magmatic conditions and magma ascent as indicated by hornblende phase equilibria and reactions in the 1995-2002 Soufriere Hills magma". Journal of Petrology, 44(8), pp.1433-1453.
- Hollister, L.S., Grissom, G.C., Peters, E.K., Stowell, H.H., and Sisson, V.B., 1987. "Confirmation of the empirical correlation of Al in hornblende with pressure of solidification of calc-alkaline plutons". American Mineralogist, 72, 231-239.
- Johnson, M.C., and Rutherford, M.J., 1989. "Experimental calibration of the aluminum-in-hornblende geobarometer with application to Long Valley caldera" (California) volcanic rocks. Geology, 17, 837-841.
- Schmidt, M.W., 1992. "Amphibole composition in tonalite as a function of pressure: An experimental calibration of the Al-in-hornblende barometer." Contributions to Mineralogy and Petrology, 110, 304-310.
- Humphreys, M.C.S., Edmonds, M., Christopher, T. and Hards, V., 2009. "Chlorine variations in the magma of Soufrière Hills Volcano, Montserrat: Insights from Cl in hornblende and melt inclusions. Geochimica et Cosmochimica Acta, 73(19), pp.5693-5708.
- Vyhnal, C.R.; Mccsween, H.Y.; Speer, J.A., 1991. "Hornblende chemistry in southern appalachian granitoids-implications for aluminum hornblende thermobarometry and magmatic epidote stability". American Mineralogist, 1-2, 176-188.
- Blundy, J. and Cashman, K., 2008. "Petrologic reconstruction of magmatic system variables and processes". Reviews in Mineralogy and Geochemistry, 69(1), pp.179-239.
- Helmy, H.M., Ahmed, A.F., El Mahallawi, M.M. and Ali, S.M., 2004. "Pressure, temperature and oxygen fugacity conditions of calc-alkaline granitoids, Eastern Desert of Egypt, and tectonic implications". Journal of African Earth Sciences, 38(3), pp.255-268.
- Wones, D.R., 1989. "Significance of the assemblage titanite+ magnetite+ quartz in granitic rocks". American Mineralogist, 74(7-8), pp.744-749.

مطالعه فرآیندهای مؤثر بر تغییر و تحولات ماگمایی سنگهای آذرین شمال مشکین شهر، استان اردبیل

♦♦♦♦♦♦♦♦

محمد فدائیان، عضو هیات علمی، استادیار، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران، m_fadaeyan@pnu.ac.ir

♦♦♦♦♦♦♦♦

چکیده:

منطقه مورد مطالعه در استان اردبیل و شمال شهرستان مشکین شهر و اطراف روستای اردوخان کنده واقع شده است. سنگهای آذرین این منطقه عمدتاً آذرین و به سن ائوسن هستند. ترکیب شیمیایی این سنگها به طور غالب شامل تراکی آندزیت، آندزیت، تفریت و بازالت میباشد. روند منفی اکسیدهای FeO^t , TiO_2 , P_2O_5 , CaO می‌تواند نشان دهنده عملکرد تبلور تفریقی در طی تکامل آن باشد. همچنین کاهش مقادیر Cr , Ni , Sc , Co و وارد شدن آنها در فازهای کانی‌هایی مثل پلاژیوکلازها و الیون ها خود نشان دهنده تاثیر بالای تفریق است. روند غنی‌شدگی عنصری سنگ‌های مورد بررسی در ارتباط با محیط‌های زمین‌ساختی نشان دهنده محیط‌های درون پلیت غنی شده و محیط فروانش غنی شده با آلودگی پوسته‌ای است. بالا بودن نسبت‌های $(\text{K/P}=2.19-38.18)$ و $(\text{La/Nb}=1.47-15.76)$ نیز نشان دهنده نقش بالای آلاینده پوسته‌ای در تحول ماگمای مولد سنگهای منطقه مورد مطالعه است. مقادیر بالای Th/Nb و پایین بودن Ba/Th نیز نمایانگر گسترش مواد پوسته بالایی در به وجود آمدن سنگ‌ها می‌باشد. در واقع مقدار این نسبت‌ها می‌تواند نشان دهنده شدت شرکت محصولات زون فروانش (محلول‌ها و مواد مذاب) و یا مواد پوسته‌ای در ماگمای تشکیل دهنده سنگ‌ها باشد. آنومالی مثبت Pb ، غنی‌شدگی Cs ، آنومالی منفی Ce و Nb-Ta در نمونه‌ها سازگار است و میتواند نشان‌دهنده آلاینده با مواد پوسته‌ای باشد. نمونه‌های مورد بررسی از لحاظ فراوانی عناصر Sm , La و Yb همگی ترکیب مشابه با مذاب‌های مشتق شده از گوشته غنی شده را دارند و بر روی روند منطبق با حدود ۱ تا ۵ درصد ذوب بخشی گارنت لرزولیت قرار می‌گیرند.

کلید واژه‌ها: تحولات ماگمایی، سنگهای آذرین، مشکین شهر، اردبیل

Study of effective processes on the magmatic evolution of igneous rocks in north of Meshkinshahr, Ardabil Province

Mohammad Fadaeian, Faculty member, Payame Noor University, Tehran, Iran

Abstract:

The study area is located in Ardebil province and north of Meshkinshahr and around the village of Orduhkan Kandy. The chemical composition of igneous rocks is dominated by trachy andesite, andesite, tephrite and basalt. The negative trend of FeO^t , TiO_2 , P_2O_5 , CaO oxides can indicate the performance of crystallization during its evolution. In addition, the reduction of Cr , Ni , Sc , Co and their entry into minerals such as plagioclase and olivine itself indicates a high effect of subtraction. The elemental enrichment process of the studied rocks in relation to the tectonic environments represents enriched environments in the enriched plate and the flood enrichment environments with crust contamination. The high ratios of $(\text{K/P}=2.19-38.18)$ and $(\text{La/Nb}=1.47-$

15.76) also indicate the high role of crustal contamination in the evolution of the magma in the study area. High levels of Th/Nb and low Ba/Th also indicate the development of high crust material in the formation of rocks. In fact, the ratio of these ratios can indicate the intensity of the subduction zone (molten solutions and materials) or crust material in the magma forming the rocks. Positive anomalies Pb, Cs enrichment, negative anomalies of Ce and Nb-Ta in samples are suitable for indicating crust contamination. The samples of Sm, La, and Yb are the same as the combination of Sm, La and Yb. With molds derived from enriched mantle, and on the process consistent with about 1 to 5% melting of the garnet of Lherzolite.

Keywords: Magmatic evolution, Igneous rocks, Meshkinshahr, Ardabil



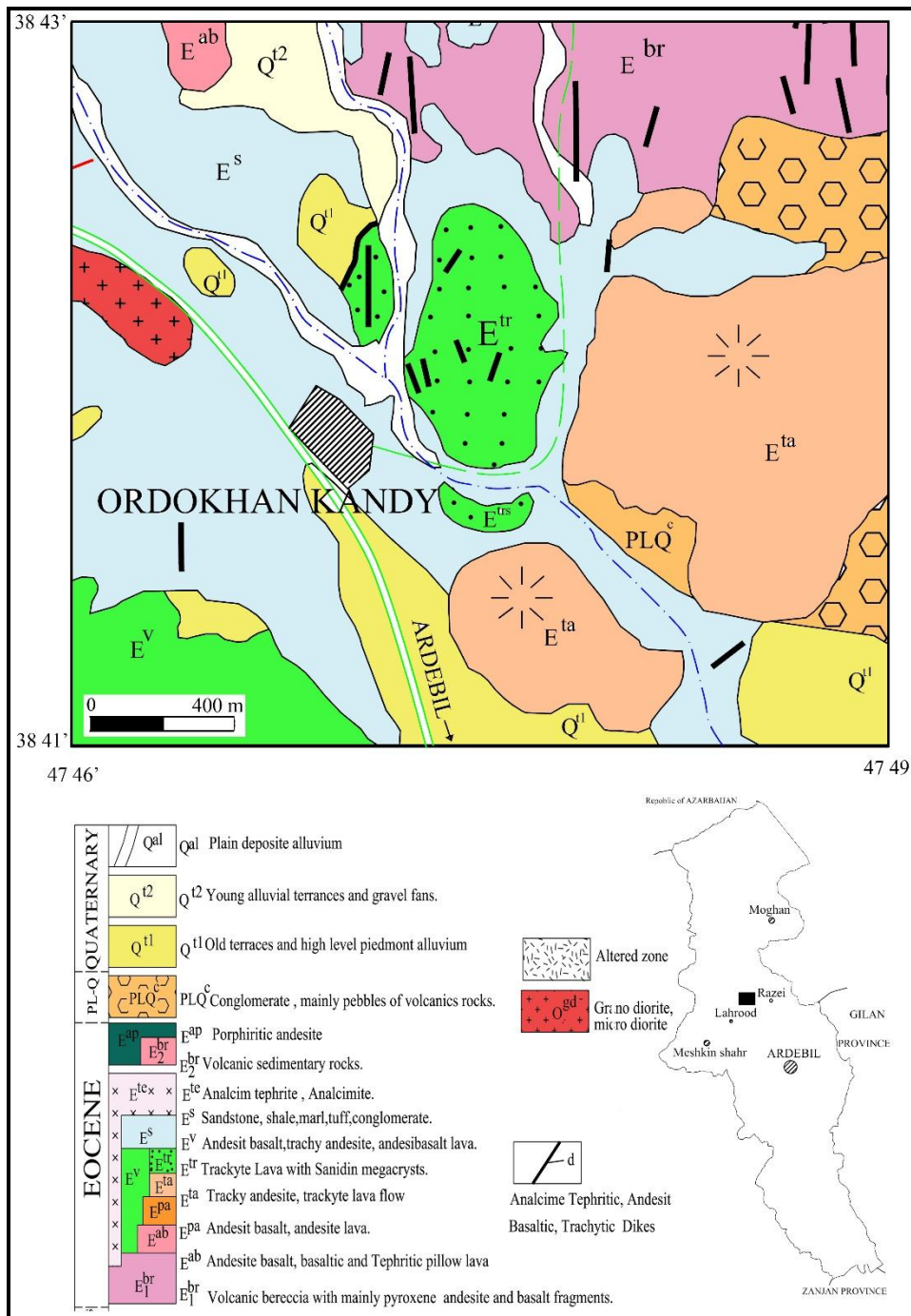
مقدمه :

منطقه مورد مطالعه در استان اردبیل و شمال شهرستان مشکین شهر و اطراف روستای اردو خان کنده واقع شده است. سنگهای آذرین این منطقه عمدتاً آذرین و به سن ائوسن هستند. ترکیب شیمیایی این سنگها به طور غالب شامل تراکی آندزیت، آندزیت، تفریت و بازالت میباشد. در برخی مناطق برونزد سنگهای رسوبی از جنس ماسه سنگ، مارن و توف های ماسه ای مشاهده میشود. قدیمی ترین سنگها مربوط به برش های ولکانیکی میباشد (شکل ۱). مطالعات پتروژنتیکی سنگهای آذرین، می تواند در ارتباط با خصوصیات از جمله منشأ ماگماها، شرایط ذوب بخشی و میزان تغییرات بعدی ماگماهای اولیه مشتق شده از گوشته و انتقال و ذخیره آن در مخازن ماگمایی سطوح بالا باشد. این مطالعات می بایستی بر اساس مشاهدات دقیق صحرایی، مطالعات دقیق پتروگرافی و ژئوشیمی عناصر اصلی، فرعی، کمیاب و ایزوتوپ های پایدار و رادیوژنیک در نمونه های مورد مطالعه استوار باشد. علاوه بر این اگر چنانچه فعالیت آذرین مربوط به عهد حاضر نباشد، سن آن بایستی تعیین شده و ایده آل آن است که این عمل با روش سن سنجی ایزوتوپی صورت پذیرد. یکی از اهداف اساسی مطالعه پتروژنز سنگهای آذرین این است که ویژگی های منشأ ماگما از طریق مذاب های بخشی اولیه جدا شده در عمق و سیر تحولی آن در هنگام صعود مورد مطالعه قرار گیرد (Wilson, 1989). سنگهای منطقه مورد مطالعه ماهیت آلکالن نشان می دهند، بحث های صورت گرفته در مورد پتروژنز سنگهای آلکالن در بر گیرنده پیچیده ترین مباحث علم پترولوژی است و عوامل موثر بر ماگما همچون عمق، فشار، دما، نرخ ذوب بخشی، اختلاط، آلايش، روند تحولات عناصر اصلی و کمیاب، الگوهای تکونوماگمایی و رابطه آن با زمان و بالاخره تلفیق مسائل فوق به نحوی که مکمل و تائید کننده یکدیگر بوده باشد در مطالعات پتروژنز مورد نظر است (معین وزیری و احمدی، ۱۳۷۷).

روش تحقیق:

با انجام بررسی های صحرایی نمونه برداری به ویژه از تنوعات سنگی، عکس برداری از شواهد و پدیده های زمین شناسی و دیگر ویژگی های زمین شناسی مورد مطالعه قرار گرفت. تعداد ۵۰ نمونه سنگی از منطقه، برای بررسی های آزمایشگاهی برداشته شد. ۴۰ نمونه برای تهیه مقاطع میکروسکوپی انتخاب و مطالعات سنگ نگاری با استفاده از میکروسکوپ پلاریزان انجام شد. پس از این مرحله به منظور مطالعات ژئوشیمیایی و سنگ شناسی ۴۰ نمونه مناسب برای تجزیه شیمیایی به روش

XRF توسط شرکت کانساران بینالود تجزیه گردید. برای مطالعه پتروژنر سنگهای آذرین منطقه مورد مطالعه از نرم افزار های مدل سازی پترولوژی و ژئوشیمی استفاده گردید.



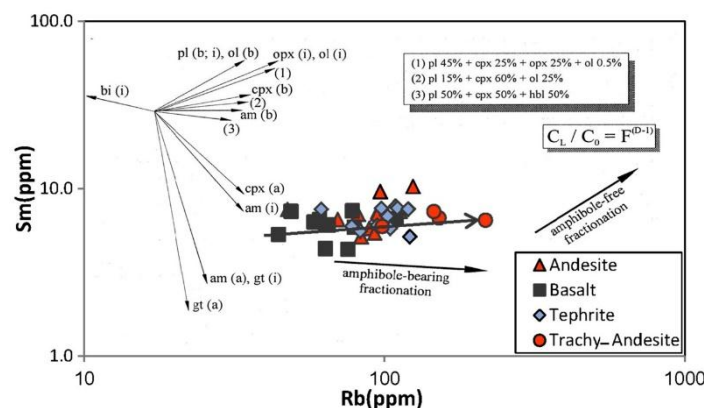
شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه در استان اردبیل و نقشه زمین شناسی محدوده مورد مطالعه (فدائیان، ۱۳۸۲)

◇◇◇◇◇◇◇◇

تحولات ماگمایی:

تبلور تفریقی

روند منفی اکسیدهای FeO^t , TiO_2 , P_2O_5 , CaO می تواند نشان دهنده عملکرد تبلور تفریقی در طی تکامل آن باشد. همچنین کاهش مقادیر Cr , Ni , Sc , Co و وارد شدن آن ها در فازهای کانی هایی مثل پلاژیوکلازها و الیوین ها خود نشان دهنده تاثیر بالای تفریق است. حضور اکسیدهای Fe-Ti فراوان در نمونه های مورد مطالعه به صورت کانی تیتانومگنتیت و نیز حضور کانی آپاتیت خود می تواند نشان دهنده تبلور این کانی ها در طی تبلور تفریقی باشد (فدائیان، ۱۳۸۲). در نمودار لگاریتمی Rb در مقابل Sm (Keskin et al., 1998) بردارهای مدل سازی شده برای تبلور فازهای کانی ها آورده شده است ضرایب جدایش محاسبه شده برای مدل سازی برگرفته از Keskin et al. (1998) میباشد. در این مدل از عنصر Rb استفاده شده است چون این عنصر در جریان تبلور تفریقی ناسازگاری بالایی را نشان میدهد. همچنین از عنصر Sm به خاطر KD بالا در جریان تبلور مجموعه کانی های آمفیبول و پیروکسن ها در محیط های آبدار استفاده شده است. در این نمودار نمونه های مورد مطالعه روند مثبتی را نشان می دهند و با روند برداری تبلور پلاژیوکلاز، کلینوپیروکسن و الیوین همخوانی دارند. که این بردارها به بردارهای ریلی (Rayleigh vectors) معروف هستند (شکل ۲).

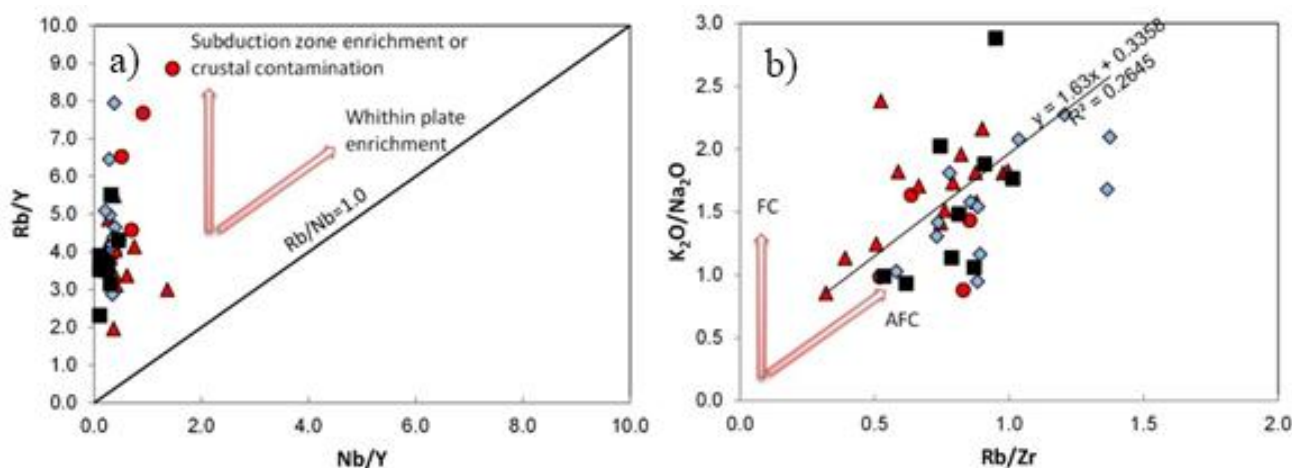


شکل ۲- نمودار لگاریتمی Sm در مقابل Rb (Keskin et al., 1998) جهت تعیین روند تبلور تفریقی در نمونه های مورد مطالعه

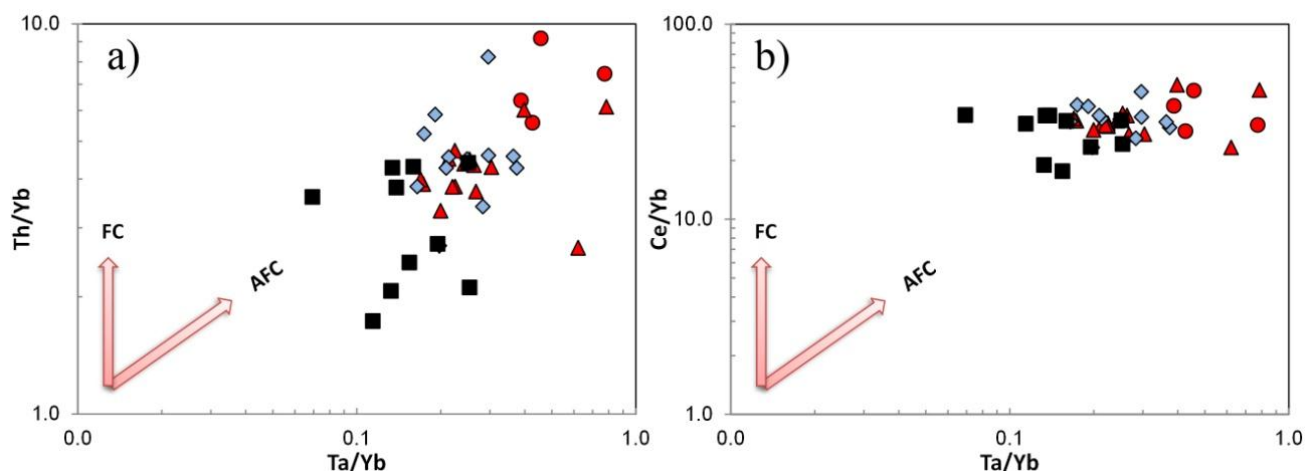
هضم و تبلور بخشی

در کنار تبلور بخشی، پدیده هضم مواد پوسته ای در ماگما از اهمیت ویژه ای در تکامل و تحول ماگمای مولد سنگ ها دارد. لذا در این بحث به بررسی نقش و تاثیر این عامل میپردازیم. به منظور تعیین روند غنی شدگی عنصری سنگ های مورد بررسی در ارتباط با محیط های زمین ساختی از نمودار Nb/Y در مقابل Rb/Y (Pearce, 1983) استفاده شده است (شکل ۳- a). در این دیاگرام نمونه ها بالای خط $\text{Rb/Y}=1$ قرار می گیرند که نشان دهنده محیط های درون پلیت غنی شده و محیط فروانش غنی شده یا آلودگی پوسته ای است. آرایه نمونه ها بیشتر با روند زون فروانشی غنی شده با آلودگی پوسته ای تطابق دارد. نسبت Rb/Nb در سنگ های آتشفشانی منطقه بین 2.19-38.14 است که نشان دهنده محیط فروانش است. تغییرات Rb و Nb در سنگ های مورد مطالعه حاصل غنی شدگی در زون فروانش یا آلودگی پوسته ای است. ماگماهایی که

از گوشته منشأ می‌گیرند، بوسیله پوسته قاره‌ای در حین بالا آمدن آلوده می‌شوند که از نشانه‌های آن آنومالی منفی Nb و Ta و آنومالی مثبت Th است (Thompson et al., 1983). عناصری که از نسبت‌های آنان برای تعیین آلودگی پوسته‌ای استفاده می‌شود عبارتند از نسبت K/P بالاتر از 7 و La/Nb بالاتر از 1.5 نشان دهنده آلودگی پوسته‌ای است. این نسبت‌ها در سنگ‌های آتشفشانی منطقه ($K/P=2.19-38.18$) و ($La/Nb=1.47-15.76$) می‌باشد که نشان دهنده نقش بالای آلاینده پوسته‌ای در تحول ماگمای مولد آن‌ها است. عناصر Nb و Ta به آلودگی پوسته‌ای حساسیت بالایی دارند و ماگماهایی که از گوشته مشتق شده و در معرض آلودگی پوسته قرار می‌گیرند آنومالی منفی Nb و Ta را در دیاگرام‌های عنکبوتی نشان می‌دهند (Wilson, 1989; Thompson et al., 1983). شاخص‌هایی که جهت تعیین آلودگی پوسته‌ای است عبارتند از: پایین بودن Ce/Pb و بالا بودن نسبت Th/U است زیرا Pb و Th در مواد پوسته‌ای متمرکز می‌شوند. نسبت Ce/Pb در پوسته بالایی ۳/۷ است (Rudnick and Gao, 2003) در صورتی که این نسبت در نمونه‌های منطقه دامنه تغییراتی بین 2.41-14.05 دارد. نسبت Th/U در پوسته بالایی در حدود ۳/۸ می‌باشد (Rudnick and Gao, 2003) در نمونه‌های مورد مطالعه این نسبت 2.04-5.37 است. جهت تفکیک فرایند تبلور بخشی FC از فرایند تبلور بخشی و هضم AFC می‌توان از دیاگرام‌های نسبت‌های عناصر کمیاب استفاده نمود. برای تعیین روند تحول نمونه‌های مطالعه شده از نمودار K_2O/Na_2O در مقابل Rb/Zr از (Esperanca et al, 1992) استفاده شده که در نمونه‌های مطالعه شده روند فرایند AFC را نشان می‌دهند (شکل ۳-ب). برای بررسی فرآیندهای آلاینده ماگمایی در نمونه‌های سنگی منطقه از نمودارهای $Th/Yb-Ta/Yb$ و $Ce/Yb-Ta/Yb$ (Pearce, et al., 1984) استفاده کرده ایم. همانطور که این نمودار نشان می‌دهد، تبلور تفریقی و هضم (AFC) بیشترین تأثیر را در تشکیل نمونه‌های سنگی مورد مطالعه منطقه داشته است (شکل ۴).



شکل ۳-ا- نمودار Nb/Y در برابر Rb/Y (Pearce, et al., 1983)، ب- نمودار Rb/Zr در مقابل K_2O/Na_2O برای نشان دادن فرایند تبلور بخشی FC و فرایند هضم و تبلور بخشی (AFC) از (Esperanca et al., 1992) نمونه‌های مطالعه شده روند هضم و تبلور بخشی (AFC) را نشان می‌دهند.



شکل ۴- نمودارهای بررسی فرآیندهای AFC (Pearce, 1984) FC تبلور تفریقی و AFC تبلور تفریقی و هضم.

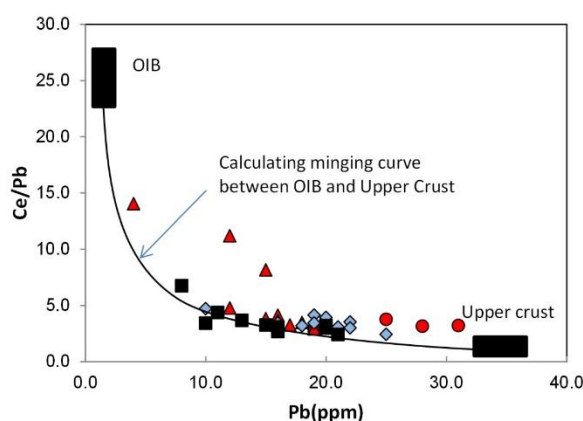
آلایش پوسته ای

مواد پوسته ای از عناصر LILE، Hf، Th و Zr نسبت به Sr و دیگر HFSE ها مثل (Ti، Ta، P، Nb) غنی ترند (Rudnick & Fountain, 1995). مقادیر و نسبت های عناصر ناسازگار مختلف و همچنین تغییرات عناصر کمیاب، نظیر آنومالی های منفی در Ti و Nb در نمودار نرمالیز شده به گوشته (برای مثال Kerrich and Wyman, 1996) و شواهد پتروگرافی نظیر حواشی تحلیل رفته در برخی بلورها یا وجود ساختمان منطقه بندی در درشت بلورها، می توانند شواهدی دال بر آلایش ماگمای بازیک با مواد پوسته ای باشند. با وجود این مگنتیت و در درجات دمایی پایین تر، تبلور آمفیبول و کمبود فنوکریست های درشت مانع از کاربرد این روش ها برای ارزیابی گسترده آلایش پوسته ای ماگماها می گردد. نسبت های بین عناصر ناسازگار تحت تاثیر فرایندهای تفریق بلوری و ذوب بخشی قرار ندارند و این عناصر می توانند نقش آلایش پوسته ای را با توجه به تغییرات ناحیه منشأ ماگما روشن کنند (Conly et al, 2005). نسبت های عناصری مانند Ce/Pb و Nb/U در بازالت های اقیانوسی (MORB & OIB) به ترتیب 25 ± 5 و 47 ± 7 هستند و به طور قابل توجهی بالاتر از مقدار نسبت های فوق برای میانگین پوسته قاره ای یا سنگ های آتشفشانی جزایر کمانی می باشد (Taylor & McLennan, 1985). در نمودار Pb-Ce/Pb (Alici et al., 2002) نمونه های مورد مطالعه آلایش با مواد پوسته را نشان می دهند که این مسئله با آنومالی مثبت Pb، غنی شدگی Cs، آنومالی منفی Ce و Nb-Ta در نمونه ها سازگار است و میتواند نشان دهنده آلایش با مواد پوسته ای باشد (شکل ۵).

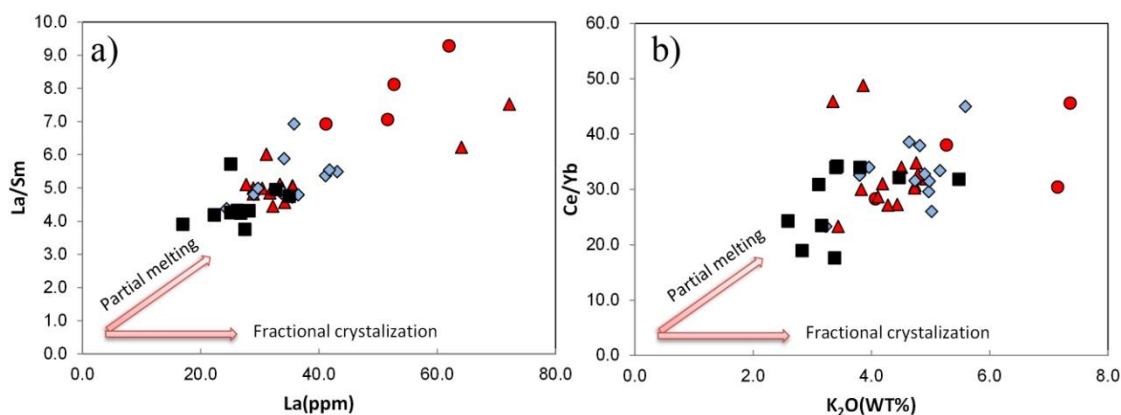
ذوب بخشی

ماگمای تشکیل دهنده سنگ های آتشفشانی در مناطق فروورانش معمولاً از گوهی گوشته ای، سیالات و مذاب های آب دار مشتق شده از پوسته ای اقیانوسی فرورو منشأ می گیرند (Pearce & Peate., 1995). نسبت بالای Ba/Th اشاره به تاثیر رسوبات در ژنر ماگما دارد (Morta & Aguirre, 2003). در سنگ های منطقه ای مورد مطالعه نیز نسبت K_2O حدوداً ثابت و زیاد است و نسبت Ba/Th در نمونه ها بالاست. هنگامی که پوشش رسوبی روی پوسته ای اقیانوسی فروورنده قرار میگیرد، عناصر Ba،

Sr توسط سیالات مشتق شده از رسوبات آب‌دار به پوسته‌ی اقیانوسی منتقل شده و تولید ماگماهایی با Ba, K و Sr بالا می‌کنند (Morta & Aguirre, 2003). نمودار La/Sm vs La (Fan et al., 2003) هر دو پدیده تفریق و ذوب بخشی را مورد ارزیابی قرار میدهد. طبق این نمودار در ایجاد سنگ‌های منطقه ذوب بخشی نیز موثر بوده است ولی ذوب بخشی به تنهایی نمیتواند این مقدار تنوعات سنگی را بوجود بیاورد. همچنین در نمودار K_2O در مقابل Ce/Yb (Fan et al., 2003) نیز نقش ذوب بخشی را نشان می‌دهند (شکل ۶).



شکل ۵- نمودار Pb versus Ce/Pb (Alici et al, 2002)



شکل ۶- نمودار $Ce/Yb-K_2O$ و نمودار $La/Sm-La$ (Fan et al., 2003) جهت تعیین نقش فرآیندهای ذوب بخشی یا تبلور تفریقی در تحول ماگمای سنگ‌های مورد مطالعه.



نتیجه گیری:

روند منفی اکسیدهای FeO^t , TiO_2 , P_2O_5 , CaO می‌تواند نشان دهنده عملکرد تبلور تفریقی در طی تکامل آن باشد. همچنین کاهش مقادیر Cr, Ni, Sc, Co و وارد شدن آن‌ها در فازهای کانی‌هایی مثل پلاژیوکلازها و الوین‌ها خود نشان دهنده تاثیر بالای تفریق است. حضور اکسیدهای Fe-Ti فراوان در نمونه‌های مورد مطالعه به صورت کانی تیتانومگنتیت و

نیز حضور کانی آپاتیت خود می‌تواند نشان دهنده تبلور این کانی‌ها در طی تبلور تفریقی باشد. روند تبلور مثبت بردارهای ریلی با روند برداری ریلی تبلور پلاژیوکلاز، کلینوپیروکسن و الیوین همخوانی دارند. روند غنی‌شدگی عنصری سنگ‌های مورد بررسی در ارتباط با محیط‌های زمین‌ساختی نشان دهنده محیط‌های درون پلیت غنی شده و محیط فروانش غنی شده یا آلودگی پوسته‌ای است. آرایه نمونه‌ها بیشتر با روند زون فرورانشی غنی شده با آلودگی پوسته‌ای تطابق دارد. بالا بودن نسبت‌های $(La/Nb = 1.47-15.76)$ و $LREE/(K/P = 2.19-38.18)$ نشان دهنده نقش بالای آلیایش پوسته‌ای در تحول ماگمای مولد سنگهای منطقه مورد مطالعه است. نسبت‌های $(Ce/Pb 2.41-5.37)$ و $(Nb/La 0.06-0.68)$ و $(Sr/Ce 4.52-25.64)$ در سنگهای منطقه مورد مطالعه به نقش درگیر بودن پوسته و گوشته در تولید ماگمای سازنده سنگها نسبت داده میشود. تبلور تفریقی وهضم (AFC) بیشترین تأثیر را در تشکیل نمونه‌های سنگی مورد مطالعه منطقه داشته است. مقادیر بالای Th/Nb و پایین بودن Ba/Th نیز نمایانگر گسترش مواد پوسته بالایی در به وجود آمدن سنگ‌ها می‌باشد. در واقع مقدار این نسبت‌ها می‌تواند نشان دهنده شدت شرکت محصولات زون فرورانش (محلول‌ها و مواد مذاب) و یا مواد پوسته‌ای در ماگمای تشکیل دهنده سنگ‌ها باشد. با توجه به نمودارهای ژئوشیمیایی عنوان شده، ماگمای تشکیل دهنده سنگ‌های منطقه مورد مطالعه بیشتر تأثیرات سیالات آزاد شده از پوسته فرو رونده اقیانوسی را نشان می‌دهد. نمونه‌های مورد مطالعه آلیایش با مواد پوسته را نشان می‌دهند که این مسئله با آنومالی مثبت Pb ، غنی‌شدگی Cs ، آنومالی منفی Ce و $Nb-Ta$ در نمونه‌ها سازگار است و میتواند نشان‌دهنده آلیایش با مواد پوسته‌ای باشد. طبق این نمودار در ایجاد سنگ‌های منطقه ذوب بخشی نیز موثر بوده است ولی ذوب بخشی به تنهایی نمیتواند این مقدار تنوعات سنگی را بوجود بیاورد. نمونه‌های مورد بررسی از لحاظ فراوانی عناصر La ، Sm و Yb همگی ترکیب مشابه با مذاب‌های مشتق شده از گوشته غنی شده را دارند و بر روی روند منطبق با حدود ۱ تا ۵ درصد ذوب بخشی گارنت لرزولیت قرار می‌گیرند.

◆◆◆◆◆

منابع فارسی :

معین وزیری، حسین و احمدی، علی، ۱۳۷۷ "پتروگرافی و پترولوژی سنگ‌های آذرین"، انتشارات دانشگاه تربیت معلم تهران، ۵۳۰ صفحه.
فدائیان م.، ۱۳۸۲، "پتروگرافی و پترولوژی سنگ‌های آذرین شمال مشکین شهر"، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی تهران، ص ۱۷۵.

◆◆◆◆◆

References:

- Alici, P., Temel, A. and Gourgaud, A., 2002. Pb–Nd–Sr isotope and trace element geochemistry of Quaternary extension-related alkaline volcanism: a case study of Kula region (western Anatolia, Turkey). *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 115(3), pp.487-510.
- Esperança, S., Crisci, G.M., De Rosa, R. and Mazzuoli, R., 1992. The role of the crust in the magmatic evolution of the island of Lipari (Aeolian Islands, Italy). *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 112(4), pp.450-462.



Fan, W.M., Guo, F., Wang, Y.J. and Lin, G., 2003. Late Mesozoic calc-alkaline volcanism of post-orogenic extension in the northern Da Hinggan Mountains, northeastern China. *Journal of volcanology and geothermal research*, 121(1), pp.115-135.

Keskin, M., Pearce, J.A., Mitchell, J.G., 1998. Volcano-stratigraphy and geochemistry of collision-related volcanism on the Erzurum-Kars Plateau, northeastern Turkey. *J. Volcanol. Geotherm. Res.* 85, 355–404.

Kerrick, R. and Wyman, D.A., 1996. The trace element systematics of igneous rocks in mineral exploration: an overview. *Trace element geochemistry of volcanic rocks: applications for massive sulphide exploration*. Edited by DA Wyman. Geological Association of Canada, Short Course Notes, 12, pp.1-50.

Morata, D. and Aguirre, L., 2003. Extensional Lower Cretaceous volcanism in the Coastal Range (29°20'–30°S), Chile: geochemistry and petrogenesis. *Journal of South American Earth Sciences*, 16(6), pp.459-476.

Pearce, J.A., 1983. The role of sub-continental lithosphere in magma genesis at destructive plate margins. In: Hawkesworth, C.J., Norry, M.J. (eds.), *Continental Basalts and Mantle Xenoliths*, Shiva, Nantwich, 230–249

Pearce, J.A., Lippard, S.J., and Roberts, S., 1984. Characteristics and tectonic significance of supra-subduction zone ophiolites. In: Kokelaar, B.P., Howells, M.F. (eds.), *Marginal Basin Geology*. Geological Society of London, Special Publication, 16, 77-94.

Pearce, J.A., Peate, D.W., 1995. Tectonic implications of the composition of volcanic magmas. *Annu. Rev. Earth Planet. Sci.* 23, 251–285.

Rudnick, R.L. and Fountain, D.M., 1995. Nature and composition of the continental crust: a lower crustal perspective. *Reviews of geophysics-richmond Virginia then Washington-*, 33, pp.267-267.

Rudnick, R.L. and GAO, S., 2003. Composition of the continental crust. *Treatise on geochemistry*, 3, p.659.

Taylor, S.R., and McLennan, S.M., 1985. *The Continental Crust: its Composition and Evolution*, Blackwell Scientific, Oxford, 312 p.

Thompson, R.N., Morrison, M.A., Dickin, A.P. and Hendry, G.L., 1983. Continental flood basalts... arachnids rule OK. In *Continental basalts and mantle xenoliths* (pp. 158-185). Shiva Nantwich.

Wilson, M., 1989. *Igneous Petrogenesis. A Global Tectonic Approach*. Unwin Hyman, London, and 466 p.

مطالعه محیط تکتونوماگمایی سنگ های آذرین شمال مشکین شهر، استان اردبیل

♦♦♦♦♦♦♦♦

محمد فدائیان، عضو هیات علمی، استادیار، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران، m_fadaeyan@pnu.ac.ir

♦♦♦♦♦♦♦♦

چکیده:

منطقه مورد مطالعه در استان اردبیل و شمال شهرستان مشکین شهر و اطراف روستای اردوخان کنده واقع شده است. سنگهای آذرین این منطقه عمدتاً آذرین و به سن ائوسن هستند. ترکیب شیمیایی این سنگها به طور غالب شامل تراکی آندزیت، آندزیت، تفریت و بازالت میباشد. به منظور تعیین محیط تکتونیکی و ماگمایی تشکیل دهنده سنگهای مورد مطالعه از نمودارهای مختلفی استفاده شده است، در نمودارهای تکتونوماگمایی $TiO_2-10MnO-10P_2O_5$ ، نمودار Ti در برابر V و نمودار Ti در مقابل Zr سنگهای منطقه مورد مطالعه را مربوط به بازالت های کالکو الکالن جزایر قوسی یا کمان ماگمایی با ترکیب شوشونیتی معرفی مینمایند. نمودارهای Ta/Yb در برابر Ta و نمودار Th/Hf در مقابل Ta/Hf نمونه های مورد مطالعه را در محدوده حاشیه فعال قاره ای (ACM) مربوط به جزایر قوسی نشان میدهد. نمودارهای Yb_N در مقابل La_N/Yb_N و نمودار Y در مقابل Sr/Y سنگهای منطقه را مرتبط با بازالت های کمان ماگمایی نشان میدهند. از طرف دیگر نمودار Th در برابر Co و نمودار Ta/Yb در مقابل Th/Yb سنگهای منطقه را با سرشت کالک الکالن با پتاسیم بالا و شوشونیتی نشان میدهند. بنابراین طبق نمودارهای تفکیک کننده محیط های تکتونیکی سنگهای آذرین منطقه مورد مطالعه با ترکیب شوشونیتی و مرتبط با حاشیه فعال قاره ای مربوط به جزایر قوسی می باشند.

کلید واژه ها: تکتونوماگمایی، سنگهای آذرین، مشکین شهر، اردبیل.

Study of tectonomagmatic environment of igneous rocks in northern Meshkinshahr, Ardebil province

Mohammad Fadaeian, Faculty member, Payame Noor University, Tehran, Iran

Abstract:

The study area is located in Ardebil province and north of Meshkinshahr and around the village of Orduhkan Kandy. The chemical composition of igneous rocks is dominated by trachy andesite, andesite, tephrite and basalt.

Different graphs have been used to determine the tectonic environment of the studied rocks. In $TiO_2-10MnO-10P_2O_5$ diagram, Ti against V and Ti diagram against Zr , of the studied rocks are related to magmatic arc introducing the Shoshonites combination. In addition, the Ta/Yb against Ta and the Th/Hf versus Ta/Hf diagrams show the studied samples in the ACM for Island arcs. The Yb_N diagrams versus La_N/Yb_N and Y versus Sr/Y show the region's rocks associated with magmatic arc basalts. On the other hand, the Th diagram against Co and the Ta/Yb graph in front of Th/Yb show that this rocks with the nature of high calcium alkaline with high potassium and shoshonite. Therefore, in accordance with the charts separator tectonic environments, the combination Shoshonites igneous rocks that are relevant to active continental margin arc of islands.

Keywords: Tectonomagmatic, Igneous rocks, Meshkinshahr, Ardebil.

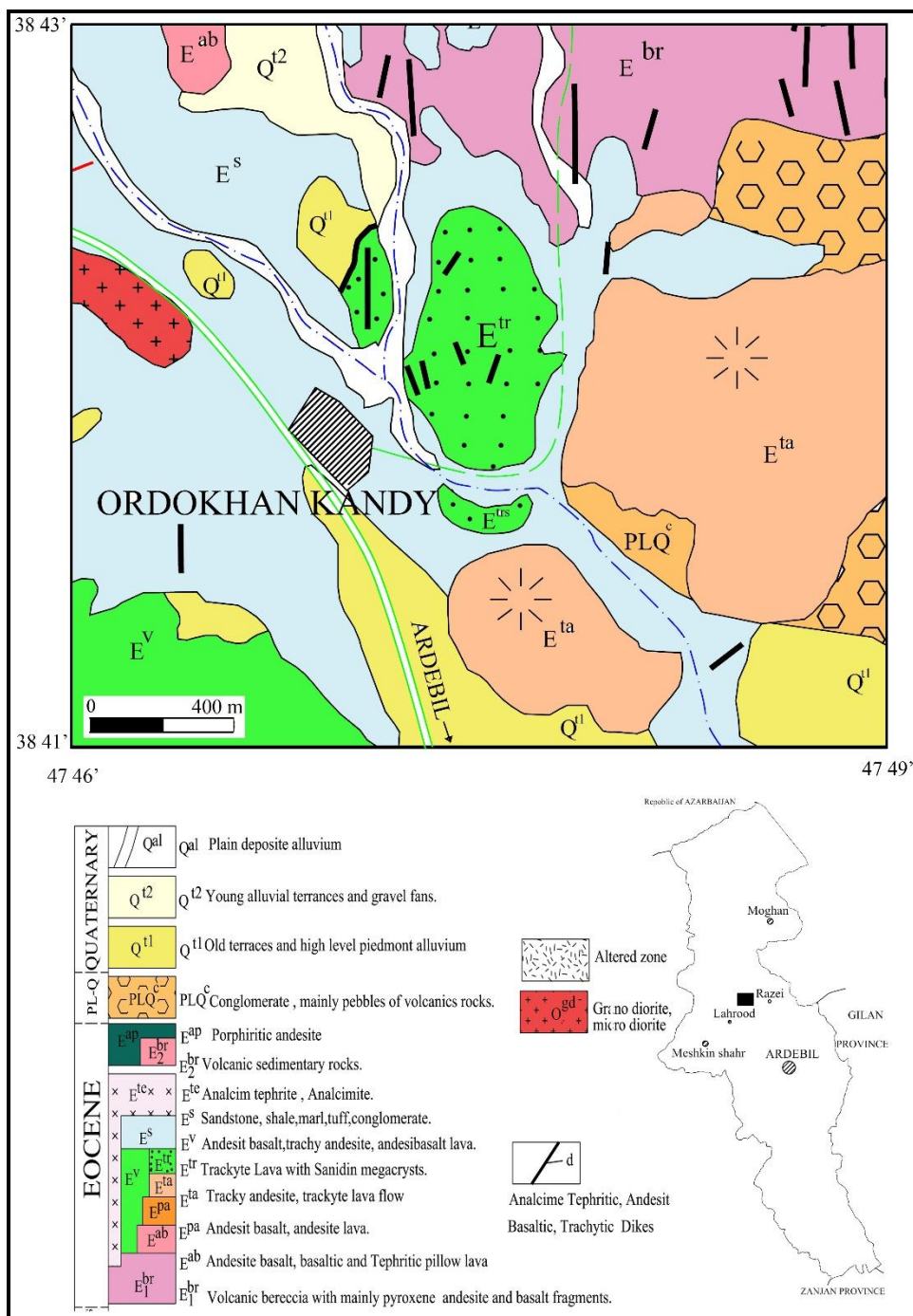


مقدمه :

منطقه مورد مطالعه در استان اردبیل و شمال شهرستان مشکین شهر و اطراف روستای اردوخان کندی واقع شده است. سنگهای آذرین این منطقه عمدتاً آذرین و به سن ائوسن هستند. ترکیب شیمیایی این سنگها به طور غالب شامل تراکی آندزیت، آندزیت، تفریت و بازالت می باشد. در برخی مناطق برونزد سنگهای رسوبی از جنس ماسه سنگ، مارن و توف های ماسه ای مشاهده میشود. قدیمی ترین سنگها مربوط به برش های ولکانیکی می باشد (شکل ۱). مطالعات پترونتیکی سنگهای آذرین، می تواند در ارتباط با خصوصیات از جمله منشأ ماگماها، شرایط ذوب بخشی و میزان تغییرات بعدی ماگماهای اولیه مشتق شده از گوشته و انتقال و ذخیره آن در مخازن ماگمایی سطوح بالا باشد. این مطالعات می بایستی بر اساس مشاهدات دقیق صحرایی، مطالعات دقیق پتروگرافی و ژئوشیمی عناصر اصلی، فرعی، کمیاب و ایزوتوپ های پایدار و رادیوژنیک در نمونه های مورد مطالعه استوار باشد. علاوه بر این اگر چنانچه فعالیت آذرین مربوط به عهد حاضر نباشد، سن آن بایستی تعیین شده و ایده آل آن است که این عمل با روش سن سنجی ایزوتوپی صورت پذیرد. یکی از اهداف اساسی مطالعه پتروژنز سنگهای آذرین این است که ویژگی های منشأ ماگما از طریق مذاب های بخشی اولیه جدا شده در عمق و سیر تحولی آن در هنگام صعود مورد مطالعه قرار گیرد (Wilson, 1989). سنگهای منطقه مورد مطالعه ماهیت آلکالن نشان می دهند، بحث های صورت گرفته در مورد پتروژنز سنگهای آلکالن در بر گیرنده پیچیده ترین مباحث علم پترولوژی است و عوامل موثر بر ماگما همچون عمق، فشار، دما، نرخ ذوب بخشی، اختلاط، آلیش، روند تحولات عناصر اصلی و کمیاب، الگوهای تکنونوماگمایی و رابطه آن با زمان و بالاخره تلفیق مسائل فوق به نحوی که مکمل و تائید کننده یکدیگر بوده باشد در مطالعات پتروژنز مورد نظر است (معین وزیری و احمدی، ۱۳۷۷).

روش تحقیق:

با انجام بررسی های صحرایی نمونه برداری به ویژه از تنوعات سنگی، عکس برداری از شواهد و پدیده های زمین شناسی و دیگر ویژگی های زمین شناسی مورد مطالعه قرار گرفت. تعداد ۵۰ نمونه سنگی از منطقه، برای بررسی های آزمایشگاهی برداشته شد. ۴۰ نمونه برای تهیه مقاطع میکروسکوپی انتخاب و مطالعات سنگ نگاری با استفاده از میکروسکوپ پلاریزان انجام شد. پس از این مرحله به منظور مطالعات ژئوشیمیایی و سنگ شناسی ۴۰ نمونه مناسب برای تجزیه شیمیایی به روش XRF توسط شرکت کانساران بینالود تجزیه گردید. برای مطالعه پتروژنز سنگهای آذرین منطقه مورد مطالعه از نرم افزار های مدل سازی پترولوژی و ژئوشیمی استفاده گردید.

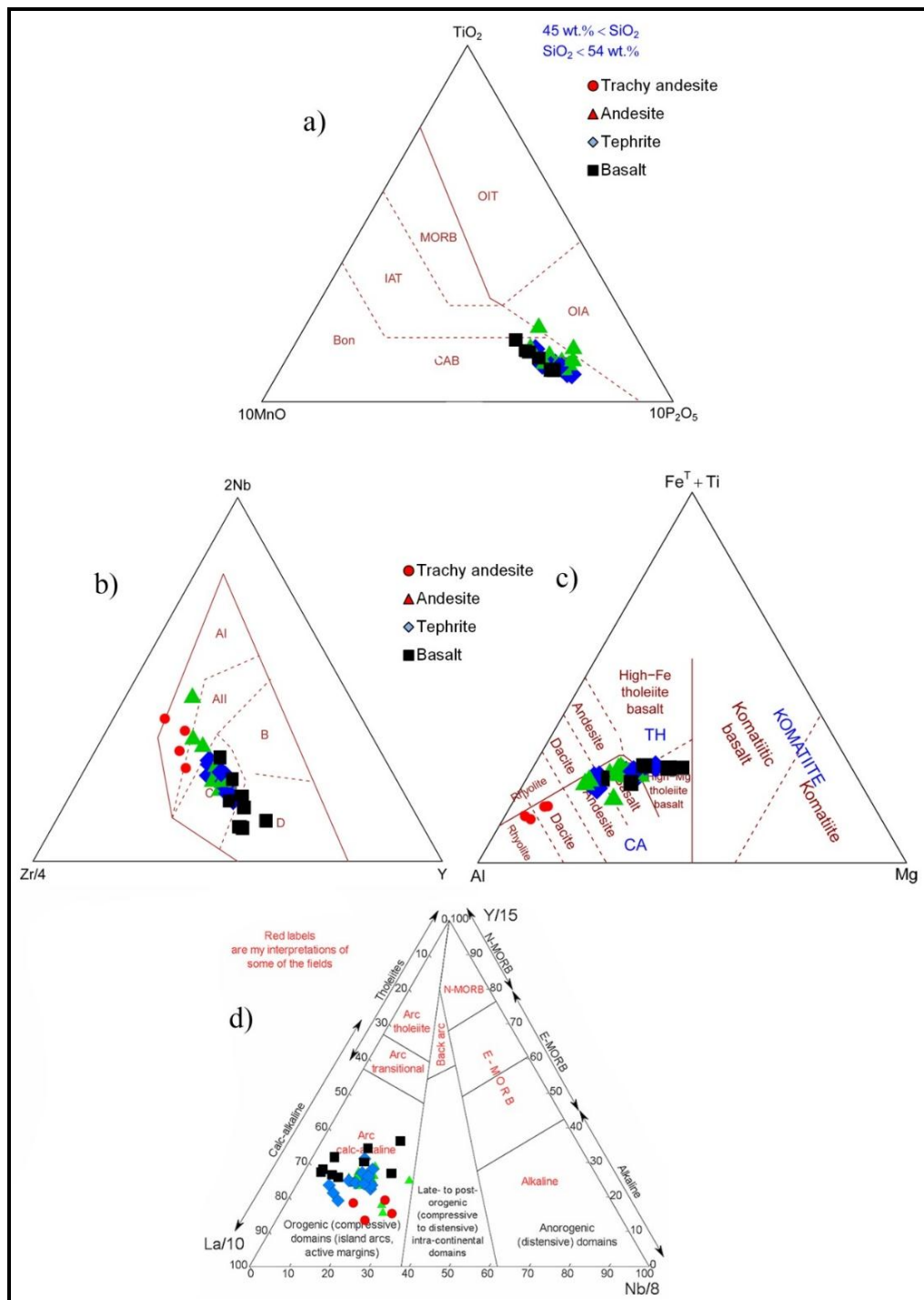


شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه در استان اردبیل و نقشه زمین شناسی محدوده مورد مطالعه (فدائیان، ۱۳۸۲)



بحث:

به منظور تعیین محیط تکتونیکی و ماگمایی تشکیل سنگ‌های مورد مطالعه از نمودارهای مختلفی استفاده شده است، که به شرح آن‌ها می‌پردازیم. در نمودار مثلثی $TiO_2-10MnO-10P_2O_5$ که توسط Mullen, 1983 ارائه شده است محیط‌های تکتونیکی مختلفی را برای بازالت‌ها و آندزیت‌های بازالتی با دامنه سیلیس 45-54% از هم تفکیک مینماید. البته مقادیر MnO , P_2O_5 به خاطر گسترده کردن محدوده در ۱۰ ضرب شده است. این کار گرچه سبب افزایش خطای تجزیه‌ای می‌شود اما این خطا چندان زیاد نیست و قابل اغماض است. عناصر Mn , Ti به راحتی در فازهای تفریق قرار می‌گیرند. در Mn الیومین، پیروکسن، تیتانومگنتیت و عنصر Ti در تیتانومگنتیت و پیروکسن. بنابراین تفاوت میان ماگماهای قوس آتشفشانی و بازالت‌های اقیانوسی می‌تواند به واسطه تفاوت الگوی تبلور تفریقی توجیه شود. نمونه‌های مورد مطالعه در محدوده CAB یا بازالت‌های کالک آلکالین جزایر قوسی یا کمان ماگمایی قرار می‌گیرند (شکل ۲-ا). در نمودار مثلثی $2Nb-Zr/4-Y$ که توسط Meschede, 1986 ارائه شده است انواع سنگ‌های بازالتی قابل تفکیک هستند. نمونه‌های مورد مطالعه در محدوده تولیت‌های داخل صفحه‌ای و بازالت‌های قوس آتشفشانی قرار می‌گیرند (شکل ۲-ب) در نمودار مثلثی $FeT+Ti-Al-Mg$ که توسط Jensen, 1976 ارائه شده است نمونه‌های مورد مطالعه در محدوده آندزیت بازالت‌های تولیتی غنی از منیزیم قرار می‌گیرند (شکل ۲-ج). در نمودار مثلثی $Y_{15}-La/10-Nb/8$ که توسط Cabanis, 1989 ارائه شده است، بازالت‌های قوس آتشفشانی، بازالت‌های قاره‌ای و بازالت‌های اقیانوسی را از یکدیگر تفکیک می‌کند. بازالت‌های قوس آتشفشانی به دو قسمت بازالت‌های کالک آلکالین و تولیت‌های جزایر قوسی تقسیم می‌شوند. نمونه‌های مورد مطالعه در محدوده بازالت‌های کالک آلکالین مرتبط با کمان ماگمایی و جزایر قوسی قرار می‌گیرند (شکل ۲-د). نمودار Ti در برابر V که توسط Shervivas (1982) ارائه و بعداً توسط Delik (2009) تکمیل شده است و محدوده‌ای بونونیت‌ها و شوشونیت‌ها به آن اضافه شده است، Ti , V اعضای مجاور سری اول عناصر واسطه در جدول تناوبی هستند ولی در سیستم‌های سیلیکاته رفتارهای متفاوتی نشان می‌دهند. که اساس تفکیک تولیت‌های قوس آتشفشانی، MORB و آلکالی بازالت‌ها می‌باشد. ضرایب جدایش برای V بسیار متنوع بوده و در کانیهای مانند کلینوپیروکسن و مگنتیت به عنوان تابعی از فعالیت اکسیژن تا چندین برابر تغییر می‌کند. در مقابل Ti فقط به صورت Ti^{4+} حضور دارد. تغییرات در غلظت V نسبت به Ti به عنوان ابزاری برای سنجش فعالیت اکسیژن ماگما و پدیدهای تفریق بلوری می‌باشد. MORB در نسبت‌های Ti/V بین 20-50 قرار می‌گیرد، بازالت‌های جزایر اقیانوسی و آلکالین در نسبت‌های بین 50-100 قرار می‌گیرند تولیت‌های جزایر قوسی در نسبت‌های بین 10-20 همپوشانی کمی به سمت محدوده MORB دارد. و بازالت‌های کالک آلکالین با روندی نزدیک به قائم و نسبت Ti/V بین 15-50 قرار می‌گیرند. طبق این نمودار نمونه‌های مورد مطالعه در محدوده بازالت‌های کالک آلکالین جزایر قوسی و شوشونیت‌ها قرار می‌گیرند (شکل ۳-ا). نمودار Th در برابر Co که توسط Hastie et al., 2007 ارائه شده است سری‌های



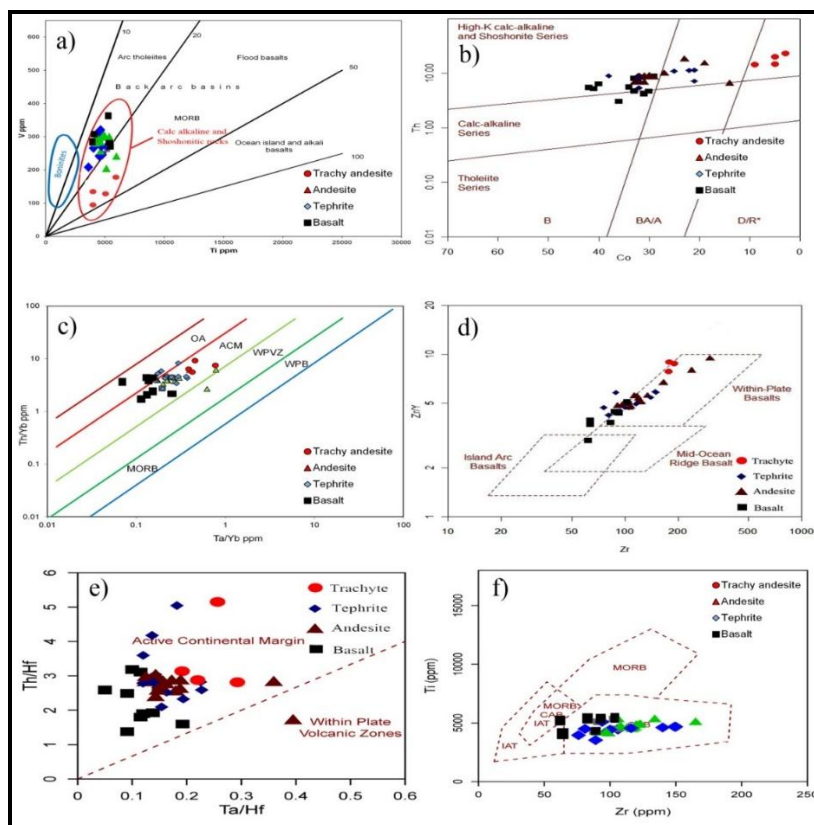
شکل ۲- (a) نمودار مثلی TiO_2 - $10MnO$ - $10P_2O_5$ که توسط Mullen, 1983 ارائه شده است، (b) نمودار مثلی $2Nb$ - $Zr/4$ - Y که توسط Meschede, 1986 ارائه شده است، (c) نمودار مثلی Fe^T+Ti - Al - Mg که توسط Jensen, 1976 ارائه شده است، (d) نمودار مثلی $Y15$ - $La/10$ - $Nb/8$ که توسط Cabanis, 1989 ارائه شده است.

آلکانل، کالک آلکانل با پتاسیم بالا و شوشونیتی و نیز تولییتی را از هم تفکیک میکند، نمونه های مورد مطالعه در محدوده کالک آلکانل با پتاسیم بالا و شوشونیتی قرار می گیرند (شکل ۳-ب). در نمودار Ta/Yb در برابر Ta/Yb که توسط Schandle & Gorton, 2002 ارائه شده است. نمونه های مورد مطالعه در محدوده حاشیه فعال قاره ای (ACM) مربوط به جزایر قوسی قرار میگیرند (شکل ۳-ج). نمودار Zr vs Zr/Y که توسط Pearce & Norry, 1979 ارائه شده است، بازالت های جزایر قوسی، MORB و بازالت های درون صفحه ای را از هم تفکیک مینماید. همچنین از این نمودار ها می توان برای تفکیک بازالت های جزایر قوسی به دو گروه بازالت های قوس های اقیانوسی (جایی که فقط پوسته اقیانوسی در تشکیل قوس دخالت دارد) و بازالت های قوسهای قاره ای (که حواشی فعال قاره ای توسعه یافته اند) استفاده کرد که طبق این نمودار های نمونه های مورد مطالعه در محدوده قوس قاره ای قرار میگیرند (شکل ۳-د). همچنین در نمودار Ta/Hf vs Th/Hf که توسط Schandle & Gorton, 2002 ارائه شده است نمونه های مورد مطالعه در محدوده حاشیه فعال قاره ای قرار میگیرند (شکل ۳-ه). در نمودار Zr vs Ti که توسط Pearce & Conn, 1973 ارائه شده است، محدوده های بازالت های MORB، بازالت های تولییتی قوس و کالک آلکانل از هم تفکیک می شود که نمونه های مورد مطالعه در محدوده بازالت های کالک آلکانل قوسهای ماگمایی قرار میگیرند (شکل ۳-ف). در نمودار Zr vs Ti که توسط Pearce, 1982 ارائه شده است محیط های تکتونیک MORB، بازالت های درون صفحه ای و جزایر قوسی از هم تفکیک شده است. نمونه های مورد مطالعه در محدوده جزایر قوسی قرار میگیرند (شکل ۴-ا). در نمودار های Yb_N در مقابل La_N/Yb_N و نمودار Y در مقابل Sr/Y که توسط Hansen, 2002 ارائه شده است محیط های مربوط به کمان ماگمایی تفکیک شده است که نمونه های مورد مطالعه در محدوده کمان ماگمایی قرار میگیرند (شکل ۴-ج، د). مجموعه نمودار هایی که Agrawal در سال ۲۰۰۸ ارائه داده است بر اساس روابط و توابع زیر جهت تفکیک بازالت های MORB، بازالت های کمان ماگمایی، بازالت های جزایر اقیانوسی و بازالت های ریف قاره ای بکار میرود، طبق این نمودار ها نمونه ها در محدوده بازالت های کمان ماگمایی قرار میگیرند (شکل ۵). DF1, DF2 طبق روابط زیر توسط نرم افزار GCDKIT 3.00 محاسبه شده است.

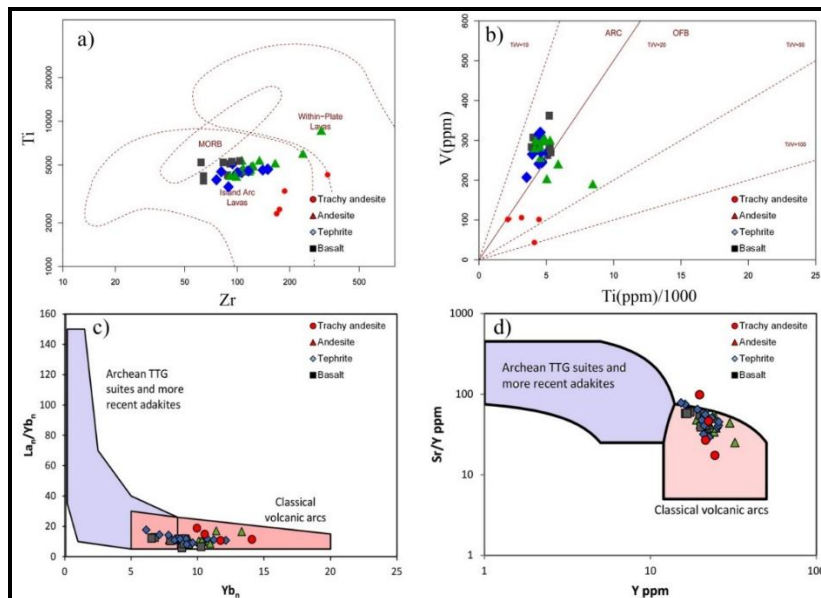
$$DF1 = -4.6761 \cdot \ln(TiO_2/SiO_2)_{adj} + 2.5330 \cdot \ln(Al_2O_3/SiO_2)_{adj} - 0.3884 \cdot \ln(Fe_2O_3/SiO_2)_{adj} + 3.9688 \cdot \ln(FeO/SiO_2)_{adj} + 0.8980 \cdot \ln(MnO/SiO_2)_{adj} - 0.5832 \cdot \ln(MgO/SiO_2)_{adj} - 0.2896 \cdot \ln(CaO/SiO_2)_{adj} - 0.2704 \cdot \ln(Na_2O/SiO_2)_{adj} + 1.0810 \cdot \ln(K_2O/SiO_2)_{adj} + 0.1845 \cdot \ln(P_2O_5/SiO_2)_{adj} + 1.5445$$

$$DF2 = 0.6751 \cdot \ln(TiO_2/SiO_2)_{adj} + 4.5895 \cdot \ln(Al_2O_3/SiO_2)_{adj} + 2.0897 \cdot \ln(Fe_2O_3/SiO_2)_{adj} + 0.8514 \cdot \ln(FeO/SiO_2)_{adj} - 0.4334 \cdot \ln(MnO/SiO_2)_{adj} + 1.4832 \cdot \ln(MgO/SiO_2)_{adj} - 2.3627 \cdot \ln(CaO/SiO_2)_{adj} - 1.6558 \cdot \ln(Na_2O/SiO_2)_{adj} + 0.6757 \cdot \ln(K_2O/SiO_2)_{adj} + 0.4130 \cdot \ln(P_2O_5/SiO_2)_{adj} + 13.1639$$

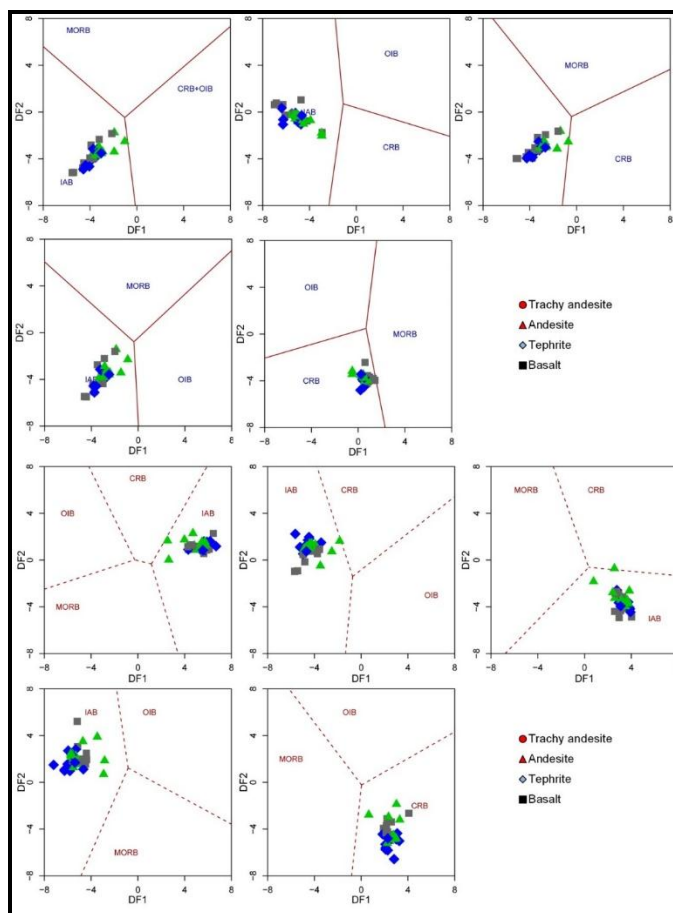
در نمودار Ta/Yb در مقابل Th/Yb (Pearce, 1983) (شکل ۶) اهمیت نقش تبلور تفریقی و هضم را در تکامل سنگ های شوشونیتی منطقه مورد مطالعه را نشان می دهد. که نمونه ها اکثراً در محدوده شوشونیتی قرار میگیرند و نقش فرآیند تفریق بلورین در سنگ های مورد مطالعه را نشان میدهد.



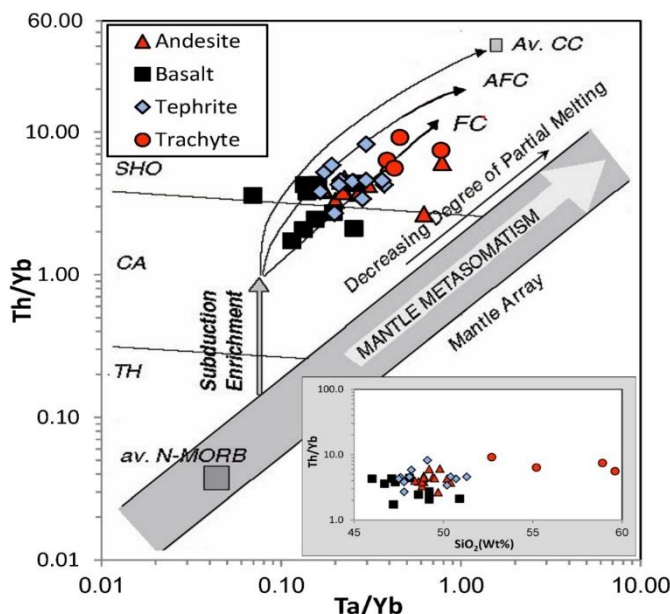
شکل ۳- (a) نمودار Ti vs V که توسط Shevivas, 1982 ارائه شده و بعد ها توسط Delik, 2011 محدودده ای بونونیت ها و شوشونیت ها به آن اضافه شده است، (b) نمودار Th vs Co که توسط Hastie et al., 2007 ارائه شده است، (c) نمودار Ta/Yb vs Ta/Yb که توسط Schandle & Gorton, 2002 ارائه شده است، (d) نمودار Zr vs Zr/Y که توسط Pearce & Norry, 1979 ارائه شده است، (e) نمودار Ta/Hf vs Th/Hf که توسط Schandl & Gorton, 2002 ارائه شده است، (f) نمودار Zr vs Ti که توسط Pearce & Conn, 1973 ارائه شده است



شکل ۴- (a) نمودار Zr vs Ti که توسط Pearce, 1982 ارائه شده است، (b) نمودار Ti در مقابل V، (c) نمودار های YbN در مقابل LaN/YbN و نمودار Y در مقابل Sr/Y که توسط Hansen, 2002 ارائه شده است.



شکل ۵- (a) مجموعه نمودار های ارائه شده توسط Agrawal, 2008. (b) مجموعه نمودار های ارائه شده توسط Verma et al., 2006.



شکل ۶- نمودار ارائه شده توسط After Pearce, 1983 که نمونه ها اکثراً در محدوده شوشونیتی قرار میگیرند که نقش فرآیند تفریق بلورین در سنگ های مورد مطالعه در نمودار مشخص میباشد.

◆◆◆◆◆◆

نتیجه گیری :

در نمودار های تکنونوماگمایی $TiO_2-10MnO-10P_2O_5$ ، نمودار Ti در برابر V و نمودار Ti در مقابل Zr سنگهای منطقه مورد مطالعه را مربوط به بازالت های کالکو الکالن جزایر قوسی یا کمان ماگمایی با ترکیب شوشونیتی معرفی مینمایند. نمودارهای Ta/Yb در برابر Ta و نمودار Th/Hf در مقابل Ta/Hf نمونه های مورد مطالعه را در محدوده حاشیه فعال قاره ای (ACM) مربوط به جزایر قوسی نشان میدهد. نمودارهای Yb_N در مقابل La_N/Yb_N و نمودار Y در مقابل Sr/Y سنگهای منطقه را مرتبط با بازالت های کمان ماگمایی نشان میدهند. از طرف دیگر نمودار Th در برابر Co و نمودار Ta/Yb در مقابل Th/Yb سنگهای منطقه را با سرشت کالک الکالن با پتاسیم بالا و شوشونیتی نشان میدهند. بنابراین طبق نمودار های تفکیک کننده محیط های تکتونیکی سنگهای اذرین منطقه مورد مطالعه با ترکیب شوشونیتی و مرتبط با حاشیه فعال قاره ای مربوط به جزایر قوسی می باشند.

◆◆◆◆◆◆

منابع فارسی :

فدائیان م.، ۱۳۸۲، "پتروگرافی و پترولوژی سنگ های آذرین شمال مشکین شهر"، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی تهران، ص ۱۷۵.
معین وزیری، حسین و احمدی، علی. ۱۳۷۷. "پتروگرافی و پترولوژی سنگ های آذرین"، انتشارات دانشگاه تربیت معلم تهران، ۵۳۰ صفحه.

References:

Agrawal, S., Guevara, M., Verma, S.P., 2008, Tectonic discrimination of basic and ultrabasic volcanic rocks through log-transformed ratios of immobile trace elements: International Geology Review, 50, 1057-1079.



Cabanis, B., Lecolle, M., 1989. The La/10-Y/15-Nb/8 diagram: a tool for discriminating volcanic series and evidencing continental crust magmatic mixtures and/or contamination [La diagramme La/10-Y/15-Nb/8: un outil pour la discrimination des series volcaniques et la mise en evidence des processus de melange et/ou de contamination crustale]. Comptes Rendus - Academie des Sciences, Serie II, 309(20): 2023-2029.

Dilek, Y., Altunkaynak, S., 2009. Geochemical and temporal evolution of Cenozoic magmatism in western Turkey: mantle response to collision, slab break-off, and lithospheric tearing in an orogenic belt. Geol. Soc. London, Spec. Publ.

Hansen, J., Skjerlie, K.P., Pedersen, R.B., and De La Rosa, J., 2002, Crustal melting in the lower parts of island arcs: an example from the Bremanger Granitoid Complex, west Norwegian Caledonides; Contributions to Mineralogy and Petrology, v. 143, p. 316-335.

Hastie, A.R., Kerr, A.C., Pearce, J.A., Mitchell, S.F., 2007. Classification of altered volcanic island arc rocks using immobile trace elements: development of the Th-Co discrimination diagram. Journal of Petrology, 48(12): 2341-2357.

Jensen, L.S., 1976. A new cation plot for classifying subalkalic volcanic rocks (Vol. 66). Ministry of Natural Resources.

Meschede, M., 1986. A method of discriminating between different types of mid-ocean ridge basalts and continental tholeiites with the Nb-Zr-Y diagram. Chemical Geology, 56(3-4): 207-218.

Mullen, E.D., 1983. MnO/TiO₂/P₂O₅: a minor element discriminant for basaltic rocks of oceanic environments and its implications for petrogenesis. Earth and Planetary Science Letters, 62(1): 53-62.

Pearce, J. A., & Norry, M. J., 1979- Petrogenetic implications of Ti, Zr, Y, and Nb variations in volcanic rocks. Contributions to mineralogy and petrology, 69(1), 33-47.

Pearce, J.A. and Cann, J.R., 1973, Tectonic setting of basic volcanic rocks determined using trace element analyses, earth planet. Sci. lett., 19, pp. 290-300.

Pearce, J.A., 1982. Trace element characteristics of lavas from destructive plate boundaries. Orog. andesites Relat. rocks.

Shervais, J.W., 1982. Ti-V plots and the petrogenesis of modern and ophiolitic lavas. Earth and Planetary Science Letters, 59, 101-118.

Schandl, E.S., Gorton, M.P., 2002. Application of high field strength elements to discriminate tectonic setting in new environments. Econ. Geol. 97, 629-642. doi:10.2113/gsecongeo.97.3.629

Wilson, M., 1989. Igneous Petrogenesis. A Global Tectonic Approach. Unwin Hyman, London, 466 p.

بررسی دمای دیرینه بخش بالایی سازند سورمه با استفاده از ایزوتوپ های پایدار کربن و اکسیژن (حوضه خلیج فارس)

♦♦♦♦♦♦♦♦

زهره قلندری^۱، محمد وحیدی نیا^۲، سید رضا موسوی حرمی^۳

^۱دانشجوی دکتری چینه و فسیل شناسی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران، zo_gh197@mail.um.ac.ir

^۲دانشیار، گروه آموزشی زمین شناسی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران، vahidinia@um.ac.ir

^۳استاد، گروه آموزشی زمین شناسی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران، mousavi@um.ac.ir

♦♦♦♦♦♦♦♦

چکیده:

بخش بالایی سازند سورمه (زون عرب) با سن ژوراسیک بالایی، قدیمی ترین سازند مخزنی گروه خامی محسوب می شود. در این مطالعه، ایزوتوپ کربن پایدار و ایزوتوپ اکسیژن سازند سورمه فوقانی در بخش میانی خلیج فارس مورد مطالعه قرار گرفته است. سنگ شناسی این بخش در این بخش شامل سنگ آهک، دولومیت و انیدریت است و بر روی سازند دارب و زیر سازند هیث قرار گرفته است. محاسبه دمای دیرینه، بر اساس میزان ایزوتوپ اکسیژن در سازند سورمه فوقانی، نشان می دهد که دمای محیط حدود ۲۳٫۸ درجه سانتیگراد در طی رسوب گذاری این سازند بوده است.

کلید واژه ها: سازند سورمه، ژوراسیک پسین، دمای دیرینه، خلیج فارس

Stable carbon and oxygen isotope analysis of Upper Surmeh Formation in Middle part of Persian Gulf

Zohreh Ghalandari¹, Mohammad Vahidinia^{2*}, Seyed Reza Mousavi Harami³

¹Ph.D student, Stratigraphy and Paleontology, Ferdowsi university of Mashhad, Iran, zo_gh197@mail.um.ac.ir

^{2*}Associate Professor, Department of Geology Ferdowsi university of Mashhad, Iran, vahidinia@um.ac.ir

³Professor, Department of Geology Ferdowsi university of Mashhad, Iran, mousavi@um.ac.ir

Abstract:

Surmeh Formation is the oldest Formation of Khami Group. In this study, Stable carbon and oxygen isotope of Upper Surmeh Formation in middle part of Persian Gulf have been studied. Lithology of this part in this studied section consist of Limestone, Dolomite and anhydrite and is located on the Darb Formation and under the Hith Formation. Palaeotemperature calculation, based on the heaviest oxygen isotope value in the upper Surmeh Formation shows that ambient water temperature was around ۲۳٫۸ °C during the deposition of this formation.

Keywords : Surmeh Formation, Upper Jurassic, Paleotemperature, Persian Gulf

♦♦♦♦♦♦♦♦

مقدمه :

در محل بُرش الگو (کوه سورمه، ۱۲۰ کیلومتری جنوب باختری شیراز)، سازند سورمه با ۷۶۲ متر ستبر، سنگ آهک دولومیتی و دولومیت است که یک بخش از سنگ آهک رسی نازک لایه و با مقاومت ضعیف، در قسمت میانی دارد. سازند سورمه هم‌ارز «سازند عرب» در عربستان و دیگر کشورهای عربی است که مخازن بسیار عظیم نفت را در خود دارد. (آقاباتی، ۱۳۸۳)

سازند سورمه فوقانی به عنوان یک توالی کلاسیک کربناته دولومیتی و انیدریتی یکی از سازندهای مخزنی مهم دنیا بوده که میادین هیدروکربنی مهمی را در خاورمیانه تشکیل می‌دهد. بخش بالایی سازند سورمه که معادل با بخش عرب بوده به عنوان یک سازند اکتشافی مورد توجه است. میدان بلال یکی از میادینی است که بخش بالایی سازند سورمه (عرب زون) در آن مخزن نفت می‌باشد از مطالعات پیشین بر اساس داده‌های ایزوتوپی بر روی سازند سورمه و یخس عرب می‌توان به محمودی، ۱۳۸۵ و میرشاهانی، ۱۳۸۹ اشاره نمود.



موقعیت جغرافیایی میدان مورد مطالعه:

میدان نفتی بلال در فاصله حدوداً یکصد کیلومتری جنوب غربی جزیره لاوان با مختصات جغرافیایی ۲۶ درجه و ۱۹ دقیقه شمالی و ۵۲ درجه و ۳۲ دقیقه شرقی در آبهای خلیج فارس و در نزدیکی مرز آبی با کشور قطر قرار دارد.



روش تحقیق:

آنالیز ایزوتوپ‌های کربن و اکسیژن برای تعیین دمای دیرینه

استفاده از ایزوتوپ‌های پایدار به ویژه ایزوتوپ‌های کربن و اکسیژن اطلاعات با ارزشی در زمینه دمای محیط رسوب-گذاری، دمای دیاژنتیکی، روند دیاژنز در محیط‌های دیاژنتیکی، تفکیک کربناتها در نواحی مختلف و شوری را ارائه می‌دهد (Marshall, 1992). برای انجام این تحقیق، ۶ نمونه تمام مغزه چهار اینچی و ۸ نمونه پلاگ یک و نیم اینچی برای آنالیز ایزوتوپ‌های کربن و اکسیژن از بین نمونه‌های کلسیتی و دولومیتی انتخاب کردیم که نتایج حاصله به شرح ذیل است:

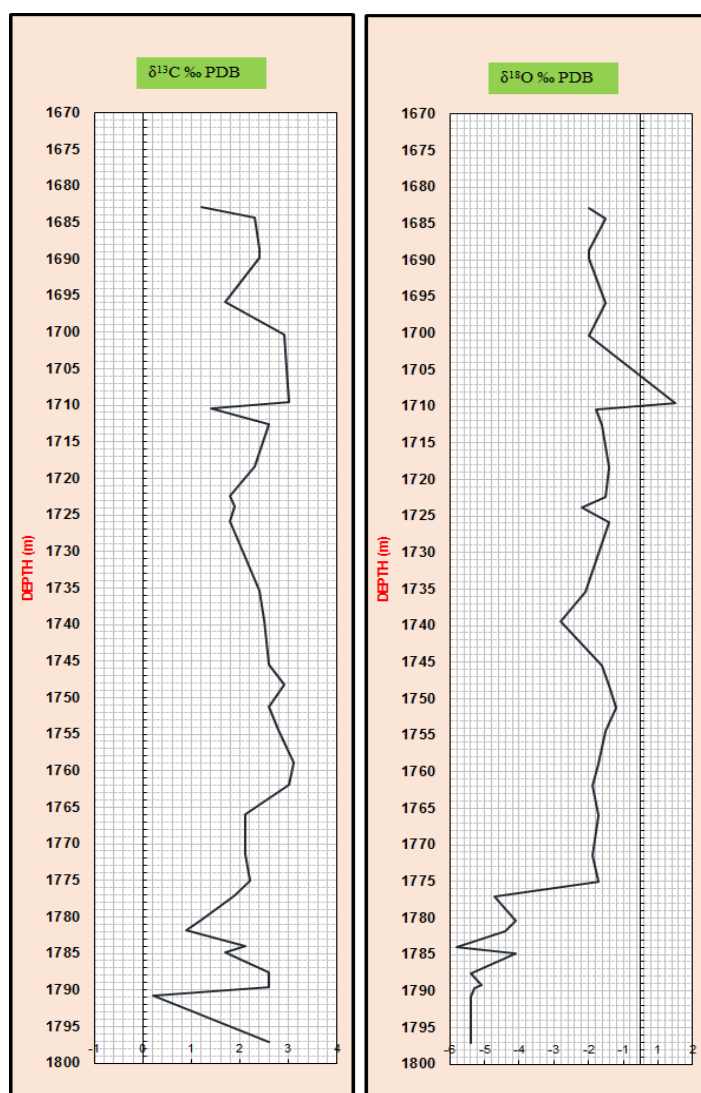
آنالیز ایزوتوپی نمونه‌های تمام مغزه چهار اینچی: مقادیر ایزوتوپ اکسیژن در سنگ آهک‌های سازند سورمه فوقانی در این نمونه‌ها، به طور میانگین ۰٫۹- تا ۵٫۳-PDB ‰ است و مقادیر ایزوتوپ کربن طور میانگین ۰٫۲ تا ۳٫۱-PDB ‰ است. آنالیز ایزوتوپی نمونه‌های پلاگ یک و نیم اینچی: مقادیر ایزوتوپ اکسیژن در سنگ آهک‌های سازند سورمه فوقانی در این نمونه‌ها، به طور میانگین ۴٫۲-PDB ‰ است و مقادیر ایزوتوپ کربن طور میانگین ۰٫۷-PDB ‰ است.

میزان میانگین استاندارد آب دریا (SMOW) برای محاسبه دمای دیرینه بسیار مهم است. تعیین دمای قدیمه تشکیل کربناتها یکی از کاربردهای مهم ایزوتوپ اکسیژن است (Morse and Mackenzie 1990; Kasting, et al, 2006) برای تعیین دمای آب در زمان تشکیل رسوبات از معادله آندرسون و آرتور (1983) استفاده شده است.

$$T = 16.0 - 4.14(\delta c - \delta w) + 0.13(\delta c - \delta w)^2$$

در این معادله T دما برحسب درجه سانتیگراد و مقدار δC مقدار ایزوتوپ اکسیژن و مقدار δw مقدار ایزوتوپ اکسیژن آب دریا در زمان تشکیل برحسب SMOW است.

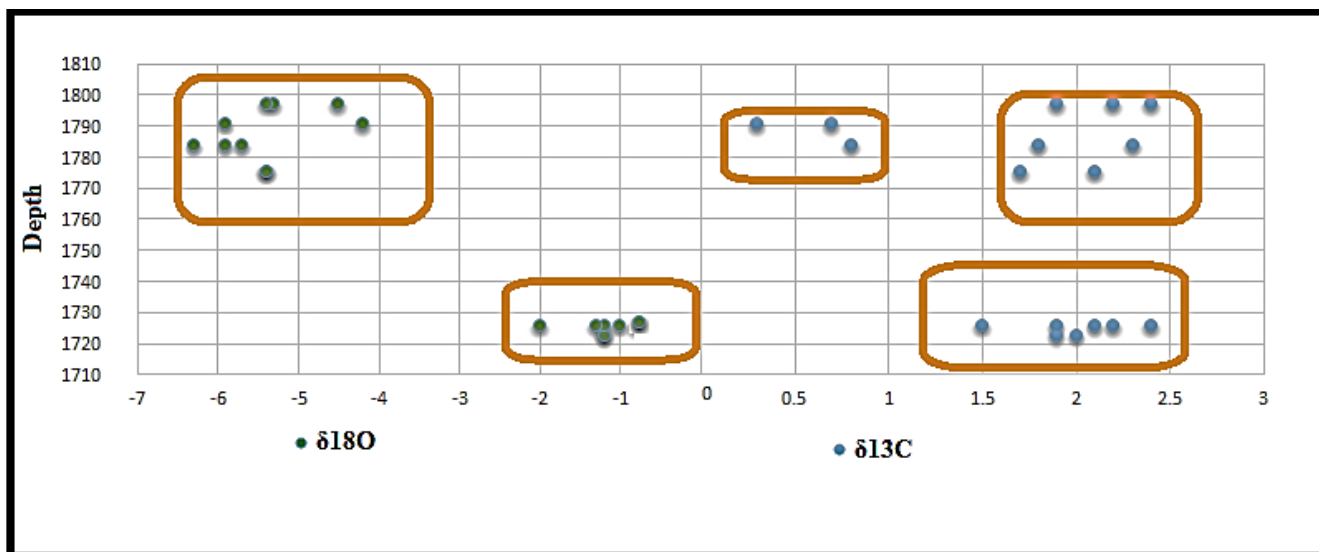
الشرحان و همکاران ۱۹۹۵ برای دریای ژوراسیک، SMOW را ۱,۲- در نظر گرفته اند. مقادیر به دست آمده از آنالیز ایزوتوپ ها در جداول و شکل های زیر نشان داده شده اند.



شکل ۱. ترسیم مقادیر ایزوتوپی در اعماق اندازه گیری شده

Depth(meter)	Rock Type	$\delta^{13}\text{C} \text{ ‰ PDB}$	$\delta^{18}\text{O} \text{ ‰ PDB}$
1683	Dolomite	1.2	-1.5
1684		2.3	-1
1689		2.4	-1.5
1690		2.4	-1.5
1696		1.7	-1
1700		2.9	-1.5
1710		3	1
1710		1.4	-1.3
1713		2.6	-1.1
1718		2.3	-0.9
1722		1.8	-1
1724		1.9	-1.7
1726		1.8	-0.9
1735		2.4	-1.6
1739		2.5	-2.3
1746		2.6	-1.1
1748		2.9	-0.9
1751		2.6	-0.7
1754		2.8	-1
1759		3.1	-1.2
1762		3	-1.4
1766		2.1	-1.2
1771		2.1	-1.4
1775	Calcite	2.2	-1.2
1777		1.9	-4.2
1780		1.2	-3.6
1782		0.9	-3.9
1784		2.1	-5.3
1785		1.7	-3.6
1788	Dolomite	2.6	-4.9
1789		2.6	-4.6
1790	Calcite	2.6	-4.8
1791		0.2	-4.9
1797		2.6	-4.9

جدول ۱. مقادیر ایزوتوپ های کربن و اکسیژن در نمونه تمام مغزه چهار اینچی



شکل ۲. ترسیم مقادیر ایزوتوپ های کربن و اکسیژن در اعماق اندازه گیری شده در پلاگ ها

Depth(meter)	Sample Type	$\delta^{13}\text{C} \text{ ‰ PDB}$	$\delta^{18}\text{O} \text{ ‰ PDB}$
1722	Gastropod	2	-1.2
1722	Dolomite	1.9	-1.2
1726		1.9	-2
1726	Peloids	1.5	-1.2
1726		2.4	-0.8
1726	Dolomite	2.2	-1
1726		2.1	-1.3
1775	Calcite	2.1	-5.4
1775		1.7	-5.4
1784		0.8	-6.3
1784		1.8	-5.9
1784		2.3	-5.7
1791	Bivalves	0.7	-4.2
1791	Calcite	0.3	-5.9
1797	Calcite	2.2	-5.3
1797		2.4	-5.4

جدول ۲. مقادیر ایزوتوپ کربن و اکسیژن در نمونه پلاگ یک و نیم اینچی

◆◆◆◆◆◆

نتیجه گیری :

برای انجام این تحقیق، ۶ نمونه تمام مغزه چهار اینچی و ۸ نمونه پلاگ یک و نیم اینچی برای آنالیز ایزوتوپ های کربن و اکسیژن از بین نمونه های کلسیتی و دولومیتی انتخاب کردیم، منحنی های نسبی دمایی می تواند به عنوان یک ابزار برای

تفسیر، از نظر درجه حرارت یا ترکیب اصلی آب استفاده شود. در این روش فرض می شود که در طی دمای بارندگی، فاز جامد کربنات با فاز مایع برابر است و به عنوان آب والد (منبع) شناخته می شود، براساس مقادیر به دست آمده که در جداول و شکل ها نشان داده شده است، دمای دیرینه آب در طی رسوبگذاری سازند سورمه حدود ۲۳٫۸ درجه سانتیگراد بوده است.



منابع فارسی :

میرشاهانی، مریم، ۱۳۸۹، "میکروفاسیس، محیط رسوبی و ژئوشیمی رسوبات سازند سورمه در منطقه اشترانکوه، زاگرس مرتفع"، پژوهش های چینه نگاری و رسوب شناسی، شماره ۳۹، (۷۰-۴۹)



References:

Brand, U., and J. Veizer, 1981, *Chemical diagenesis of a multicomponent carbonate system-II: Stable Isotopes*: Journal of Sedimentary Petrology, v. 51, p. 987-997.

Jalilian AH (2010) *Sequence stratigraphy of the Surmeh Formation (Lower to Upper Jurassic) in the Central Zagros Mountains, southwest Iran*. PhD thesis submitted to the Department of Geology at Tarbiat Moallem University, Tehran

James GA, Wynd JG (1965) *Stratigraphic nomenclature of Iranian oil consortium agreement area*.

Lasemi, Y. & Jalilian, A. H., 2010, "The Middle Jurassic basinal deposits of the Surmeh Formation in the Central Zagros Mountains, southwest Iran": Facies, Stacking Pattern and Controls. Carbonates and Evaporites. 13p.

MARSHALL, J. D. & MIDDLETON, P. D. 1990. *Changes in marine isotopic composition and the late Ordovician glaciation*. Journal of the Geological Society, London 147, 1-4

MARSHALL, J. D. 1992 *Climatic and oceanographic isotopic signals from the carbonate rock record and their preservation*, Geol. Mag. 129 (2), 1992, pp. 143-160. Printed in Great Britain

Morse J.W., and F.T. Mackenzie, 1990, *Geochemistry of Sedimentary Carbonates*. Developme

Wynd JG (1965) *Biofacies of the Iranian oil consortium agreement area*. Iranian Oil Operating Companies, Report 1082, p 89

Winefield, P.R., C.S. Nelsion, and P.W. Hodder, 1996, *Discriminating temperate carbonates and their diagenetic environments using bulk elemental geochemistry: a reconnaissance study based on New Zealand Cenozoic limestones*. Carbonates and Evaporites, v.11, p.19-31.

ژئوشیمی و کانی شناسی رسوبات نمکی دشت تبریز جنوب حوضه دریاچه ارومیه، منطقه گوغان

دکتر جعفر شریفی، دکتر بهزاد حاج علیلو، الهام چوپانی آقا علی

دانشگاه پیام نور، گروه زمین شناسی کد پستی ۱۹۳۹۵-۴۶۹۷

j.sharifi39@gmail.com

چکیده:

منطقه مورد مطالعه بخشی از دشت نمکی تبریز در جنوب دریاچه ارومیه بین شهرهای گوغان-داشکسن قرار دارد. سطح دشت تبریز شامل حوضچه های نمکی، ساخت تپه‌ای، درزهای عمیق، تپه های کوچک گلی، پوشش لایه نمکی، رسهای ژئوسداز، کانال های رودخانه ای و پوشش گیاهی وجود دارد. بر اساس مطالعات میکروسکوپی ذرات موجود در رسوبات ژئپس، نمک، رس و ذرات خرده سنگ منشاء ولکانیک، آهک، چرت در اشکال مختلف شامل سوزنی، کروی، دوکی، کپسولی میباشد. مطالعات کانی شناسی با روش پراش اشعه ایکس (XRD) کانیهای هالیت، ژئپس، کوارتز، فلدسپات، آلپیت، آنورتیت، کائولنیت، کلریت، ایلیت، کائولنیت تعیین شده است. ترکیب شیمیایی رسوبات با روش فلورانس پراش ایکس و طیف سنجی جرمی تابشی (XRF, ICP-MS)، در کل ۵۶ عنصر شامل اکسیدهای، عناصر کمیاب نادر و خاکی تعیین شده است. بر اساس تفسیر نسبت داده های ژئوشیمیایی، رسوبات منطقه از نوع رس با محتوای نمک و ژئپس میباشد و سنگ منشاء موثر در تشکیل این رسوبات، سیلیسی کلاستیک های قدیمی و سنگ آذرین فلسیک میباشد. عناصر شیمیایی موجود در رسوبات در مقایسه با متوسط شیمی سطح بالای قاره (UCC) عناصر TiO_2 , CaO , Na_2O , P_2O_5 , K_2O , Al_2O_3 , SiO_2 , Zr , Co , Zn , Pb مانند MgO , MnO , Fe_2O_3 , Ni , Cr , Cu , Th , U , Sr تهی شده اند. از عناصر خاکی سبک (LREE) اشباع شده بر عکس عناصر خاکی متوسط و سنگین (MREE, HREE) تهی شده اند. بی هنجاری عناصر خاکی مانند $\text{Eu}/\text{Eu}^*=0.21$, $\text{Ce}/\text{Ce}^*=4.90$ و زمان تشکیل رسوبات را محیط اکسیدان نشان میدهد.

کلید واژه ها: کانی شناسی، ژئوشیمی، ریز گرد، دشت تبریز، دریاچه ارومیه، گوغان-داشکسن

Geochemistry and mineralogy of salt sediments of Tabriz plain in the southern basin of Urmia Lake, Gogan

Dr. Jafar Sharifi, Dr. Behzad Hajalilo, Elham Choopani.

Department of Geology, Payam e Noor University, P.O.Box 19395-4697, Tehran, Iran

Abstract:

The study area is part of the Tabriz plain in the south of Urmieh Lake between the cities of Goghana-Dashkasan. The surface of Tabriz plain includes salt ponds, tepee structure, deep fissure, small mud hills, salt overlay, gypsum clay, river canals and vegetation. Based on microscopic studies, particles in sediments include gypsum, salt, clay and particles of volcanic origin, limestone, chert in various forms including needles, spheres, spindle, capsules. X-ray diffraction mineralogical studies (XRD) have been identified for halite, gypsum, quartz,

feldspar, albite, anorthite, kaolinite, chlorite, illite and kaolinite minerals. The chemical composition of the sediments is determined by fluorescence diffraction (XRF) and mass spectrometry (ICP-MS), a total of 56 elements, including oxides, rare earths, and rare earth elements. Based on the interpretation of the geochemical data, the sediments of the region are clay with salt and gypsum content, and the rock is an effective source for the formation of these sediments, old clastics sediment and igneous felsic rock. The chemical elements present in the sediments are saturated with the mean geochemistry of the continental surface (UCC) TiO_2 , CaO , Na_2O , P_2O_5 , MgO , MnO , Fe_2O_3 , Ni , Cr , Cu , Th , U , Sr . In contrast elements such as SiO_2 , Zr , Co , Zn , Pb , K_2O , Al_2O_3 have been depleted. They are saturated with light earth elements (LREE), and unlike, medium and heavy earth elements (MREE, HREE) are depleted. The anomalies of earth elements such as $\text{Ce} / \text{Ce}^* = 4.90$, $\text{Eu} / \text{Eu}^* = 0.21$ are formed during the formation of sediments in an oxidant environment.

Key words: Mineralogy, Geochemistry, Rizgar, Tabriz plain, Urmia Lake, Gogan-Dashksen.

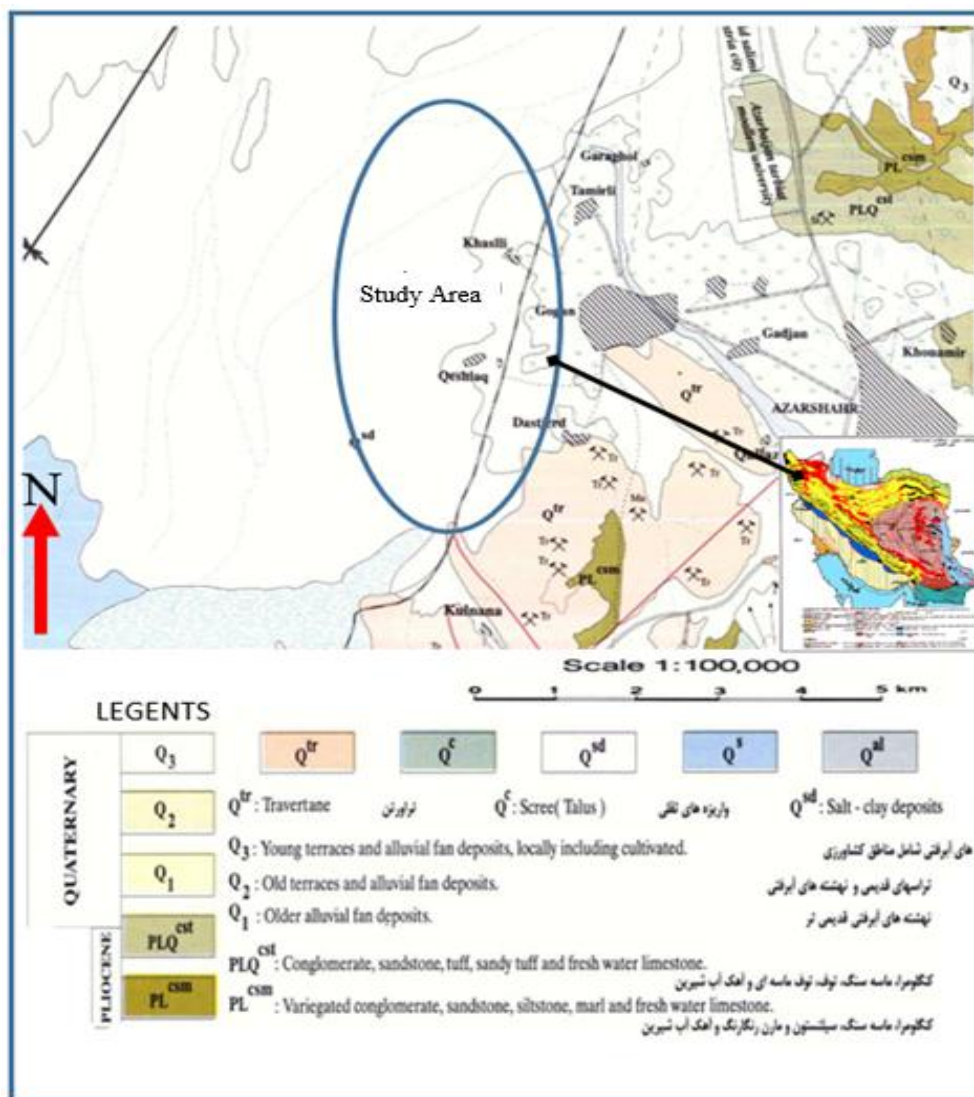
مقدمه :

منطقه مورد مطالعه در نقشه زمین شناسی به مقیاس ۱/۱۰۰۰۰۰ قرار دارد (قدیرزاده و دیگران، ۱۳۸۴) رسوبات دشت تبریز بر اساس ویژگیهای فیزیکوشیمیایی مهمترین منشاء ریزگردهای شمال غرب ایران محسوب میشود. منطقه خاور میانه یکی از مهمترین منشأ ریزگرد در کمربند توفان های نیمکره شمالی از ساحل غربی شمال آفریقا الی تقریباً کل خاور میانه، مرکز و آذربایجان شرقی و بخصوص دشت وسیع تبریز در بخش (Prospero et al., ۲۰۰۲). جنوب آسیا تا شمال چین قرار دارد شمالی این کمربند قرار دارد که دارای آب و هوای خشک و نیمه خشک و دارای توپوگرافی مسطح، گرد بادهای فصلی و کمبود پوشش گیاهی همراه با رسوبات سست نمکی-ژیپسی است (شکل-۱). اکثر باتلاق ها، دریاچه ها، پلایاهای نمکی موجود در مناطق خشک و نیمه خشک با رسوبات سست و بین دانه ها بدون سیمان و در اثر وقوع باد ریزگردهای نمکی (دشت تبریز نیز بصورت پلایای گسترده دارای رسهای نمکی-ژیپسی همراه با حوضچه Goudi e et al., ۲۰۰۱ حاصل شود) های نمکی، خاکهای قرمز رنگ سست و بدون سیمان، در وقوع توفان و گرد باد منشاء ریزگرد بوده و منطقه را تهدید میکند. ریزگردها نسبت به محیط منشأ دارای ویژگی های خاصی مانند رنگ، کانی شناسی و ژئوشیمی متفاوتی دارند و از نظر محیط زیست فاجعه بار هستند. بادهای موسومی بخصوص در فصل بهار و تابستان (مرداد - شهریور) در منطقه خیلی فعال است و اغلب ساکنین منطق و باغات میوه در پوشش این طوفانها میباشد و چندین بار در حین وقوع طوفان بشدت خسارت وارد شده است. در منطقه رسوبات رسی سست نمکی-ژیپسی دشت تبریز شمال غرب ایران به رنگ قرمز-خاکستر از نظر کانی شناسی و ژئوشیمی دارای حائز اهمیت است و نیاز به مطالعه دارد در این طرح بررسی شده است.

روش تحقیق:

منطقه مورد مطالعه در جنوب دریاچه ارومیه بخشی از دشت تبریز بین شهر گوغان و روستای داشکسن میباشد. بعد از مطالعات صحرایی و تعیین و بررسی محیطهای موجود در دشت تعداد ۲۰ عدد نمونه از رسوبات متفاوت بطور منظم برداشت شده است. روش نمونه برداری از دشت تبریز به صورت سطحی و در بعضی مکانها در عمق ۰-۲۰ سانتیمتر انتخاب و از مناطق مختلف دشت تهیه شده است. تعداد ۱۰ عدد رسوب انتخاب شده و دو تا از داخل این نمونه ها برای

تعیین کانیشناسی پراش اشعه ایکس (XRD)، و و همچنین برای تعیین ویژگیهای شیمیایی اعم از تعیین اکسیدهای اصلی (XRF)، عناصر کمیاب و عناصر خاکی (ICP-MS) در آزمایشگاه های سازمان زمین شناسی ایران آنالیز شده است. بعد از دریافت نتایج آنالیز ارزیابی و تفسیر شده است.

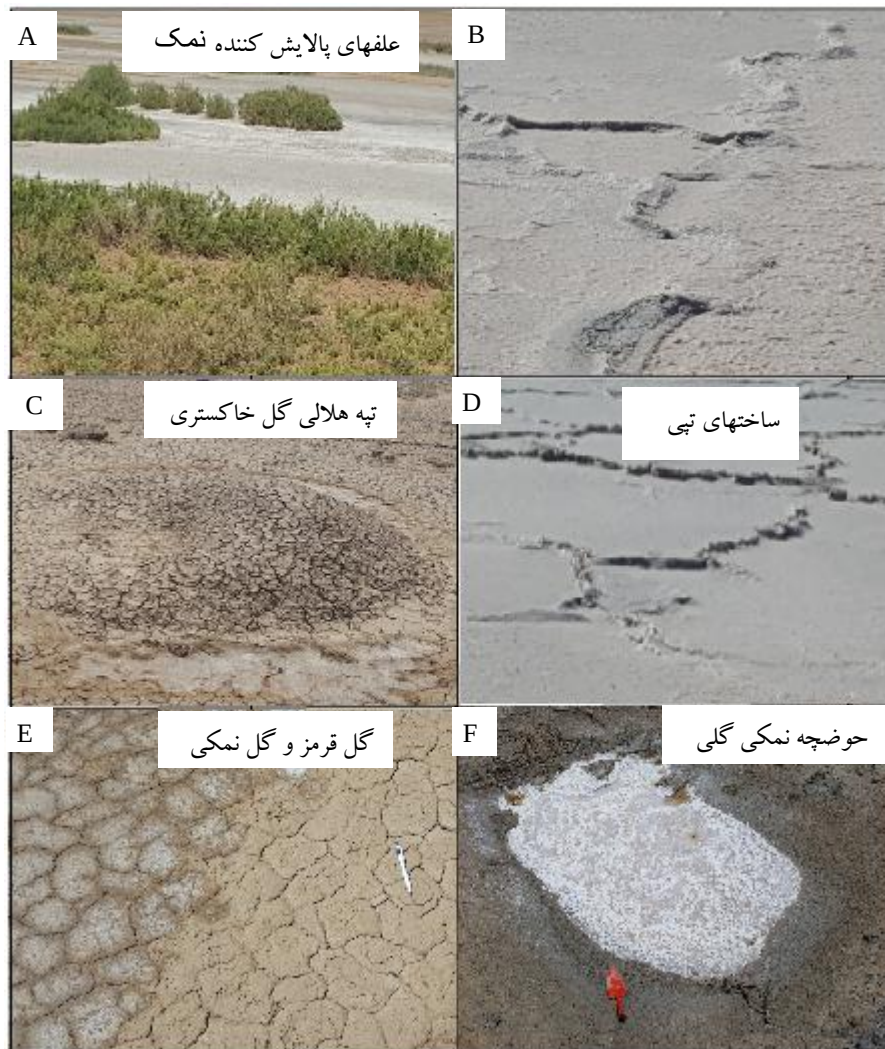


شکل-۱: نقشه زمین شناسی منطقه مورد مطالعه د شهرستان گوغان-دانشکسن.

نتیجه گیری :

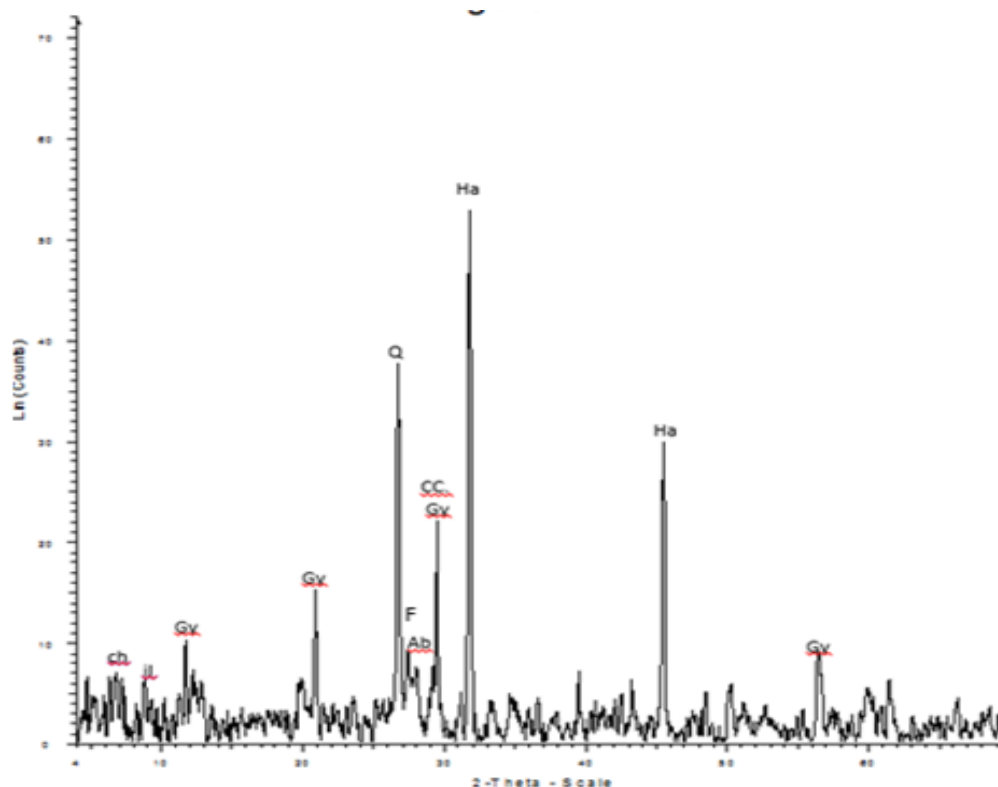
دشت تبریز یک دشت وسیع بطور مسطح همراه با حوضچه های گلی نمکی، کولاب های لجنی و با ساخت های رسوبی متعدد تپی، تپه های گلی کوچک هلالی شکل، رسوبات قرمز رنگ ترک دار و پوشش نمک و پوشش گیاهی که املاح نمکی را تصفیه میکنند (شکل-۲) اطراف دشت رودخانه های زیادی وجود دارد که این دشت را در زمان بارندگی از نظر آب و رسوب تقویت و کنترل میکنند. رسوبات موجود در دشت از طرف کوه های آتشفشانی سهند، سنگ های متعدد از

دوران پالئوزوئیک الی کواترنر کنترل می شود. سطح دشت از پوشش نمکی، رسوبات قرمز رنگ، خاکستری و سیاه پوشیده شده است.



شکل-۲: ساختهای متعدد موجود در سطح دشت تبریز در منطقه گوگان-داشکسن

برای تعیین کانی شناسی رسوبات منطقه به وسیله دستگاه پراش اشعه ایکس (XRD) آنالیز شده است. کانی های تعیین شده شامل هالیت (Ha)، فلدپسات (F)، ژپس (G)، کوارتز (Q)، آلبیت (Ab)، آنورتیت (An)، کلسیت (CC) بطور ناچیز رس با منحنی ۱۰۰ کوتاه و پهن شامل کائولینیت (Ka)، کلریت (chl)، ایلیت (il)، مونتمورلینیت (Mo) می باشد (شکل-۳). نمونه رسوبات دشت تبریز در منطقه گوگان-داشکسن تعداد ۱۱ عدد انتخاب شده و برای تعیین اکسیدهای اصلی، عناصر کمیاب و نادر به وسیله دستگاه XRF (پراش اشعه ایکس) و (ICP-MS) تعداد ۱۰ اکسید و ۵۵ عنصر کمیاب و خاکی تعیین شده است و تعریف و تفسیر عناصر موجود در آنالیزهای شیمیایی نام رسوبات در منطقه با استفاده از لگاریتم نسبت اکسیدهای اصلی $\text{Log}(\text{Na}_2\text{O}/\text{K}_2\text{O})$ و $\text{Log}(\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3)$ (Herron, 1988; Hayashi et al., 1997) (شکل-۴)

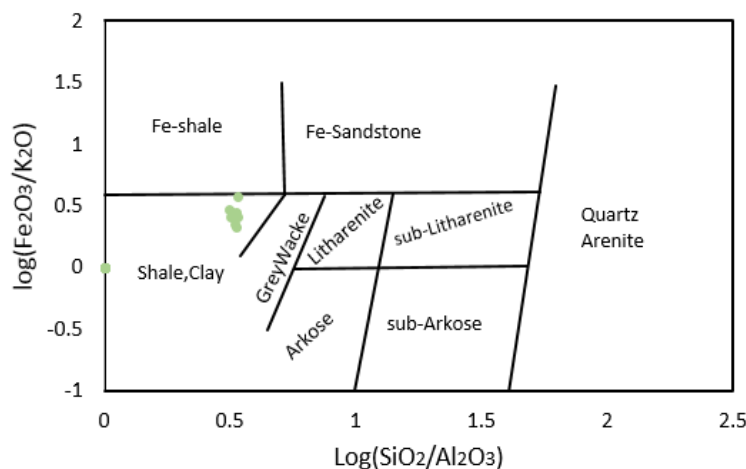


شکل-۳: منحنی نرمال پراش اشعه ایکس از رسوبات دشت منطقه مورد مطالعه

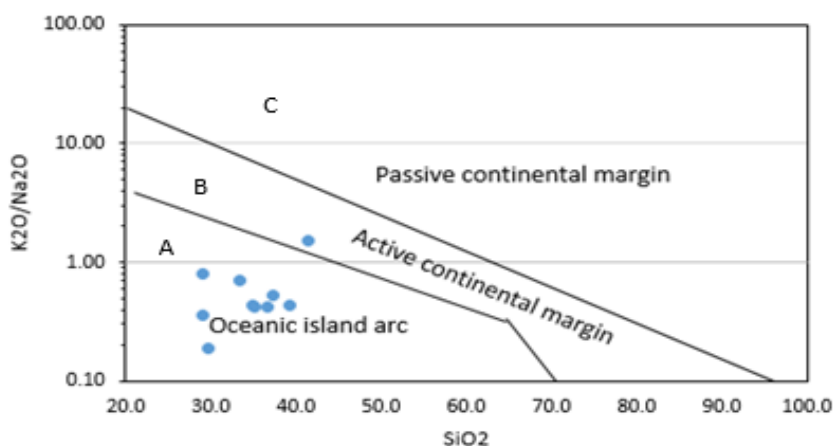
جایگاه تکتونیکی رسوبات دشت (Bhatia et al., 1986)، (شکل-۵)، منشاء پی سنگ اطراف حوضه رسوبی دشت تبریز در منطقه گوگان - داشکسن این رسوبات (Bhatia, 1983; Floyd et al., 1989; Roser et al., 1988)، (شکل-۶) جنس رسهای موجود در رسوبات (Culler et al., 2015) و شرایط جغرافیای منطقه در گذشته تعیین شده و عناصر اکسیدی، کمیاب و عناصر خاکی موجود در نمونه رسوبات با UCC (Taylor et al., 1985) مقایسه شده و تهی شدگی و غنی شدگی عناصر تعیین شده است، همچنین همبستگی عناصر نسبت به هم تعیین و رابطه گروهی عناصر همبسته بصورت منفی و مثبت در جدول نشان داده شده و علاوه بر این عناصر موجود نسبت به Al_2O_3 , SiO_2 , TiO_2 , CaO بحث شده است. نسبت آنومالی Eu/Eu^* (از فرمول-۱) به عقیده (Taylor et al., 1985) و Ce/Ce^* (فرمول-۲) به عقیده ایلدر فیلد و دیگران (Elderfield et al., 1982) در رسوبات دشت تبریز نسبت به در منطقه گوگان - داشکسن نسبت به آنومالی منفی برابر $Eu/Eu^*=0.21$ و $Ce/Ce^*=4.90$ نسبت به UCC محاسبه شده است.

$$Eu/Eu^* = (Eu_{sample}/Eu_{UCC}) / \sqrt{(Sm_{sample}/Sm_{UCC} + Gd_{sample}/Gd_{UCC})} \quad (\text{فرمول-۱})$$

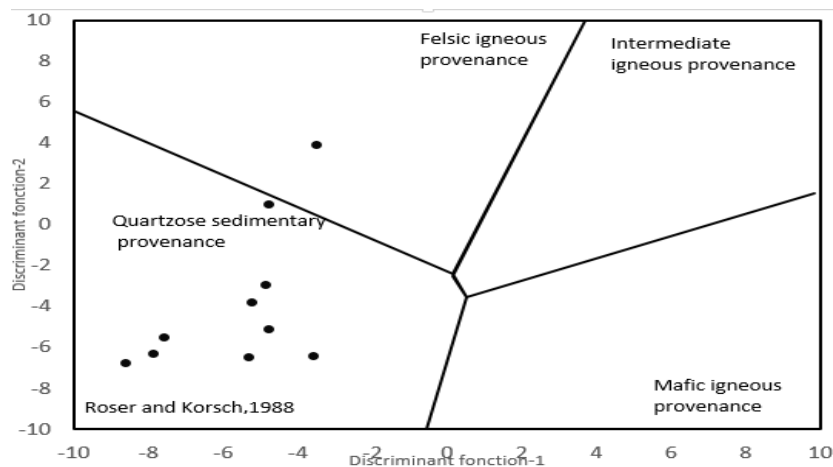
$$Ce/Ce^* = 2(Ce_{sample}/Ce_{PAAS}) / (La_{sample}/La_{PAAS} + Pr_{sample}/Pr_{PAAS}) \quad (\text{فرمول-۲})$$



شکل ۴- در نمونه های دشت تبریز منطقه گوگان- داشکسن از نسبت لگاریتمی $\text{Log}(\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{K}_2\text{O})$ به $\text{Log}(\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3)$ بیشتر نمونه ها در محدوده رس و یک نمونه در مرز رس-رس آهنگار قرار می گیرند.



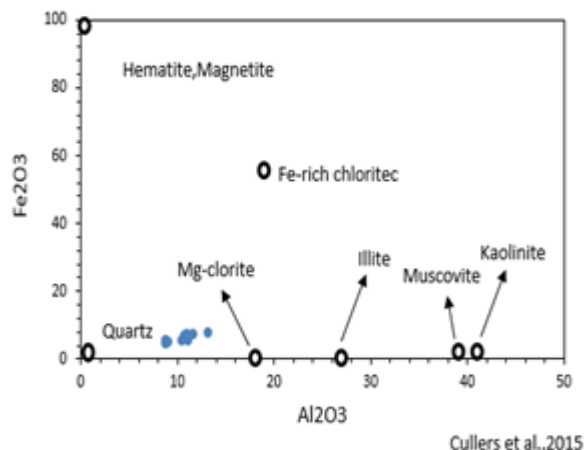
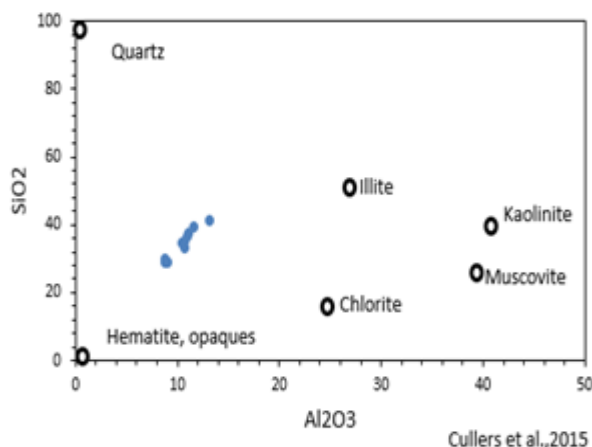
شکل ۵: تعیین جایگاه تکتونیکی رسوبات منطقه گوگان- داشکسن یک نمونه در محدوده حاشیه قاره فعال و ۹ نمونه در جزیره قوسی اقیانوسی قرار دارند.



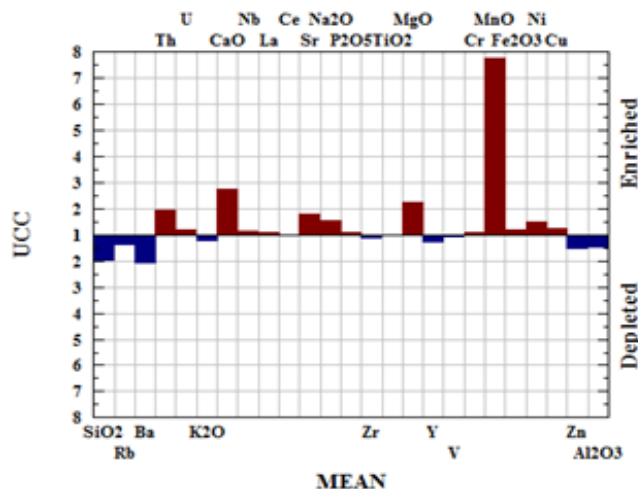
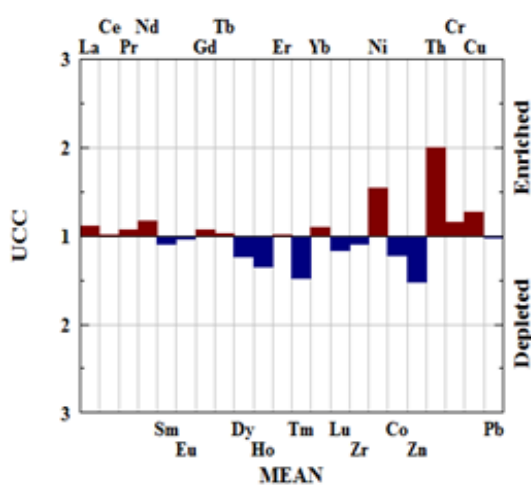
نمودار ۶: نمودار تفکیک کننده ۱ و ۲ برای تعیین منشأ رسوبات دشت تبریز در منطقه گوگان داشکسن سیلیسی کلاستیک های رسوبی و یک نمونه در محدوده سنگ های آذرین فلسیک میباشد.

$$D1 = -30/638 TiO_2 / Al_2O_3 - 12/541 Fe_2O_3(total) / Al_2O_3 + 7/329 MgO / Al_2O_3 + 12/031 Na_2O / Al_2O_3 + 35/402 K_2O / Al_2O_3 - 6/382$$

$$D2 = TiO_2 / Al_2O_3 - 10/879 Fe_2O_3(total) / Al_2O_3 + 30/875 MgO / Al_2O_3 - 5/404 Na_2O / Al_2O_3 + 11/112 K_2O / Al_2O_3 = 56/500$$



شکل ۷: تعیین نوع رس‌های بر مبنای عناصر Al_2O_3 در مقابل SiO_2 رس‌ها بیشتر در محدوده کلویت-ایلیت و کوارتز می‌باشند. نمونه‌های رسوبات منطقه گوغان-داشکسن با متوسط شیمی آرکنن پسین (UCC) مقایسه شده است (Taylor et al., 1985). عناصر خاکی نادر در منطقه مورد مطالعه تهی شدگی و اشباع شدگی نشان می‌دهند. تهی شدگی در عناصر خاکی متوسط (MREE) و سنگین (HREE) مشاهده می‌شود در عناصر خاکی سبک (LREE) کمی اشباع شدگی است (شکل ۵-۸). عنصر Eu , Ho تهی شدگی نشان می‌دهند این دو عنصر از در محیط آبی با تغییر نسبت $Ph-Eh$ تغییر می‌یابند. بیشترین تهی شدگی در Sm , HO , Tm , Eu مشاهده می‌شود که اکسیدان بودن محیط در این تهی شدگی تاثیر بسزا دارد. عناصر کمیاب غیر متحرک Zr , Zn , Co , Pb تهی شدگی و بر عکس عناصر Ni , Th , Cr , Cu غنی شدگی نشان می‌دهند. مقایسه اکسیدهای اصلی مانند TiO_2 , CaO , Na_2O , P_2O_5 , MgO , MnO , Fe_2O_3 نسبت به متوسط شیمی سطح بالای قاره (UCC) (Upper Continental Crust) اشباع شدگی نشان می‌دهند ولی عناصر SiO_2 , K_2O , Al_2O_3 تهی شدگی نشان می‌دهند.



شکل ۸: مقایسه عناصر اکسیدی، عناصر کمیاب و خاکی نادر نسبت به متوسط شیمی سطح بالای قاره (UCC).

در نتیجه منطقه مورد مطالعه بخشی از دشت تبریز بوده و در قسمت ساحلی شهرستان گوغان و روستای داشکسن قرار دارد و رسوبات از نظر پتانسیل ریزگرد اهمیت بیشتری دارد. دشت وسیع تبریز از نظر محیط رسوبی رودخانه ای، حوضچه های نمکی، دشت گلی و گلی-نمکی حاوی ساختهای تپی (Tepee)، ترکهای گلی، پوشش گیاهی (گیاهان تصویه کننده ژپس و نمک) و نوع رسوبات کانیهی آواری منشاء ولکانیک، آهک و رس و کانیهی شیمیایی ژپس - نمک میباشد. کانی شناسی منطقه مورد مطالعه شامل هالیت، ژپس، کوارتز، آلپیت، کلسیت، کلریت، ایلیت و در بعضی نمونه ها آنورتیت، کائولنیت، فلدسپات مشاهده میشود. نمودارهای تفکیک کننده جایگاه تکتونیکی رسوبات دشت تبریز منطقه گوغان-داشکسن کنار جزایر قوسی اقیانوسی و حاشیه قاره فعال تهنشین شده است. مقایسه عناصر اکسیدی، کمیاب و نادر نسبت UCC اکسیدهای اصلی مانند $\text{TiO}_2, \text{CaO}, \text{Na}_2\text{O}, \text{P}_2\text{O}_5, \text{MgO}, \text{MnO}, \text{Fe}_2\text{O}_3$ نسبت به UCC اشباع شده اند، ولی عناصر $\text{SiO}_2, \text{K}_2\text{O}, \text{Al}_2\text{O}_3$ تهی شدگی نشان میدهند. اشباع شدگی شدید MnO در UCC مشاهده میشود. در مقایسه با UCC عناصر کمیاب غیر متحرک $\text{Zr}, \text{Zn}, \text{Co}, \text{Pb}$ تهی شدگی و بر عکس عناصر $\text{Ni}, \text{Th}, \text{Cr}, \text{Cu}$ غنی شدگی نشان میدهند.

منابع فارسی

- آقائباتی، ع.، (۱۳۸۳)، "زمین شناسی ایران". سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
- آدابی، م.، (۱۳۸۳)، "ژئوشیمی رسوبی". تهران، انتشارات آرین زمین
- قدیرزاده آ.ر.، انوری آ.، سهندی م.، (۱۳۸۴): نقش زمین شناسی به مقیاس ۱/۱۰۰۰۰۰ عجیشر. گزارش سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور.

References

- Bhatia, MR. and Crook, K. A. W. (1986). "Trace element characteristics of graywackes and tectonic setting discrimination of sedimentary basins" (آدابی، ۱۳۸۳)
- Cullers R.L., 1988. "Mineralogical and chemical changes of soil and stream sediment formed by intense weathering of the Danburg granit", Georgia, U.S.A. Lithos, 21, 301-314.
- Elderfield H, Greaves M.J., 1982. "The rare earth elements in sea-water" [J]. Nature 296:214-219
- Floyd, P.A, Winchester J.A., Park, R.G., 1989. "Geochemistry and tectonic setting of lewisian clastic metasediments from the Early Proterozoic"
- Goudie, S.A., N.J. Middleton. N.J., 2001. "Saharan dust storms: nature and consequences School of Geography and the Environment", University of Oxford, Mansfield Road, Oxford OX1 3TB, UK
- Hayashi, Y., Hirose, F., Nishimoto, Y., Shiraki, M., Yamagishi, M., Matsukage, A., Yamaguchi, M. (1997)
- Herron M.M., 1988. "Geochemical classification of terrigenous sands and shales from core or log data". J. sedimentary petrology. Vol. 58. pp. 820-829.
- Roser, B. P. and Korsch, R. J. (1988). "Provenance signatures of sandstone-mudstone suites determined using discriminant function analysis of major-element data" Chem. Geol. 67, 119-139.
- Roser, B.P. and Korsch, R. J., 1986. "Determination of tectonic setting of sandstone- mudstone suites using SiO_2 content and $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ ratio". J. Geol. 94, 635-650.
- Prospero J. M., Ginoux P., Torres O., Nicholson S. E., and Gill T. E., 2002. "Environmental characterization of global sources of atmospheric soil dust identified with the nimbus 7 total ozone mapping spectrometer (TOMS) absorbing aerosol product. Rev". Geophys. 40,.

رهگیری شهابسنگ‌ها



مجتبی مصفا، کارشناسی ارشد مهندسی معدن و عضو طرح تحقیقاتی منیر، دانشگاه کاشان، m.mosaffa@hotmail.com



چکیده:

شهابسنگ‌ها نمونه سنگ‌های با ارزشی هستند که مطالعه‌ی آنان علاوه بر درک چگونگی تشکیل منظومه‌ی شمسی، به اکتشاف و استخراج مواد معدنی موجود در سیارک‌ها، اقمار و سیارات سنگی کمک می‌کند. می‌توان این سنگ‌های فرازمینی را از سه طریق مشاهده‌ی سقوط عینی، جستجو در بیابان‌های داغ و رهگیری مسیر آذرگویی (شهاب پر نور) آن در جو بازیابی کرد. مسیر آذرگویی‌ها توسط افراد یا دوربین‌های ناظر آسمان و یا ردیابی رادارها قابل رهگیری است. این مقاله با استفاده از طرح‌های انجام شده به چگونگی رهگیری مسیر شهابسنگ‌ها می‌پردازد. اهمیت این روش در یافتن قطعات شهابسنگ مدتی بعد از سقوط یعنی قبل از هوازدگی و تغییرات شیمیایی سنگ است تا مطالعه‌ی مواد آلی احتمالی موجود در آن امکان‌پذیر باشد. با مطالعه‌ی دقیق ترکیبات آلی در ساختار شهابسنگ‌ها امکان بررسی نحوه‌ی پیدایش سحابی اولیه‌ی خورشیدی و شکل‌گیری حیات در منظومه‌ی شمسی فراهم می‌شود.

کلید واژه‌ها: بازیابی شهابسنگ‌ها، دوربین‌های ناظر آسمان، ردیابی رادارها، شهابسنگ‌های سقوطی.

Meteorites Tracking

Mojtaba Mosaffa, University of Kashan, m.mosaffa@hotmail.com

Abstract:

Meteorites are sample of valuable rocks that their study, in addition to understanding how the Solar System formation, helps to explore and extract minerals in asteroids, moons and rocky planets. It can be recovered these extraterrestrial rocks from three ways; observing the objective fall, Search in hot desert, and tracking its fireball path in the atmosphere. The path of the fireballs can be trackable by individuals or observatories in the sky or detecting radars. This paper deals with how to track the meteorites path using done plans. The importance of this method in finding the meteorite fragments is short term after the fall, that is, before the weathering and chemical changes of the rock, so that is possible study of the probabilistic organic matters contained in it. By accurate studying the organic compounds in the structure of the meteorites, is provided possibility to scrutiny genesis of the primary solar nebula and the formation of life in the solar system.

Keywords: Meteorites recovery, Sky monitoring cameras, Radars detecting, fallout meteorites.



مقدمه :

شهابسنگ‌ها باقیمانده‌ی حاصل از سوختن سنگ‌های سرگردان جدا شده از سیارات، سیارک‌ها و دنباله‌دارها هستند که پس از عبور از لایه‌های مختلف جو به سطح زمین می‌رسند. این سنگ‌ها همانند سنگ‌های زمینی بیشتر از کانی‌های سیلیکاته

تشکیل شده‌اند، اما بر خلاف آن‌ها حاوی کانی‌های گروه پلاتین هستند. آنچه اهمیت مطالعه‌ی شهابسنگ‌ها را در استخراج مواد معدنی از سیارک‌ها دوچندان می‌کند؛ کاربرد عناصر جزئی و کمیاب در صنایع شیمیایی، فضایی، پزشکی و دارویی است. مطالعه‌ی بافت، ساختار و کانی‌های کمیاب حرارت بالا و حرارت پایین موجود در شهابسنگ‌ها به ویژه شهابسنگ‌های کندریتی کربن‌دار راهی برای توسعه‌ی مدل‌های شکل‌گیری سحابی اولیه‌ی خورشیدی و فرآیند پیدایش اجرام منظومه‌ی شمسی و توزیع عناصر در میان آن‌ها است. علاوه بر این داده‌های فراوانی عناصر خورشید و کندریت‌های کربن‌دار در تفسیر و گسترش مفاهیم پترولوژیکی جدید و یا اصلاح تفاسیر قبلی کمک می‌کند. آمینواسیدها، اجزای سازنده‌ی پروتئین‌ها، به طور ذاتی در کندریت‌های کربن‌دار دیده شده‌اند.

معروف‌ترین رویداد سقوط شهابسنگ در سال‌های اخیر مربوط به شهابسنگ چلیابینسک روسیه (۲۰۱۳) است که مردم در طول روز شاهد نور حاصل از سوختن و انفجار آن در جو بودند و زاویه‌ی عبور آن در جو باعث خسارت به اماکن و افراد گردید. در ایران نیز سقوط شهابسنگ‌ها مشاهده شده است که می‌توان به رویداد شهابسنگ ورامین (۱۲۵۹)، شهابسنگ نراق (۱۳۵۳)، شهابسنگ فامنین همدان و شهابسنگ مشمپای زنجان (۱۳۹۴) اشاره کرد.

در سال‌های اخیر به یمن آموزش و جستجوی تیم‌های متخصص توسط افراد آگاه تعداد شهابسنگ‌های ثبت شده از ایران در خبرنامه‌ی شهابسنگ‌شناسی^۱ افزایش پیدا کرده است. اکثر این شهابسنگ‌ها در ناحیه‌ی کویر لوت یافت شده‌اند و تنها تعداد محدودی از این یافته‌های شهابسنگی متعلق به دیگر بیابان‌های ایران هستند.

به نظر می‌رسد نخستین بازیابی سامان یافته‌ی شهابسنگ‌های سقوطی، رویداد شهابسنگ بیابان نوبانی^۲ سودان (۲۰۰۸) باشد که سیارک آن توسط تلسکوپ خودکار زمینه‌یابی آسمان کاتالینای آریزونا تشخیص داده شد. اخیراً نیز شهابسنگی در بوتسوانا^۳ ی آفریقای جنوبی (۲۰۱۸) بعد از ثبت رویدادی در دوربین‌های امنیتی و جستجوی طولانی در ناحیه‌ی ۲۰۰ کیلومترمربعی بازیابی شده است. تا کنون در خبرنامه‌ی شهابسنگ‌شناسی، شهابسنگی از ایران که حاصل رصد شبکه‌ی دوربین‌ها یا رادارها باشد، گزارش نشده است. سازمان بین‌المللی شهاب^۴ (IMO) با استفاده از شیوه‌ی مثلث‌بندی بعد از دریافت گزارشات شامل حد روشنایی، طول رد، مدت زمان رد و مسیر مداری آذرگویی‌های مشاهده شده توسط ناظران در سه نقطه، منطقه‌ی سقوط احتمالی شهابسنگ را تخمین می‌زند.

تعداد کندریت‌های کربن‌دار در خبرنامه‌ی شهابسنگ‌شناسی به ۲۳۲۴ مورد می‌رسد که تنها ۴۶ مورد آن جزو شهابسنگ‌های سقوطی هستند. مطالعه‌ی شهابسنگ کندریتی کربن‌دار منحصربه‌فرد شاترز میل^۵ آمریکا (۲۰۱۲) که توسط

¹ Meteoritical Bulletin

² Nubian

³ Botswana

⁴ International meteor organization

⁵ Sutter's Mill

رادار هواشناسی دوپلر تشخیص داده شد، نشان داد که ضمن داشتن ترکیب شیمیایی بسیار ناهمگن، دگرگونی زمینی در فراوانی نسبی عناصر به شدت سیدروفیل^۶ (HSE) مؤثر است. هر چند قطعات شهابسنگ میوکاندپورا^۷ ی هند (۲۰۱۷) به سرعت جمع آوری شده و تحت شرایط ضدباکتریایی نگهداری شده بود، تصدیق ارزیابی ترکیب آلی آن مرتبط با سایر شهابسنگ‌های هم طبقه‌اش است.

از آنجایی که شهابسنگ‌ها در روش بازیابی سامان‌یافته کمتر در شرایط محیطی زمین قرار گرفته‌اند؛ نسبت به شهابسنگ‌های با عمر زمینی زیاد داده‌های صحیح‌تر و بیشتری را منتقل می‌کنند. از این رو، این مقاله به معرفی روش یاد شده با به کارگیری تجهیزات تصویربرداری و رادیویی پرداخته است.



روش تحقیق:

طرح فریپون^۸ (۲۰۱۳) با هدف به کارگیری ۱۰۰ دوربین و ۲۵ رادار برای پایش آسمان فرانسه با حمایت آژانس تحقیق ملی فرانسه شروع به کار کرد. این طرح تا کنون حدود ۹۰ دوربین را وارد شبکه‌ی عملیاتی کرده است. شکل ۱ یکی از نخستین دوربین‌های نصب شده‌ی فریپون را نشان می‌دهد. شبکه‌ی فریپون با هدف گسترش در اروپا در کشورهای آلمان، انگلستان، رومانی، ایتالیا و اتریش در حال توسعه است.



شکل ۱: یکی از دوربین‌های نصب شده‌ی طرح فریپون در رصدخانه‌ی پاریس

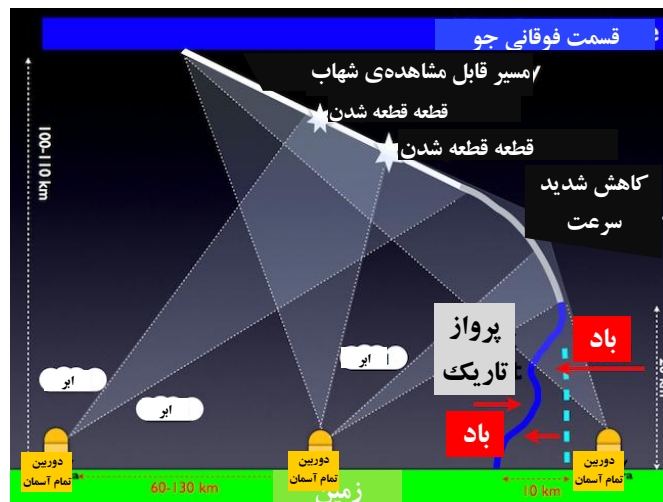
همانطور که از شکل ۲ مشاهده می‌شود، شهاب بعد از عبور از لایه‌های بالایی جو در میانگین ارتفاع ۱۰۵ کیلومتری از سطح زمین قایل رؤیت است. ضمن کاهش جرم و حجم سنگ هنگام طی مسیر و اعمال تنش بیشتر بر سنگ به دلیل تراکم

^۶ Highly siderophile elements

^۷ Mukundpura

^۸ Fripon (Fireball Recovery and Interplanetary Observation Network)

لایه‌های هوا در ارتفاعات پایین، سنگ به چند قطعه متلاشی می‌شود. بعد از کاهش شدید سرعت، احتمال تغییر مسیر پرتابی سنگ در ارتفاع ۲۰ تا ۳۰ کیلومتری با عوامل محیطی نظیر باد وجود دارد که موجب افزایش خطا در تخمین محل سقوط شهابسنگ می‌گردد. ایستگاه‌های قرارگیری دوربین‌ها با متوسط فاصله‌ی شعاعی ۱۰۰ کیلومتر از یکدیگر واقع می‌شوند؛ به طوری که حداقل میدان دید هر سه دوربین با یکدیگر همپوشانی داشته باشد. هر چه تعداد دوربین‌های با میدان دید مشترک بیشتر باشد، تعیین مسیر پرتابه با دقت بیشتری انجام می‌گیرد. لنز دوربین‌ها از نوع چشم‌ماهی^۹ هستند؛ یعنی می‌توانند زاویه‌ی دید ۱۸۰ درجه و زاویه‌ی سمت ۳۶۰ درجه را پوشش دهند. از آنجایی که اندازه‌گیری حد روشنایی اشیای کم نور در قاب^{۱۰} واحد عکس دشوار است؛ تعداد قاب‌های عکس و زمان نوردهی^{۱۱} در این دوربین‌ها در ثبت تصاویر رد آذرگویی‌ها بسیار مهم است.



شکل ۲: مسیر سقوط شهابسنگ و ترکیب قرارگیری دوربین‌ها

در طول روز و یا هوای ابری دوربین‌ها نمی‌توانند رویدادی را ثبت کنند؛ از این رو در این شبکه‌ها علاوه بر وجود دوربین‌ها برای نظارت کامل بر آسمان از سامانه‌ی رادیویی استفاده می‌گردد. شبکه‌ی دوربین‌ها برای سنجش هندسه و جرم آذرگویی‌ها بسیار مؤثر است، اما سرعت محاسبه شده توسط آن‌ها نمی‌تواند برای به‌دست آوردن پارامترهای دقیق مداری جرم منشأ آن به قدر کافی مفید باشد. بنابراین محاسبه‌ی مسیر پرتابه‌ی شهاب و تخمین مختصات منطقه‌ی سقوط با عدم قطعیت همراه می‌باشد. برای کاهش عدم قطعیت در پیش‌بینی از روش‌های تحلیلی نظیر مونت کارلو برای شبیه‌سازی محل

⁹ Fish eye

¹⁰ Frame

¹¹ Exposure time

سقوط استفاده می‌شود. با به کارگیری تجهیزات رادیویی سرعت نسبی شهابواره‌ها در اثر دوپلر با دقت بیشتری تعیین و در نهایت برای کاهش خطا داده‌های حاصل از دوربین‌ها با داده‌های راداری تلفیق می‌گردد. همانند شکل ۳ پس از تخمین منطقه‌ی سقوط در حدود چند هزار مترمربع تیم جستجو در راستای یک خط برای بازیابی قطعه شهابسنگ‌های متلاشی شده در سطح منطقه پیمایش می‌کند. می‌توان روش پیمایش را به صورت خطی، شعاعی، قطری و حلزونی با توجه به تعداد نفرات و هندسه‌ی منطقه‌ی تخمین زده شده انتخاب کرد. طبیعی است که هر چه تعداد نفرات تیم جستجو بیشتر باشد، دقت و سرعت برای بازیابی قطعه‌های مختلف شهابسنگ بالا می‌رود.



شکل ۳: تخمین منطقه‌ی سقوط و پیمایش تیم جستجو در محل سقوط

شکل ۴ شهابسنگ آناما^{۱۲} (۲۰۱۴) اولین قطعه‌ی شهابسنگ بازیابی شده در شبکه‌ی آذرگویی فنلاند را نشان می‌دهد. این شهابسنگ با وزن ۱۲۰/۳۵ گرم، چگالی حجمی ۳/۵ گرم بر سانتیمترمکعب، چگالی دانه‌ای ۳/۸ گرم بر سانتیمترمکعب، درجه‌ی هوازدگی W0، سطح ضربه‌ی S2، تخلخل ۵ درصد و حساسیت مغناطیسی ۵/۴ در دسته‌ی شهابسنگ‌های کندریتی معمولی H5 طبقه‌بندی شده است. تقریباً ۷۰ درصد این قطعه با لعاب سوخته^{۱۳} سیاه به همراه پیدایش خطوط جریانی در یک طرف پوشیده شده است.

این شهابسنگ با سن آرگون-آرگون بالای ۴/۴ میلیارد سال، تاریخچه‌ی پرتودهی اشعه‌ی کیهانی‌اش غیرمعمولی است. ترکیب گازهای نجیب و رادیونوکلیدها^{۱۴}ی آن به نظر می‌رسد تاریخچه‌ی پرتودهی پیچیده‌ای را نشان می‌دهد. بر اساس

¹² Annama

¹³ Fusion crust

¹⁴ Radionuclides

داده‌های گازهای نجیب و رادیونوکلیدهای کیهانی، این شهابسنگ باید بخشی از جرم آسمانی بزرگتر با شعاع بیش از ۶۵ سانتیمتر باشد.



شکل ۴: اولین قطعه‌ی شهابسنگ بازیابی شده در شبکه‌ی آذرگوی فنلاند



نتیجه گیری:

مطالعه‌ی دقیق و بررسی به‌موقع شهابسنگ‌ها موجب افزایش دانش بشر از ساختار شیمیایی منظومه‌ی شمسی و بهبود مفاهیم پترولوژیکی مرتبط با آن می‌شود که این امر با استفاده از روش بازیابی سامان‌یافته پیشرفت به‌سزایی داشته است. روش بازیابی سامان‌یافته‌ی شهابسنگ‌ها که با پیشرفت دوربین‌های مداربسته و کاربردهای آنتن‌های مخابراتی میسر شده است؛ از طرفی موجب افزایش نرخ بازیابی شهابسنگ‌های سقوطی و از طرفی دیگر از نرخ کاهش اطلاعات مختلف ارزشمند سنگ‌های فرازمینی می‌کاهد.



References:

- Elsila J.E., Aponte, J.C., Blackmond, D.G., Burton, A.S., Dworkin, J.P., Glavin, D.P., 2016. "Meteoritic Amino Acids: Diversity in Compositions Reflects Parent Body Histories", ACS Cent. Sci. 2, 6, p. 370–379. Met. Bull. 2015, 102, MAPS 50, p. 1662.
- Met. Bull. 1990, 68, Meteoritics 25, p. 59-70.
- Met. Bull. 1975, 53, Meteoritics 10, p. 133-158.
- Met. Bull. 2017, 104, MAPS 52, p. 2284.
- Met. Bull. 2015, 105, MAPS 52, p. 2411.
- [https:// www.lpi.usra.edu/meteor/metbull.php](https://www.lpi.usra.edu/meteor/metbull.php)
- Met. Bull. 2009, 96, MAPS 44, p. 1355-1397.
- [https:// www.imo.net](https://www.imo.net).
- Walker, R.J., Yin, O-Z., Heck, P.R., 2018. "Rapid effects of terrestrial alteration on highly siderophile elements in the Sutter's Mill meteorite", Meteoritics & Planetary Science, p. 1–7.
- Pizzarello, S., Yarnes, C.T., 2018. "The soluble organic compounds of the Mukundpura meteorite: a new CM chondrite fall", Planetary and Space Science.
- [https:// www.fripon.org](https://www.fripon.org)



Colas, F., Zanda B., Bouley, S., Vaubaillon,, J., Marmo, C., Audureau, Y., Kwon, M.K., Rault,, J.L, Caminade, S., Vernazza, P., Gattacceca, J., Birlan, M., Maquet, L., Egal, A., Rotaru, M., Gruson Daniel, Y., Birnbaum, C., Cochard, F., Thizy, O., 2015. "FRIPON, the French fireball network", European Planetary Science Congress, Vol 10.

Colas, F., Zanda B., Bouley, S., Vaubaillon,, J., Marmo, C., Audureau, Y., Kwon, M.K., Rault,, J.L, Caminade, S., Vernazza, P., Gattacceca, J., Birlan, M., Maquet, L., Egal, A., Rotaru, M., Gruson Daniel, Y., Birnbaum, C., Cochard, F., Thizy, O., 2015. "French fireball network FRIPON", Proceedings of the IMC, Mistelbach, p. 37-41.

Gritsevich M., Lyytinen E., Kohout, T., Moilanen, J., Midtskogen, S., Kruglikov N., Ischenko, A., Yakovlev, G., Grokhovsky, V., Haloda, J., Halodova, P., Lupovka, V., Dmitriev V., Peltoniemi, J., Aikkila, A., Taavitsainen, A., Lauanne, J., Pekkola, M., Kokko, P., Lahtinen, P., 2014. "Analysis of the bright fireball over Kola peninsula on April 19, 2014 followed by successful meteorite recovery campaign", Meteoritics and Planetary Science, 49, A143.

پetrogenesis سنگ های آذرین نفوذی ، جنوب باختر دامغان، البرز شرقی

♦♦♦♦♦♦♦♦

آزین نادری، دکتری پترولوژی، گروه زمین شناسی دانشگاه پیام نور، naderiazar@yahoo.com

طیبه احمدی، استادیار گروه زمین شناسی دانشگاه پیام نور، t.ahmadi@pnu.ac.ir

♦♦♦♦♦♦♦♦

چکیده :

در ۱۰۰ کیلومتری جنوب باختر دامغان (استان سمنان)، در پهنه البرز شرقی، رخنمون‌هایی از سنگ‌های آذرین وجود دارند. این سنگ‌های آذرین به صورت استوک‌های کوچک پراکنده و به صورت سیل و دایک درون سازند ژوراسیک زیرین جایگیری کرده‌اند. بر اساس مطالعات صحرایی، پتروگرافی و ژئوشیمیایی ترکیب این سنگ‌ها مونزونیت و مونزودیوریت با ماهیت آلكالین و متاآلومین تا کمی پeraluminous است. مطالعات سنگ‌شناختی، ژئوشیمیایی و محیط زمین ساختی حاکی از این است که این ماگما از یک گوشته غنی شده زیر لیتوسفر قاره‌ای در یک محیط کشش درون ورقه قاره‌ای تشکیل شده است.

کلید واژه ها: پترولوژی، ژئوشیمی، پتروژنز، البرز شرقی

**Petrogenesis of the intrusive igneous rocks, SW of Damghan, Eastern Alborz
Azin Naderi , Phd of Petrology, Department of geology, Payame Noor University (PNU)**

naderiazar@yahoo.com

Tayebah Ahmadi, Assistant Professor, Department of geology, Payame Noor University (PNU)

t.ahmadi@pnu.ac.ir

Abstract

there are outcrops of igneous rocks 100 km SW of Damghan city (Semnan province), in the eastern Alborz zone. These igneous rocks have been emplaced into the lower Jurassic Formation as small stock, dyke and sill. Based on the field, petrography and geochemical studies, these rocks are monzonite and monzodiorite in composition and also they have alkaline and metaluminous to slightly peraluminous nature. Petrological, geochemical and tectonic setting investigations indicate that this magma has been formed from an enriched mantle under continental lithosphere in an intra-continental rift .

Keywords : Petrology, geochemistry, Petrogenesis, Eastern Alborz.

♦♦♦♦♦♦♦♦

مقدمه :

سنگ‌های آذرین نفوذی در محدوده طول‌های جغرافیایی $53^{\circ}48'$ تا $53^{\circ}54'$ خاوری و عرض‌های جغرافیایی $36^{\circ}05'00''$ تا $36^{\circ}08'00''$ شمالی، در ۱۰۰ کیلومتری جنوب باختر دامغان در استان سمنان واقع شده‌است. این توده در محدوده نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ کیاسر (اکبر پور و سعیدی، ۱۳۷۱) قرار دارد. در تقسیم‌بندی ساختاری واحدهای ایران (اشتوکلین، ۱۹۶۸) این منطقه در دامنه جنوبی زون البرز خاوری قرار دارد. تا کنون مطالعه پترولوژیکی بر روی این منطقه انجام نگرفته است. هدف اصلی این پژوهش ارائه داده‌های ژئوشیمیایی سنگ‌کل و کانی‌ها و داده‌های ایزوتوپی Sr-Nd و U-Pb برای تعیین دقیق پتروژنز و جایگاه زمین‌ساختی تشکیل این سنگ‌ها بوده است. به دلیل محدودیت تعداد صفحات، در این مقاله تنها به بیان شیمی سنگ‌کل پرداخته‌ایم.



روش تحقیق:

زمین‌شناسی توده

پیکره‌های رسوبی موجود در منطقه شامل واحدهای سنگی سازندهای الیکا و شمشک به سن مزوزوئیک و کنگلومرای فجن و بخش‌های رسوبی - آتشفشانی سازند کرج به سن ائوسن میانی - بالایی هستند. توده نفوذی به صورت استوک‌های کوچک، سیل و دایک در داخل سازند ژوراسیک زیرین به موازات طبقات شیلی و ماسه سنگی نفوذ کرده است. این توده اگرچه در ظاهر یکنواخت به نظر می‌رسد، اما در بعضی قسمت‌ها، سری‌های تفریق یافته‌تر سینیتی به صورت رگه - رگچه و پاکت گونه نیز در آن مشاهده می‌شود. هیچ زینولیت یا زینوکریستی در این توده مشاهده نمی‌شود. دلایل متعددی برای این امر وجود دارد که شامل طبیعت قلیایی و شوشونیتی ماگما و محتوای بالای فلوئور در آن است که سبب ناپلیمریزه شدن ماگما و کاهش گرانروی آن شده به طوری که هیچ زینولیت یا زینوکریستی امکان بالا آمدن با ماگما را نمی‌یابد (White and Parker, 2005).

سنگ نگاری توده

بر اساس مطالعات پتروگرافی، این سنگ‌های نفوذی شامل مونزونیت و مونزودیوریت هستند. از نظر کانی‌شناسی، این سنگ‌ها از نسبت‌های مختلفی از پلاژیوکلازهای نیمه‌خودشکل و ارتوکلازهای غالباً پرتیتی، همراه با مقادیر متغیری از آمفیبول، بیوتیت و کوارتز تشکیل شده‌اند. کوارتز هم در مقادیر کم، به صورت ناخودشکل در بین پلاژیوکلاز، ارتوکلاز و کانی‌های دیگر دیده می‌شود. البته این کانی به شکل گرانوفیری، میکروگرافیک و میرمیکیتی در سنگ‌های مختلف توده دیده می‌شود. حضور بافت گرانوفیری، جایگزینی توده در عمق کم را نشان می‌دهد. این بافت، حاصل هم‌رشدی کوارتز و فلدسپار پتاسیم از یک مذاب سیلیسی در نقطه یوتکتیک بوده است (Morgan and London, 2012). البته، بافت غالب این سنگ‌های از نوع دانه‌ای می‌باشد. کانی‌های فرعی موجود در سنگ‌های توده شامل آپاتیت، اسفن، زیرکن و کانی‌های

اپک (مگنتیت، هماتیت و پیریت) و کانی‌های ثانویه نیز شامل کلریت، اپیدوت، اسفن، کانی‌های اپک (هماتیت، مگنتیت، پیریت)، سربیسیت، کانی‌های رسی و کلسیت هستند.

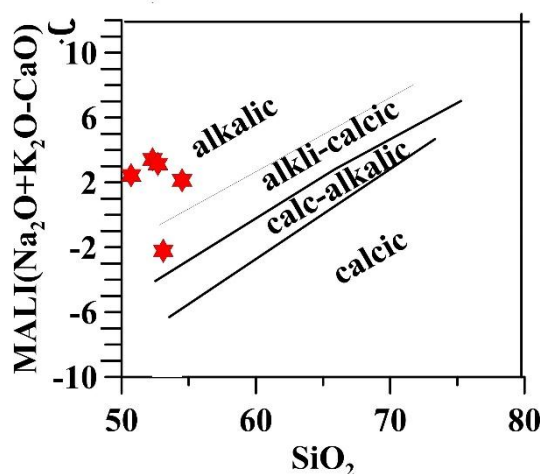
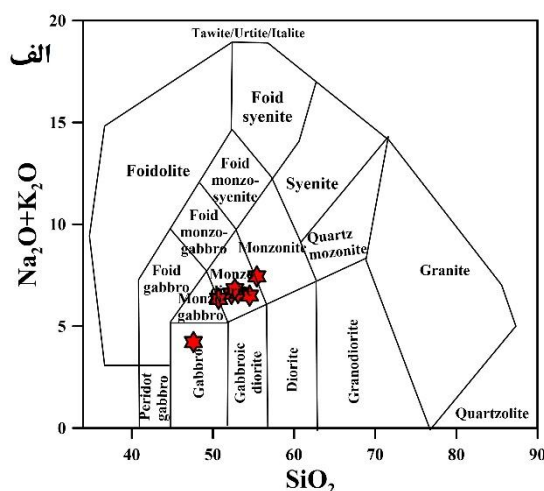
روش تحقیق

پس از مطالعات دقیق صحرایی و میکروسکوپی، تعداد ۷ نمونه تقریباً سالم برای بررسی‌های ژئوشیمیایی سنگ کل انتخاب شد. آنالیز اکسید عناصر اصلی به روش XRF با دستگاه مدل AXIOS, 214182130 در دانشگاه Aveiro کشور پرتغال و عناصر فرعی و کمیاب به روش ICP-MS در آزمایشگاه دانشگاه برایتون انگلستان انجام شد.

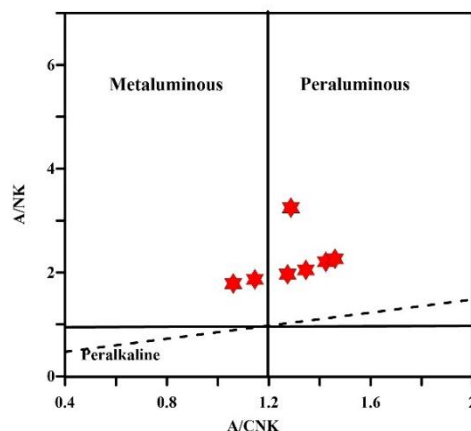
ژئوشیمی سنگ کل

در نمودار رده بندی شیمیایی (Middlemost, 1994) نمونه‌ها در قلمرو مونزونیت و مونزودیوریت (شکل ۱-الف)، در نمودار تعیین سری ماگمایی (Frost and Frost, 2008) در سری آلکالن (شکل ۱-ب)، در نمودار تعیین درجه اشباع آلومین (Shand, 1943) در گستره متاآلومین تا پر آلومین (شکل ۲) قرار می‌گیرند. قرارگیری نمونه‌ها در موقعیت پرآلومین می‌تواند به دلیل تجزیه پلاژیوکلازها و از دست رفتن مقادیری از Na_2O ، K_2O و CaO و افزایش نسبی Al_2O_3 (قاسمی و خانعلی زاده، ۱۳۹۱)، جدایش هورنبلند (Zen, 1986) و یا ناهمگونی آب در سنگ مادر (Dargahi et al., 2010) باشد.

در نمودار بهنجار شده به کندریت (Boynton, 1984) نمونه‌های مورد مطالعه غنی‌شدگی از عناصر نادر خاکی سبک نسبت به عناصر نادر خاکی سنگین نشان می‌دهند. آنومالی منفی Eu نشان می‌دهند (شکل ۳-الف). در نمودار عنکبوتی بهنجار شده نسبت به گوشته اولیه (Sun and Mc Donough, 1989) ناهنجاری منفی از Ti, P, K, Ba و مثبت از Pb دیده می‌شود. بی‌هنجاری مثبت سرب همراه با طرح‌های موجود در نمودارهای تغییرات عناصر سازگار و ناسازگار نسبت به همدیگر، بیانگر خاستگاه واحد و نقش تلور تفریقی همراه با هضم و آلیایش پوسته‌ای در شکل‌گیری ماگمای سازنده این سنگ‌ها است.



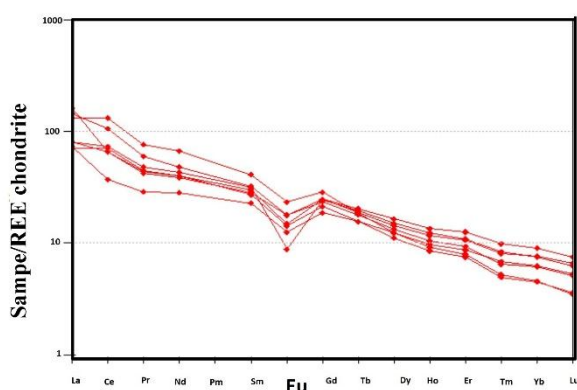
شکل ۱- الف - موقعیت نمونه‌های سنگ‌های آذرین نفوذی در نمودار نامگذاری (Middlemost, 1994) ب - در نمودار سری ماگمایی (Frost and Frost, 2008).



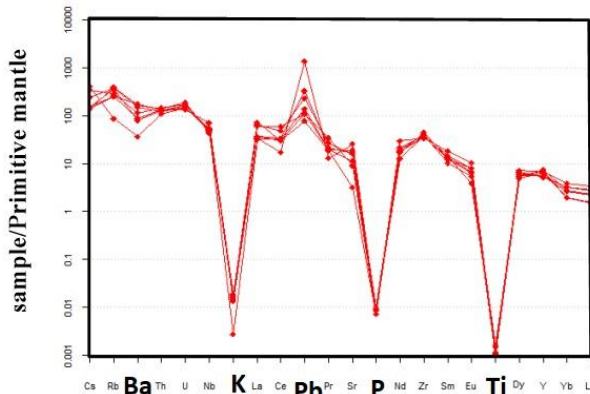
شکل ۲ - موقعیت نمونه‌های سنگ‌های آذرین نمودار تعیین درجه اشباع از آلومین (Shand, 1943).

آنومالی منفی Eu را می‌توان به تفریق پلاژیوکلاز و آنومالی منفی Ba را به تفریق فلدسپات پتاسیم که از ضریب توزیع بالایی برای این عنصر برخوردار است، نسبت داد. دلیل آنومالی منفی Ti می‌تواند تفریق ایلمنیت، روتیل و تیتانیت در طول تفریق ماگما باشد (Green, 1994; Han et al., 1997). و آنومالی منفی فسفر به دلیل تفریق کانی آپاتیت می‌باشد. کانی‌های فرعی مانند تیتانیت، ایلمنیت، روتیل، فلور آپاتیت، آلانیت، مونازیت و زیرکن نقش مهمی در مقدار HFSEs مانند (Y, Ta, Nb, and Th) دارند، زیرا این عناصر از ضریب توزیع بالایی در این کانی‌ها برخوردارند. در نمودار تعیین محیط زمین ساختی (Pearce et al 1984) نمونه‌های مورد مطالعه در محدوده WPG قرار می‌گیرند (شکل ۴). این سنگ‌ها به عنوان ماگماهای حاصل از منابع گوشته‌ای مشابه با منابع بازالت‌های جزایر اقیانوسی معرفی شده‌اند که در کافت‌های قاره‌ای در خلال ماگماتیسم درون ورقه‌ای تشکیل می‌شوند (شکل ۵).

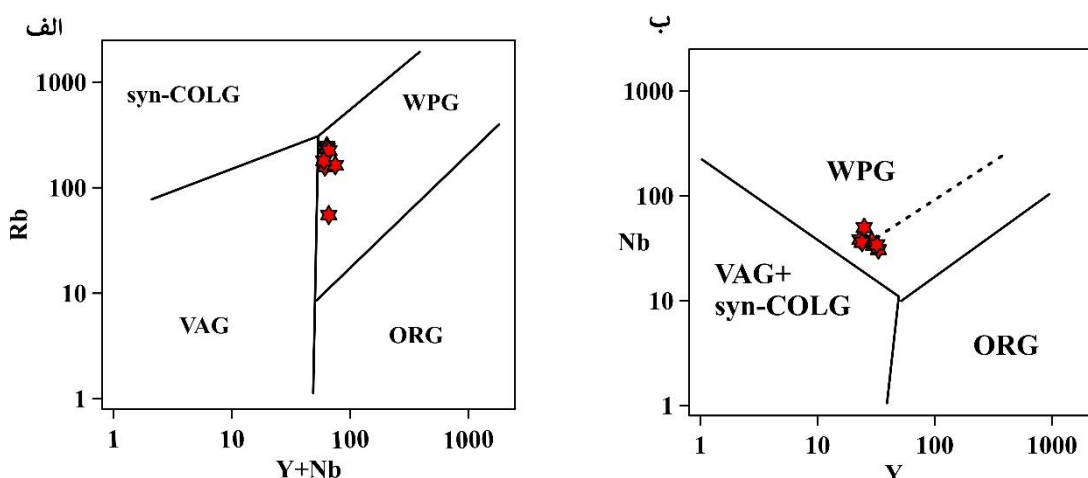
الف



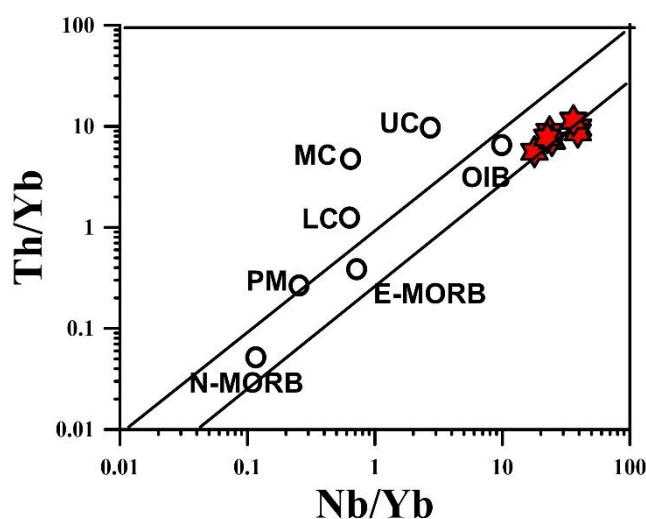
ب



شکل ۳ - موقعیت نمونه‌های سنگ‌های آذرین در الف - نمودار عناصر نادر خاکی بهنجار شده به کندریت (Boynton, 1984) و ب - نمودار عنکبوتی بهنجار شده به گوشته اولیه (Sun and McDonough, 1989).



شکل ۴- موقعیت نمونه‌های سنگ‌های آذرین در نمودارهای تفکیک محیط زمین ساختی (Pearce et al (1984).



شکل ۵- موقعیت نمونه‌های سنگ‌های آذرین در نمودار نسبت‌های Th/Yb - Nb/Yb (Pearce, 2008; Wang et al., 2016). میزان OIB, E-MORB, N-MORB و گوشته اولیه (PM) بر اساس Sun and McDonough (1989) و میزان پوسته زیرین (LC)، پوسته میانی (MC) و پوسته بالایی (UC) بر اساس Rudnick and Fountain (1995).

◆◆◆◆◆◆

نتیجه گیری:

نتایج حاصل از بررسی‌های صحرایی، سنگ‌نگاری و ژئوشیمیایی بیانگر ترکیب مونزونیت و مونزودیوریت با ماهیت آلکالن و متاآلمین تا کمی پراآلمین است که به صورت استوک و دایک به موازات طبقات شیلی و ماسه سنگی سازند ژوراسیک نفوذ کرده است. بررسی‌های ژئوشیمیایی نشان می‌دهد این ماگما از یک گوشته غنی شده زیر لیتوسفر قاره‌ای در یک

محیط ککش درون ورقه ای قاره‌ای تشکیل شده است. این محیط از نوع حوضه‌های ککشی پشت کمان اولیه در حاشیه‌ای قاره‌ای غیر فعال البرز در طول تریاس پایانی - ژوراسیک زیرین است.



منابع فارسی :

سعیدی، ع.، اکبرپور، م.ر، (۱۳۷۱) " نقشه زمین شناسی ورقه ۱:۱۰۰۰۰۰ کیاسر"، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی ایران.
قاسمی، ح، خانعلی‌زاده، ع.،، (۱۳۹۱)"گرانیتوئید نوع A تویه دروار، جنوب باختر دامغان: نشانه‌ای از ماگماتیسیم حوضه ککشی پالتوتیس در پالتوزوئیک زیرین البرز"، مجله بلورشناسی و کانی شناسی ایران، سال بیستم، شماره ۱۳-۲۴.



References:

- Boynton, W. V., 1984. "Cosmochemistry of the rare earth elements: meteorite studies. In *Developments in geochemistry*". Elsevier. 2, p. 63-114.
- Dargahi, S., Arvin, M., Pan, Y., & Babaei, A. 2010. "Petrogenesis of post-collisional A-type granitoids from the Urumieh–Dokhtar magmatic assemblage, Southwestern Kerman, Iran: constraints on the Arabian–Eurasian continental collision", *Lithos*, 115(1), p.190-204.
- Frost, B. R., and C. D., Frost 2008. "A Geochemical Classification for Feldspathic Igneous Rocks," *Journal of petrology* 49(11), p.1955-1969.
- Green, T. H., 1994. "Experimental studies of trace-element partitioning applicable to igneous petrogenesis—Sedona 16 years later." *Chemical Geology* 117(1-4), p. 1-36.
- Han, B. F., Wang, S. G., Jahn, B. M., Hong, D. W., Kagami, H., & Sun, Y. L., 1997. "Depleted-mantle source for the Ulungur River A-type granites from North Xinjiang, China: geochemistry and Nd–Sr isotopic evidence, and implications for Phanerozoic crustal growth", *Chemical Geology*, 138(3), p. 135-159.
- Middlemost, E. A., 1994. "Naming materials in the magma/igneous rock system", *Earth-Science Reviews*, 37(3-4), p. 215-224.
- Morgan, G.B., London, D., 2012. "Process of granophyre crystallization in the Long Mountain Granite, southern Oklahoma ", *Geological Society of America Bulletin*, 124, p. 1251-1261.
- Pearce, J. A., Harris, N. B., & Tindle, A. G., 1984. "Trace element discrimination diagrams for the tectonic interpretation of granitic rocks" *Journal of petrology*, 25(4), p. 956-983.
- Rudnick, R. L., & Fountain, D. M., 1995. "Nature and composition of the continental crust: a lower crustal perspective", *Reviews of geophysics*, 33(3), p. 267-309.
- Shand, S. J., 1943. "Eruptive rocks: their genesis, composition, classification, and their relation to ore deposits with a chapter on meteorites" Wiley, NewYork, 444 p.
- Stöcklin, J., 1968. "Structural history and tectonics of Iran: a review", *Bulletin of the American Association of Petroleum Geologists* 52, p.1229-1258.
- Sun, S. S., and McDonough, W.s., 1989. "Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: implications for mantle composition and processes," *Geological Society, London, Special Publications*, 42(1), p. 313-345.
- Wang, C., Chen, L., Bagas, L., Lu, Y., He, X., Lai, X., 2016. "Characterization and origin of the Taishanmiao aluminous A-type granites: implications for Early Cretaceous lithospheric thinning at the southern margin of the North China Craton". *International Journal of Earth Sciences* 105, p.1563-1589.



White, J.C., Ren, M., Parker, D.F., 2005. *"Variation in mineralogy, temperature, and oxygen fugacity in a suite of strongly peralkaline lavas and tuffs, Pantelleria, Italy"*, The Canadian Mineralogist 43,p. 1331-1347.

Zen, E. A. 1986. *"Aluminum enrichment in silicate melts by fractional crystallization: some mineralogic and petrographic constraints"*, Journal of Petrology, 27(5), p.1095-1117.

ارزیابی زیست محیطی عناصر اصلی موجود در خاک‌های مزارع پسته محمدآباد مهریز

جواد قانع اردکانی: دکتری پترولوژی، استادیار گروه زمین‌شناسی دانشگاه پیام نور، ghaneijavad@yahoo.com

سیدعلی مظهری: دکتری پترولوژی، دانشیار گروه زمین‌شناسی دانشگاه پیام نور، ali54894@yahoo.com

چکیده:

استفاده بیش از حد و بی‌موقع کود علاوه بر دور ریختن سرمایه کشاورز، باعث ایجاد خسارت به شکل کاهش کمی و کیفی محصول و آلودگی آب و خاک نیز خواهد شد. مهمترین کودهای مصرفی در مزارع پسته محمدآباد مهریز، کودهای شیمیایی سولفات پتاسیم، سولفات آمونیم، کلسیم، اوره (ازته)، فسفر، NPK و کودهای آلی و حیوانی مرغی، گاوی و گوسفندی و پلیت مرغی است. بررسی خواص فیزیکوشیمیایی خاک نشان می‌دهد که فعالیت‌های کشاورزی موجب کاهش PH، افزایش مواد آلی و افزایش ظرفیت تبادل کاتیونی در خاک‌های کشاورزی به نسبت سایر نمونه‌ها شده است. کودهای کشاورزی تغییرات قابل-ملاحظه‌ای بر ترکیب اکسیدهای اصلی خاک، به استثنای P_2O_5 ، نداشته‌اند؛ اما ترکیب عناصر کمیاب خاک‌های کشاورزی بسیار متمایز از نمونه‌های غیرکشاورزی می‌باشد. با ادامه این روند به مدت طولانی و بدون اعمال راهکارهای مناسب برای کاهش ورود عناصر سمی به خاک، احتمال افزایش پتانسیل آلودگی و انتقال عناصر سمی از خاک به گیاه در آینده وجود خواهد داشت.

کلید واژه‌ها: ارزیابی زیست محیطی، کودها، عنصر اصلی، آلودگی خاک، مزارع پسته، محمدآباد مهریز

Environmental Assessment of Main elements in Soils of Pistachio Farms

Mohammad Abad Mehriz

Javad Ghanei Ardekani: Ph.D. Petrology, Assistant Professor, Department of Geology, Payame Noor University

Seyed Ali Mazhari: Ph.D. Petrology, Assistant Professor, Department of Geology, Payame Noor University

Abstract:

The excessive and untimely use of manure, in addition to disposing of farmer's capital, will cause damage in the form of quantitative and qualitative reduction of the product and pollution of water and soil. The most important fertilizers used in Mohammad Abad Mehriz Pistachio fields are chemical fertilizers of potassium sulfate, ammonium sulfate, calcium, urea (nitrogen), phosphorus, NPK and organic and animal fertilizers of poultry, cattle, sheep and poultry. The investigation of physico-chemical properties indicates that agronomical activities in the studied area have led to decrease of pH and increase of organic matter and cation exchange capacity in agricultural soils. The use of fertilizers and manures did not alter major oxide composition of soils except P_2O_5 ; but have significant effects on the trace elements concentration. If these conditions continue for long time and profit approaches do not employed to impede the entrance of toxic elements to the soils, the possibility of soil contamination and toxic elements transfer to plants will increase in the future.

Keywords: Environmental Assessment, fertilizers, Main elements, Soil pollution, Pistachio Farms, Mohammad Abad Mehriz

مقدمه :

تعریف فائو از کشاورزی پایدار عبارت است از: مدیریت و حفاظت از منابع طبیعی پایه و هدایت دگرگونی‌های تکنولوژی و نهادی در راستای ارضای مستمر نیازهای انسانی نسل‌های حاضر و آینده باشد؛ بنابراین سه هدف اصلی کشاورزی پایدار را می‌توان بهره‌وری اقتصادی، کیفیت محیط زیست و مسئولیت اجتماعی در نظر گرفت که می‌بایست به‌صورتی متعادل در کنار یکدیگر قرار گیرد. از این رو اعتقاد کلی بر این است که کشاورزی پایدار به دنبال دستیابی به سه هدف کلی اقتصاد کشاورزی سالم، حفظ جامعه روستایی و حفظ محیط زیست است (Karami and Mansoor Abadi, 2008).

پسته به عنوان یکی از مهمترین محصولات باغی کشور که سهم عمده‌ای از ارزآوری صادرات غیرنفتی کشور را به خود اختصاص داده‌است، پایدار بودن درآمد حاصل از این محصول از جنبه‌های مختلف برای اقتصاد ایران حائز اهمیت است. با توجه به افزایش سریع جمعیت کشور، نیاز به تولید بیشتر محصولات کشاورزی هم‌اکنون بیش از پیش در جامعه احساس می‌شود؛ بنابراین به نظر می‌رسد، بهترین راه برای نیل به این مهم و همچنین تامین قسمتی از ارز مورد نیاز، افزایش تولید در واحد سطح باشد؛ اما متأسفانه در کشورهای مختلف جهان سوم و در حال توسعه از جمله ایران افزایش تولید همیشه یا با افزایش سطح زیر کشت و یا با مصرف هرچه بیشتر سموم و کودهای آلی و شیمیایی همراه بوده که در این میان مورد اول منجر به کاهش سطح اراضی جنگلی و مرتعی شده است؛ و در مورد دوم میزان ابتلا به انواع سرطان‌های دستگاه گوارش ناگهان با رشد قابل توجهی مواجه خواهد شد و بیماران بسیاری را در سطح جامعه برجا خواهد گذاشت (قانع‌ی اردکانی و زارع، ۱۳۹۷).

مصرف بیش از حد کود و سموم شیمیایی در حال حاضر زیان‌های فراوانی را به محیط زیست و سلامت عمومی مردم وارد کرده‌است. از جمله می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

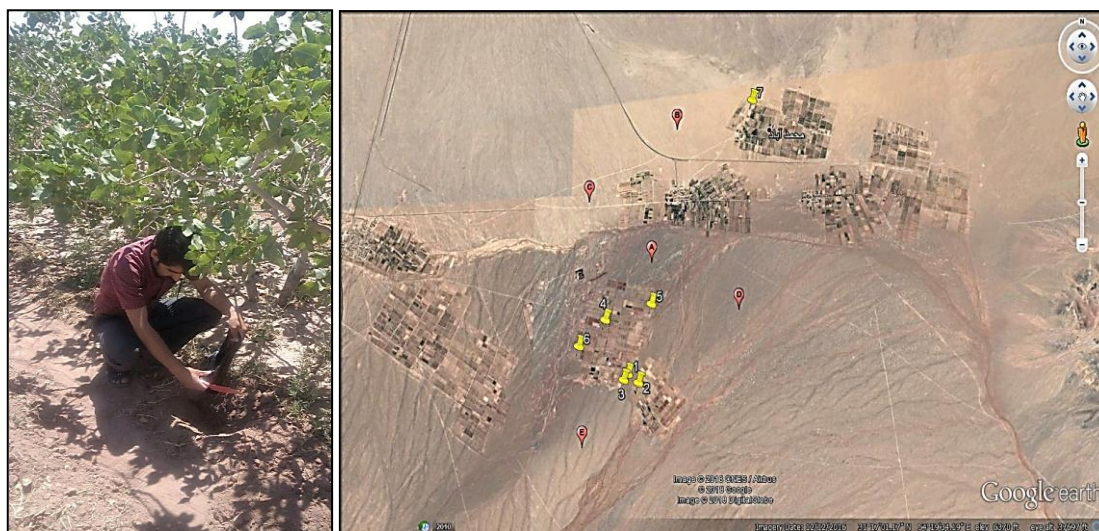
- ۱- کاهش کمیت و کیفیت محصول
- ۲- تجمع بور، کادمیوم و سایر فلزات سنگین در گیاه
- ۳- کاهش جذب مس، آهن و سایر ریز مغذی‌ها توسط ریشه
- ۴- تخریب ساختمان خاک
- ۵- مسمومیت ناشی از استفاده زیاد از این عنصر که در اثر جذب بیش از حد آن اتفاق می‌افتد و باعث بالا رفتن غلظت این عنصر در بافت‌های گیاهی و به هم خوردن تعادل عناصر غذایی می‌شود (قانع‌ی اردکانی و زارع، ۱۳۹۵).

روش تحقیق:

نمونه‌برداری از خاک منطقه در خرداد سال ۱۳۹۶ انجام شد. در این مرحله ابتدا موقعیت ایستگاه‌ای نمونه‌برداری روی تصویر ماهواره‌ای باغات و مزارع مشخص گردید. نمونه‌ها از خاک‌های سطحی (عمق بین ۵ تا ۲۰ سانتی‌متری). وسیله یک

بیلچه فلزی یا پلاستیکی (زنگ زده یا آلوده نباشد) برداشت شد برای برداشت برای هر محدوده باید یک نمونه همگن نهایی به وزن حدود ۳ کیلو گرم از خاک های سطحی تهیه کرد (شکل-۱). نحوه برداشت نمونه برای خاک غیر کشاورزی (غیر آلوده) بستگی به موقعیت منطقه دارد. باید نمونه را از خاک های سطحی اطراف آن محدوده برداشت کرد. برای هر نمونه اطلاعات لازم از جمله طول و عرض جغرافیایی، رنگ خاک، کود به کار رفته، نوع محصول زراعی و توضیحات خاص یادداشت گردید (جدول-۱).

با توجه به شرایط پروژه و وسعت و همگنی ترکیب و بافت خاک منطقه تعداد ۱۰ نمونه برداشت و پس از مراحل آماده سازی جهت، آنالیزهای شیمیایی به روش های XRF و ICP-MS و در مجموعه آزمایشگاه های Act Labs کانادا انجام گرفت. در مرحله سوم پس از انجام تجزیه شیمیایی نمونه ها، اقدام به پردازش داده ها گردیده و حاصل تجزیه و تحلیل داده ها، این مقاله تهیه شده است.



شکل ۱- تصویری از موقعیت جغرافیایی نمونه های برداشتی از مزارع پسته محمدآباد مهریز

جدول ۱- مشخصات نمونه های مزارع پسته محمدآباد مهریز

شماره نمونه	مشخصات	بافت و رنگ	عرض جغرافیایی	طول جغرافیایی
۱	مزرعه عبدا..، چاه شهید باهنر، ۲۰ ساله	رنگ قهوه ای	۲۴۴۰۰۷	۳۴۶۲۷۷۳
۲	مزرعه عبدا..، چاه شهید بهشتی، ۱۵ ساله	رنگ قهوه ای تیره- رسی	۲۴۴۱۵۸	۳۴۶۲۶۶۱
۳	مزرعه عبدا..، چاه شهید باهنر بابر، غیر آلوده	رنگ قهوه ای	۲۴۳۹۴۸	۳۴۶۲۷۰۱
۴	مزرعه- باغ، ساله کود شیمیایی ۵ ماه پیش ، کود آلی ۲ سال پیش	رنگ قهوه ای	۲۴۳۶۸۶	۳۴۶۳۴۵۸

۳۴۶۳۶۴۳	۲۴۴۳۴۹	رنگ قهوه‌ای	مزرعه خاله، ۱۵-۱۶ ساله، کود شیمیایی ۵-۶ ماه پیش، کود آلی ۱ سال پیش	۵
۳۴۶۳۱۳۴	۲۴۳۳۰۹	رنگ قهوه‌ای	مزرعه عبدا..- کنار جاده	۶
۳۴۶۶۲۹۰	۲۴۵۸۷۴	رنگ قهوه‌ای	مزرعه محمدآباد، ۷-۸ ساله، ۲ سال پیش کود داده شده	۷
۳۴۶۴۲۹۴	۲۴۴۳۹۵	کرمی رنگ	نمونه های غیر کشاورزی (غیر آلوده =A)	۸
۳۴۶۶۰۲۹	۲۴۴۷۸۸	کرمی رنگ	نمونه های غیر کشاورزی (غیر آلوده =B)	۹
۳۴۳۴۸۸	۲۴۳۴۸۸	کرمی رنگ	نمونه های غیر کشاورزی (غیر آلوده =C)	۱۰

بحث:

۱- خواص فیزیکو شیمیایی خاک‌ها

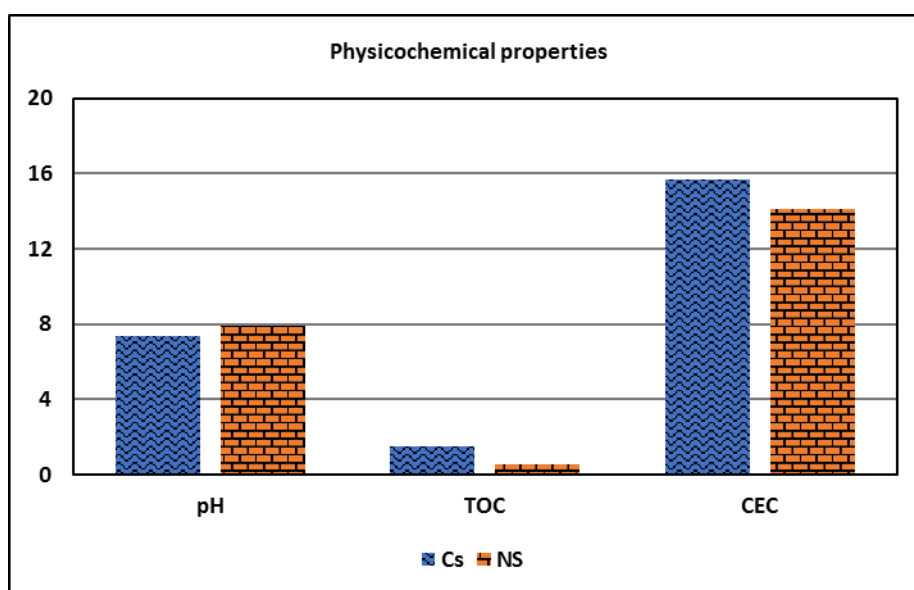
نتایج داده‌های فیزیکو شیمیایی خاک‌ها در جدول ۲ ارائه شده است. اندازه قطر ذرات در خاک‌های مورد مطالعه ۲۸٪- ۲۲ ماسه، ۴۵-۳۸ سیلت و ۳۸-۳۲ رس می‌باشد و تفاوت قابل ملاحظه‌ای در ترکیب دانه‌بندی خاک‌های کشاورزی و غیر کشاورزی وجود ندارد. اما همانطور که از داده‌ها بر می‌آید، در سایر مقادیر خواص فیزیکو شیمیایی بین نمونه خاک- های کشاورزی و خاک‌های غیر کشاورزی تمایزهایی مشاهده می‌شود. میزان PH در خاک‌های کشاورزی بین ۷/۳۲ و ۷/۳۸ تغییر می‌کند، در حالیکه این میزان برای خاک‌های کشاورزی بالاتر (۷/۹۲-۷/۸۷) است. با توجه به این مقادیر می‌توان گفت که خاک‌های این منطقه در محدوده خنثی تا اندکی قلیایی قرار می‌گیرند.

جدول ۲- خواص فیزیکو شیمیایی خاک‌های مورد مطالعه

Cs= خاک‌های کشاورزی، NS= خاک‌های غیر کشاورزی

Sample No.	ID	PH	TOC (%)	CEC (cmol ⁺ kg ⁻¹)	Sand (%)	Silt (%)	Clay (%)
SM-GH-1	Cs	7.35	1.276	15.56	22	45	33
SM-GH-2	Cs	7.38	1.165	14.92	23	43	34
SM-GH-4	Cs	7.35	1.308	16.24	26	38	36
SM-GH-5	Cs	7.33	1.77	16.19	28	40	32
SM-GH-6	Cs	7.32	1.843	15.37	24	41	35
SM-GH-7	Cs	7.33	1.639	15.85	24	39	37
SM-GH-3	NS	7.92	0.493	13.96	22	42	36
SM-GH-8	NS	7.9	0.562	14.4	28	38	34
SM-GH-9	NS	7.87	0.618	13.83	22	40	38
SM-GH-10	NS	7.88	0.554	14.25	23	45	32

خاک‌های غیر کشاورزی مقادیر ناچیز ماده آلی (TOC) در خود جای داده‌اند (% ۰/۶۱۸ - ۰/۴۹۳). این مقدار در خاک‌های کشاورزی به مقدار قابل توجهی افزایش یافته است (% ۰/۸۴۳ - ۱/۱۶۵). ظرفیت تبادل کاتیونی (CEC) در خاک‌های کشاورزی در محدوده $14/92$ و $16/24$ $\text{cmol}^+\text{kg}^{-1}$ تغییر می‌کند؛ حال آنکه میزان CEC در خاک‌های غیر کشاورزی بین $13/83$ و $14/40$ $\text{cmol}^+\text{kg}^{-1}$ تغییر می‌کند (جدول - ۲). با توجه به نتایج حاصل از آزمایش‌های تعیین خواص فیزیکوشیمیایی خاک‌های سطحی در منطقه مهریز می‌توان گفت که فعالیت‌های کشاورزی در این منطقه موجب افزایش TOC و CEC و کاهش اسیدیته شده است (شکل - ۲).



شکل ۲- مقایسه میانگین خواص فیزیکوشیمیایی خاک‌های کشاورزی (Cs) و غیر کشاورزی (NS) در منطقه مورد مطالعه

۲- ترکیب اکسیدهای عناصر اصلی

ترکیب اکسیدهای عناصر اصلی خاک‌های مورد مطالعه در جدول ۳ آورده شده است. از نظر ترکیب کلی می‌توان گفت که اکسیدهای اصلی نمونه‌های مورد مطالعه ترکیبی بینابین متوسط پوسته و میانگین خاک‌های جهانی از خود نشان می‌دهند (Taylor, 1964). خاک‌های سطحی منطقه مهریز تغییرات محدودی از نظر اکسیدهای اصلی نشان می‌دهند. به عنوان مثال میزان تغییرات SiO_2 ($55/62 - 57/51$ wt%) و Al_2O_3 ($14/61 - 15/62$ wt%) به عنوان فراوانترین عناصر، به نسبت محدود می‌باشد. بررسی ترکیب اکسیدهای اصلی نشان می‌دهد که تفاوت بارزی بین ترکیب خاک‌های کشاورزی و غیر کشاورزی وجود ندارد. تنها استثنا در این امر فسفر می‌باشد. میزان P_2O_5 در خاک‌های کشاورزی ($0/35 - 0/62$ wt%) به نسبت خاک‌های غیر کشاورزی ($0/21 - 0/23$ wt%) غنی‌شدگی قابل توجه نشان می‌دهد. البته، دلیل این امر با توجه به استفاده کشاورزان از کودهای فسفات دار کاملاً قابل توجیه می‌باشد.

جدول ۳ - ترکیب اکسیدهای اصلی (بر حسب درصد وزنی) برای نمونه خاک‌های سطحی منطقه مورد مطالعه
Cs = خاک‌های کشاورزی؛ NS = خاک‌های غیر کشاورزی

Sample No.	SM-GH-2	SM-GH-1	SM-GH-4	SM-GH-7	SM-GH-5	SM-GH-6	SM-GH-8	SM-GH-3	SM-GH-9	SM-GH-10
ID	Cs	Cs	Cs	Cs	Cs	Cs	NS	NS	NS	NS
SiO ₂	57.13	56.43	57.51	56.37	55.96	56.25	57.1	55.62	55.84	56.63
TiO ₂	0.821	0.739	0.792	0.815	0.682	0.76	0.773	0.846	0.854	0.695
Al ₂ O ₃	15.13	14.86	14.61	14.97	15.62	15.08	15.19	15.44	15.52	15.3
FeO _t	5.08	5.55	5.22	5.35	3.46	5.68	5.11	5.64	5.4	5.27
MgO	0.78	0.89	0.86	1.03	0.88	0.82	0.75	0.92	0.81	0.95
MnO	0.104	0.117	0.098	0.076	0.092	0.086	0.085	0.105	0.095	0.112
CaO	4.21	4.16	4.08	4.66	4.93	4.5	4.85	4.37	4.18	4.54
Na ₂ O	1.73	1.69	1.75	1.83	1.95	2.07	1.74	1.65	1.8	2.02
K ₂ O	1.84	1.78	1.88	2.01	2.03	1.96	2.08	1.82	1.98	1.99
P ₂ O ₅	0.35	0.38	0.43	0.45	0.51	0.62	0.21	0.23	0.22	0.23
L.O.I.	12.67	13.12	13.17	12.93	13.6	12.24	12.33	12.89	12.85	11.82
sum	99.845	99.716	100.4	100.491	99.714	100.066	100.218	99.531	99.549	99.557

۳- شاخص‌های هوازدهی

در ژئوشیمی برای اهدافی مانند طبقه‌بندی سنگ‌ها (Rollinson, 1993) و هوازدهی مواد، سنگ‌ها و خاک‌ها، به شکل‌های مختلفی از داده‌های عناصر اصلی استفاده می‌شود. در مدت هوازدهی و خاک‌زایی، عناصر از مواد والد حذف شده یا به طور انتخابی انباشت می‌شوند؛ بنابراین در مواد همگن، تفاوت‌های موجود در بین شیمی نمونه‌ها، ممکن است که به سادگی گویای اختلاف در میزان هوازدهی باشد. به همین دلیل، برای تعیین مشخصه هوازدهی و پروفیل خاک، معمولاً از شاخص‌های شیمیایی هوازدهی استفاده می‌شود (Price and Velbel, 2003).

شاخص‌های شیمیایی هوازدهی، حجم زیاد غلظت‌های عناصر اصلی را برای هر نمونه، به یک مقدار مستقل تبدیل می‌کنند. معمولاً شاخص‌های هوازدهی را بر حسب عمق در پروفایل خاک رسم می‌کنند و به این ترتیب تصویری از تغییرات شیمی زمین با افزایش یا کاهش فرضی در هوازدهی، به دست می‌آید. در سنگ‌های همگن والد، تغییرات شاخص‌های هوازدهی با عمق، معمولاً تدریجی و سیستماتیک است که گویای فروشت پیوسته عناصر با پیشرفت هوازدهی می‌باشد. این شاخص‌ها عبارتند از :

۱- نسبت روکستون: روکستون (۱۹۶۸) یک نسبت همبستگی ساده را ارائه کرد که توسط چیتلبروگ (۱۹۹۱) نسبت روکستون نامیده شد.

۲- شاخص هوازدهی پارکر (WIP): اساس این شاخص، نسبت فلزات قلیایی و قلیایی خاکی (Ca, K, Na و Mg) می‌باشد که در بین عناصر اصلی، متحرک‌تر بوده و نیازی نیست که باقیمانده‌های غلظت سزکویی اکسیدها را در طی هوازدهی نسبتاً ثابت در نظر بگیرد.

- ۳- شاخص شیمیایی آلتراسیون (CIA): اساس این شاخص، نسبت یک گروه از اکسیدهای متحرک به اکسیدهای نامتحرک است (در این شاخص ها فرض می شود که Al نامتحرک است).
- ۴- شاخص شیمیایی هوازدهی (CIW): این شاخص همان CIA است با این تفاوت که در آن K₂O حذف شده است و به همین خاطر با عناوین K₂O-free CIA یا CIA-K نیز مطرح می شود.
- ۵- شاخص آلتراسیون پلاژیوکلاز (PIA): فدو و همکاران (۱۹۹۵) شاخص آلتراسیون پلاژیوکلاز (PIA) را به عنوان جایگزینی برای CIW پیشنهاد نمودند.
- ۶- شاخص سیلیس - تیتانیم (STI): این شاخص برای ارتباط دادن میان درجه هوازدهی شیمیایی سنگ های سیلیکاته دگرگونی در مناطق استوایی با ویژگی های مهندسی می باشد. اساس این شاخص، نسبت گروهی از عناصر نامتحرک است (Price and Velbel, 2003).
- شاخص شیمیایی آلتراسیون (CIA) در نمونه ها بین ۶۳/۶۸ تا ۶۶/۳۲ تغییر می کند. تغییرات شاخص های CIW و PIA نیز به ترتیب ۷۲/۱۹-۶۹/۴۲ و ۶۹/۳۵-۶۶/۳۹ می باشد. با توجه به اینکه مقدار بهینه هوازده برای این شاخص ها بالای ۱۰۰ و روند ایده آل هوازدهی در آنها مثبت است، برحسب شاخص های ذکر شده، شدت هوازدهی در خاک های مورد مطالعه چندان بالا نبوده است. از نظر شاخص WIP، به علت بالا بودن این شاخص (بالای ۳۰۰۰)، نمونه های مورد نظر را باید غیرهوازده در نظر گرفت. محاسبه شاخص های R و STI مقادیری بین ۳ تا ۴/۵ را برای خاک های محمدآباد مهریز نشان می دهد که در حد واسطه مقادیر بهینه خاک های هوازده و غیرهوازده قرار می گیرند (جدول-۴).

جدول ۴- شاخص های هوازدهی نمونه خاک های مورد مطالعه

Sample No.	ID	CIA	CIW	WIP	PIA	R	STI
SM-GH-2	Cs	66.04	71.81	3148.67	69.11	3.78	4.11
SM-GH-1	Cs	66.07	71.75	3082.89	69.10	3.80	3.79
SM-GH-4	Cs	65.46	71.48	3182.41	68.59	3.94	4.14
SM-GH-7	Cs	63.78	69.76	3433.87	66.63	3.77	4.12
SM-GH-5	Cs	63.68	69.42	3540.35	66.39	3.58	3.30
SM-GH-6	Cs	63.87	69.65	3484.83	66.63	3.73	3.82
SM-GH-8	NS	63.66	69.74	3434.48	66.55	3.76	3.86
SM-GH-3	NS	66.32	71.95	3125.37	69.35	3.60	4.11
SM-GH-9	NS	66.10	72.19	3299.71	69.36	3.60	4.13
SM-GH-10	NS	64.15	69.99	3500.41	66.99	3.70	3.45

نتیجه گیری:

داده های حاصل از آزمایش خواص فیزیکوشیمیایی نمونه خاک های مورد مطالعه نشان می دهد که تفاوت قابل ملاحظه ای در ترکیب دانه بندی خاک های کشاورزی و غیرکشاورزی وجود ندارد و اندازه قطر ذرات در خاک ها در

محدوده ۲۲-۲۸٪ ماسه، ۳۸-۴۵٪ سیلت و ۳۲-۳۸٪ رس می‌باشد. از سوی دیگر در سایر خواص بین خاک‌های کشاورزی و نمونه‌های غیرزراعی تفاوت‌های بارزی قابل ذکر است. میزان PH در خاک‌های کشاورزی بین ۷/۳۲ و ۷/۳۸ تغییر می‌کند، در حالی که این میزان برای خاک‌های غیرکشاورزی بالاتر (۷/۸۷-۷/۹۲) است. با توجه به این مقادیر می‌توان گفت که خاک‌های این منطقه در محدوده خنثی تا اندکی قلیایی قرار می‌گیرند. بررسی ترکیب اکسیدهای اصلی نشان می‌دهد که تفاوت بارزی بین ترکیب خاک‌های کشاورزی و غیرکشاورزی وجود ندارد. تنها استثنا در این امر فسفر می‌باشد. میزان P_2O_5 در خاک‌های کشاورزی (۰/۶۲-۰/۳۵ wt%) به نسبت خاک‌های غیرکشاورزی (۰/۲۳ wt%) ۰/۲۱ غنی شدگی قابل توجه نشان می‌دهد که به علت مصرف کودهای فسفاته در آنها می‌باشد. محاسبه شاخص‌های هوازگی بر اساس ترکیب اکسیدهای اصلی حاکی از آن است که شدت هوازگی در منطقه مورد مطالعه چندان بالا نبوده است.

منابع فارسی :

- قانع‌اردکانی، ج. و زارع، م.، ۱۳۹۵، "بررسی مقدماتی اثرات زیست محیطی کودهای شیمیایی بر زمین‌های کشاورزی مهریز و ارایه راهکار مناسب"، همایش ملی دانش و فناوری علوم کشاورزی، منابع طبیعی و محیط زیست ایران، ۲۷ اسفند، مرکز همایش‌های دانشگاه شهید بهشتی تهران.
- قانع‌اردکانی، ج. و زارع، م.، ۱۳۹۷، "ارزیابی زیست محیطی اثرات کودهای آلی و حیوانی بر مزارع پسته جنوب مهریز، چهارمین کنفرانس بین‌المللی مهندسی محیط زیست با محوریت توسعه پایدار توسعه پایدار"، ۳ تیر، دانشگاه تهران.

References:

- Chittleborough, D.J., 1991, "Indices of weathering for soils and paleosols formed on silicate rocks", Australian Journal of Earth Sciences, 38, pp.115-120.
- Fedo, C.M., Nesbitt, H.W., Young, G.M., 1995, "Unraveling the effects of potassium metasomatism in sedimentary rocks and paleosols, with implications for paleo weathering conditions and provenance", Geology 23, pp. 921-924.
- Karami, E., Mansoorabadi, A., 2008, "Sustainable agricultural attitudes and behaviors: a gender analysis of Iranian farmers", Journal of Environment, Development and Sustainability, Vol. 10, pp. 883-898.
- Price, J.R., Velbel, M.A., 2003, "Chemical weathering indices applied to weathering profiles developed on heterogeneous felsic metamorphic parent rocks", Chemical Geology 202, pp. 397-416.
- Price, J.R., Velbel, M.A., 2003, "Chemical weathering indices applied to weathering profiles developed on heterogeneous felsic metamorphic parent rocks", Chemical Geology 202, pp. 397-416.
- Rollinson H., 1993, "Using geochemical data: evaluation, presentation, interpretation", Longman Group U.K. Limited, London.

ارزیابی اثرات زیست محیطی استفاده از کودهای شیمیایی در گلخانه‌های شهرستان اشکذر

جواد قانع اردکانی، دکتری پترولوژی، استادیار گروه زمین شناسی دانشگاه پیام نور ghaneijavad@yahoo.com

فاطمه فلاح یخدانی، دانشجوی کارشناسی ارشد زمین شناسی زیست محیطی دانشگاه پیام نور مرکز تفت hosseindeh@yahoo.com

حسین دهقانی یخدانی، دانشجوی دکتری اکولوژی حشرات دانشگاه تبریز hosseindeh@yahoo.com

چکیده:

تولید سبزی و صیفی بصورت گلخانه‌ای یکی از روش‌های رو به رشد کشاورزی در کشور و استان یزد می‌باشد. استفاده از کودهای شیمیایی جهت افزایش برداشت محصول در واحد سطح ضروری است. به منظور افزایش برداشت در واحد سطح گلخانه‌داران همه ساله مقادیر زیادی کود بصورت خاکی و محلول پاشی مصرف می‌کنند. استفاده بی‌رویه از این نهاده ضروری می‌تواند باعث افزایش عناصر مورد نیاز گیاه در خاک شده و خطرات زیست محیطی در پی داشته باشد. به منظور بررسی وضعیت عناصر مورد نیاز گیاه این تحقیق بصورت کاملاً تصادفی در گلخانه‌های شهرستان اشکذر اجرا شد. آنالیز خاک ۲۷ واحد گلخانه‌ای نشان داد که خاک‌های گلخانه‌های این شهرستان از نظر سطح عناصر مورد نیاز گیاه در وضعیت بسیار نامناسب و مسمومیت قرار دارند، بطوری که سطح مجاز اکثر عناصر چندین برابر سطح بهینه و مجاز می‌باشد؛ بنابراین توصیه می‌شود که استفاده از کودهای شیمیایی باید بر اساس آزمایش خاک و برگ صورت گیرد و از مصرف بی‌رویه کودهای پرمصرف و کم مصرف جدا خودداری شود.

کلید واژه‌ها: اثرات زیست محیطی، آلودگی، کودهای شیمیایی، گلخانه‌ها، شهرستان اشکذر

Assessment of environmental impacts of chemical fertilizers in greenhouses in the city of Ashkezar

Javad Ghanei Ardekani¹, Fatemeh Fallah Yakhdani², Hossein Dehghani Yakhdani³

1. Ph.D. Petrology, Assistant Professor, Department of Geology, Payame Noor University

2. M.Sc. Student in Environmental Geology, Payame Noor University, Taft Center

3. Ph.D. Student in Insect Ecology, Tabriz University

Abstract:

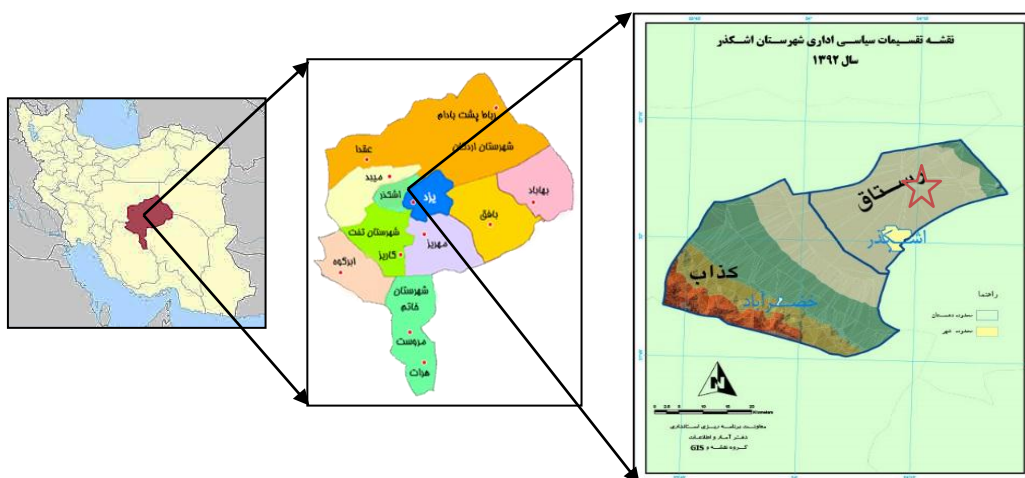
Vegetable production in greenhouse is one of the agricultural methods Which is increasing in the country and province of Yazd. The use of chemical fertilizers is necessary for increase harvest per unit area. In order to increase harvest per unit area, greenhouse owners use large amounts of fertilizer in soil every year. The excessive use of these chemical fertilizers can increase the essential elements required by the plant in the soil and cause environmental hazards. In order to investigate the status of the required elements of the plant, this project was carried out completely randomized in the greenhouse of Ashkezar city. The analysis of 27 sample greenhouse soils showed that the essential plant elements in Greenhouse soils of this city are very high and poisonous statues. It is recommended that the use of chemical fertilizers should be based on the soil and leaves tests.

Keywords: Environmental impacts, Pollution, Chemical fertilizers, Greenhouses, Ashkezar city

مقدمه :

استان یزد به دلیل کاهش شدید میزان بارندگی در سال‌های اخیر و در نتیجه افت سطح آب‌های زیرزمینی و شور شدن منابع آب زیرزمینی موجود از جمله استان‌های بحرانی در زمینه منابع آبی است و در مقابل، دارای اراضی مستعد، کشاورزان خبره و پرتلاشی است؛ با عنایت به سیاست‌های توسعه‌ای استان مبنی بر تحول فنی در بخش کشاورزی و تغییر الگوی کشت و توسعه کشت گیاهان کم آبخواه و اقتصادی، بهترین راه جهت تعدیل اثرات خشکسالی و افزایش بهره‌وری از آب، استفاده از روش‌های نوین کشاورزی در قالب کشت‌های گلخانه‌ای می‌باشد و لذا حرکت در راستای توسعه تولیدات گلخانه‌ای و افزایش بهره‌وری با هدف کاهش هزینه‌ها و افزایش تولید در این استان پیشرفت چشمگیری داشته است. در حال حاضر سطح زیر کشت گلخانه‌ای استان که عمدتاً محصول خیارسبز می‌باشد به حدود ۱۲۶۰ هکتار رسیده و تولیدی معادل ۳۶۰ هزار تن در سال را در بر دارد. تولید استان یزد در بخش گلخانه‌ای معادل ۳۶۰ هزار تن انواع محصولات گلخانه‌ای می‌باشد که ۵٪ از محصول تولیدی جهت مصرف داخلی استان و مابقی به سایر استان‌های کشور و حتی کشورهای خارجی از جمله بازار کشورهای حوزه خلیج فارس، روسیه، ترکیه، ارمنستان، آذربایجان، تاجیکستان صادرات می‌شود و همچنین سالانه معادل ۳۶۰ میلیارد تومان درآمذزایی حاصل از تولید این محصول در استان بوده است.

شهرستان اشکذر در فاصله ۲۰ کیلومتری شمال‌غربی شهر یزد، با داشتن آب و هوای مناسب شرایط بسیار خوبی برای کشت انواع محصولات گلخانه‌ای را داراست؛ ضمن اینکه این شهرستان یکی از مهمترین مراکز کشت گلخانه‌ای در استان می‌باشد. هدف از ارائه این پژوهش بررسی اثرات زیست محیطی کودهای شیمیایی مصرفی در گلخانه‌های تولید سبزی و صیفی شهرستان اشکذر و ارائه راهکار عملی در کاهش مصرف و اثرات آلودگی‌های آب و خاک منطقه می‌باشد (شکل- ۱).



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی شهرستان اشکذر و منطقه مورد مطالعه (علامت ستاره)

در سال‌های اخیر تولیدکنندگان محصولات کشاورزی در کشور به جای بهره‌گیری از دانش روز کشاورزی جهت نیل به حداکثر تولید در واحد سطح، مصرف کودهای شیمیایی را افزایش داده‌اند. توهّم افزایش عملکرد ناشی از مصرف هرچه بیشتر آب و کود شیمیایی در بعضی از مناطق کشور سبب استفاده بی‌رویه از منابع آب و کود شده به طوری که تداوم این امر علاوه بر خسارت‌های مالی و تشدید عدم تعادل عناصر غذایی در خاک، خطرات جدی را در رابطه با آلودگی خاک و آب به وجود آورده است (قانع‌اردکانی و زارع، ۱۳۹۵).

غذای ایمن غذایی است که باعث آسیب به مصرف‌کننده نگردد. تولید محصول ایمن به آب، خاک و هوای سالم همراه با مدیریت صحیح نیازمند می‌باشد. بیش یا کمبود برخی عناصر در محصولات کشاورزی به ویژه سبزی و صیفی که با مصرف کودهای حاوی نیتروژن و عناصر سنگین مرتبط است، بسیار حائز اهمیت بوده و مدیریت مستمر و صحیحی را در این زمینه می‌طلبد. کود می‌بایستی بتواند علاوه بر افزایش تولید، کیفیت محصولات کشاورزی را ارتقاء داده و ضمن آلوده نکردن محیط زیست و مخصوصاً آب‌های زیرزمینی، تجمع مواد آلاینده نظیر نیترات در اندام‌های مصرفی محصولات زراعی را به حداقل ممکن تنزل داده و در نتیجه ضمن افزایش راندمان تولید، سلامتی انسان و دام را تامین نماید. متأسفانه مصرف کودهای شیمیایی در کشور نامتعادل بوده و رابطه‌ای منطقی با نیازهای واقعی گیاهان ندارد (ملکوتی و همکاران، ۱۳۸۷).

منشا عناصر سنگین در خاک، طبیعی یا ناشی از فعالیت انسانی می‌باشد. استفاده نامناسب و غیرضروری از کودهای شیمیایی، نه تنها محصولات کشاورزی را تحت تأثیر قرار داده، بلکه باعث آلودگی منابع خاک و آب نیز می‌گردد؛ کود-های شیمیایی و آلی از جمله منابعی هستند که امکان دارد باعث افزایش غلظت عناصر سنگین در خاک شوند به عنوان نمونه ممکن است کودهای فسفاته از منابعی تهیه شوند که مقدار عنصر کادمیوم در آن بالا باشد استفاده از این نوع کودها در دراز مدت باعث آلودگی خاک به عنصر کادمیم می‌شود. کادمیم و روی از نظر شیمیایی خیلی شبیه به هم هستند، بنابراین کادمیم می‌تواند به جای عنصر روی جذب گیاه شود، ولی بر خلاف روی، این عنصر برای انسان و حیوان سمی است (خاوازی و همکاران، ۱۳۹۳).

روش تحقیق:

بمنظور ارزیابی وضعیت میزان عناصر مورد نیاز گیاه در خاک گلخانه‌های شهرستان اشکدر استان یزد این تحقیق بصورت کاملاً تصادفی اجرا شد. بعد از نمونه برداری و آنالیز نمونه‌ها با استفاده از روش آماری t-student سطح عناصر با مقدار بهینه توصیه شده مورد ارزیابی قرار گرفت. آزمون خاک دارای سه مرحله نمونه‌برداری صحیح خاک، انتخاب عصاره گیر مناسب برای تعیین دقیق غلظت عناصر غذایی قابل استفاده گیاه و توصیه صحیح کودی است.

اولین گام در ارزیابی حاصل‌خیزی خاک و ارائه توصیه کودی، نمونه‌برداری صحیح از خاک است. دقت در نمونه برداری از مهمترین مباحث آزمون خاک می‌باشد، به عبارت دیگر بایستی نمونه‌ای خوب و واقعی گرفت تا بتوان توصیه‌ای

مطلوب ارائه کرد. برای این منظور در اواخر تابستان ۹۴ قبل از کشت محصول، بطور کاملاً تصادفی (بدون توجه به زمان احداث گلخانه و نوع کشت قبلی و نوع آبیاری و مدیریت) از خاک ۲۴ گلخانه در شهرستان اشکذر استان یزد، جهت بررسی سطح عناصر مورد نیاز گیاه، نمونه برداری صورت گرفت. نمونه برداری نیز بصورت کاملاً تصادفی انجام شد به این صورت که از هر هزار متر گلخانه از پنج مکان از سطح خاک تا عمق چهل سانتی متری محل توسعه ریشه، نمونه برداری صورت گرفت (شکل-۲). سپس خاک این پنج قسمت را با یک دیگر کاملاً مخلوط نموده و یک زیر نمونه یک کیلوگرمی برداشت شد و پس از درج اطلاعات مربوط به گلخانه دار جهت ارسال به آزمایشگاه خاکشناسی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی یزد اقدام شد.



شکل ۲- نمایی از گلخانه کشت خیار و مراحل نمونه برداری از خاک در شهرستان اشکذر

عصاره گیری و اندازه گیری عناصر خاک:

برای تعیین میزان عنصر غذایی در خاک، وجود عصاره گیرها برای خارج کردن عناصر غذایی از خاک لازم است. عصاره گیرها در واقع موادی هستند که می توانند عناصر غذایی گیاه را به صورت محلول از خاک خارج کنند و امکان اندازه گیری آنها را فراهم سازند. بدین منظور مقدار ۵ گرم خاک مورد نظر را در داخل یک ارلن ریخته و ۱۰ سی سی محلول عصاره گیر DTPA (دی اتیلن تری آمین پنتا استیک اسید) با غلظت ۰/۰۰۵ مولار به آن اضافه شد. سوسپانسیون حاصل را به مدت نیم ساعت تکان داده و سپس توسط کاغذ صافی عصاره زلالی از آن به دست آمد. پس از تنظیم دستگاه های اتمیک و فلیم فتومتر و کالیبراسیون با استفاده از استانداردهای عناصر، میزان جذب را قرائت و غلظت عناصر تعیین شد. لازم به یادآوری است که برای سنجش عناصر میکرو از دستگاه جذب اتمیک، برای سنجش پتاسیم از دستگاه فلیم فتومتر و برای اندازه گیری فسفر از دستگاه اسپکتروفتومتری استفاده شد. اندازه گیری های شیمیایی عناصر خاک را در صورتی

می‌توان آزمون خاک نامید که نتایج آن بتواند اطلاعاتی در مورد نیاز کودی گیاه در اختیار کشاورز قرار دهد، زیرا مهمترین هدف انجام تجزیه خاک، توصیه بهینه کود است. اعداد بدست آمده از آنالیز خاک گلخانه‌های اشکدر با استفاده از نرم افزار SPSS و آزمون t-student با مقادیر توصیه شده آن عنصر مورد ارزیابی قرار گرفت (جدول-۱ و ۲) (شکل-۳).

بحث و نتیجه گیری:

خاک سالم برای حفظ عملکرد طبیعی اکوسیستم‌ها ضروری است. با این حال، آلودگی خاک و مشکلات زیست محیطی در سراسر جهان در چند دهه گذشته، به خصوص فلزات سنگین حاصل از منابع طبیعی و منابع آلاینده، مانند کودهای شیمیایی، آفت کش‌ها، و فاضلاب‌های صنعتی گسترش یافته است (سان و همکاران، ۲۰۱۱؛ گائو و همکاران ۲۰۱۲). چنین آلودگی‌هایی نیز می‌تواند تهدیدکننده سلامت انسان، محیط زیست و همچنین دارای اثرات مضر در رشد و نمو و تولید مثل بسیاری از گونه‌ها و تنوع گونه‌های گیاهی و جانوری باشد (نوتا و همکاران، ۲۰۱۱).

حد مطلوب عناصر مورد نیاز گیاهان زراعی و باغی در محدوده اعداد زیر می‌باشد:

کربن آلی بیشتر از دو درصد - ازت (۲۰۰۰-۱۰۰۰ میلی گرم/کیلوگرم) - فسفر (۱۵ میلی گرم/کیلوگرم) پتاسیم (۳۰۰ میلی گرم/کیلوگرم) - منیزیم (۱۵ میلی گرم/کیلوگرم) - سولفور (۱۵ میلی گرم/کیلوگرم) - مس (۱ میلی گرم/کیلوگرم) - روی (۲ میلی گرم/کیلوگرم) - منگنز (۸ میلی گرم/کیلوگرم) - آهن (۷-۱۰ میلی گرم/کیلوگرم)

نتیجه آزمایشات آنالیز خاک نشان داد که در اکثر موارد عناصر فوق در حد مسمومیت می‌باشد. (جدول -۱). همچنین استفاده از آزمون t-student نشان داد که مقدار عناصر با سطح توصیه شده در تمام موارد اختلاف معنی دار دارند (جدول-۲).

جدول ۱- متوسط مقدار عناصر آنالیز ۲۷ عدد خاک گلخانه‌های شهرستان اشکدر

نام عنصر	ازت	فسفر	پتاسیم	کلسیم	منیزیم	مس	منگنز	آهن	روی
واحد اندازه گیری	%	Ppm	Ppm	Meq/l	Meq/l	Ppm	Ppm	Ppm	Ppm
متوسط عنصر	۰/۱۱۷	۹۶/۳۳۳	۹۰۳/۳۳	۳۴/۵۸۱	۲۱/۹۴۸	۲/۶۸۱	۶/۹۹۳	۱۲/۴۱۸	۵/۸۰۹

مقدار ازت در خاک باید در محدوده ۲۰۰۰-۱۰۰۰ میلی گرم/کیلوگرم باشد، ولی اختلاف آن با سطح توصیه شده معنی دار ($p\text{-value}=0$) و متوسط عنصر در خاک نمونه برداری شده ۰/۱۱۷ می‌باشد که نشان‌دهنده مقدار بسیار پایین این عنصر ضروری در خاک است. ازت قابلیت خاکشویی دارد، با اینکه از این عنصر همیشه در مقادیر بسیار زیاد در گلخانه‌ها استفاده می‌شود، ولی به دلیل آبیاری شسته شده و به آب‌های جاری و زیرزمینی وارد می‌گردد که این مسئله باعث آلودگی آب‌های زیرزمینی به نترات می‌گردد.

مقدار بهینه فسفر در خاک گیاهان زراعی و باغی باید در محدوده ۱۵ میلی گرم/کیلوگرم باشد که در این تحقیق اختلاف آن با سطح استاندارد معنی‌دار ($p\text{-value}=0$) و متوسط عنصر در خاک آزمایش شده ۹۶/۳۳۳ می‌باشد که نشان می‌دهد، مقدار این عنصر در خاک بالاتر از حد مجاز بوده و باعث آلودگی خاک شده است. فسفر در خاک می‌تواند تثبیت شود و تنها راه حل مشکل تعویض خاک است همچنین فسفر، آنتاگونیست برای سایر عناصر ضروری گیاه می‌باشد و جلوی جذب عناصر ضروری دیگر مثل آهن، مس و روی را می‌گیرد به عبارتی با این که این عناصر در خاک وجود دارند، ولی بدلیل زیاد بود عنصر فسفر این عناصر قابلیت جذب شدن توسط گیاه را ندارند (ملکوتی و همکاران، ۱۳۸۷).

جدول ۲- مقایسه سطح عناصر خاک با سطح استاندارد توصیه شده (آزمون t-student)

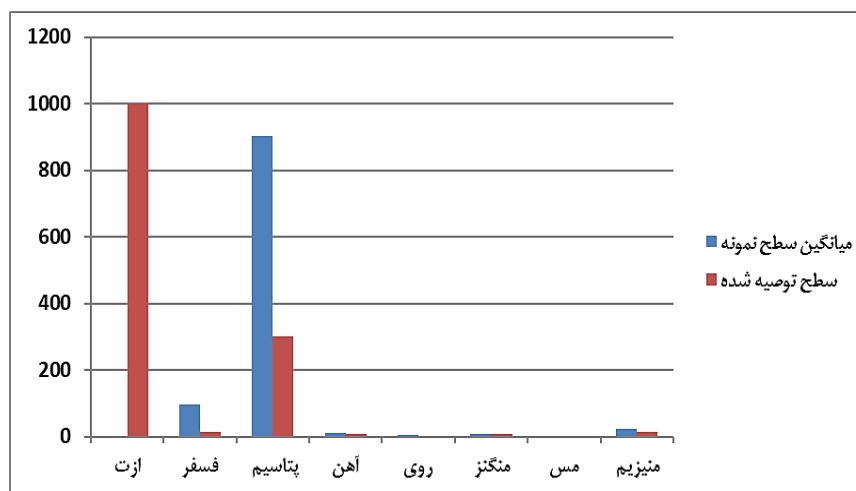
عنصر	درجه آزادی	P-value	انحراف از معیار	میانگین	اختلاف
ازت	۲۶	۰/۰۰۰**	۰/۰۷۰۷۰		
۹۹۹/۸۸۳۴۱-					
فسفر	۲۶	۰/۰۰۰**	۳۶/۹۵۰۹۴	۸۱/۳۳۳۳	
پتاسیم	۲۶	۰/۰۰۰**	۶۳۶/۳۲۸۱۱	۶۰۳/۳۳۳۳	
منیزیم	۲۶	۰/۰۰۰**		۱۷/۵۳۴۷۴	
۶/۹۴۸۱۵					
مس	۲۶	۰/۰۰۰**	۱/۶۲۳۸۷	۱/۶۸۰۷۴	
منگنز	۲۶	۰/۰۰۰**	۵/۸۶۷۸	-۷۳/۲۶۵۵	
آهن	۲۶	۰/۰۰۰**	۱۰/۷۹۰۲۰	۲/۴۱۸۱۵	
روی	۲۶	۰/۰۰۰**	۲/۰۱۶۸۷	۳/۸۰۸۸	

به طور کلی با مقایسه مقدار سطوح بهینه عناصر مورد نیاز گیاهان زراعی و باغی با متوسط آن عناصر در خاک آزمایش شده به این نکته می‌توان پی برد که مقدار عناصر پتاسیم، منیزیم، مس، روی و آهن در خاک گلخانه‌های شهرستان اشکذر بالا می‌باشد که بیشتر بوده و هر کدام از این عناصر در خاک و گیاه باعث بروز مشکلاتی می‌شود. مقادیر بالای پتاسیم در خاک روی جذب منیزیم و بر تاثیر گذاشته و باعث عدم جذب این دو عنصر می‌شود با عدم جذب، علایم کمبود این دو عنصر و کاهش محصول رخ داده و گلخانه‌داران مجبور به استفاده از مقادیر بالاتر این عناصر در خاک شده و در نتیجه خاک به مرور شور می‌شود (سومانی، ۲۰۰۸).

زیاد بود منیزیم در خاک جلوی جذب عنصر پر مصرف پتاسیم را می‌گیرد در مناطقی که آب و خاک شور می‌باشد بدلیل بالا بودن مقدار منیزیم کمبود پتاسیم مشاهده می‌شود. زیادبودن روی در خاک باعث اختلال در جذب آهن می‌شود

(سومانی، ۲۰۰۸). روی در خاک‌ها بسیار متحرک است ولی به آسانی روی هیدروکسیدهای آهن، منگنز و آلومینیم و کمپلکس‌های آلی جذب می‌شود. در آب‌های رودخانه غلظت روی اضافی به کلوئیدهای آلی و غیر آلی متصل می‌شود. نگرانی رو به رشد در مورد روی این است که روی از عناصری است که به راحتی متحرک شده و این واقعیت وجود دارد که دوزهای بالای آن می‌تواند موجب مسمومیت و سرطان‌زایی شود.

افزایش مصرف بی‌رویه هر عنصر ضروری، باعث اختلال در تعادل عناصر خاک شده و سلامت خاک را تهدید می‌کند، عدم سلامت خاک، سلامت گیاه و بدن‌بال آن سلامت انسان که مصرف کننده گیاه می‌باشد را تهدید می‌کند.



شکل ۳- نمودار مقایسه میانگین مقدار عناصر سطح نمونه با سطح توصیه شده

مقدار منگنز در خاک باید در محدوده ۸ میلی‌گرم/کیلوگرم باشد ولی اختلاف آن با سطح توصیه شده معنی دار ($p < 0.05$) و متوسط عنصر در خاک نمونه برداری شده ۶/۹۹۳ می‌باشد که نشان‌دهنده مقدار پایین این عنصر در خاک است. با توجه به این که کودهای پرمصرف و کم مصرف در گلخانه‌ها به وفور مصرف می‌شود؛ بنابراین توصیه می‌شود قبل از مصرف هر نوع کودی حتما آزمایش خاک و برگ انجام شود تا این که مصرف کود به مرور زمان متعادل شده و خاک‌های گلخانه‌ها بیش از این مسموم نشود و در نتیجه کاهش محصول و سلامت انسان تهدید نشود.

به‌طور کلی تغذیه بهینه گیاه شرط اصلی بهبود کمیت و کیفیت محصول می‌باشد. در تغذیه گیاه نه تنها باید هر عنصر به اندازه کافی در دسترس گیاه قرار گیرد؛ بلکه ایجاد تعادل و رعایت نسبت میان همه عناصر غذایی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. عدم تعادل تغذیه‌ای نه تنها عملکرد را افزایش نمی‌دهد بلکه باعث اختلالاتی در رشد گیاه و آلودگی خاک نیز می‌شود. افزایش بیش از حد پتاسیم در خاک ایجاد اختلال در جذب روی، آهن و منگنز می‌کند، افزایش فسفر نیز باعث ایجاد اختلال در جذب روی، آهن و منگنز می‌شود، زیادی عنصر مس موجب تشدید کمبود روی، آهن و منیزیم

می‌شود. زیاد بودن سایر عناصری که مورد نیاز گیاهان می‌باشند در صورتی که از حد مجاز افزایش یابند موجب اثرات زیست محیطی خطرناکی می‌شوند که در بالا به آنها اشاره شد.

منابع فارسی :

- قانع‌اردکانی، ج. و زارع، م.، ۱۳۹۵، "بررسی مقدماتی اثرات زیست محیطی کودهای شیمیایی بر زمین‌های کشاورزی مهریز و ارایه راهکار مناسب"، همایش ملی دانش و فناوری علوم کشاورزی، منابع طبیعی و محیط زیست ایران، ۲۷ اسفند، تهران.
- خاوازی، ک.، بلالی، م.، بازرگان، ک.، طهرانی، م.م.، رضایی، ح.، اسدی رحمانی، ه.، غیبی، م.ن.، داوودی، م.ح.، سعادت، س.، مشیری، ف.، دواتگر، ن.، ۱۳۹۳، "برنامه جامع حاصل‌خیزی خاک و تغذیه گیاه"، جلد ۱، انتشارات موسسه تحقیقات خاک و آب، تهران، ایران.
- ملکوتی، م. ج. و کشاورز، پ. و کریمیان، ن.، ۱۳۸۷، "روش جامع تشخیص و توصیه بهینه کود برای کشاورزی پایدار"، انتشارات دانشگاه تربیت مدرس، تهران ایران ۷۵۵ صفحه.

References:

- Gao, H.H., Zhao, H.Y., Du, C., Deng, M.M., Du, E.X., 2012. "Life table evaluation of survival and reproduction of the aphid, *Sit Obion avenae*, exposed to cadmium", Journal of Insect Science, 12: 44.
- Not a, B., Vooijs, R., van Straalen, N.M., Roelofs, D., 2011. "Expression of *mtc* in *Folsomia candida* indicative of metal pollution in soil", Environ Pollut, 159(5):1343-7.
- Somani, L.L., 2008. "Micronutrients for soil and plant health. Agrotech publishing Academy(ATPA)", Udiapur. New Dehli, India, 288p.
- Son, J., Lee, S.E., Park, B.S., Jung, J., Park, H.S., 2011. "Biomarker discover and proteomic evaluation of cadmium toxicity on a collembolan species", *Paronychiurus kimi* (Lee). Proteomics 11(11):2294-307.

بررسی اثرات زمین شناسی زیست محیطی ناشی از سنگ های مافیک و اولترامافیک در خاک منطقه شاندیز (ویرانی)



سمیرا عاقبتی^{*}، گروه زمین شناسی، واحد مشهد، دانشگاه آزاد اسلامی، مشهد، ایران

saghebati@ymail.com

محمد ابراهیم فاضل ولی پور، گروه زمین شناسی، واحد مشهد، دانشگاه آزاد اسلامی، مشهد، ایران

dr_ef_valipour@yahoo.com

رحیم دبیری، گروه زمین شناسی، واحد مشهد، دانشگاه آزاد اسلامی، مشهد، ایران

rahimdabiri@yahoo.com



چکیده:

منطقه شاندیز در ۳۷ کیلومتری شمال غربی مشهد و روستای ویرانی در ۸ کیلومتری شاندیز قرار دارد. این منطقه دارای کمپلکس افیولیتی می باشد که سنگ های مافیک و اولترامافیک را شامل می باشد. در مقاله حاضر به بررسی و ارزیابی فلزات سنگین در منابع خاک منطقه ویرانی پرداخته شده است. برای این کار از روش های آماری چند متغیره و شاخص زمین انباشت و ضریب غنی شدگی استفاده گردیده است. با استفاده از روش های آماری چند متغیره (ضریب پیرسون و آنالیز خوشه ای) همبستگی بین عناصر مورد ارزیابی قرار گرفت. بر اساس ارزیابی های صورت گرفته سنگ هایی با ماهیت مجموعه افیولیتی (پریدوتیت، دونیت، سرپانتینیت، گابرو و بازالت) به عنوان منشأ زمین زاد عناصر منطقه در نظر گرفته شده است. بر اساس اندازه گیری شاخص زمین انباشت برای خاک، عناصر نیکل و کروم دارای بالاترین میزان آلودگی در منطقه است. همچنین با اندازه گیری فاکتور غنی شدگی، عناصر آرسنیک، قلع و نقره دارای غنی شدگی قابل توجهی می باشند و عناصر سرب، کروم و نیکل دارای غنی شدگی متوسط در منطقه نشان می دهد که منشأ ورود این فلزات سنگین ساختارهای زمین شناسی منطقه و هوازدگی سنگ های افیولیتی است و منشأ زمین زاد دارد.

کلید واژه ها: افیولیت، فلزات سنگین، ضریب پیرسون، فاکتور غنی شدگی.

Investigation of the environmental effects of Mafic and Ultramafic rocks in the soil of Vayrani (NE Iran)

Samira Aghebati, Mohamad Ebrahim Fazel Valipour, Rahim Dabiri

Department of Geology, Mashhad Branch, Islamic Azad University, Mashhad, Iran

Abstract:

The study area is located on the northwest of Mashhad in the northeast of Iran. This area has an ophiolite complex that includes Mafic and Ultramafic rocks. In this paper, it has been investigated the assessment and evaluation of heavy metals in soil resources of the Veyrani. For this purpose, there were used multivariate statistical methods and Geo-accumulation index and richness factor. By using multivariate statistical methods (Pearson coefficient and cluster analysis), it was evaluated the correlation between the elements. According to assessments of ophiolitic rocks (peridotite, dunite, serpentinite, gabbro and basalt) are considered the origin of lithogenic elements of the region. The geo-accumulation index (Igeo) values revealed that the soil sampels of the study area were affected extremely contaminated by Cr and Ni metal. Also, Enrichment Factor value

indicated that Arsenic, Tin and Silver are significant enriched and Lead, Chromium and Nickel have medium enrichment in soils of the area. The origin of these heavy metals is the geological structure and weathering of ophiolite rocks (lithogenic origin) in study area.

Keywords : Ophiolite, Heavy Metals, Pearson Coefficient, Enrichment Factor.

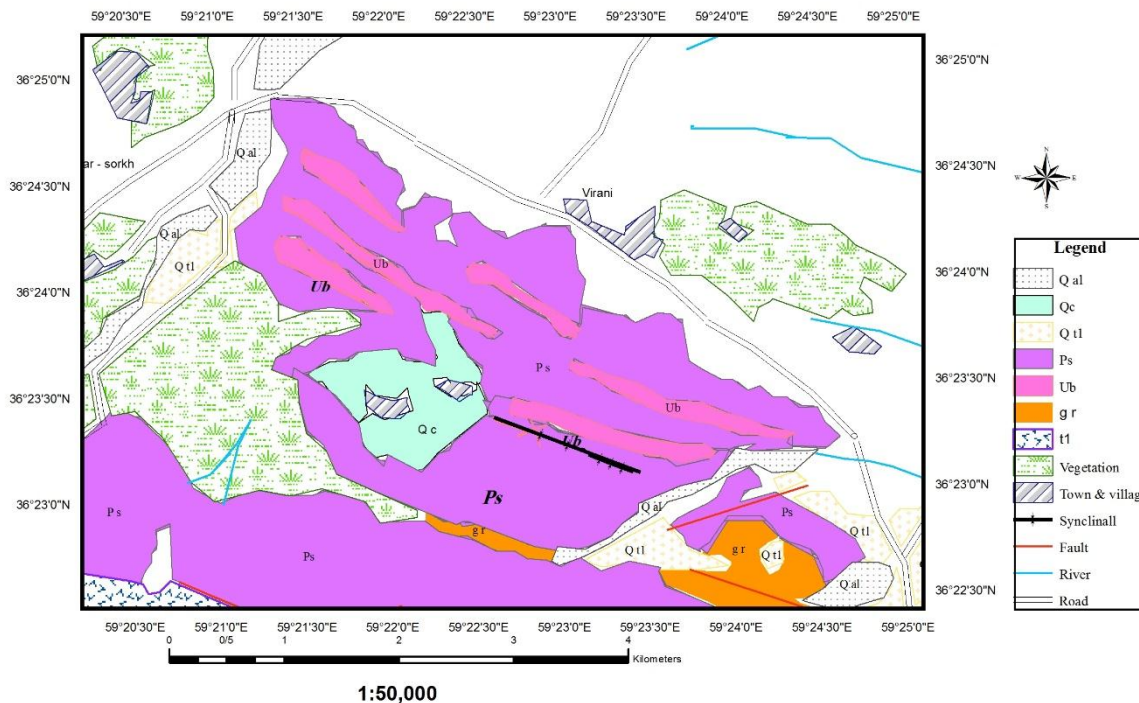


مقدمه :

منبع اصلی عناصر نادر موجود در بدن، زمین است و می توان گفت تمامی این عناصر بطور طبیعی در سنگ ها وجود دارند. آب و خاک به عنوان منابع پایه همه جانبه در معرض آلودگی هستند؛ به نظر می رسد در بعضی از مناطق کشور خاک ها و آب به طور طبیعی یا انسانی آلوده شده باشند و به همین دلیل باید به زمین به عنوان منبع اصلی این گونه آلودگی ها نگریست (آقاباتی، ۱۳۸۴). منطقه مورد مطالعه در یک مجموعه افیولیتی واقع شده است که از ویژگیهای بارز این مناطق وجود سنگ ها و خاک هایی با غلظت بالای فلزات سنگین می باشد. بنابراین شناسایی توزیع مکانی فلزات سنگین و تشخیص منابع آلودگی طبیعی از انسان زاد در خاک ها بسیار حائز اهمیت است. این پژوهش به منظور بررسی میزان غلظت و توزیع مکانی عناصر سنگین موجود در خاک و تعیین ارتباط زمین شناسی با کیفیت خاک منطقه ویرانی انجام گرفته است.

موقعیت جغرافیایی و زمین شناسی منطقه ویرانی

منطقه ویرانی در محدوده ۵۹ درجه ۲۰ دقیقه طول شرقی و ۳۶ درجه و ۲۳ دقیقه عرض شمالی و در ۳۷ کیلومتری شمال غربی مشهد واقع شده است. مهمترین راه دسترسی به این منطقه، جاده آسفalte وکیل آباد - طرqbه - شانديز است که حدود ۳۵ کیلومتری از مشهد فاصله دارد. در منطقه مورد مطالعه از لحاظ چینه شناسی و لیتولوژی رسوباتی مربوط به دوران پالئوزوئیک که دارای سری دگرگونه رسوبی - اولترابازیک پرمین شامل می شود. الیوین در این سنگ ها اغلب سرپانتینیزه شده، کلینوپیروکسن و پلاژیوکلاز کانیهای اصلی را در آنها تشکیل می دهند. نزدیکترین گسل به منطقه ویرانی، گسل طرqbه - آغنج در جنوب شرقی منطقه مشاهده می گردد شکل (۱) نقشه زمین شناسی منطقه مورد مطالعه را نشان می دهد.



شکل ۱- نقشه زمین شناسی منطقه مورد مطالعه به همراه جنس سنگ ها (برگرفته از نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰۰۰)

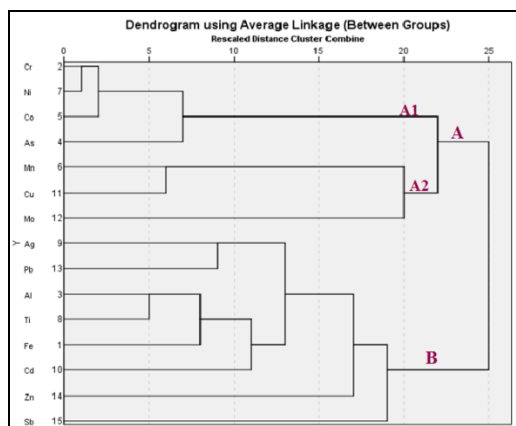
روش تحقیق:

نمونه برداری از خاک های سطحی منطقه ویرانی به منظور تعیین مقادیر فلزات سنگین در خاک به تعداد ۲۰ نمونه خاک انجام شد. بعد از آماده سازی، به منظور تعیین غلظت فلزات سنگین به روش ICP-MS، نمونه های خاک به آزمایشگاه زرازا ارسال گردید. برای ارزیابی آلودگی خاک از شاخص زمین انباشت و فاکتور غنی شدگی استفاده گردید. برای ارتباط عناصر با یکدیگر از ضریب پیرسون و آنالیز خوشه ای استفاده گردید.

نتایج و بحث

۱- ضریب همبستگی پیرسون: (Pearson Correlation)

مطالعات ژئوشیمیایی رسوبات می تواند گام مؤثری برای یافتن منشأ رسوبات، الگوی پراکنش عناصر و ارزشیابی زیست محیطی وضعیت موجود در یک منطقه باشد (Shajan, 2001). در این میان تشخیص ارتباط و همبستگی متقابل بین عناصر مختلف می تواند در ارزیابی دقیق تر اثرات زیست محیطی کمک کند. در این تحقیق از ضرایب همبستگی پیرسون (Pearson Correlation) برای تعیین روابط بین عناصر مختلف استفاده شده است. درک این روابط می تواند در تشخیص منبع عنصر و چگونگی انتقال آن در محیط مفید باشد. مقادیر ضریب همبستگی پیرسون عناصر سنگین منطقه مورد مطالعه در جدول (۱) ارائه شده است. همانطور که در جدول مشاهده می شود ارتباط معنادار مثبتی بین عنصر نیکل با کروم (۰/۹۹۳)، کبالت (۰/۹۴۳) و آرسنیک (۰/۷۵۲) وجود دارد. همچنین همبستگی کروم با کبالت (۰/۹۴۱) بسیار شدید است. همبستگی معکوس بالایی نیز بین عنصر روی با مولیبدن (۰/۵۶۰-) وجود دارد. همبستگی قوی بین کروم، نیکل، کبالت و همچنین آهن و آلومینیوم نشان از منشأ مشترک آنها دارد. عناصر کروم، نیکل و کبالت از عناصر اصلی خاکهای منطقه مافیک و اولترامافیک محسوب می



شکل ۲- نمودار خوشه ای عناصر اصلی و سنگین در نمونه های خاک منطقه مورد مطالعه

۳- بررسی شاخص زمین انباشتگی (Igeo)

در تحلیل های زیست محیطی، از شاخص زمین انباشت (Index of Geoaccumulation) به منظور مشخص کردن سطح آلودگی و میزان تاثیر عوامل انسان زاد از عوامل طبیعی استفاده می شود. این شاخص می تواند بیانگر شدت تاثیر عوامل خارجی باشد (Anagnostou, 1997). شاخص زمین انباشت برای اولین بار توسط مولر (Muller, 1969) ارائه شد رابطه (۱).

$$Igeo = \log_2 \left[\frac{C_n}{1.5 B_n} \right]$$

در این معادله، C_n غلظت اندازه گیری شده عنصر در نمونه و B_n غلظت همان عنصر در نمونه زمینه (میانگین شیل جهانی) است. ضریب ۱/۵ نیز برای حذف تغییرات احتمالی زمینه به علت تاثیرات زمین شناختی اعمال می شود. بر اساس طبقه بندی مولر (Muller, 1979) هفت رده آلودگی را می توان در نظر گرفت.

جدول شماره ۲- طبقه بندی کیفیت رسوبات بر اساس شاخص تجمع ژئوشیمیایی مولر (Muller, 1979)

مقادیر Igeo	درجه آلودگی	وضعیت آلودگی (محدوده مولر)
کمتر یا برابر با صفر	۰	غیر آلوده
۰-۱	۱	از غیر آلوده تا آلودگی متوسط
۱-۲	۲	آلودگی متوسط
۲-۳	۳	از آلودگی متوسط تا آلودگی زیاد
۳-۴	۴	آلودگی زیاد
۴-۵	۵	از آلودگی زیاد تا به شدت آلوده
بزرگتر از ۵	۶	به شدت آلوده

از جدول (۲) می توان به این نتیجه رسید که:



نیکل و کروم به ترتیب دارای بالاترین میزان انباشتگی ۲/۳۶ و ۲/۱۹ هستند و طبق نظریه Muller با داشتن درجه آلودگی ۳، کمی آلوده تا خیلی آلوده می باشند. نقره با میزان انباشتگی ۲ دارای درجه آلودگی ۲، آلودگی متوسط را دارد. کبالت، روی، آرسنیک و سرب دارای درجه آلودگی ۱، غیر آلوده تا کمی آلوده می باشند. در حالیکه Mn ، Cu ، Ti ، Fe ، Al ، Cd ، Sb و Mo از نظر شدت آلودگی غیر آلوده هستند.

جدول شماره ۳- مقادیر شاخص زمین انباشت عناصر در نمونه های خاک منطقه مورد مطالعه

Sample	Ag	Al	As	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Mn	Mo	Ni	Pb	Sb
S1	1.56	-0.88	-0.65	-0.96	-0.58	-0.81	0.07	-0.92	-0.03	-1.95	-0.81	-0.65	-1.17
S2	1.18	-1.21	-0.39	-0.96	-0.74	-0.1	-0.49	-1.19	-0.63	-1.98	-0.23	-1.2	-1.05
S3	1.65	-1.14	-0.18	-0.96	-0.58	0.58	-0.55	-1.09	-0.66	-1.98	0.3	-0.73	-0.95
S4	1.73	-0.91	-0.61	-0.84	-0.58	-0.5	-0.24	-0.92	-0.1	-1.96	-0.72	-0.51	-1.2
S5	1.41	-0.94	-0.7	-0.96	-0.3	0.02	-0.21	-0.78	0.08	-1.79	-0.35	-0.44	-0.93
S6	1.18	-1.51	-0.32	-0.96	-0.92	-0.39	-0.61	-1.36	-0.79	-1.7	-0.6	-1	-1.37
S7	1.13	-4.35	-0.75	-1.1	-0.92	-0.3	-0.9	-2.33	-0.8	-1.99	-0.54	-1	-1.2
S8	1.81	-0.92	-0.16	-0.96	-0.74	0.23	-0.79	-1.02	-0.37	-2.27	-0.58	-0.51	-1.02
S9	1.77	-0.86	-0.26	-0.84	-0.83	0	-1.03	-1.01	-0.69	-1.84	-0.18	-0.44	-1.17
S10	1.81	-0.85	-0.15	-0.84	-0.74	-0.19	-0.99	-1	-0.62	-2.05	-0.21	-0.38	-0.96
S11	1.56	-0.85	-0.41	-0.9	-0.92	-0.47	-0.99	-0.97	-0.6	-1.91	-0.44	-0.38	-1.07
S12	2	-0.82	-0.34	-0.96	-0.83	-0.49	-1.03	-1.04	-0.63	-2.13	-0.42	0.18	-1.02
S13	1.77	-0.89	-0.3	-0.79	-0.51	0.14	-0.68	-0.96	-0.43	-1.76	0.13	-0.65	-1.18
S14	1.81	-1.37	0.23	-1.03	0.55	2.19	-0.17	-0.69	-0.44	-1.86	2.36	-0.82	-1.17
S15	1.36	-1.12	-0.34	-0.96	-0.37	0.95	-0.9	-1.04	-0.88	-1.92	0.86	-0.9	-1.27
S16	1.6	-0.8	-0.55	-0.9	-0.92	-0.84	-0.99	-0.96	-0.54	-1.93	-0.89	0	-1.3
S17	1.51	-0.77	-0.67	-0.9	-0.83	-0.58	-0.86	-0.98	-0.53	-1.99	-0.74	-0.38	-1.21
S18	1.77	-0.87	-0.57	-0.96	-1.02	-0.83	-1.07	-1.07	-0.69	-1.91	-0.91	-0.44	-0.96
S19	1.73	-0.86	-0.85	-0.9	-1.02	-0.72	-0.94	-1.04	-0.62	-1.84	-0.79	-0.26	-0.98
S20	1.65	-0.98	-0.12	-0.96	-0.83	0.01	-1.03	-1.1	-0.71	-1.92	-0.74	-0.44	-1.21
Average	1.5995	-1.145	-0.4045	-0.932	-0.6815	-0.105	-0.72	-1.0735	-0.534	-1.934	-0.275	-0.547	-1.1195
Min	1.13	-4.35	-0.85	-1.1	-1.02	-0.84	-1.07	-2.33	-0.88	-2.27	-0.91	-1.2	-1.37
Max	2	-0.77	0.23	-0.78	0.55	2.19	0.07	-0.69	0.08	-1.7	2.36	0.18	-0.93

۴- بررسی فاکتور غنی شدگی (Ef)

ضریب غنی شدگی یک عنصر خاص در یک نمونه معین عبارت است از نسبت غلظت آن عنصر در آن نمونه به غلظت زمین همان عنصر در جامعه ای که آن نمونه مربوطه متعلق به آن است این ضریب در تحلیل های زیست محیطی، یکی از عوامل مهم ارزیابی میزان تمرکز عناصر تحت تاثیر عوامل انسان زاد و طبیعی است که از رابطه (۲) محاسبه می گردد (Lu et al, 2009).

$$Ef = \frac{C1_{me}}{C2_{me}} \div \frac{C1_n}{C2_n}$$

جدول شماره ۴- سطح آلودگی خاک ها بر اساس شاخص غنی شدگی (Adeyi and Torto, 2014)

شاخص غنی شدگی	رده	سطح آلودگی
<۲	۱	غنی شدگی بسیار ضعیف
۲-۵	۲	غنی شدگی متوسط
۵-۲۰	۳	غنی شدگی قابل توجه
۲۰-۴۰	۴	غنی شدگی شدید

غنی شدگی بسیار شدید	۵	>۴۰
---------------------	---	-----

جدول شماره ۵- ضریب غنی شدگی (EF) عناصر در نمونه های خاک منطقه

Sample	Ag	Al	As	Cd	Co	Cr	Cu	Mn	Mo	Ni	Pb	Sb	Ti	Zn
S1	5.93	1.07	9.22	1.54	1.01	1.03	1.72	1.75	0.9	1.03	1.95	6.69	1.34	1.68
S2	5.53	1.02	13.26	1.85	1.09	2.03	1.4	1.39	1.06	1.87	1.61	8.71	1.37	1.61
S3	7.11	1.01	14.41	1.73	1.14	3.06	1.26	1.27	0.99	2.53	2.08	8.74	1.32	1.61
S4	6.69	1.05	9.45	1.67	1.01	1.27	1.38	1.67	0.89	1.1	2.16	6.56	1.37	1.66
S5	4.84	0.93	8.08	1.39	1.11	1.66	1.27	1.72	0.91	1.29	2.05	7.15	1.33	1.52
S6	6.22	0.93	1.81	2.08	1.08	1.87	1.45	1.4	1.45	1.62	2.09	7.9	1.39	1.71
S7	11.67	0.25	22.89	3.73	2.13	3.87	2.32	2.73	2.32	3.31	4.1	17.41	2.78	3.35
S8	7.55	1.11	13.82	1.64	0.97	2.27	1.01	1.15	0.77	1.86	2.31	7.93	1.4	3.65
S9	7.32	1.15	12.81	1.78	0.91	1.92	0.85	1.17	1.03	1.7	2.4	7.12	1.39	1.79
S10	7.5	1.163	13.81	1.77	0.96	1.67	0.87	1.24	0.89	1.66	2.51	8.16	1.44	1.8
S11	6.13	1.17	11.23	1.66	0.83	1.34	0.85	1.22	0.96	1.38	2.45	7.4	1.5	1.8
S12	8.7	1.2	12.4	1.66	0.92	1.39	0.87	1.25	0.86	1.46	3.79	8.04	1.47	1.82
S13	7.06	1.08	12.05	1.78	1.098	2.04	1.04	1.36	1.05	2.05	2	6.79	1.36	1.7
S14	6.05	0.65	14.64	1.26	1.92	7.08	1.25	1.13	0.81	8.02	1.49	5.73	0.97	1.29
S15	5.6	0.98	12.43	1.67	1.27	3.8	0.95	1.05	0.99	3.6	1.78	6.75	1.28	1.53
S16	6.28	1.16	10.16	1.65	0.82	1.03	0.85	1.26	0.93	1	3.17	6.25	1.41	1.86
S17	5.97	1.2	9.45	1.67	0.89	1.25	0.93	1.29	0.91	1.13	2.46	6.76	1.44	2.01
S18	7.65	1.2	10.83	1.71	0.83	1.13	0.86	1.23	1.03	1.07	2.52	8.56	1.51	1.82
S19	7.27	1.17	8.72	1.74	0.81	1.19	0.92	1.26	1.05	1.14	2.79	8.29	1.42	2.05
S20	7.16	1.13	15.11	1.74	0.97	2.06	0.91	1.24	1.04	1.96	2.57	7.37	1.47	1.84
Average	6.912	1.0312	11.83	1.786	1.0884	2.148	1.148	1.389	1.042	2.039	2.414	7.9155	1.448	1.905
Max	11.67	1.2	22.89	3.73	2.13	7.08	2.32	2.73	2.32	8.02	4.1	17.41	2.78	3.65
Min	4.84	0.25	1.81	1.26	0.81	1.03	0.85	1.05	0.77	1	1.49	5.73	0.97	1.29

جدول (۵) نشان می دهد As، Sb و Ag با داشتن رده ۳، دارای غنی شدگی قابل توجهی می باشند. Cr، Pb و Ni با داشتن رده ۲، دارای غنی شدگی متوسط و سایر عناصر از نظر غنی شدگی بسیار ضعیف می باشند و بر اساس نظریه هرناندز، برای عناصر As، Sb، Ag، Cr، Pb، Ni منشاء انسان زاد و برای سایر عناصر منشاء زمین زاد معین می گردد.

۵- بررسی فاکتور آلودگی خاک (CF)

برای تعیین ارزیابی ریسک آلودگی خاک با استفاده از فاکتور آلودگی از رابطه ۳ استفاده می شود (Abraham et al, 2008).

$$CF = \frac{C(\text{heavy metal})}{C(\text{back ground})} \quad \text{رابطه ۳}$$

مطابق مقادیر فاکتور آلودگی، عنصر نقره دارای آلودگی قابل توجه می باشد. عناصر کروم، نیکل، آرسنیک، سرب و منگنز دارای آلودگی متوسط می باشند و سایر عناصر دارای آلودگی کم هستند.

جدول ۶- طبقه بندی مقادیر فاکتور آلودگی (Abraham, et al, 2008)

CF	< 1	1 - 3	3 - 6	> 6
شدت آلودگی	آلودگی کم	آلودگی متوسط	آلودگی قابل توجه	آلودگی خیلی زیاد

جدول شماره ۷- مقادیر فاکتور آلودگی عناصر مورد مطالعه در نمونه های خاک

sample	Ag	Al	As	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Mn	Mo	Ni	Pb	Sb	Ti
S1	4.42	0.81	0.95	0.76	1	0.85	1.57	0.79	1.46	0.38	0.85	0.95	0.66	0.95
S2	3.42	0.64	1.13	0.76	0.89	1.4	1.06	0.65	0.96	0.38	1.27	0.65	0.72	0.81
S3	4.71	0.68	1.32	0.76	1	2.25	1.02	0.7	0.94	0.38	1.85	0.9	0.77	0.83
S4	5	0.79	0.97	0.83	1	1.05	1.26	0.79	1.39	0.38	0.91	1.05	0.65	0.97
S5	4	0.78	0.92	0.76	1.21	1.52	1.28	0.87	1.59	0.43	1.17	1.1	0.78	1.05
S6	3.42	0.52	1.2	0.76	0.78	1.14	0.97	0.58	0.86	0.46	0.98	0.75	0.58	0.73
S7	3.28	0.07	0.89	0.7	0.78	1.21	0.8	0.29	0.86	0.37	1.02	0.75	0.65	0.74
S8	5.28	0.78	1.33	0.76	0.89	1.76	0.86	0.74	0.9	0.31	1.44	1.05	0.74	0.94
S9	5.14	0.82	1.24	0.83	0.84	1.5	0.73	0.74	0.92	0.41	1.32	1.1	0.66	0.93
S10	5.28	0.83	1.34	0.83	0.89	1.31	0.75	0.74	0.97	0.36	1.29	1.15	0.76	0.97
S11	4.42	0.86	1.12	0.8	0.78	1.07	0.75	0.76	0.98	0.4	1.1	1.15	0.71	1.03
S12	6	0.84	1.18	0.76	0.84	1.06	0.73	0.73	0.96	0.34	1.11	1.7	0.74	0.97
S13	5.14	0.8	1.21	0.86	1.05	1.65	0.93	0.77	1.1	0.44	1.64	0.95	0.66	0.94
S14	5.28	0.57	1.76	0.73	2.21	6.86	1.33	0.92	1.1	0.41	7.72	0.85	0.66	0.81
S15	3.85	0.68	1.18	0.76	1.15	2.91	0.8	0.72	0.81	0.39	2.73	0.8	0.62	0.84
S16	4.57	0.85	1.02	0.8	0.78	0.83	0.75	0.77	1.02	0.39	0.8	1.5	0.6	0.98
S17	4.28	0.87	0.93	0.8	0.84	1	0.82	0.75	1.03	0.37	0.89	1.15	0.64	0.99
S18	5.14	0.82	1	0.76	0.73	0.84	0.71	0.71	0.92	0.4	0.79	1.1	0.76	0.97
S19	5	0.82	0.83	0.8	0.73	0.91	0.77	0.72	0.97	0.41	0.86	1.25	0.76	0.93
S20	4.71	0.75	1.37	0.76	0.84	1.51	0.73	0.69	0.91	0.39	1.42	1.1	0.64	0.92
Average	4.617	0.729	1.1445	0.779	0.9615	1.6315	0.931	0.7215	1.0325	0.39	1.558	1.05	0.688	0.915
Max	6	0.87	1.76	0.86	2.21	6.86	1.57	0.87	1.59	0.46	7.72	1.7	0.78	1.05
Min	3.28	0.07	0.83	0.7	0.73	0.83	0.71	0.29	0.81	0.31	0.79	0.65	0.58	0.73



نتیجه گیری :

منطقه مورد مطالعه در مجموعه افیولیتی مشهد قرار دارد که این مجموعه دارای سنگ های مافیک و اولترامافیک شامل دونیت، لروزولیت، ورلیت، گابرو، دیاباز، بازالت و ... می باشد. سنگ های اولترامافیک و مافیک که لیتولوژی غالب در منطقه مورد مطالعه را تشکیل می دهند باعث شده اند تا خاک های تشکیل شده از عناصر Ni, Co, Ag, Cr, Zn و As غنی باشند. با استفاده از نتایج حاصل از آنالیز خوشه ای در منطقه مورد مطالعه دو منبع مختلف برای آلودگی فلزات سنگین در خاک می تواند پیشنهاد شود. این دو منبع عبارتند از: ۱- سنگ هایی با ماهیت مجموعه افیولیتی (پریدونیت، دونیت، سرپانتینیت، گابرو و بازالت) به عنوان منشأ عناصر کبالت، نیکل، کروم و آهن. ۲- سنگ هایی با ماهیت اسیدی (کنگلومرا و توف های اسیدی، گرانیت و شیست های منطقه) به عنوان منشأ عناصر مولیبدن، مس، کادمیوم و آرسنیک (به علت نخاله های ساختمانی). بررسی نتایج حاصل از فاکتورهای غنی شدگی و مقایسه با میانگین عناصر در پوسته قاره ای و خاک های سطحی نشان داد، آرسنیک غنی شدگی قابل توجهی با منشأ انسان زاد و عناصری شامل سرب، نیکل و کروم غنی شدگی متوسط با منشأ زمین زاد را دارند. بر طبق بررسی شاخص زمین انباشتگی می توان به این نتیجه رسید که:

Ni>Cr>Ag>Co>Zn>As>Pb>Mn>Cu>Ti>Fe>Al>Cd>Sb>Mo
نیکل و کروم به ترتیب دارای بالاترین میزان انباشتگی ۲/۳۶ و ۲/۱۹ هستند و طبق نظریه Muller با داشتن درجه آلودگی ۳، کمی آلوده تا خیلی آلوده می باشند. نقره با میزان انباشتگی ۲ دارای درجه آلودگی ۲، آلودگی متوسط را دارد. کبالت، روی، آرسنیک و سرب دارای درجه آلودگی ۱، غیر آلوده تا کمی آلوده می باشند. در حالیکه Cu، Mn، Ti، Fe، Al، Cd، Sb و Mo از نظر شدت آلودگی غیر آلوده هستند. بررسی داده های ضریب پیرسون نشان می دهد که همبستگی قوی بین عنصر نیکل با کروم (۰/۹۹۳)، کبالت (۰/۹۴۳) نشان از منشاء مشترک آنها دارد.



منابع فارسی

اطاری، م.، دبیری، ر.، فاضل ولی پور، م.، (۱۳۹۳)، "تاثیرات ژئوشیمیایی منطقه افیولیتی فرومد بر کیفیت آب های منطقه، شمال غرب سبزوار"، همایش ملی زمین شناسی و اکتشاف منابع، شیراز
جغتایی، ح.، دبیری، ر.، مسلم پور، م.، (۱۳۹۴)، "بررسی تاثیر واحدهای سنگی افیولیتی بر کیفیت منابع آب دشت جغتای، (شمال غرب سبزوار)"، ششمین همایش ملی زمین شناسی محیط زیست، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اسلامشهر
پورلطفی، ع.، (۱۳۸۰)، نقشه زمین شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰، طبقه، وزارت صنایع و معادن، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور



References:

- Abraham, G. M. S., & Parker, R. J., (2008), "Assessment of heavy metal enrichment factors and the degree of contamination in marine sediments from Tamaki Estuary, Auckland, New Zealand", Environmental Monitoring and Assessment, Vol. 136 (1-3): 227- 238.
- Adeyi, A. A., Torto, N., (2014), Profiling heavy metal distribution and contamination in soil of old power generation station in Logos, Nigeria, American Journal of Science and Technology, (1), pp. 1-10.
- Anagnostou, Ch., Kaberi, H., & Karageorgis, A., (1997), " Environmental impact on the surface sediments of the bay and the gulf of Thessaloniki (Greece) according to the geoaccumulation index classification ", International Conference on Water Pollution: 269- 275.
- Lu, X., Wang, L., Lei, K., Huang, J., & Zhai, Y., (2009), "Contamination assessment of copper, lead, zinc, manganese and nickel in street dust of Baoji, NW China", Journal of Hazardous Material, Vol. 161 (2-3): 1058-1562.
- Muller, G., (1979), "Index of geoaccumulation in sediments of the Rhine River", Geological Journal, 2, 109- 118.
- Shajan, K. P., (2001) " Geochemistry of Bottom sediments from a River- Estuary- Shelf Mixing Zone on the tropical Southwest Coast of India. Bull ", Geol. Surv. Japan, Vol. 52, No. 8, pp. 371- 382.

اثرات زیست محیطی طوفان‌های ریزگردهای استان یزد و راهکار کاهش آن

جواد قانعی اردکانی: دکتری پترولوژی، استادیار گروه زمین‌شناسی دانشگاه پیام نور، ghaneijavad@yahoo.com

امیرمحمد فراز: دانشجوی کارشناسی ارشد زمین‌شناسی زیست محیطی دانشگاه پیام نور مرکز تفت، a.m.faraze@gmail.com

چکیده:

طوفان‌های گرد و خاک یکی از بلایای طبیعی است که در کشور ما رخ می‌دهد. استان یزد نیز یکی از مناطق خشک کشور می‌باشد که دائماً در معرض فرسایش خاک و شکل‌گیری طوفان‌های ماسه‌ای است. موقعیت جغرافیای استان یزد و همجواری با کویرهای مرکزی ایران باعث شرایط خاص آب و هوایی گردیده که انرژی سیستم‌های جوی به دلیل کمبود رطوبت عمده‌تاً بصورت وزش باد و گرد و خاک پدیدار می‌شود. تعداد روزهای گرد و غبار به میزان خشکسالی بستگی دارد و هرچه دوره خشکسالی طولانی‌تر می‌شود؛ تاثیر بیشتری روی تعداد روزهای گرد و خاک دارد.

کلید واژه‌ها: اثرات زیست محیطی، طوفان گرد و غبار، استان یزد، راهکار کاهش

Environmental Impacts of dust storms in Yazd Province and the solution to reduce it

Javad Ghanei Ardekani: Ph.D. Petrology, Assistant Professor, Department of Geology, Payame Noor University
Amir Mohammad Farze: M.Sc. Student in Environmental Geology, Payame Noor University, Taft Center

Abstract:

Dust storms are one of the natural disasters that occur in our country. Yazd province is also one of the arid regions of the country that is constantly exposed to soil erosion and the formation of sandstorms. The geographic location of Yazd province and its proximity to the central Iranian desert have led to special weather conditions that the energy of atmospheric systems due to lack of moisture mainly occurs as winds and dust. The number of days of dust depends on the amount of drought and the longer the period of drought will have a greater effect on the number of days of dust.

Keywords: Environmental Impacts, dust storms, Yazd Province, solution to reduce

مقدمه:

گرد و غبار یا ریزگرد (Dust) توده‌ای از ذرات جامد ریز غبار و گاه دود است که در جو پخش شده و دید افقی را محدود می‌کند (Miller, et al. 2008). پدیده‌های گرد و غبار رخدادهای طبیعی هستند که در مناطق خشک و نیمه خشک و به‌ویژه در عرض‌های جنب حاره‌ای رخ می‌دهند. انتشار گرد و غبار به‌صورت وقایعی پراکنده که در اندازه، زمان و غلظت ذرات متفاوت است در جو زمین رخ می‌دهد. متوسط ارتفاع طوفان گرد و غبار بین ۹۰۰ تا ۱۸۰۰ متر می‌باشد (Goudie, 2014).

شدت فرسایش خاک توسط باد به شدت باد، میزان آب جاری، شرایط اقلیمی، خواص خاک و طول و زاویه شیب سطح بستگی دارد. خاک فرسایش یافته به وسیله باد حرکت داده می‌شود که بر حسب اندازه ذرات، حرکت به یکی از سه طریق تعلیق، خریدن و جهش است. ذرات ریزدانه مانند ذرات رس به علت سبک بودن تا ارتفاع زیادی از سطح زمین بلند می‌شوند و مدت زیادی در هوا معلق باقی‌مانده و پس از طی مسافتی طولانی فرومی‌نشینند. غالباً قطر ذرات معلق کمتر از ۰/۱ است و در اثر تلاطم و جریان‌های دورانی مدت‌های طولانی به حالت تعلیق باقی می‌مانند. در حرکت تعلیقی ذرات بسیار ریز خاک پس از برخاستن از زمین به سبب سبکی فوق‌العاده و سطح ویژه زیاد، به صورت معلق مدتها در هوا باقی می‌مانند و در صورت وجود جریانات مساعد جوی، گاهی صدها یا هزاران کیلومتر مسافت را طی می‌کنند و تا ارتفاعی بیش از چند هزار متر از سطح زمین گسترش می‌یابند (Wang, et al. 2015).

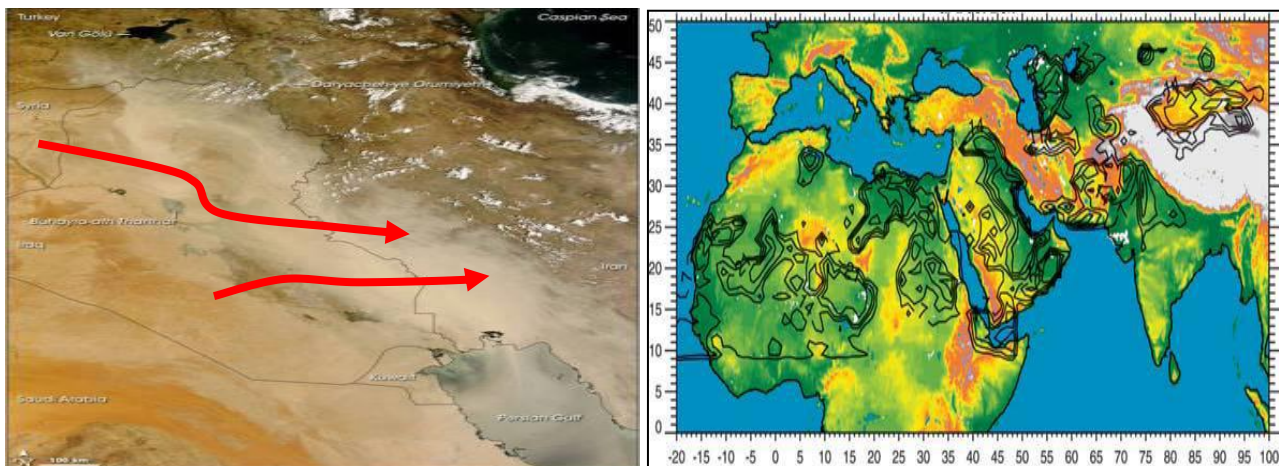
طبق تعریف سازمان هواشناسی جهانی (W.M.O) هرگاه سرعت باد از ۱۵ متر بر ثانیه تجاوز کند و دید افقی به علت گرد و غبار به کمتر از یک کیلومتر متر برسد توفان گرد و غبار نامیده می‌شود؛ که در استان یزد گاهی دید افقی به کمتر از ۵۰۰ متر می‌رسد که به آن توفان شدید گرد و غبار گفته می‌شود. با توجه به قرار داشتن کشور ایران در منطقه نیمه خشک جهان و گسترش حدود ۵۰٪ آن در منطقه خشک و بیابانی، همه ساله مشکلات و خسارت‌های مالی و جانی که این طوفانها در زندگی مردم به بار می‌آورند، مشاهده می‌شود. بادهای شدید و طوفانها، فرآیندی طبیعی بوده که در تمام نواحی خشک و نیمه خشک جهان رخ می‌دهد و زمانی شدت پیدا می‌کند که فعالیت‌های انسانی سبب تخریب و به هم خوردن وضعیت طبیعی اراضی شده و این اراضی تحت تاثیر خشکی و خشکسالی قرار گیرند.

بزرگترین و پایدارترین منابع تولید غبار در نیم کره شمالی زمین قرار دارند. این منطقه همچون کمربندی از گرد و غبار از سواحل شمال غربی آفریقا آغاز شده و ضمن عبور از خاورمیانه، آسیای مرکزی و جنوبی به چین می‌رسد. کانون‌های اصلی تولید گرد و غبار در مناطق غربی و مرکزی، نواحی شرقی سوریه و شمال‌غربی عراق بوده که ذرات معلق با حرکت طوفان به سمت شرق، ایران را تحت تاثیر قرار می‌دهند. ایجاد شیو فشاری زیاد بین سامانه‌های کم فشار و پرفشار، با گسترش زبانه سامانه کم فشار گرمایی از مرکز ایران تا شمال عراق و توسعه سامانه پرفشار از روی دریای سیاه تا روی خزر، شمال‌غرب ایران که با افزایش سرعت باد شرایط برای تولید گرد و خاک فراهم می‌شود (شکل-۱).

مقایسه ریزگردهای استان یزد با کشور:

استان یزد با مساحت ۷۲۱۵۶ کیلومتر مربع بین $29^{\circ}35'$ تا $29^{\circ}35'$ طول شرقی و $35^{\circ}07'$ عرض شمالی در مرکز ایران قرار دارد. این استان در برگیرنده نامناسبترین عوامل طبیعی غالب بر فلات مرکزی ایران است. مرتفع‌ترین منطقه استان در قسمت جنوب‌غربی آن تحت عنوان رشته کوه شیرکوه (حدود ۴۰۷۵ متر) واقع و پست‌ترین منطقه شمال تا شمال‌شرقی را در بر می‌گیرد که توأم با باتلاق‌های متعدد نمک، اراضی لخت، بیابانی و مراتع با پوشش گیاهی ضعیف تا متوسط می‌باشد.

موقعیت جغرافیای استان یزد و همجواری با کویرهای مرکزی ایران باعث شرایط خاص آب و هوایی گردیده که انرژی سیستم‌های جوی به دلیل کمبود رطوبت عمدتاً بصورت وزش باد و گرد و خاک پدیدار می‌شود. طبق سالنامه‌های سازمان هواشناسی کشور از سال ۲۰۰۸ - ۱۹۹۹ میلادی به مدت ۱۰ سال، میانگین روزهای توام با طوفان گرد و خاک استان یزد ۴۳ روز در سال و میانگین روزهای همراه با غبار محلی (HAZE) که از نظر هواشناسی حالتی از تیرگی هوا است که در نتیجه وجود ذرات جامد و معلق در هوا (به شکل دود، بخار آب، خاک و یا ذرات شن بسیار ریز) ایجاد می‌شود به طور میانگین ۱۱۳ روز در سال بوده است. میانگین پدیده‌های فوق (طوفان گرد و خاک، ریزگردها و غبار محلی) حدود ۱۵۶ روز در سال می‌باشد که قطعاً با توجه به خشکسالی‌های مستمر سال‌های اخیر و نیز ورود ریزگردها با منشاء خارجی (عمدتاً از غرب و جنوب غرب) این تعداد روز افزایش یافته است (هلالی و همکاران، ۱۳۹۲).



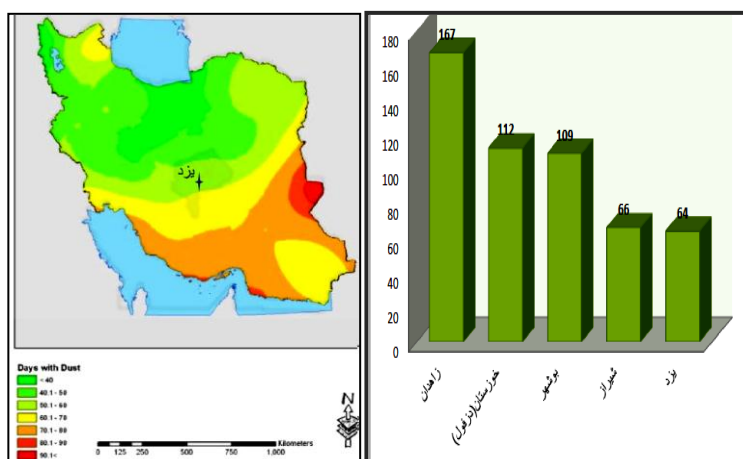
شکل ۱- کمربند گرد و غبار نیم کره شمالی زمین و کانون‌های اصلی تولید گرد و غبار (ریزگردها) در مناطق غربی و مرکزی ایران، نواحی سوریه، عراق و عربستان

در بررسی ایستگاه‌های کشور طی سال‌های ۲۰۰۵ - ۱۹۵۱ مشخص شد که حداکثر تعداد روزهای گرد و غبار عمدتاً در مناطق جنوبی کشور متمرکز شده است به طوری که در ماه آوریل حداکثر آن در ایستگاه‌های یزد، دزفول و زابل می‌باشد و بیشترین تعداد روزهای گرد و غبار در مقیاس سالانه مربوط به استان‌های سیستان و بلوچستان، خوزستان، بوشهر، شیراز و یزد است (شکل ۲).

منشاء و علت ریزگردهای استان یزد:

منشاء طوفان‌ها در یزد معمولاً سامانه‌های مدیترانه‌ای، جنوب غربی مدیترانه‌ای - سودانی و شمال شرقی می‌باشد که عمدتاً با توجه به عدم پوشش گیاهی و یا کم بودن تراکم پوشش گیاهی در مسیر حرکت آنها موجب می‌شود تا حمل خاک و شن

خسارت‌های سنگینی به تاسیسات زیربنایی، فضاهای سبز، واحدهای مسکونی، کشاورزی و دامی وارد نماید. وجود ماسه‌های روان که یکی از آشکارترین آثار فرسایش بادی است در این استان فراوان دیده می‌شود. ماسه‌های روان می‌توانند تا شعاع نسبتاً وسیعی از اطراف خود را تحت تأثیر قرار دهند. به ویژه با ظهور توفان‌های شدید، ناحیه تحت نفوذ ماسه‌های روان به سبب به حرکت در آمدن ماسه‌ها حالت خطرناک و مرگباری به خود می‌گیرد و شهرهای این استان را ساعت‌ها در تاریکی فرو می‌برد و سبب راه بندان اختلال در سلامت افراد، مختل شدن شرایط طبیعی زندگی مردم و وارد نمودن خسارات زیاد به منطقه می‌باشد (شکل-۳).



شکل ۲- نمودار مقایسه تعداد روزهای ریزگردها و نقشه پهنه‌بندی روزهای همراه با گرد و غبار در کشور، استان یزد در محدوده ۶۰ تا ۷۰ روز قرار دارد.



شکل ۳- تصویری از توفان‌های گرد و غبار شهرستان اردکان سال ۱۳۹۵

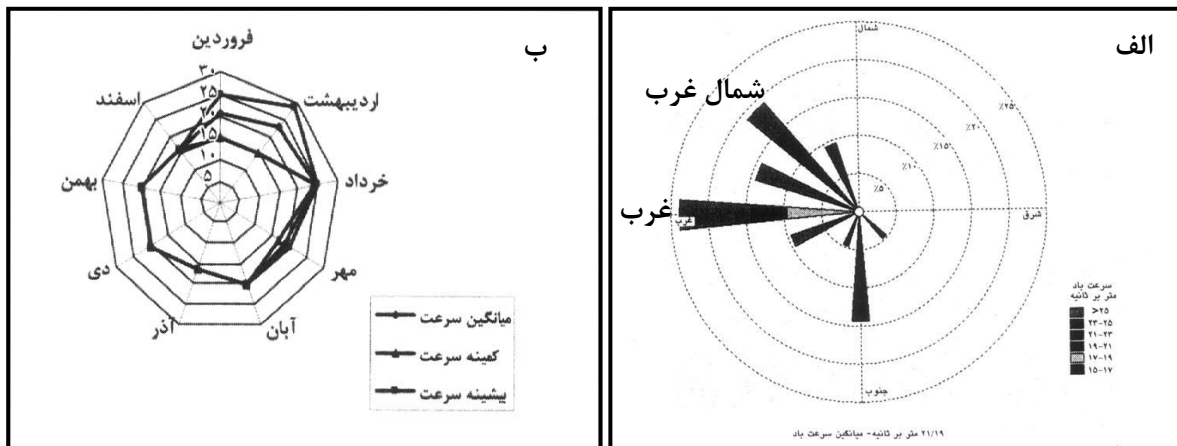
اثر هدایتی دره توپوگرافی اردکان-یزد تأثیر بسیار زیادی در کانالیزه‌شدن این بادهای شدید از سمت شمال و غرب در محدوده شهرهای اردکان و میبد و افزایش سرعت آن به سمت غرب در محدوده شهر یزد دارد، به صورتی که این روند

تغییرات با مورفولوژی تپه‌های ماسه‌ای نیز مطابقت دارد. علت دیگر رخداد این پدیده وجود گرادیان فشار بین این منطقه و اطراف آن است که خود سبب ایجاد بادهای شدید همراه با پدیده گرد و غبار در منطقه می‌شوند (امیدوار، ۱۳۸۵). گلباد شهر یزد نشان می‌دهد که شدیدترین توفان‌ها به ترتیب از جهات غرب، شمال‌غرب و جنوب، یزد و استان را مورد تهاجم خود قرار می‌دهند و در برخی موارد دید افقی را به صفر کاهش داده و موجب خسارت‌های زیادی به ویژه تصادف-های جاده‌ای در محور اردکان- یزد و آلودگی هوا و فرسایش خاک در این منطقه می‌شود. نمودار آستانه سرعت میانگین، کمینه و بیشینه توفان‌های شدید در ایستگاه یزد طی روزهای انتخابی در ماه‌های مختلف نشان می‌دهد که بیشترین فراوانی آستانه‌های سرعت بادهای شدید به ترتیب در ماه‌های اردیبهشت، فروردین، خرداد و مهر قرار دارد و بیشینه‌های سرعت این توفان‌ها با ۲۵ متر بر ثانیه و ۲۹ متر بر ثانیه در اردیبهشت، فروردین و خرداد رخ می‌دهد (شکل-۴). طبق مطالعات انجام گرفته بین خشکسالی و تعداد روزهای گرد و خاک رابطه معنی‌دار وجود دارد؛ بطوری که هرچه دوره خشکسالی طولانی‌تر می‌شود تاثیر بیشتری روی تعداد روزهای گرد و خاک دارد، بنابراین تعداد روزهای گرد و غبار به میزان خشکسالی بستگی دارد و بارش‌های ناچیز تاثیر چندانی در تثبیت خاک منطقه ندارد.

اثرات زیست محیطی ریزگردها استان یزد:

استان یزد با داشتن قریب ۵۰ درصد مساحت بیابانی و حدود ۶۴۹۱۱۰۰ هکتار اراضی بیابانی و ماسه‌زار از جمله استان‌هایی است که همواره در معرض فرسایش بادی و مشکلات ناشی از آن به ویژه طوفان‌های گرد و غبار بوده است. بطور خلاصه برخی از اثرات زیست محیطی ریزگردها استان یزد بیان می‌گردد:

۱- هجوم طوفان‌های گرد و غبار بر مراکز زیستی بویژه شهری، اقتصادی: مطالعات انجام شد در سال ۱۳۸۹ حجم ریزگردهای ریزشی بر سطح شهر یزد در یک دوره سه ماهه حدوداً ۷۴ مترمکعب که معادل ۶۱ تن وزن داشته که توزیع آن در ایستگاه‌های مختلف شهر یزد متفاوت می‌باشد. بیشترین تاثیر گرد و غبار در مسائل اقتصادی مربوط به بخش کشاورزی بوده و بیشتر کشاورزان منطقه از آسیب‌های گرد و غبار منطقه به خاطر تاثیر در محصولات کشاورزی ناراضی بوده اند.



شکل ۴- الف) گلباد سرعت ایستگاه یزد در روزهای انتخابی و ب) نمودار آستانه سرعت بادهای شدید و توفانی یزد در ماههای مختلف در روزهای انتخابی

۲- از بین رفتن تاسیسات، راه ها و ساختمانها: حرکت ماسه های روان و فرسایش بادی بیش از ۷۰ عارضه نامطلوب در صنعت راه آهن ایجاد می نماید که از جمله می توان به تغییر هندسه خط بستن دهانه پلها و آبروها و آب بردگی، پنهان نمودن عیوب خط از جمله شکستگی ها، خوردگی مدفون شدن خط و فرسایش بستر خط اشاره کرد (شکل ۵-).

۳- آلودگی هوا و آب مشکلات زیست محیطی: بر اساس اطلاعات ثبت شده در سال ۹۴-۹۰ در ایستگاه سنجش آلاینده های هوا در شهر یزد و اردکان در مدت ۱۶ ماه ۶۰ روز هوای آلوده و ۳۰ روز هوای خطرناک به دلیل افزایش غلظت ذرات معلق و گرد و غبار داشته است و احتمال ابتلا به بیماری های تنفسی و افزایش مرگ و میر ناشی از آن در استان یزد کاملاً جدی است. طبق اعلام سازمان بهداشت جهانی (WHO) هر ۱۰ میکروگرم بر متر مکعب افزایش غلظت ذرات معلق در هوا موجب افزایش ۱ تا ۳ درصدی نرخ مرگ و میر خواهد شد.

۴- اختلال در حمل و نقل جاده ای و تصافات: تحقیقات انجام شده در دشت یزد - اردکان با در نظر گرفتن مجموعه خسارات حاصل از فرسایش بادی از قبیل آلودگی هوا، کاهش دید، تصادفات، تخریب ابنیه و تاسیسات و نابودی اراضی مسکونی، نابودی محصول و کاهش تولید به همراه از بین رفتن کانال های و جاده ها در بیش از ۵ میلیارد تومان در سال اعلام شده است و حداقل سالی چند کشته و بیش ده ها زخمی در ارتباط با طوفان گرد و غبار در جاده اردکان- یزد گزارش گردیده است.

۵- شیوع بیماری های چشمی، ریوی و تنفسی بویژه سرطان: بر اساس تحقیقات دانشگاه علوم پزشکی استان یزد روند بروز سرطان در استان در مقایسه با دیگر مناطق کشور افزایشی است که یکی از دلایل آن آلودگی هوا و تاثیر آلاینده های صنعتی و طبیعی) از جمله ریزگردهای حاصل از معادن اورانیوم و سیلیس می باشد. ریزگردها با قطر ۲٫۵ تا ۱۰ میکرومتر بالاترین میزان بیماریزایی را دارند، زیرا این ذرات با اندازه کوچکتر در هوای تنفسی معلق مانده و می تواند بدون ته نشین

شدن در سیستم تنفسی به ریه‌ها وارد و از آن خارج شوند. گرد و غبار و آلودگی هوا باعث ناباروری زنان و عقمی مردان می‌شود. آلودگی هوا با مختل شدن سلامت جنین، تولد نوزادان کم وزن، عدم رشد مناسب جنین، و نارس بودن نوزادان همراه است. میزان باروری زنان و مردان در اثر آلودگی هوا به ذرات گرد و غبار به نحو بسیار محسوسی کم می‌شود و پژوهش‌های بزرگ بالینی و جمعیتی این اثرات مخرب را به طور قطعی اثبات کرده‌اند. آلودگی هوا، میزان سقط جنین و مرده زائی را چندین برابر می‌کند و این امر در پژوهش‌های جدید کاملاً به اثبات رسیده است.

۶- افزایش مهاجرت روستایی‌ها به شهر و تخریب روستاها: بر اساس نظر کارشناسان یکی از عوامل مهاجرت در چند سال اخیر پدیده‌های خشکسالی و آلودگی هوا ناشی از ریزگردها می‌باشد (شکل-۵).

۷- ایجاد مشکلات مکانیکی، مخابراتی و رادیویی: از میان صنایع مختلفی که مورد آسیب قرار می‌گیرند، صنعت آب و برق است که ریزگردها باعث قطعی‌ها و خاموشی‌های زیادی و افت ولتاژ می‌شود. همچنین منجر به خسارات فراوان به تاسیسات مخابراتی و رادیویی از جمله ایستگاه تقویت امواج رادیو و تلویزیونی و می‌شود.



شکل ۵- برخی از اثرات زیست محیطی ریزگردها در استان یزد

راهکارهای مقابله با پدیده گرد و غبار و کاهش خسارات:

- روش‌ها و سیستم‌های پیش‌بینی، هشدار و پایش پدیده غبار در داخل و خارج از مرزها حفاظت خاک
- تثبیت شن‌های روان
- بیابان‌زدایی
- تقویت پوشش گیاهی و ایجاد کمربند سبز
- هماهنگ‌سازی و سازگاری طرح‌های عمرانی و توسعه منابع آب با شرایط زیست محیطی و اکوسیستم مناطق
- حفاظت و احیای منابع آبی مؤثر در کنترل و کاهش گرد و غبار بویژه تالابها و دریاچه‌های واقع در مناطق تحت نفوذ گرد و غبار
- پاشیدن مالچ نفتی
- کاشت ردیفی گیاهان و بوته‌ها

- جلوگیری از کندن بوته‌ها
- نقش‌بندی مرتعی و نقش‌بندی زراعی
- جلوگیری از چرای دام‌ها در مناطق مستعد بیابان‌زایی
- استفاده مالج سنتزی سازگار با طبیعت از طرق جدید مقابله با گرد و غبار است که برای مبارزه با پدیده گرد و غبار و حرکت‌شن‌های روان، ترکیبی سازگار با قابلیت ژل شوندگی تکرار پذیر از منابع سلولزی محلی طراحی و تولید شد که به عنوان یک جایگزین طبیعی و ارزان قیمت تر نسبت به مالج‌های نفتی می‌تواند به شیوه‌ای بسیار آسان و سریع در فرآیندهای تثبیت بکار گرفته شود.
- یکی از مؤثرترین راه‌های جلوگیری از آلودگی و بهبود هوا آگاه ساختن مردم به چگونگی ایجاد آلودگی به خصوص راه‌های جلوگیری از آن است.
- می‌توان از گونه‌های گیاهی در کنترل فرسایش بادی و جلوگیری گرد و غبار استفاده کرد. سیاه‌تاغ (با ریشه‌های عمیق در عمق خاک نفوذ می‌کند و دارای مقاومت زیادی به خشکی و کم‌آبی است). گز (مقاومت در برابر تغییرات دما)، اشنان (تحمل خاک‌های شور و قلیایی را دارد)، اسفناج وحشی (مقاوم در مقابل خشکی و کم‌آبی)، نسی (گیاه بوته‌ای پایه اغلب در تمام خاک‌ها گستر دارد)، قیچ (رشد خوبی در خاک‌های شور و قلیایی دارد)، قره‌داغ (مقاوم به خشکی)، ریش‌بز (فتوستتیز با ساقه) و اسکنیل (جاذب رطوبت خوبی است) اشاره نمود.

نتیجه‌گیری:

رویدادهای گرد و غبار یکی از پدیده‌های رایج مناطق خشک و نیمه خشک هستند. طوفان‌های گرد و غبار دارای آثار زیانبار گسترده‌ای بر جامعه از جمله سلامت انسان و محیط زیست هستند. هدف این مقاله مروری بر مطالعات اخیر بر ماهیت طوفان‌های گرد و غبار شامل منشاء، فراوانی، علل، اثرات و پیامدهای آنها در استان یزد است. ترکیب پدیده اقلیم با فعالیت‌های انسانی و الگوهای سکونت آنها موجب افزایش تخریب خاک، فرسایش بادی، بیابان‌زایی، تخریب مواد مغذی مورد نیاز گیاهان موجب تشدید طوفان‌های گرد و غبار می‌گردد. در نتیجه پیامدهای ناشی از طوفان گرد و غبار یک مشکل چند بعدی است که نیازمند راه‌حلی جامع و همه‌جانبه جهت کنترل و کاهش آثار نامطلوب ناشی از وقوع طوفان‌های گرد و غبار در مناطق در معرض خطر است.

منابع فارسی:

- امیدوار، ک.، ۱۳۸۵، "بررسی و تحلیل سینوپتیکی طوفانهای ماسه در دشت یزد و اردکان"، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، شماره ۸۱، ص ۱۶-۱.

- هلالی، ج. و همکاران، ۱۳۹۲، "پهنه بندی تعداد روزهای همراه با پدیده گرد و غبار در گستره ایران با استفاده از تکنیک سامانه اطلاعات جغرافیایی"، سومین همایش ملی فرسایش بادی و طوفان های گرد و غبار دانشگاه یزد، ص ۸-۱.

References:

- Goudie, A.S., 2014. "Desert dust and human health disorders". Environment International, 63: p.101-113.
- Miller, S.D., Kuciauskas, a.P, Liu, M., Ji, Q., Reid, J.S., Breed W.D., Walker, A.L., and Mandoos, A.A., 2008. "Haboob dust storms of the southern Arabian Peninsula". Journal of Geophysical Research, 113(116): p.1-18.
- Wang, H., Jia, X., Li, K., and Li, Y., 2015. "Horizontal wind erosion flux and potential dust emission in arid and semiarid regions of China: A major source area for East Asia dust storms". Catena, 133: p.373-384.

استفاده از مواد پلاستیکی در تولید سنگ مصنوعی به منظور کاهش آلاینده های محیطی



اکبر جعفر آذری^۱، علی ارومیه ای^۲، مریم سورانه^۳، محمدرضا نیکودل^۴

۱. دانشجوی دوره کارشناسی ارشد زمین شناسی مهندسی دانشگاه تربیت مدرس،

akbar.jafarazari@modares.ac.ir

۲. استاد گروه زمین شناسی دانشکده علوم پایه دانشگاه تربیت مدرس،

uromeica@modares.ac.ir

۳. دانشجوی دوره کارشناسی ارشد بیوشیمی دانشگاه الزهرا تهران،

Maryam_surane@yahoo.com

۴. دانشیار گروه زمین شناسی دانشکده علوم پایه دانشگاه تربیت مدرس،

nikudelm@modares.ac.ir



چکیده:

امروزه محیط زیست به عنوان یکی از مهمترین ارکان توسعه پایدار قلمداد شده و توسعه سایر بخش های اقتصادی و اجتماعی در گرو پایداری و کارکرد صحیح آن معنا و مفهوم پیدا می کند. بدون توجه به مسئله محیط زیست، منابع طبیعی و انسانی دچار نقصان شده و پیامدهای ناگواری را بر کره خاکی و حتی جوامع انسانی خواهد گذاشت. امروزه ۸/۳ بیلیون تن پلاستیک های استفاده نشده تولید می شوند که ۶/۳ بیلیون تن آن به زباله تبدیل می شود. از این زباله ها حدود ۹٪ بازیافت، ۱۲٪ سوزانده و باقی ۷۹٪ زباله های پلاستیکی در محل دفن زباله ها یا بطور مستقیم در طبیعت رها می شوند. از سوی دیگر و عمدتاً به دلیل عدم آگاهی لازم، هنوز راهکارهای جدید برای مهار این قبیل آلودگی ها پیش بینی نشده است و در نتیجه معضلات ناشی از بروز این مسائل هر چه بیشتر خود نمایی می کنند، بنابراین ضروری است که تمهیداتی اندیشیده شود تا بتوان این پدیده خطرناک را کنترل نمود. استفاده از سنگ مصنوعی ساخته شده با مواد پلاستیکی در

پیاده‌روها و سنگ فرش خیابان‌ها توسط شهرداری‌ها علاوه بر استفاده مجدد و کارایی بهینه و کاهش حجم نخاله‌های پلاستیکی می‌تواند به عنوان راهکار مهندسی مناسب در این خصوص مطرح شود.

کلید واژه‌ها: سنگ مصنوعی، بازیافت، پلاستیک، ضایعات، مکانیسم‌های تجزیه، زیست محیط

The use of plastic materials in the production of artificial stone in order to reduce environmental pollutants

Akbar Jafarazari¹, Ali Uromeihy², Maryam Suraneh³, Mohammad Reza Nikudel⁴

1. Graduate student of engineering geology at Tarbiat Modares University, akbar.jafarazari@modares.ac.ir
2. Professor, Department of Geology, Faculty of Basic Sciences, Tarbiat Modarres University, uromeiea@modares.ac.ir
3. Graduate Student of Biochemistry at Alzahra University of Tehran, Maryam_surane@yahoo.com
4. Associate Professor, Department of Geology, Faculty of Basic Sciences, Tarbiat Modares University, nikudelm@modares.ac.ir

Abstract:

Today, the environment is considered as one of the most important pillars of sustainable development, and the development of other economic and social sectors depends on the stability and proper functioning of that concept. Without regard to the issue of the environment, natural and human resources will be degraded, leaving devastating adversaries to the planet and even to human societies. Today, 3.8 billion tons of unused plastic are produced, of which 3.6 billion tons are converted into rubbish. Of these waste, about 9% recycled, 12% burned, and the remaining 79% of waste garbage was released at landfill or directly in the wild. On the other hand, and mainly because of the lack of awareness, there are still no new solutions to contain such contaminations, and as a result, the problems arising from these issues are becoming more and more self-evident, so it is imperative that measures be considered. So that this dangerous phenomenon can be controlled. The use of artificial stone made of plastic materials on pavements and pavement streets by municipalities, in addition to reusing and optimizing efficiency and reducing the volume of plastic rubble, can be considered as a suitable engineering approach in this regard.

Keywords : Artificial stone, Recycled, Plastic, Waste, Decomposition Mechanisms, Environment



مقدمه :

سنگ مصنوعی متشکل از قطعات خرد شده سنگ‌های طبیعی مستحکم شده، توسط رزین ترکیبی می‌باشد. در شروع کار می‌بایست مواد اولیه شامل پودر سیلیس و رزین با نسبت‌های مناسب با هم مخلوط شده و درون قالب‌های طراحی شده ریخته شود و بعد از این مرحله قالب تحت فشار و ویبره قرار می‌گیرد که در نتیجه این مراحل سنگ مصنوعی ایجاد می‌گردد (Sakai et al, 2001). امروزه مسئله حفاظت از محیط زیست به عنوان یکی از مهمترین مسائل جامعه بشری مطرح شده است که لازمه آن آموزش‌های زیست محیطی به افراد جامعه می‌باشد. آموزش‌های زیست محیطی به عنوان یک اولویت مهم و درجه اول برای کلیه جوامع انسانی به خصوص کشورهای در حال توسعه مطرح می‌شود. در چنین جوامعی توسعه صنایع، کشاورزی و افزایش جمعیت و توسعه شهرها موجب سرازیر شدن انبوهی از آلاینده‌های مختلف به محیط زندگی انسان و سایر موجودات زنده گردیده و از سوی دیگر و عمدتاً به دلیل عدم آگاهی لازم، هنوز راهکارهای جدید برای مهار این قبیل آلودگی‌ها پیش بینی نشده است و در نتیجه معضلات ناشی از بروز این مسائل هر چه بیشتر خود نمایی می‌کنند، بنابراین ضروری است که تمهیداتی اندیشیده شود تا بتوان این پدیده خطرناک را کنترل نمود. با پیشرفت علوم شیمی و متالورژی به ویژه در گرایش‌های پلیمر و کامپوزیت، تحول شگرفی در صنایع و معادن حادث شده است. ساخت و سنتز مصنوعات شیمیایی و احیای مواد معدنی از طریق فعل و انفعالات شیمیایی، یکی از کارکردهای شیمی پلیمر در عصر حاضر است، شاید ترکیب عناصر و مواد معدنی با یکدیگر و تولید مواد جدید ترکیبی تحت عنوان کامپوزیت بهترین تحول علمی قرن بیستم باشد. از لحاظ زمین شناسی مهندسی نیز از باید گفت که سنگ‌های مصنوعی ضایعاتی نداشته و اگر از زاویه دیگری به موضوع نگاه شود حتی می‌توان خود آن‌ها را از قطعات باطله سنگ‌های طبیعی و ضایعات شهری تولید کرد، بنابراین از لحاظ اقتصادی بسیار با صرفه هستند (میرجلیلی و همکاران، ۱۳۹۳). بشر از ۱۳ هزار سال پیش به

انواع‌ها سنگ در طبیعت به دلیل ویژگی‌های بارز طبیعی‌ها آن توجه داشته است. اما در ایران علیرغم اینکه هنر سنگ کاری از قدمت ۷ هزار ساله برخوردار است، صنعت سنگ از پیشینه چندانی برخوردار نیست. البته آثار به جای مانده از دوره‌های هخامنشی، اشکانیان، سلوک‌های و ساسانیان حکایت از نقش و اهمیت سنگ تراشی نزد مردم ایران قبل از اسلام دارد، اما این حرفه در دوره نخستین ظهور اسلام در ایران، رونق و رواج دوره‌های گذشته را از دست داد و به دلیل ممنوعیت پیکرتراشی، سنگ تراشان تمامی سعی خود را صرف حجاری انواع سنگ قبر نمودند. این در حالی بود که پیکرتراشی در دیگر نقاط دنیا در حال خلق آثار ماندگاری بود که خلق اثر مجسمه داوود نبی توسط میکل آنژ^{۱۵} از آن جمله است (افضلی، ۱۳۷۱). سنگ مصنوعی حاصل ترکیب مواد بازیافتی از باطله‌های معادن سنگ با مواد مختلف و تولید آن طی فرآیندهای متفاوت می‌باشد. در حال حاضر سنگ مصنوعی در صنعت به دو روش کامپوزیتی و سیمانی که در اکثر کشورها مورد استفاده قرار می‌گیرند تولید می‌شوند، طراحی و تولید فرآورده‌های سنگی متناسب با رشد شهرها و صنعت معماری در دنیا رشد یافت، اما به رغم سابقه حرفه سنگ بری در ایران که نمونه‌ای از آن در شکل ۱ ارائه شده است، شاهد توسعه چشمگیر این صنعت در کشورمان در مقایسه سایر با مناطق دنیا نبوده‌ایم. ساخت سنگ مصنوعی بصورت تجاری و وسیع و کارکردهای مختلف می‌تواند راه حلی برای بحران پلاستیک در جهان باشد.



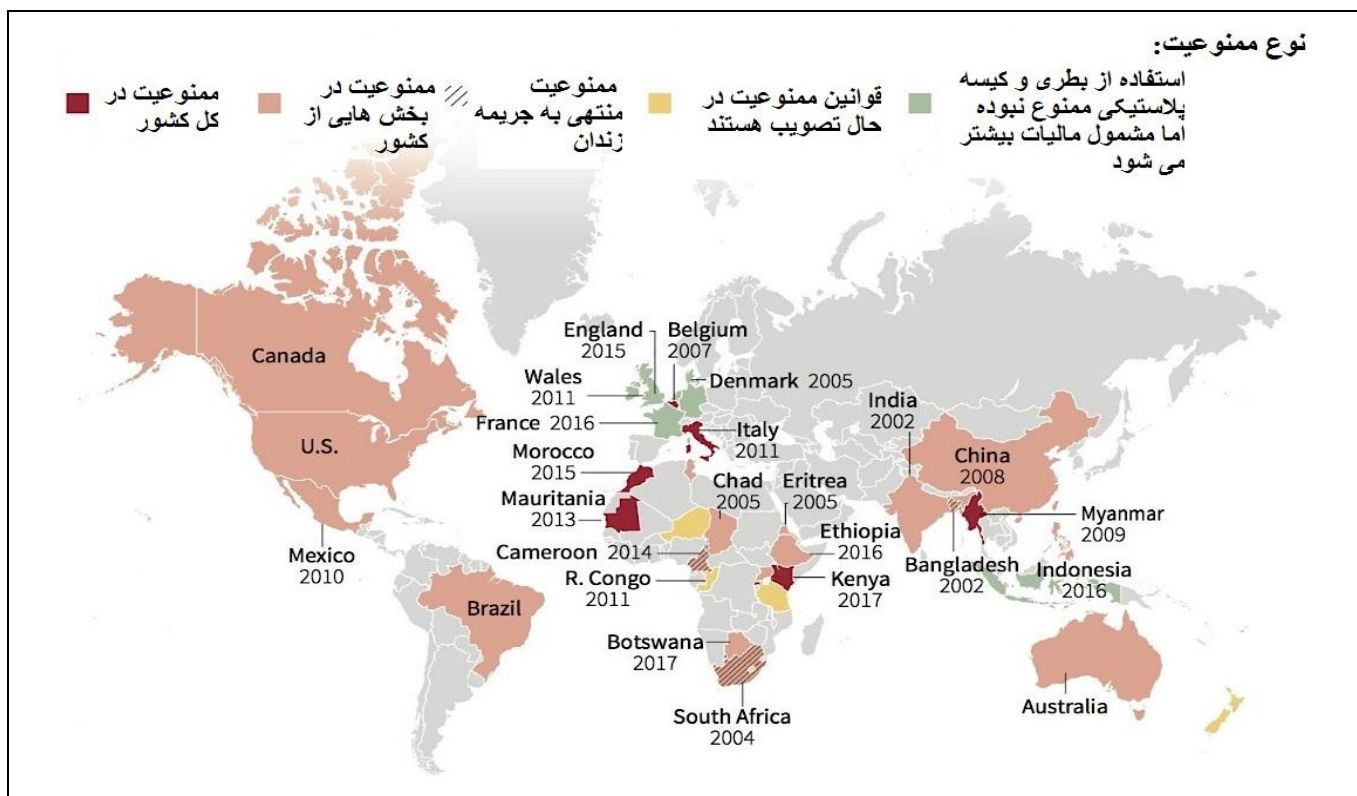
شکل ۱- نمونه‌ای از بناهای سنگی تخت جمشید

بیان مسئله:

امروزه ۸/۳ بلیون تن پلاستیک‌های استفاده نشده تولید می‌شوند که ۶/۳ بلیون تن آن به زباله تبدیل می‌شود. از این زباله‌ها حدود ۹٪ بازیافت، ۱۲٪ سوزانده و باقی ۷۹٪ زباله‌های پلاستیکی در محل دفن زباله‌ها یا بطور مستقیم در طبیعت رها می‌شوند (Geyer et al, 2017). اگر میزان مصرف فعلی ادامه یابد این سیاره تا سال ۲۰۵۰، ۳۳ میلیارد پلاستیک را در خود جای می‌دهد (Olympic, 2013). اکثر پلاستیک‌های برپایه‌ی نفت در برابر تجزیه میکروبی مقاوم هستند. دفن بی رویه مواد زائد پلاستیکی، به ویژه در کشورهای در حال توسعه، مشکلات مربوط به محیط زیست را تشدید می‌کند (Wei and

¹⁵ Ang

(Zimmermann, 2017). با توجه به حجم بالای ضایعات پلاستیکی در زباله‌های شهری و کاهش ظرفیت مکان‌های دفن زباله و همچنین مشکلات موجود در سوزاندن، بازیافت و دفن مناسب این ضایعات تخمین زده شده در حال حاضر، روش‌های جدیدی مانند استفاده از بسپارهای زیست تخریب‌پذیر و فرایند تجزیه زیستی بسپارها مورد توجه و بررسی قرار گرفته است (اسماعیلی، ۱۳۹۰). توسعه پلاستیک‌های زیست تخریب‌پذیر جایگزین امیدوارکننده‌ای برای پلاستیک‌های تولیدی در پتروشیمی‌هاست (Andrady, 2015d). با توجه به دوام کمتر بدلیل عدم سازگاری با سیستم‌های مدیریتی، تجهیزات موجود و مقیاس تولید استفاده از پلاستیک‌های زیست تخریب‌پذیر محدود است (Gourmelon, 2015). علاوه بر این تمام بیوپلاست‌های بدست آمده از منابع تجدید پذیر به راحتی قابل تجزیه نیستند (Tokiwa et al, 2009; Andrady, 2015d). میکروارگانیسم‌ها نقش اساسی در تجزیه زیستی مواد از جمله بسپارهای مصنوعی در محیط زیست بازی می‌کنند. لذا یافتن راه‌هایی برای افزایش تجزیه زیستی بسپارهای تولیدی و جداسازی میکروارگانیسم‌ها توانمند در راستای تجزیه ضایعات بعنوان روش‌هایی برای حل بحران آلودگی‌های زیستی محیطی ایجاد شده از تجمع ضایعات جامد، امری ضروری به نظر می‌رسد (اسماعیلی، ۱۳۹۰). در کلانشهر تهران روزانه ۷۵۰۰ تن زباله تولید می‌شود. ۳۵ درصد کل پسماندهای تهران به زباله‌های خشک تعلق دارد و از این مقدار در شبانه روز ۱۰۰۰ تن پسماندهای پلاستیکی در تهران تولید می‌شود تجزیه کیسه‌های پلاستیکی حداقل ۴۰۰ سال طول می‌کشد (www.iew.ir) که نیاز دارد تمهیدات مهندسی اندیشیده شود شکل ۲ نقشه ممنوعیت استفاده، سال و اجرای قوانین ممانعت از مصرف کیسه‌های پلاستیکی و قوانین و مقررات استفاده را در جهان نشان می‌دهد. (www.doe.ir)



Sources: UNEP; Greenpeace; national governments. *Countries without dates have bans placed on various dates. **For some cases

شکل ۲- نقشه ممنوعیت استفاده از پلاستیک در جهان (www.doe.ir)

مکانیسم های مختلف تجزیه پلاستیک ها :

۱- تجزیه غیرزیستی

مواد پلیمری که در معرض شرایط محیطی (مانند آب و هوا، گذر زمان و دفن) قرار دارند می توانند دستخوش تغییرات (مکانیکی، نوری، حرارتی و شیمیایی) قرار بگیرند. در اکثر موارد، پارامترهای غیرزیستی، موجب تضعیف ساختار پلیمری می شوند و به این ترتیب باعث تغییرات نامطلوب می شوند. گاهی اوقات این پارامترهای غیرزیستی به عنوان یک عامل هم افزایی یا شروع فرایند تجزیه زیستی مفید هستند.

تجزیه مکانیکی: تجزیه مکانیکی می تواند به دلیل فشردگی، کشیدگی و یا نیروهای برشی انجام شود. بنابراین، ترموپلاستیک^{۱۶} می تواند تحت شرایط مختلف زمین چندین بار بصورت مکانیکی تخریب شوند. تجزیه نوری: در تجزیه غیرزیستی، عمل تابش نور یکی از مهمترین پارامترهاست. انرژی حاصل از فوتون ها می تواند حالت های ناپایدار در مولکول های مختلف ایجاد کند.

تجزیه حرارتی: تجزیه حرارتی پلیمرهای گرمانرم در دمای ذوب زمانی رخ می دهد که پلیمر از حالت جامد به مایع تبدیل می شود. تغییرات ساختاری در دمای انتقال شیشه (Tg) صورت می گیرد که تحرک و حجم زنجیره های پلیمری تغییر می - کند.

تجزیه شیمیایی: تغییرات شیمیایی یکی دیگر از مهمترین پارامترهای تجزیه غیرزیستی است. از میان مواد شیمیایی محرک تجزیه مواد، اکسیژن قوی تر است. اکسیژن اتمسفری (به عنوان مثال O₂ یا O₃) به پیوندهای کووالانسی حمله می کند که باعث ایجاد رادیکال های آزاد می شود. تجزیه اکسیداتیو به ساختار بسیار (مانند پیوندهای غیر اشباع و زنجیره های شاخه دار) بستگی دارد (Lucas et al, 2008).

۲- تجزیه زیستی:

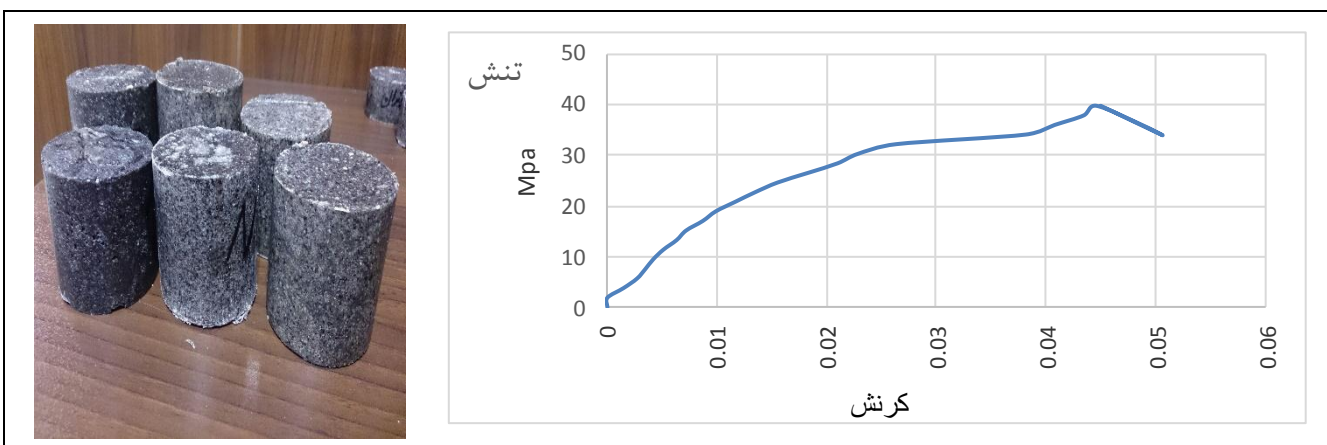
تجزیه زیستی فرایندی بیوشیمیایی است که به تجزیه و جذب پلیمرها توسط میکروارگانیسم های زنده منجر می شود. تجزیه زیستی یک تغییر شیمیایی یا فیزیکی در مواد است که ناشی از فعالیت های بیولوژیکی است. میکروارگانیسم ها مثل باکتری ها، قارچ ها و اکتینومایست ها در تجزیه بسیارها دخالت دارند. پلاستیک ها معمولاً بصورت هوازی در طبیعت، بصورت بی هوازی در رسوبات و محل دفن زباله و تاحدی از نظر هوازی در کمپوست و خاک تجزیه زیستی می شوند. میکروارگانیسم ها می توانند به سطح بسیار متصل شوند هنگامیکه ارگانیسم به سطح متصل است می تواند با از بسیار بعنوان منبع کربن استفاده کند و رشد کند (Alshehrei, 2017).



¹⁶ Thermoplastic

روش تحقیق:

با توجه به اینکه هزینه های مربوط به دفع زباله ها مطابق با قوانین زیست محیطی اخیر به مراتب پرهزینه تر و سختگیرانه تر شده است (Roohbakhshan and Kalantari, 2012). در این روش باید مدیریت بر کنترل مواد زائد بر مسائل فنی، اقتصادی و محیط زیست منطبق باشد و هماهنگی با دیگر شرایط عمومی جامعه برنامه ریز شود. مطالعات زمین شناسی مهندسی می تواند مبتنی بر سه جنبه فوق بوده و در مقابله با تولید مواد زائد و استفاده بهینه از آنها در چرخه بازیافت، نقش اساسی ایفا نماید. با توجه مدیریت ضایعات با سه اصل مهم کاهش، استفاده مجدد و بازیافت یکی از راههای مؤثر در حل این معضل می باشد. که تولید سنگ مصنوعی یکی از آنهاست. سنگ مصنوعی ترکیبی از سنگ دانه های طبیعی و مواد افزودنی مانند صمغ های صنعتی (رزین)، سیمان و دیگر مواد پلیمری می باشد که برای کاربری های خاص در شرایط خاص تهیه و تولید و استفاده می شوند اینگونه سنگ ها با توجه به نیازهای مصرف کننده با رنگ های مختلف، ابعاد هندسی، ویژگی های مقاومتی و چگالی های متفاوت ساخته می شوند (Hamoush, 2011). در این تحقیق ظروف پلاستیکی در مش سائزهای مختلف خرد شد و همراه با خرده-سنگ های باطله و رزین وینیل استر، جهت ساخت سنگ مصنوعی مورد استفاده قرار گرفت. (شهرداری ها بزرگ ترین مصرف کنندگان سنگ های فرآوری شده کشور هستند) سنگ های مصنوعی ساخته شده با مواد پلاستیکی بهترین گزینه برای استفاده در پیاده روها و سنگ فرش خیابان ها توسط شهرداری ها که خود عامل و نقش زیباسازی محیط شهری و کاهش ضایعات را دارند می باشند. شکل ۳ سنگ های مصنوعی ساخته شده با ظروف پلاستیکی و همچنین نمودار تنش و کرنش حاصل از آزمایش مقاومت تک محوری را نشان می دهد. همانطوری که از نمودار تنش و کرنش مشهود است سنگ های مصنوعی ساخته شده با مواد پلاستیکی دارای مقاومت خوبی هستند و می توانند در کفپوش پیاده روها با توجه به نیمه عمر بالا مورد استفاده قرار بگیرند.



شکل ۳- سنگ های مصنوعی ساخته شده با ظروف پلاستیکی و نمودار تنش و کرنش

♦♦♦♦♦♦

نتیجه گیری:

پلاستیک به دلیل خواص مطلوب بسیاری از قبیل دوام و مقاومت در برابر تخریب، ارزان و سبک بودن، بخشی جدایی ناپذیر از زندگی معاصر شده است. با توجه به دوام کمتر و به بدلیل عدم سازگاری با سیستم‌های مدیریتی، تجهیزات موجود و مقیاس تولید استفاده از پلاستیک‌های زیست تخریب پذیر محدود است علاوه بر این تمام بیوپلاست‌های بدست آمده از منابع تجدید پذیر به راحتی قابل تجزیه نیستند بنابراین این پلاستیک‌های غیر قابل تجزیه (تجزیه پلاستیک‌ها یک تغییر فیزیکی یا شیمیایی در پلیمرهاست که در نتیجه فاکتورهای محیطی مانند نور، گرما، رطوبت، شرایط شیمیایی یا فعالیت های زیستی اتفاق می افتد) در محیط زیست با میزان میلیون‌ها تن در سال تجمع می یابند. بدلیل عدم تفکیک از مبدأ پلاستیک‌ها و بازیافت بسیار کم آن و همچنین مقاومت آن‌ها در برابر تجزیه پلاستیک بعنوان خطر زیست محیطی مطرح می شود. آموزش های زیست محیطی به عنوان یک اولویت مهم و درجه اول برای کلیه جوامع انسانی به خصوص کشورهای در حال توسعه مطرح شود که حجم استفاده در منزل اول کاهش یابد و در درجه دوم مکانیسم‌های تجزیه پلاستیک اعم از زیستی و غیر زیستی در کنار فناوری‌های نوین و راهکارهای سریع عبور از معضل زیست محیطی پلاستیک، باید توأم با هم اجرا شود. استفاده از سنگ مصنوعی ساخته شده با مواد پلاستیکی در پیاده‌روها و سنگ فرش خیابان‌ها توسط شهرداری‌ها علاوه بر استفاده مجدد و کارایی بهینه و کاهش حجم نخاله‌های پلاستیکی می تواند به عنوان راهکار مهندسی مناسب در این خصوص مطرح شود.



منابع فارسی :

افضلی، م، ر (مترجم) : (۱۳۷۱) جابجایی و حمل در معادن سنگ تزئینی. فصلنامه ها سنگ ی ایران، شماره یکم. چاپ دوم. انتشارات رشد، تهران، صص: ۲۵-
اسماعیلی، ع.، ۱۳۹۰، بررسی میزان تجزیه زیستی ضایعات پلی اتیلن در خاک، پایان نامه کارشناسی ارشد مهندسی علوم خاک گرایش بیولوژی و بیوتکنولوژی خاک، دانشگاه تهران
میرجلیلی، ط.، ۱۳۹۳، تاثیر ویژگی های زمین شناسی مهندسی سنگ دانه های آهکی روی خصوصیات سنگ های مصنوعی، پایان نامه کارشناسی ارشد زمین شناسی مهندسی، دانشگاه تربیت مدرس.



References:

A. L. (2015). Plastics and environmental sustainability: fact and fiction. John Wiley & Sons. how far are we?. Microbial biotechnology, 10(6), 1308-1322.
Alshehrei, F. (2017). Biodegradation of synthetic and natural plastic by microorganisms. Journal of Applied & Environmental Microbiology, 5(1), 8-19.
G. (2015). Global plastic production rises, recycling lags. New Worldwatch Institute analysis explores trends in global plastic consumption and recycling. Recuperado de <http://www.worldwatch.org>.
Geyer, R., Jambeck, J. R., & Law, K. L. (2017). Production, use, and fate of all plastics ever made. Science advances, 3(7), e1700782.
Hamoush, S., Abu-Lebdeh, T., Picornell, M. and Amer, S., 2011. Development of sustainable engineered stone cladding for toughness, durability, and energy conservation. construction and Building materials, 25(10), pp.4006-4016.
James, F., Ridgefield and Schroeder, JB. (1967). Synthetic stone. United states patents office, New York, USA, 3345141.



- Lucas, N., Bienaime, C., Belloy, C., Queneudec, M., Silvestre, F., & Nava-Saucedo, J. E. (2008). Polymer biodegradation: Mechanisms and estimation techniques—A review. *Chemosphere*, 73(4), 429-442.
- Olympic, E. C. O. D. E. S. I. G. N. (2013). Classify plastic waste as hazardous. *NATURE*, 494, 14.
- Roohbakhshan, A. and Kalantari, B., 2012. Use of Waste Stone Powder in some Civil Engineering Materials and Projects. *Electronic Journal of Geotechnical Engineering*, 17.
- Sakai, M. and Kenichiro, S. (2001) ARTIFICIAL STONE. Patent No. US 6,309,562B1 .
- Tokiwa, Y., Calabia, B. P., Ugwu, C. U., & Aiba, S. (2009). Biodegradability of plastics. *International journal of molecular sciences*, 10(9), 3722-3742.
- Wei, R., & Zimmermann, W. (2017). Microbial enzymes for the recycling of recalcitrant petroleum-based plastics: Andrady, Gourmelon, www.iew.ir www.doe.ir