

کانی‌شناسی و پتروگرافی سنگ‌های آتشفشانی تفتان

جواد قانعی اردکان^{۱*} و خالد هاشم زهی^۲

۱- استادیار گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه پیام‌نور، تهران، ایران

۲- دانشجوی کارشناسی ارشد زمین‌شناسی زیست محیطی، گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه پیام‌نور مرکز تفت
پست الکترونیکی نویسنده مسئول: ghaneijavad@pnu.ac.ir

چکیده

آتشفشان تفتان، آتشفشانی نیمه فعال است که اولین فوران‌های آن به اواخر میوسن نسبت داده شده‌است و دارای طیف ترکیبی بازالت تا داسیت می‌باشد، ولی ترکیب غالب آن آندزیتی است. مطالعه مقاطع نازک از سنگ‌های آتشفشانی تفتان نشان می‌دهد که ترکیب کانی‌شناسی و سنگ‌شناسی آنها در محدوده آندزیتی است به صورت گدازه، آگلومرا، ایگنیمبریت، پومیس، شارد، لاپیلی، پوزولان، لاهار و برش‌های آتشفشانی و توف و همچنین گدازه‌های پاهوو را به وضوح در صحرا می‌توان مشاهده کرد. آندزیت‌های تفتان دارای درشت بلورهای پلاژیوکلاز، آمفیبول، فلدسپار، اوژیت و بیوتیت هستند که در زمینه‌ای از پلاژیوکلاز، کوارتز و شیشه سیلیسی به صورت بافت پورفیری، بافت پورفیری تدریجی (سریال) و پورفیروویتروفیری را نشان می‌دهند. در مجموعه آتشفشانی تفتان، ۵ نسل فوران به همراه چند واحد ایگنیمبریت و لاهار قابل مشاهده و دارای رخساره‌های آتشفشانی متنوعی هستند.

کلیدواژه‌ها: تفتان، آتشفشان، زمین‌شناسی، کانی‌شناسی، زاهدان، پتروگرافی

Mineralogy and petrography of Taftan volcanic rocks

Javad Ghanei Ardakan^{*1} and Khaled Hashemzahi²

1. Assistant Professor, Department of Geology, Faculty of Basic Sciences, Payam Noor University, Tehran, Iran

Corresponding author's email: ghaneijavad@pnu.ac.ir

2. Master's student in Environmental Geology, Department of Geology, Faculty of Basic Sciences, Payam Noor University, Taft Center

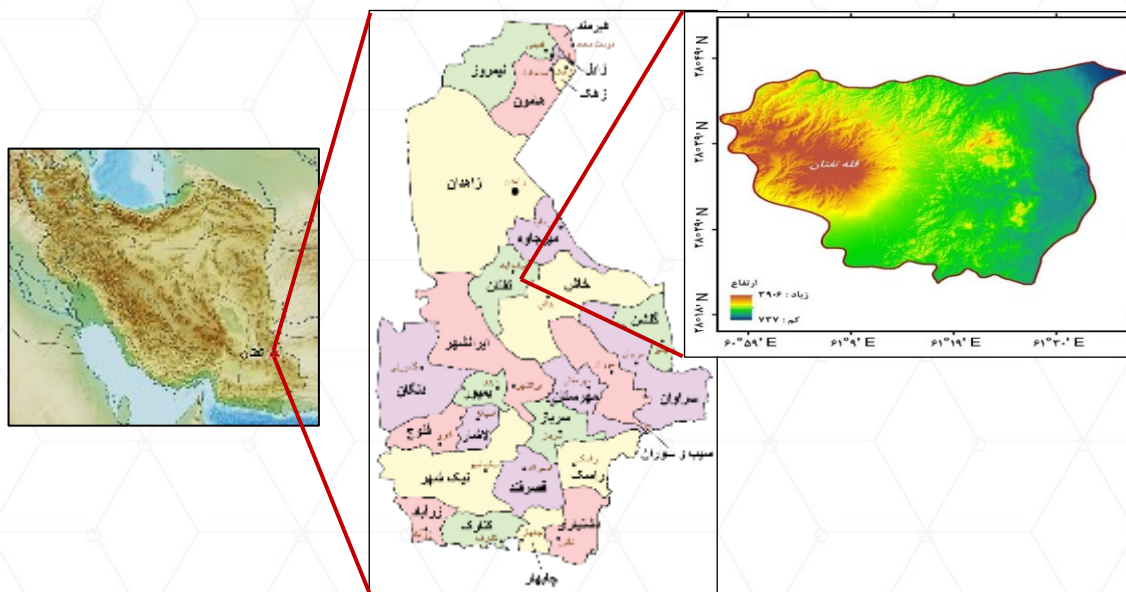
Abstract

Taftan volcano is a semi-active volcano whose first eruptions are attributed to the late Miocene and has a compositional spectrum of basalt to dacite, but its dominant composition is andesite. The study of thin sections of Taftan volcanic rocks shows that their mineralogical and petrological composition is in the andesitic range in the form of lava, agglomerate, ignimbrite, pumice, shard, lapilli, pozzolan, lahar and volcanic and tuff fragments as well as pahuho lavas can be clearly seen in the desert. Taftan andesites contain coarse crystals of plagioclase, amphibole, feldspar, augite and biotite, which show porphyry, serial porphyry and porphyroclastic textures in a context of plagioclase, quartz and silica glass. In the Taftan volcanic complex, 5 eruption generations along with several ignimbrite and lahar units are visible and have diverse volcanic facies.

Keywords: Taftan, Volcano, Geology, Mineralogy, Zahedan, Petrography

۱- مقدمه

آتشفشان تفتان در ۱۰۰ کیلومتری جنوب شهر زاهدان و ۵۰ کیلومتری شمال شهر خاش واقع است. ارتفاع میانگین ۲۰۰۰ متر بالاتر از زمین‌های اطراف دارد و ارتفاع قله تفتان به ۴۰۵۰ متر بالاتر از سطح دریا می‌رسد و گسترش این آتشفشان مساحتی بیش از ۱۶۰۰ کیلومتر مربع در برمی‌گیرد (شکل ۱).



شکل ۱: موقعیت جغرافیایی آتشفشان تفتان و منطقه مورد مطالعه

در ابتدا فوران‌ها عمدتاً انفجاری و در پایان اساساً گدازهای بوده‌است. اولین فعالیت آتشفشانی، در بیست کیلومتری شمالغربی قله فعلی به وقوع پیوسته و سپس مراکز دیگری در شرق این نقطه، شروع به فوران نموده‌اند. تفتان یک آتشفشان استراتوولکان است و دارای دو قله معروف مادرکوه و نرکوه است. گانسر در سال ۱۹۷۱ مطالعات خود را در این منطقه را تحت عنوان زمین‌شناسی منطقه تفتان و آتشفشان‌های کواترنری در این ناحیه (تفتان، بزمان و تخت رستم) به صورت مقدماتی آغاز کرد. با مطالعه نقشه‌های زمین‌شناسی و بازدید صحرایی پنج واحدیتولوژی در منطقه عمومی آتشفشان تفتان زاهدان قابل شناسایی و تفکیک می‌باشد:

- ۱- واحدهای سنگی مربوط به مجموعه‌های افیولیتی و آمیزه رنگین جنوبشرقی ایران، به سن کرتاسه بالایی تا پالئوسن
- ۲- واحدهای سنگی مربوط به زون فلیشی شرق ایران به سن ائوسن
- ۳- سنگ‌های آتشفشانی متشکل از بازالت، آندزیت‌بازالتی و آندزیت آتشفشان تفتان به سن اواخر میوسن تا عهد حاضر
- ۴- نهشته‌های آذرآواری و آتشفشانی تخریبی مرتبط با آتشفشان تفتان
- ۵- سنگ‌ها و رسوبات جوان کواترنری و عهد حاضر که بر روی انواع مختلف واحدهای سنگی قدیمی‌تر (افیولیتی، فلیشی و آتشفشانی) قرار گرفته‌اند.

آتشفشان تفتان، آتشفشانی نیمه‌فعال است که اولین فوران‌های آن به اواخر میوسن نسبت داده شده‌است و دارای طیف ترکیبی بازالت تا داسیت می‌باشد ولی ترکیب غالب آن آندزیتی است. در مجموعه آتشفشانی تفتان، ۵ نسل فوران به همراه چند واحد ایگنیمبریت و لاهار وجود دارد و دارای رخساره‌های آتشفشانی متنوعی هستند که از جریان‌های گدازه تا رخساره‌های

ریزشی را شامل می‌شود. در محدوده مورد مطالعه دو نسل از این فوران‌ها مشاهده می‌شود. واحدهای افیولیتی و سنگ‌های فلیشی اتوسن، از دیگر واحدهای رخنمون یافته در منطقه (شمال و شرق نقشه مورد مطالعه) می‌باشند (قلمقاش و همکاران، ۱۴۰۱). در نزدیکی دهانه آتشفشان تفتان، در اثر فعالیت‌های فومرولی (انتشار گازهای غنی از گوگرد SO_2) در بین گدازه‌ها، به شدت دگرسان شده و تغییر رنگ داده، بطوریکه در برخی موارد به پودر زرد رنگ تبدیل گردیده‌اند. در واقع دگرسانی گرمابی آرژیلیتی غنی از آنیون‌های سولفات بر آنها تحمیل شده و این واحد در جنوب غرب نقشه جلگه نیز رخنمون دارد، ولی گستره محدودی را به خود اختصاص می‌دهد.



شکل ۲: تصاویری صحرایی از سنگ‌های آتشفشانی تفتان

گسل‌های بزرگ منطقه (گسل زاهدان - سراوان) با مؤلفه راستگرد همراه با خمش این گسل در ناحیه شمالغرب خاش شرایط مناسبی را برای رهایی ماگمای سازنده تفتان به سطح زمین فراهم کرده‌است. در ادامه فعالیت‌های تکتونیکی مرتبط با فرورائش ورقه اقیانوس اقیانوس سیستان به زیر منشورهای بهم افزوده‌ای که اکنون به نام فلیش شرق ایران و مجموعه افیولیتی شرق خرده قاره ایران مرکزی نامیده می‌شوند، تنش‌های تکتونیکی شدیدی، به منطقه اعمال شده‌است. آتشفشان تفتان بر روی پایه‌های سنگ‌های رسوبی و آذرین قرار گرفته که متعلق به کرتاسه فوقانی و اتوسن است. سنگ‌های رسوبی آن شامل توربیدایت‌ها و آهک‌های محتوی آلوتولین و نومولیت بوده و پایه آذرین آن، از سنگ‌های اولترابازیک (افیولیت) تشکیل شده‌است. باتوجه به شواهد صحرایی منطقه‌ای و وجود آنکلاوهای شیلی- ماسه سنگی سبز رنگ و بازالتی سبز- قهوه‌ای که به مقدار قابل ملاحظه، در درون سنگ‌های آندزیتی، آندزی بازالتی و داسیتی آتشفشان تفتان یافت می‌شوند، این آتشفشان از بین ماسه‌سنگ‌ها و آهک‌های اتوسن و همچنین سنگ‌های افیولیتی کرتاسه پایانی پالتوسن سر برآورده است و فعالیت‌های عظیم خود را به انجام رسانده است.

در این مقاله سعی می‌گردد، به‌طور خلاصه به مطالعه کانی‌شناسی و پتروگرافی سنگ‌های آتشفشانی تفتان به سن میوسن - کواترنر متشکل از بازالت، آندزیت بازالتی و آندزیت پرداخت شود.

۲- مواد و روش‌ها

نقشه‌های زمین‌شناسی و توپوگرافی و تصاویر ماهواره‌ای منطقه مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت و مسیرهای مناسب برای نمونه‌برداری و برداشت روابط صحرایی انتخاب گردید. پس از بازدید مقدماتی و شناسایی منطقه، عملیات صحرایی و نمونه‌برداری عملیات در طی سه مرحله به مدت ۱۰ روز در منطقه انجام گرفت که در مجموع بیش از ۱۵۰ نمونه از واحدهای مختلف سنگ‌های آذرین و دگرگونی برداشت و مختصات جغرافیایی محل برداشت نمونه‌ها، با دستگاه GPS تعیین و ثبت گردید. همچنین روابط صحرایی و چینه‌شناسی جهت تعیین سن نسبی توده، بررسی گردیده و عکس‌ها و گزارش صحرایی تهیه شد.

به منظور مطالعات پتروگرافی، تعداد بیش از ۴۰ عدد مقطع نازک از سنگ‌های آذرین، دگرگونی و رسوبی تهیه و با میکروسکوپ پلاریزان الیمپوس BX41 دو منظوره ساخت کشور ژاپن مورد مطالعه قرار گرفته‌اند. این مطالعه شامل بررسی کانی‌شناسی، بافت، ترتیب تبلور کانی‌ها و طبقه‌بندی سنگ‌ها بوده‌است که براساس درصد حجمی و نوع کانی‌ها (مودال)، نام سنگ‌ها و خاستگاه تکتونیکی آنها و فرآیندهایی نظیر ذوب بخشی، آلیش پوسته‌ای و اختلاط ماگمایی تا حدودی مشخص گردید. با مطالعه دقیق و کامل پتروگرافی مقاطع نازک واحدهای مختلف سنگی آتشفشانی، تعداد ۱۲ نمونه برای آنالیز شیمیایی ICP-MS انتخاب و در آزمایشگاه ACME کشور کانادا با روش 4A4B انجام گرفت. پس از دریافت داده‌ها و انجام تصحیحات لازم، با استفاده از نرم افزارهای متداول در پترولوژی نظیر Minpet، Icpet و GCDKit، نمودارهای متداول طبقه‌بندی، ترکیب نام سنگ‌ها مشخص و سپس خاستگاه و محیط تکتونوماگمایی تعیین گردید.

۳- بحث

در این بخش ویژگی‌های کانی‌شناسی، روابط بافتی، ترتیب تبلور، دگرسانی و سایر شواهد قابل مشاهده در مقیاس میکروسکوپی، مورد بررسی قرار گرفته و سعی شده از این طریق نامگذاری نسبتاً دقیقی برای سنگ‌های مورد مطالعه صورت پذیرد.

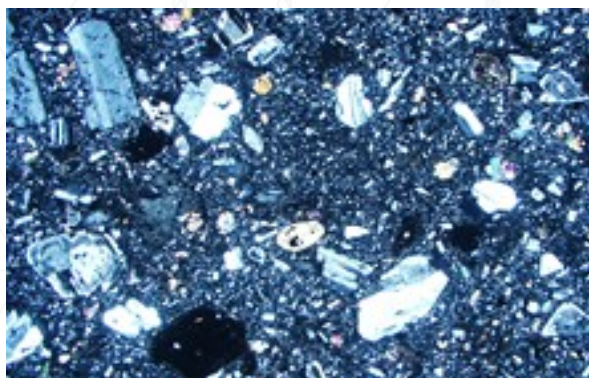
مطالعه پتروگرافی مقاطع نازک از سنگ‌های آتشفشانی تفتان نشان می‌دهد که ترکیب کانی‌شناسی و سنگ‌شناسی آنها در محدوده داسیت و آندزیت قرار می‌گیرد. سنگ‌های باترکیب آندزیتی بخش مهمی از سنگ‌های آتشفشانی تفتان شامل می‌شود و به صورت گدازه، آگلومرا، ایگنیمبریت، پومیس، لاهار و برش‌های آتشفشانی در صحرا قابل مشاهده‌است. آندزیت‌های تفتان دارای درشت بلورهای پلاژیوکلاز، آمفیبول، فلدسپار، اوژیت و بیوتیت هستند که در زمینه‌ای از پلاژیوکلاز، کوارتز و شیشه سیلیسی به صورت بافت پورفیری، بافت پورفیری (سریال) و پورفیروویتروفری را نشان می‌دهند. بلورهای پلاژیوکلاز اکثراً شکل دار تا نیمه‌شکل دار و آنها منطقه‌بندی عادی و نوسانی نشان می‌دهند که بیانگر تغییرات شرایط محلی تشکیل بلور را نشان می‌باشد. این کانی با میزان فراوان بین ۳۹ تا ۵۰ درصد فراوانترین کانی آندزیت منطقه است. به‌صورت شکل دار تا نیمه شکل دار بوده و غالباً به‌صورت درشت بلور در بین کانی‌های دیگر دیده می‌شود. و ترکیب پلاژیوکلاز در آندزیت‌های منطقه از الیگوکلاز تا آندزین متغیر می‌باشد. دارای ماکل تکراری- مرکب و گاهی منطقه‌بندی ترکیبی و خاموشی غیریکنواخت هستند و برخی از بلورها دارای حاشیه واکنشی، آثار خوردگی و محوشدگی تیغه‌های ماکل می‌باشند که نشان دهنده شرایط غیرتعادلی است. منطقه‌بندی ترکیبی در این بلورها، بیانگر تغییر ترکیب ماگما، در اثر تزریق مداوم ماگما به مخزن ماگمایی و تغییر شرایط پیرامون بلورهای پلاژیوکلاز است.

با کمی دقت در اندازه بلورهای این کانی و همچنین میزان انحلال و سالم بودن آنها می‌توان دو نسل از پلاژیوکلازها را تشخیص داد:

الف) پلاژیوکلازهای نسل اول: به‌صورت بلورهای درشت، دارای حاشیه گردشده و بافت انحلالی یا غربالی می‌باشند و بیشتر تحت تأثیر دگرسانی قرار گرفته‌اند.

ب) پلاژیوکلازهای نسل دوم: که در مقایسه با نسل اول از نظر اندازه کوچکتر هستند و کمتر دگرسان شده‌اند. کوارتزها اغلب بی‌شکل و به‌صورت بین‌دانه‌ای و برخی دارای خاموشی موجی و شکستگی هستند. میزان فراوانی آنها بین ۲ تا ۱۴ درصد متغیر می‌باشد. در مرحله پایانی، مایع غنی از سیلیس، فضای خالی بین بلورهای قبلی را پر کرده و تشکیل کوارتزهای بین‌دانه‌ای را می‌دهند.

آلکالی‌فلدسپار: با میزان فراوانی بین ۵ تا ۲۰ به‌صورت بی‌شکل تا نیمه شکل‌دار دیده شده و معمولاً یک کانی فاز تأخیری بوده و در فضای بین کانی‌هایی نظیر پلاژیوکلاز و هورنبلند تشکیل شده‌است (شکل ۳).



شکل ۳: تصاویر میکروسکوپی آندزیتی‌های تفتان با بافت پورفیری، حفره‌دار و درشت بلورهای پلاژیوکلاز، هورنبلند و اوژیت (XPL)

آمفیبول از فراوانترین کانی‌های مافیک است که به‌صورت بلورهای درشت و گاهی ریز دیده می‌شود. این کانی با فراوانی ۵ درصد از نوع هورنبلند بوده که در نور عادی دارای چند رنگی سبز تا قهوه‌ای کم رنگ و در نور پلاریزه دارای رنگ قهوه‌ای مایل به قرمز تا زرد عسلی هستند و زاویه خاموشی بین ۵ تا ۱۵ درجه دارند. اغلب هورنبلندها نیمه‌شکل‌دار تا شکل‌دار هستند که این مسئله تشکیل آنها را در مراحل نخستین بلور نشان می‌دهد. در برخی از مقاطع درشت بلورهای هورنبلند به صورت منشوری شش گوش با ماکل کارلسباد و دو سری رخ مورب هستند. در اکثر هورنبلندها آثاری از ادخال کوارتز، بیوتیت، آپاتیت و کانی‌های اوپک دیده می‌شود.

بیوتیت با فراوانی حدود دو درصد به‌صورت تیغه‌های نیمه‌شکل‌دار تا بی‌شکل در این سنگ‌ها دیده می‌شود. بیوتیت‌ها، با چند رنگی قهوه‌ای تیره تا روشن، واجد ادخال‌هایی از کانی‌های زیرکن، اکسید آهن و اسفن بوده و در برخی از نمونه‌ها تبدیل‌شدگی بیوتیت به کلریت همراه با اسفن قابل مشاهده‌است.

پیروکسن عمده‌ترین کانی آهن- منیزیم‌داری است که به‌صورت بلورهای خودشکل تا نیمه‌شکل‌دار و دانه ریز (نسبت به بلورهای پلاژیوکلاز) در سنگ دیده می‌شود. پیروکسن‌ها از نوع اوژیت بی‌شکل تا نیمه‌شکل‌دار هستند و برخی اورالیتی شده‌اند. درشت بلورهای پیروکسن شکل‌دار تا نیمه‌شکل‌دار هستند و ریز بلورهای آنها در زمینه به‌صورت بی‌شکل یافت می‌شوند. با توجه به زاویه خاموشی بین ۴۴ تا ۵۶ درجه، نوع رنگ تداخلی و ماکل ساعت شنی که معمولاً در اوژیت‌ها متداول است، اغلب کلینوپيروكسن‌ها از نوع اوژیت می‌باشند.

در این سنگ‌ها اپیدوت، کلریت، اسفن، کلسیت و بیوتیت از جمله کانی‌های حاصل دگرسانی پلاژیوکلاز، پیروکسن و هورنبلند هستند که به طور گسترده دیده می‌شود. در اثر حضور سیالات آبدار در طی دگرسانی، با خروج K از بیوتیت و خروج سدیم و کلسیم از هورنبلند و پیروکسن، کلریت‌ها در امتداد رخ‌ها و حاشیه کانی تشکیل شده و اکثراً به صورت رشته‌های آبی تا سبز رنگ جانشین کانی‌های مافیک شده‌اند. بیوتیت‌های ثانویه اکثراً ریزبلور، بی‌شکل و همراه با کوارتز بوده و حاصل تبدیل هورنبلند به بیوتیت می‌باشند.

یک توالی ایگنیمبریتی با ضخامت متغیر (از چند سانتیمتر تا چند ده متر) به صورت یک پوشش بر روی واحدهای آتشفشانی قبلی قرار گرفته و در صحرا معمولاً به رنگ کرم تا زرد مشاهده می‌شود. قطعات این واحد اکثراً آندزیتی یا داسیتی می‌باشند. در ضمن در بسیاری موارد این واحد سنگی نهشته‌های ریزشی پومیزی سفید رنگ را می‌پوشاند. این واحد در واقع در شمال، شرق و جنوب تفتان در حوالی روستاهای تمین، کشانزرد، دومک، ترشاب، چاهوک و گروک رخنمون دارد. و از نظر ژئوشیمیایی سنگ‌های آتشفشانی تفتان دارای ماهیت کالکوالکالن پتاسم متوسط تا پتاسیم بالا می‌باشند و در ضمن دارای ماهیت متاآلومین تا اندکی پراآلومین نیز هستند.

۴- نتیجه‌گیری

برخی از بلورها پلاژیوکلازها دارای حاشیه واکنشی، آثار خوردگی و محوشدگی تیغه‌های ماکل می‌باشند که نشان دهنده شرایط غیرتعادلی است. منطقه‌بندی ترکیبی در این بلورها، بیانگر تغییر ترکیب ماگما، در اثر تزریق مداوم ماگما به مخزن ماگمایی و تغییر شرایط پیرامون بلورهای پلاژیوکلاز است. ترکیب کانی شناسی و شیمیائی آتشفشان تفتان با سنگ‌های کالکوالکالن مناطق فرورانش مطابقت دارد زیرا غنی از بیوتیت و هورنبلند و ترکیب کالکوالکالن دارند.

۵- مراجع

قلمقاش، ج.، اکبری، م.، و جمال، ر. ۱۴۰۱. زمین‌شناسی، ژئوشیمی و پتروژنز آتشفشان تفتان: رهیافتی برای ژئودینامیک کمان ماگمایی مکران-چگای، فصلنامه علمی علوم زمین، دوره سی و دو، شماره ۴، پیاپی ۱۲۶، صفحات ۸۳-۱۰۲.

Gansser, A., 1971. The Taftan volcano (SE Iran). *Eclogae Geologicae Helvetiae*. 64 (2), 319-334.