تابستان ۸۸، سال هجدهم، شماره ۷۲، صفحه ۷۳ تا ۸۲

چینه‌شناسی آتشفشانی و مراحل مختلف فوران آتشفشان تفتان

نوشته:حبیب بیابانگرد* و عباس مرادیان**
*دانشگاه سیستان وبلوچستان،زاهدان، ایران
** دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۸۶/۰۳/۲۰ تاریخ پذیرش: ۱۳۸۷/۱۰/۲۵

چکیده

آتشفشان تفتان در جنوب خاوری ایران، در استان سیستان و بلوچستان و حدود ۱۰۰ کیلومتری جنوب - جنوب خاوری شهر زاهدان و ۴۵ کیلومتری شمال خاش قراردارد. از دیدگاه زمین‌شناختی، این آتشفشان در انتهای زون ساختاری فلیش نهبندان - خاش و شمال زون مکران واقع شده است. تاکنون مطالعات چینه‌شناسی آتشفشانی جامعی در مورد این آتشفشان انجام نشده است. چینه‌شناسی تفتان را به طور کلی می‌توان به سه بخش، سنگ‌های قدیمی‌تر از فعالیت، سنگ‌های حاصل از فعالیت و سنگ‌های پس از فعالیت آتشفشانی تفتان تقسیم‌بندی کرد. گروه نخست، پی‌سنگ آتشفشان بوده و به‌طورعمده از سنگ‌های رسوبی چون ماسه‌سنگ، شیل، سنگ‌آهک و مارن (رخساره فلیش)، مجموعه آمیزه رنگین شامل سنگ‌های اولترامافیک (پریدوتیت‌ها)، بازی (گابروها و بازالت‌ها)، سنگ آهک‌های پلاژیک، رادیولاریت و به مقدار کمتر مجموعه سنگ‌های دگرگونی (متاگریواک‌ها، فیلیت‌ها، اسلیت‌ها و شیست‌ها) تشکیل شده‌اند. گروه دوم به‌طور عمده سنگ‌های آذرآواری و جریان‌های گدازه‌ای هستند که بدنه اصلی این آتشفشان را تشکیل می‌دهند وگروه سوم بیشتر جابه‌جایی‌های محصولات آتشفشانی و زون‌های دگرسانی را شامل می‌شوند. این مطالعات نشان می‌دهد که آتشفشان تفتان دارای بیش از ۵ مرحله فورانی مرحله خروج گدازه‌های الیوین بازالتی، فعالیت از محل دهانه قدیمی انجرک، فعالیت فورانی دهانه قدیمی جم چین، فعالیت فورانی کوه انار، فعالیت فورانی پیرامون قلل اصلی، فوران مرتبط با فعالیت پیشین و فعالیت پایانی می‌باشد.

کلید واژه ها: تفتان، آتشفشان‌چینه‌ای، آذرآوری، دهانه انجرک و دهانه جم‌چین

۱- مقدمه

به‌نظر زمین‌شناسان کشور ایران از نظر زمین‌شناسی، بخش‌میانی کمربند آلپ ـ هیمالیا به‌شمار می‌رود که از باختر اروپا شروع و پس ازگذر از ترکیه، ایران، افغانستان تا تبت و شاید تا نزدیکی‌های برمه و اندونزی ادامه دارد (Sengor, 1990,1979; Glennie, 2000Sebere et al., 1997;). به نظر می‌رسد که این کمربند محل برخورد دو بزرگ قاره قدیمی اوراسیا وگندوانا باشد. در ایران، این کمربند به زون‌های زمین‌ساختی متعددی تقسیم بندی شده است(Stocklin, 1968). کوه آتشفشانی تفتان در زون فلیشی خاور ایران برونزد دارد. ولی تشکیل آن مرتبط با زون فرورانشی عمان ـ مکران است، لذا وضعیت ساختاری و زمین‌شناختی مکران تأثیر گذار بر ماهیت این آتشفشان بوده است. فعالیت‌های گسترده آتشفشانی از ترکیه تا بلوچستان پاکستان، ازکرتاسه تا کواترنری ادامه داشته است (Glennie, 2000) و سبب تشکیل آتشفشان‌های جوان کواترنری چون آرارات در ترکیه (مجاور مرز ایران)، سهند، سبلان، دماوند، بزمان و تفتان در ایران و سلطان در پاکستان (مجاور مرز ایران) شده‌اند (امامی، ۱۳۷۹؛ درویش‌زاده، ۱۳۶۵ و Allenbach, 1966). مطالعات زمین‌شناسی بر روی آتشفشان تفتان بسیار اندک و بیشتر در رابطه با مطالعات زمین‌شناسی اقتصادی است که ازآن میان می‌توان به مطالعات محدود شرکت زرکن (Zarcan, 1999, 2000)، شرکت مشاورین زرناب (۱۳۸۳)، Kimia ghoalme & Shahin (1992)، سامانی و اشتری (۱۳۷۱ و ۱۳۷۹) و Shahrabi (1995) اشاره نمود. مطالعات انجام شده توسط Nicolas(1988) ; Glennie et al.(1973); Michard et al.(1994);Mcnutt et al. (1988); و Rauvaut et al.(1999) برروی توپوگرافی، سفره‌های افیولیتی و رسوبات مجموعه گوه‌های افزایشی نشان دادند که زون مکران بویژه از زمان کرتاسه به بعد فعال بوده است. بر روی مجموعه افیولیت- ملانژ کرتاسه یک توالی ستبر از سنگ‌های رسوبی نوع فلیش با سنگ‌های آتشفشانی زیر دریایی به طور دگرشیب قرار می‌گیرند (Berberian & king, 1981). نفوذ وخروج سنگ‌های آذرین ازکرتاسه تا کواترنری اتفاق افتاده است که از سنگ‌های نفوذی جایگیری گرانیتوید زاهدان در ائوسن پسین- الیگوسن پیشین و از سنگ‌های خروجی فوران آتشفشان تفتان درکواترنری از مهم‌ترین ویژگی‌های این زون است. درشکل ۱ موقعیت زون‌های ساختاری ایران وآتشفشان تفتان مشخص شده است.

۲- ریخت‌شناسی آتشفشان تفتان

تفتان یک آتشفشان مرکب لایه‌ای دارای ارتفاع تقریبی ۴۰۵۰ متر از سطح تراز آب دریا و ۲۰۰۰ متر از زمین‌های اطراف است (Gansser, 1971) و در طول و عرض جغرافیایی ′۳۶ °۲۸ و ′۰۸ °۶۱ در موقعیت کمربند فعال آتشفشانی مکران دارد. این آتشفشان چند قله به نام‌های چهل تن (قله شمالی به‌نام زیارت و قله جنوبی مادرکوه)، صبح کوه و نرکوه است. قله چهل تن (تفتان فعلی) در مجموع دارای پنج دهانه است که از دو دهانه آن همیشه بخار و گازهای گوگردی متصاعد می‌شود. ساختار اصلی آتشفشان تفتان شامل دو کوه (نرکوه و مادرکوه) است که به‌وسیله بخش زین مانند باریکی به هم متصل شده‌اند. قله جنوب خاوری تا اندازه‌ای شکل مخروطی خود را حفظ کرده و به وسیله جریان‌های گدازه‌ای ستبر و جوان‌تر پوشیده شده است. خروج گازهای دودخانی(فومرولی) از دهانه آتشفشان تفتان و چشمه‌های آب‌گرم، بیانی از جوان و هم به نسبت فعال بودن این آتشفشان است (شکل ۲). دسترسی به این آتشفشان از مسیرهای گوناگون امکان‌پذیر است. مهم‌ترین وآسان‌ترین آنها مسیرهای جاده‌های اصلی خاش- زاهدان، زاهدان- میرجاوه و خاش- سنگان است.

۳- زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه

مطالعات صحرایی، سنگ‌شناختی و ژئوشیمیایی انجام شده بر روی نمونه‌های سنگی مختلف این آتشفشان (شکل ۳) سرشت آندزیتی تا داسیتی را برای مجموعه‌های مختلف آشکار می‌سازد و اغلب در سری ماگمایی نیمه‌قلیایی قرار می‌گیرند (شکل ۴). بیشتر سنگ‌های این آتشفشان تنوع کانیایی نداشته و حاوی پلاژیوکلاز، کوارتز، بیوتیت، هورنبلند و پیروکسن هستند. همچنین مطالعه و بررسی سازنده‌های سنگی تفتان در چهار جهت مختلف از دامنه تا نوک قله انجام پذیرفته که آنها را می‌توان در سه بخش سازنده‌های پیش، همزمان و پس از فوران به شرح زیر تقسیم بندی کرد (شکل ۵).

۳-۱- سازنده‌های پیش از فعالیت‌های آتشفشانی تفتان

این سازنده‌ها که در اطراف و پی تفتان با گسترش و ستبرای متفاوت واقع می‌شوند، بیشتر شامل مجموعه‌های آمیزه‌های رنگین، نهشته‌های فلیشی ائوسن، نهشته‌های الیگوسن و نئوژن هستند.

- مجموعه‌های آمیزه‌های رنگین

این واحد به طور عمده در شمال باختر تا خاور تفتان (مورتک، حوالی سیاه جنگل تا روستای تمین) و در حاشیه جنوب خاوری (آمیزه رنگین چهزار) برونزد دارند. علاوه بر این، در بخش‌های مرکزی و در پایه تفتان در منطقه خارستان، سیاه کوهی، کله شهتوت، تودلنگ و انتهای رودخانه بیدستر نیز دیده می‌شوند. این مجموعه از سنگ‌های اولترامافیک (هارزبورژیت، لرزولیت و سرپانتینیت) تشکیل شده‌اند که بادیگر اجزای این کمپلکس درهم آمیخته شده‌اند (شکل ۶).

- نهشته‌های فلیشی ائوسن

این نهشته‌ها بیشترین حجم و محدوده را از لحاظ گسترش مکانی و زمانی در سنگ‌های اطراف تفتان دارند و منحصر به نقطه خاصی از تفتان نیستد و در بیشتر نقاط تفتان برونزد دارند. بهترین برونزدهای این نهشته‌ها در حوالی روستاهای نارون، کوته، سنگان، جون‌آباد تا لادیز است و در بسیاری از نقاط، به طور مستقیم در زیر آذرآواری‌های آتشفشان تفتان قرار می‌گیرند (شکل ۷- الف) و شامل گری‌واک‌های به نسبت دگرگون شده، گل‌سنگ با رنگ‌های متنوع و دارای لامیناسیون، ماسه‌سنگ‌های آرکوزی و کربناتی دانه ریز و سرخ رنگ، تناوبی از شیل‌های خاکستری و سبز رنگ لایه لایه با میان‌لایه‌هایی از سیلتستون و ماسه‌سنگ با ساختارهای رسوبی، همچون لایه‌بندی تدریجی، متقاطع، موج نقش و فلوت کست است.

- نهشته‌های الیگوسن

بهترین برونزد این نهشته‌ها را می‌توان در منطقه خارستان در شمال آتشفشان تفتان با ستبرای تقریبی ۳۰ متر مشاهده کرد. بیشتر شامل نهشته‌های کنگلومرایی با قطعه‌های آتشفشانی و رسوبی ائوسن همراه با میان لایه‌هایی از ماسه‌سنگ، لایه‌های نازک کربناتی و شیلی است. از ویژگی‌های لایه کنگلومرا، دارا بودن قطعه‌هایی از جنس شیل، ماسه‌سنگ و قطعه‌ها آتشفشانی، جورنشدگی و گردشدگی متفاوت قطعه‌ها با سیمان ماسه‌ای است.

- نهشته‌های نئوژن

این نهشته‌ها واحدهای ماسه‌سنگی و کنگلومرایی را شامل می‌شوند که در بیشتر نقاط برونزد دارند. بهترین برونزد آن در حوالی روستای تمین تا روپس با ستبرایی بالغ بر ۳۸ متر است. در بیشتر نقاط از ماسه‌سنگ‌های به رنگ سرخ و سبز تشکیل شده‌اند. ماسه‌سنگ‌ها در مقطع تیپ دارای کوارتزهای زاویه‌دار، خرده‌های میکایی و فلدسپاتی در خمیره‌ای رسی است. این نهشته‌ها در بعضی نقاط حاوی کنگلومرا بوده که بر روی واحدهای ماسه‌سنگی قرار می‌گیرند و دارای رنگ قهوه‌ای تا خاکستری بوده و از ستبرای به نسبت قابل توجهی (۲۵ متر) برخوردار است. قطعه‌های سازنده کنگلومرا شیلی، ماسه‌سنگی و به مقدار کم آذرین (قطعه‌های توف و آذرآواری) است. این سازند هموار و کم ارتفاع بوده و می‌توان آن را یک کنگلومرای آتشفشانی به‌شمار آورد.

۳-۲- واحدهای سنگی حاصل از فعالیت آتشفشانی تفتان

محصولات آتشفشانی تفتان فراوان و بسیار پیچیده است که در یک نگاه کلی از قدیم به جدید می‌توان آنها را به‌صورت گدازه‌های بازالتی اطراف تفتان، نهشته‌های ریزشی، جریانی، خیزابی، مجموعه‌های نفوذی و آنکلاوها، سایر نهشته‌ها (نهشته‌های گوگردی، لاهار، اگلومرا، برش‌ها، اپی‌کلاستیک‌ها وآذرآواری) و نهشته‌های کانساری تقسیم‌بندی کرد که هدف اصلی این نوشتار هستند.

- گدازه‌های بازالتی اطراف تفتان

این روانه‌ها در سه ناحیه از تفتان؛ شمال خاوری تفتان حوالی روستای تمین در ارتفاع تقریبی ۱۸۳۷ متر بر روی مجموعه‌های شیلی، جنوب خاوری تفتان به‌صورت تختک به نام تخت رستم مجاور روستای چاه سم بر روی مجموعه‌های شیلی و سنگ آهکی (شکل ۷- ب) و در باختر تفتان حوالی روستای نارون در ارتفاع ۱۹۱۸ متری بر روی مجموعه‌های شیلی سبزرنگ دیده می‌شوند (شکل ۷-الف). این گدازه‌ها به صورت متراکم، سخت و ساختار آفانتیک با رنگ قهوه‌ای تیره تا کاملاً سیاه و ستبرایی بین ۲ تا ۳۰ متر دارند. در نمونه دستی کانی‌های پلاژیوکلاز و پیروکسن قابل مشاهده است و کانی‌ها در مقاطع نازک، به‌ترتیب فراوانی شامل پلاژیوکلاز، پیروکسن، بیوتیت و هورنبلند هستند. پلاژیوکلازها به‌صورت بلورهای درشت شکل‌دار تا نیمه شکل‌دار با اندازه میانگین ۰/۴-۱ میلی‌متر گاه گرد شده و ترکیب متوسط به طور معمول لابرادور است. دوقلوهای تکراری و پریکلین دارند. بسیاری از این کانی‌ها انحلال یافته، بافت غربالی، منطقه‌بندی و پوشش‌های غبارآلود نشان می‌دهند. پلاژیوکلازهای میکرولیتی خمیره سدیمی‌تر و فاقد زون‌بندی و انحلال هستند، پیروکسن در اندازه‌های متفاوت شکل‌دار تا نیمه شکل‌دار گاه گرد شده و در بعضی موارد نیز به صورت گلومروکریست دیده می‌شوند. اولیوین نیمه شکل‌دار و دارای رنگ‌های تداخلی بالا، در حواشی اکسید شده و به مقدار اندک سالم در این سنگ‌ها دیده می‌شود. کانی‌های تیره آبدار بیوتیت و هورنبلند بسیار اندک بوده و به شدت سوخته شده‌اند. گاهی تا حدی سوختگی درآنها پیشرفت کرده که فقط قالبشان باقی مانده است. کانی‌های فرعی و ثانوی کلریت، اپیدوت، سرپانتین، کلسیت و اکسیدهای آهن (بیشتر مگنتیت) نیز دیده می‌شوند. بیشتر این سنگ‌ها بافت میکرولیتیک پورفیری، گلومروپورفیری، جریانی، هیالوپورفیری و پورفیری هستند. این گدازه‌ها در بیشتر مناطق یاد شده بر روی مجموعه‌های شیلی و فلیشی منطقه قرار دارند. این روانه‌ها ممکن است ارتباطی با فعالیت‌های تفتان نداشته باشند و حتی ممکن است جوان‌تر از فعالیت‌های این آتشفشان نیز باشند که احتیاج به مطالعات بیشتری دارد.

- نهشته‌های ریزشی آتشفشان

این نهشته‌ها به‌ندرت دارای لایه‌بندی بوده و به‌صورت بمب، بلوک، اسکوری و خاکستر در اندازه‌های متفاوت بین ۱۰ میلی‌متر تا ۲ متر هستند. آنها دارای اشکال گرد، بیضوی، کروی، بدون شکل خاص، حفره‌دار و زاویه دارند. در یک توالی با ستبرای قابل ملاحظه از این نهشته‌ها می‌توان دانه‌بندی ترتیبی، معکوس و مرکب و بدون جورشدگی را مشاهده کرد. ستبرای این نهشته‌ها بین ۰/۵ تا ۲ متر می‌رسد. دارای گسترش قابل ملاحظه بوده و در مناطق دورآتشفشان نیز دیده می‌شوند. بهترین برونزد این پرتابه‌ها را می‌توان در خاور، حوالی آبگرم سنگان و در باختر حوالی روستای نارون مشاهده کرد (شکل ۷- ج). این نهشته‌ها که مربوط به فعالیت‌های مختلف تفتان می‌شوند، ترکیب‌های مختلف آندزی بازالتی، داسیتی و آندزیتی دارند.

الف) پرتابه‌های اسکوری - داسیتی و آندزیتی

فراوان‌ترین نهشته‌های ریزشی آتشفشان به شمار می‌روند و در بردارنده قطعه‌ها

و بلوک‌های بی‌شکل در اندازه‌های متفاوت ۳۵ سانتی‌متر تا ۲متر هستند. اینها فاقد هرگونه جورشدگی و لایه‌بندی هستند، مگر در مواردی که با نهشته‌های ریزشی کوچک از جمله لاپیلی‌ها همراهند. از ویژگی‌های بارز آنها دارا بودن حفره‌های متعدد و نامنظم است. در سمت باختری و جنوب‌باختری آتشفشان بر روی مجموعه شیل‌ها، مارن‌ها و اپی‌کلاستیک‌های قدیمی قرارگرفته‌اند. بیشتر پرتابه‌ها دارای رنگ‌های سیاه، قهوه‌ای و سرخ با ساختار حفره‌ای بوده و در نمونه دستی دارای کانی‌های پلاژیوکلاز، هورنبلند، بیوتیت و پیروکسن در خمیره‌ای آفانتیک هستند. در سمت خاوری، جنوب و جنوب خاوری گسترش زیادی داشته و بهترین برونزدها در حوالی رودخانه سنگان به چشمه آبگرم (شکل ۷- د) دیده می‌شوند. اگر چه محدوده گسترش آن بسیار اندک و در حدود ۴ کیلومتر است، اما اسکوری‌های سیاه رنگ داسیتی و چسبیده به هم هستند و به احتمال، نشان از فعالیت‌های پرتابی جوان آتشفشانی دارند. در ارتفاع تقریبی ۳۸۴۶ متری آتشفشان، در حوالی نوک قله اصلی مادر کوه، پرتابه‌های سیاه رنگ حفره‌دار و چسبیده به هم همراه با لاپیلی‌ها وجود دارند که به‌احتمال مربوط به فعالیت‌های فازهای انتهایی فوران آتشفشانی تفتان هستند.

ب) پرتابه‌های بمب و لاپیلی

اگرچه همراه سایر پرتابه‌ها دیده می‌شوند و دارای ترکیب‌های گوناگون بویژه آندزیتی هستند، اما در دو نقطه آتشفشان تفتان بیشتر به چشم می‌خورند؛ در قسمت خاوری آتشفشان در منطقه کد سیاه پهنه‌ای به وسعت ۲۵ تا ۳۰ کیلومترمربع را پوشانده‌اند. در این منطقه بمب‌های شعاعی، کروی و قشر نانی با شکستگی‌های داخلی شعاعی دیده می‌شوند که گاهی بیش از ۴ متر قطر دارند (شکل ۸ - الف). دارای رنگ‌های متنوع سیاه، سرخ آجری، کرم روشن و جگری هستند. بمب‌های یافت شده در جنوب و جنوب خاوری روستای ترشاب دارای ترکیب داسیتی و به‌رنگ به طور کامل روشن تا اندکی متمایل به سرخ و به صورت کروی (شکل ۸ - ب) با شکستگی‌های شعاعی هستند. سطح خارجی تمامی پرتابه‌های یافت شده شیشه‌ای و قسمت‌های مرکزی آنها اندکی متبلور و گاهی پر شده از مواد گدازه ای یا خاکستر است. در میان بمب‌های پرتابی اشکال کروی، دوکی، تاپاله‌ای و قشرنانی فراوان‌ترند. که نشان می‌دهد حاصل فعالیت‌های انفجاری و فراتوماگماتیک هستند (Cas and Wright,1988).

– نهشته‌های خاکستر

این نهشته‌ها با دارا بودن ستبرا و گستردگی بالا در میان محصولات آتشفشانی تفتان بیشتر دچار تجزیه شده‌اند. در اغلب مناطق تفتان به همراه مجموعه‌های آذرآواری دیده می‌شوند(شکل۸-ج). هر چند دارای تنوع رنگی بوده ولی بیشتر رنگ‌های قهوه‌ای تا کرم دارند که این کیفیت به‌دلیل اکسایش آهن دو ظرفیتی است (Cas and Wright, 1988) و بیشتر نیز زمین‌های حاصلخیز را تشکیل می‌دهند. اندازه ذرات سازنده آنها در حد ۱ تا ۲ میلی متر است. در بیشتر نقاط در داخل آنها بلوک‌ها و قطعه‌های از گدازه با ترکیب داسیتی تا آندزیتی دیده می‌شود. ستبرای توالی‌های خاکستر در نقاط مختلف تفتان متفاوت و به طور متوسط در حدود ۳۵ متر است. ویژگی‌های بارز این نهشته‌ها گاهی حضور بلورهای خرد شده ازکوارتزهای انحلالی، زاویه‌دار و فلدسپار در آنهاست که پیامد شدت انفجار بالای آتشفشان است (Cas and Wright,1988).

– نهشته‌های جریانی

قسمت اعظم این نهشته‌ها را گدازه‌هایی با ترکیب بازالتی، آندزیتی، داسیتی و ریولیتی تشکیل می‌دهندکه به صورت میان‌لایه همراه با جریان‌های آذرآواری و بیشتر در بالاترین نقاط از لحاظ توپوگرافی قرار دارند. به‌علاوه می‌توان نهشته‌های جریانی از نوع ایگنمبریتی، جریان‌های خاکستر، خاکستر به همراه بلوک و پومیس را در مجموعه‌های این آتشفشان مشاهده کرد. این نهشته‌ها ترکیبی بیش از یک جریان دارند و هر واحد به طور معمول از جریان گدازه و واحد آذرآواری تشکیل شده‌اند، معمولی‌ترین این جریان‌ها به شرح زیر است.

• گدازه‌های آندزیتی و داسیتی

این گدازه‌ها به صورت بین لایه‌ای با سایرجریان‌های آذرآواری با ستبرای متفاوت از ۰/۵ تا ۲۰۰ متر مشاهده می‌شوند. در نمونه دستی سیاه رنگ و دارای ساخت فانریتیک هستند. دارای درشت بلورهای قابل رویت پلاژیوکلاز و پیروکسن در خمیره‌ای شیشه‌ای هستند، گدازه‌های داسیتی و آندزیتی حجم و فراوانی قابل ملاحظه‌ای در میان گدازهای آتشفشانی دارند و منحصر به منطقه خاصی از آتشفشان نیستند. همچنین تنوع ترکیبی بارزی از آندزیت هورنبلنددار، آندزیت پیروکسن‌دار، آندزیت بیوتیت و هورنبلنددار دارند. این جریان‌ها به صورت توده‌ای، برشی و صفحه‌ای هستند. به رغم گسترش فراوان، در شمال بویژه شمال بزکوه و جنوب ناحیه ترشاب برونزد خوبی دارند. دارای رنگ‌های متنوع خاکستری روشن تا تیره، قهوه‌ای، سرخ آجری و رنگ گلی مایل به قهوه‌ای و ساخت‌های آفانتیک تا فانریتیک هستند. کانی‌های اصلی و عادی این گدازه‌ها پلاژیوکلاز، پیروکسن و هورنبلند هستند. فراوان‌ترین درشت بلور، پلاژیوکلاز به رنگ خاکستری و شیری در اندازه‌های متفاوت است. دومین درشت بلور قابل ملاحظه پیروکسن به رنگ سیاه و شکل‌دار است؛ هورنبلند و بیوتیت نیز به‌صورت نیمه شکل‌دار، پراکنده با حواشی انحلالی در آنها دیده می‌شوند. گدازه‌های ریولیتی حجم اندک داشته و بیشتر به رنگ خاکستری روشن بوده و دارای درشت بلورهای قابل ملاحظه پلاژیوکلاز و کوارتز است. لازم به ذکر است که گدازه‌های با ترکیب حد واسط چون ریوداسیت در میان دیگر گدازه‌های تفتان نیز مشاهده می‌شوند. بیشتر این جریان‌ها به‌صورت پی در پی همراه با آذرآواری‌ها قرار دارند (شکل ۸ - د).

– جریان‌های آذرآواری

این نهشته‌ها به‌طور معمول مرکب از نهشته‌های توفی، ایگنمبریتی، لاهار و گاه میان لایه‌های ناقص گدازه‌ای هستند که تفکیک آنها از یکدیگر امکان پذیر نبوده و به عنوان نهشته‌های مرکب آذرآواری معرفی شده‌اند. بیشتر توده‌ای و جورشدگی ضعیف دارند. جورشدگی ضعیف آنها ناشی از در صد بالای قطعه‌های سازنده جریان و نه آشفتگی آنها است. بعضی از موارد، این جریان‌ها حاوی لوله‌های خروج گاز بویژه از بخش‌های خاکستری هستند (Wilson, 1980). قالب این لوله‌ها امروزه با استفاده از پر شدگی توسط بلور یا قطعه سنگ‌های حفره‌دار بزرگ مشخص می‌شوند. جریان‌های آذرآواری بیشتر در دماهای بالایی جایگزین شده‌اند که حضور چوب‌های سوخته شده، حضور رنگ‌های تیره (اکسایش مگنتیت)، صورتی (اکسایش گرمایی آهن) و حتی رنگ‌های دیگر ناشی از اکسایش و توف‌های جوش خورده گویای این امر است. نهشته‌های آذرآواری حجم بسیار عظیم در بیشتر نقاط تفتان بویژه در قسمت‌های شمالی، حد فاصل روستای تمین تا گزند را دارا هستند (شکل۹- الف). در این نهشته‌ها، قطعه‌های مختلف گرد شده و زاویه‌دار از جنس‌های مختلف آندزیتی، داسیتی، ریولیتی و بازالتی ناشی از فوران‌های مختلف کوه آتشفشانی تفتان وجود دارد. در بسیاری از موارد خمیره جریان را ذرات ریزتر آتشفشانی بویژه خاکسترها و توف‌های به‌شدت دگرسان شده تشکیل می‌دهند. جالب این‌که بعضی قطعه‌ها از مجموعه‌های آمیزه رنگین و شیلی هستند. که با توجه به وجود این قطعه‌ها، به‌احتمال مربوط به اولین فاز فورانی آتشفشان هستند. این

نهشته‌ها در بیشتر نقاط بر روی مجموعه‌های فلیشی وگاه بر روی آمیزه‌های رنگین قرار می‌گیرند. از ویژگی‌های این نهشته‌ها وجود ساختارهای مشابه با ساختارهای رسوبی، چون دانه‌بندی تدریجی، دانه‌بندی متقاطع و آثار وزنی درآنهاست.

– نهشته‌های آذرآواری جریانی همراه با خاکستر، بلوک و اسکوری

بهترین مقطع این نهشته‌ها با ستبرای ۲۰ متر در حوالی ده رضا و کوشه قرار دارد. این نهشته‌ها جور نشده با خمیره خاکستر و گاهی حاوی قطعه‌های بدون حفره، بلوک‌های بزرگ با قطر بالغ بر ۵ متر هستند. برخی از این بلوک‌ها درزه‌های شعاعی و انقباضی ناشی از سرد شدگی دارند. اسکوری‌ها دارای شکل‌های نامنظم، قطعه‌های شکسته و تیز می‌باشند. این جریان‌ها دارای لاپیلی‌های حفره‌دار، خاکستر و بلوک‌های با ترکیب داسیتی تا آندزیتی است. گاه دارای دانه‌بندی تدریجی و معکوس، لوله‌های خروج گاز، چوب‌های سوخته شده و حتی بدون لایه‌بندی می‌باشند.

– نهشته‌های جریانی پومیس و ایگنمبریت پومیس

در راستای رودخانه دره‌گل به‌سمت قله اصلی نرسیده به اردوگاه تفریحی جم‌چین، برونزد دارند که در این نقطه ستبرای آنها افزون بر ۲۸ متر است (شکل۹- ب). به طور معمول قطعه‌های آنها بیشتر از ۶۴ میلی‌متر قطر داشته و حاوی بلوک‌های بزرگ زاویه‌دار هستند. لایه‌های زیرین دانه‌ریز و به‌هم چسبیده بوده و ساختاری زونه لامینه نشان می‌دهند و دارای آثاری از چوب‌های سوخته شده‌اند. ایگنمبریت‌ها دارای جورشدگی فقیر، رنگ صورتی و حفره‌دار هستند. نهشته‌های ایگنمبریت پومیس توده‌ای بوده و حاوی مقادیر متغیری خاکستر، لاپیلی‌های پومیسی گرد شده و تکه‌هایی از بلوک گاهی به قطری بالغ بریک متر هستند. در جریان، قطعه‌های پومیسی بزرگ دانه‌بندی معکوسی نیز نشان می‌دهند.

– ایگنمبریت‌ها

ایگنمبریت‌ها در تفتان ازگسترش و ستبرای قابل ملاحظه‌ای برخوردارند. برونزد شاخص آنها در خاور تفتان در امتداد دره گل به سمت قله، بندگلو است (شکل۹ - ج). دارای قطعه‌های کشیده باریک با جنس پومیس وگدازه‌ای آندزیتی تا داسیتی، ساختار سودو فلوییدال و چین خورده‌اند. این توف‌های جوش خورده دارای رنگ‌های قهوه‌ای روشن، سرخ و سیاه رنگ با ظاهری در هم رفته و در بعضی نقاط ساختار حفره‌ای هستند. بیشتر ترکیبی داسیتی و در بسیاری از موارد به صورت ایگنمبریت- برش (Ignimbrite-braccias) هستند. این جریان‌ها که در بیشتر نقاط تفتان دیده می‌شوند، می‌توانند نشانگر قدرت بالای فوران و همراهی فازهای آتشفشانی با بخارآب فراوان باشند. در بسیاری از این نهشته‌ها آثار فراوان تراشه‌های شیشه‌ای با شکل‌های گوناگون، قطعه‌های پومیسی کشیده شده، بلوک‌ها و قطعه‌های جوش خورده با ساختاری نواری و جریانی به چشم می‌خورند.

– نهشته‌های خیز آبی

از ویژگی‌های بارز این جریان‌ها، دارا بودن لایه‌بندی مورب با زاویه کم، اشکال پیچ خورده و در هم، ساختارهای ستبر و نازک شده، ساختارهای کانالی با گسترش بالا است. این جریان‌ها بیشتر آشفته و حاوی قطعه‌های کم ولی غنی از بلور، لوله‌های خروج گاز و آثار سوخته شده گیاهی است. این لوله‌های خروج گاز در بیشتر جریان‌های ماگمایی دیده می‌شوند.

Fisher (1979),Waters&Fisher (1971),Wohletz & Sheridan (1976),Moore (1967)

آنها را جریان‌های مخلوط از سه فاز جامد و گاز و آب می‌دانند. این نهشته‌ها در قسمت خاوری تفتان در مسیر رودخانه سنگان به طرف چشمه آبگرم سنگان برونزد خوبی دارند. اگرچه در قسمت‌های جنوبی و شمال خاوری نیز دیده می‌شوند این نهشته‌ها با قطعه‌های ریز، در خمیره‌ای ریز دانه و خاکستر قرار گرفته‌اند. لایه‌بندی تدریجی بسیار خوبی داشته و پیروی چندانی از توپوگرافی ندارند. در بسیاری از موارد حالت تپه مانند داشته و چندین لایه روی هم قرار می‌گیرند(شکل۹- د). این نهشته‌ها به‌رخساره‌های دور آتشفشان تعلق داشته و بسیاری از قطعه‌های آنها حالت پونس دارند(Cas and Wright,1988). جنس قطعه‌ها آندزیتی، داسیتی و ریولیتی است.

– مجموعه آنکلاوها

از شاخصه‌های بسیار مهم و بارز آتشفشان تفتان حضور و فراوانی آنکلاوهاست که بیشتر سرشار از آمفیبول است. این آنکلاوها که بیشتر از فوران‌های پیشین و قدیمی‌ترآتشفشان هستند، دارای اندازه‌های متفاوت بین ۱۰ تا۵۰ سانتی‌متر و اشکال زاویه‌دار و ترکیب داسیتی وآندزیتی است. اما دسته‌ای ازآنکلاوها هستند که همخوانی چندانی با مجموعه‌های گدازه در برگیرنده‌شان ندارند. بیشتر ریزدانه تا دانه‌ای با ترکیبی گرانودیوریتی و دیوریتی است که در آنها کانی‌های بیوتیت وآمفیبول فراوان نیز دیده می‌شوند. اگر چه گاه سرشت سنگ‌های نیمه آتشفشانی را نیز نشان می‌دهند. آنکلاوهای بازی، شیلی و ماسه‌سنگی هورنفلسی شده نیز در گدازه‌ها دیده می‌شوند.

آنکلاوها در بیشتر موارد نسبت به سنگ میزبان، از کانی‌های آبدار همچون بیوتیت و آمفیبول غنی‌تر هستند. این آنکلاوها دارای ساختار دانه‌ای و حاوی کانی‌های پلاژیوکلاز، بیوتیت، آمفیبول و گاه کوارتز هستند.

– نهشته‌های توفی

این نهشته‌ها گسترش و حجم قابل ملاحظه‌ای با ستبرای متوسط ۵۰ متر دارند که از دو محل مهم آنها می‌توان توف‌های تمندان و سنگان را نام برد. این توف‌ها به رنگ‌های متنوع کرم، زرد، خاکستری و قهوه‌ای برروی داسیت‌های قدیمی جم چین و سنگان (این توف‌ها و داسیت‌ها برای نخستین بار نامگذاری شده‌اند) واقع شده‌اند. آنها دارای کانی‌های بیوتیت، آمفیبول وگاه پیروکسن و پلاژیوکلاز به شدت دگرسان شده‌اند. جالب این که در این توف‌ها دسته‌ای ازکانی‌ها از جمله پیروکسن به طور کامل سالم باقی مانده که شاید دلیل آن نوع نفوذ پذیری و دگرسانی انتخابی ناشی از ترکیب محلول‌های خاص دگرسان کننده باشد.

– نهشته‌های گوگردی

این نهشته‌ها در مصب و بستر رودخانه‌های به نسبت دائمی همچون سنگان، ترشاب، جم‌چین و بویژه در قلل اصلی مشاهده می‌شوند. این نهشته‌ها دارای رنگ‌های فسفری، زرد و گلی هستند. همچنین به خوبی درحوالی قله مادر کوه و بویژه در محل دهانه فعلی، خروج دودخان‌ها به‌خوبی حضور دارند. آنها به صورت تصعیدی تشکیل و به پیروی از جریان باد نهشته می‌شوند وگاهی در نتیجه گرمای ناشی از دودخان‌ها ذوب و شروع به حرکت کرده و روانه‌های گوگردی را در دامنهٔ اصلی تشکیل می‌دهند (شکل۲۳).

– نهشته‌های لاهار، برش و آگلومراها

این نهشته‌ها چینه‌بندی و جور شدگی ندارند. در آنها قطعه سنگ‌های زاویه‌دار با ترکیب و اندازه‌های متفاوت داسیتی وآندزیتی در خمیره‌ای از خاکسترهای آتشفشانی و رس حضور دارند. لاهارها حجم قابل ملاحظه‌ای را در میان این نهشته‌ها دارند. قطعه‌های برش‌های آتشفشانی تفتان، دارای ترکیب داسیتی،آندزیتی، ریولیتی، بازالتی و ایگنمبریتی است و دارای رنگ‌های متنوع سرخ، قهوه‌ای، خاکستری، سیاه و روشن است. این قطعه‌ها دارای بافت شیشه‌ای، متراکم و حتی گاه دانه‌ای و دارای اندازه‌های متفاوت هستند (شکل۱۰- الف). در میان قطعه‌ها می‌توان قطعه‌های حاوی بیوتیت وآمفیبول فراوان را نیز مشاهده کرد. در بسیاری از موارد این قطعه‌ها جهت

یافتگی خاصی ندارند، هر چند در مواردی جهت یافتگی نشان می‌دهند. خمیره این قطعه‌ها آتشفشانی است. آگلومراها دارای قطعه‌ها با جنس و اندازه متفاوت، ساییده و گرد شده با جورشدگی ضعیف در خمیره‌ای از رس و خاکستر هستند.

– مجموعه‌های اپی کلاستیک و آتشفشانی – آواری

نهشته‌های اپی‌کلاستیک دارای قطعه‌های زاویه‌دار تا گرد شده در زمینه‌ای رسی و مارنی است. جنس قطعه‌ها آندزیتی، داسیتی، از آمیزه رنگین، سنگ‌آهکی، شیلی و ماسه‌سنگی است. در رخساره‌های دورآتشفشانی بویژه در محل‌هایی که توسط رودخانه‌ها بریده شده‌اند، برونزد دارند. در قسمت‌های زیرین آنها شیل‌ها و مارن‌ها قرار می‌گیرند (شکل ۱۰– ب). در بسیاری از نقاط روی این مجموعه را قطعه‌های پرتابی و نهشته‌های ریزشی آتشفشانی می‌پوشانند. در اطراف گدازه‌ها می‌توان اتوکلاستیک‌های خرد شده را نیز یافت که گاهی به زیر جریان گدازه نیز کشیده شده‌اند.

۳–۳– سنگ‌های پس از فعالیت تفتان

این مجموعه‌ها بیشتر شامل دگرسانی و جابه‌جایی‌های قطعه‌های آتشفشانی بوده و در ادامه مرتبط با فعالیت‌های آتشفشانی هستند. زون‌های دگرسان شده تفتان با گسترش نسبی بسیار بالا در بیشتر واحدهای آتشفشانی به چشم می‌خورند. حجم عمده واحدهای دگرسان شده را توف‌های اسیدی تا حد واسط تشکیل داده‌اند. عامل مهم دگرسانی، محلول‌های گرمابی آتشفشان و تداوم آنها است. عمده محصولات دگرسانی، از نوع آرژیلیک است. حتی گاه فرایندهای دگرسانی در سنگ‌های زیرین شامل فلیش‌ها کشیده شده‌اند و دگرسانی از نوع کوارتز - سریسیتی وکوارتز- آرژیلی ایجاد کرده‌اند که در آنها کانی‌زایی سولفیدی به صورت پراکنده و شبکه‌ای تشکیل شده است. این پدیده با سیلیسی شدن و دگرسانی فلدسپارها و حتی کانی‌های تیره همراه بوده و دگرسانی آرژیلی با محلول‌های سطحی اکسایش سولفیدها بویژه در بخش‌های سطحی سبب تشکیل هماتیت، لیمونیت، زاج، کربنات‌ها و سولفات‌های مس، در سطوح رگه‌ها و شکاف‌های سنگ‌های در برگیرنده شده‌اند. به‌دلیل دگرسانی‌های شدید نمی‌توان زون‌بندی قابل قبولی را در مناطق دگرسان شده ارائه کرد، امّا آنچه آشکار است دگرسانی در مجموعه‌های فلیشی، اولترامافیک‌ها، توف‌ها، آذرآواری‌ها وگدازه‌ها صورت پذیرفته است. در بیشتر نقاط مجموعه‌های توفی و گدازه‌ای تحت تأثیر یک دگرسانی آرژیلی واقع وآنها را به مجموعه‌ای خرد و برشی شده حاوی رگچه‌های متعدد و متقاطع هماتیت و لیمونیت تبدیل کرده است که گاه با کانی‌سازی سولفیدی، گالن، پیریت وکالکوپیریت توام با رگه‌های سیلیس وکربنات همراه شده اند (شکل ۱۰– ج).

۴– مراحل فعالیت‌های فورانی آتشفشان تفتان

از نظر Gansser (1971) تاریخچه فوران این آتشفشان شامل پنج مرحله است. در حالی که مطالعات اخیر نشان می‌دهد که این آتشفشان دارای بیش از ۵ مرحله فوران بوده است. به نظر می‌رسد که این آتشفشان دارای دهانه‌های متعددی بوده که تعدادی از آنها پرشده و حتی از نظرها مخفی مانده‌اند. دهانه‌های انجرک، سر دریا وتمندان برای نخستین بار معرفی می‌شوند و هر یک از آنها چندین مرحله فوران داشته‌اند. مراحل فورانی از قدیم به جدید به شرح زیر می باشد:

۴–۱- مرحله خروج گدازه‌های اولیوین بازالت

این گدازه‌ها که در بیشتر مناطق تفتان بر روی مجموعه‌های فلیش و آمیزه رنگین ریخته‌اند (شکل ۸) مرتبط با فازهای کششی و گسل‌های ژرف منطقه است و در پیرامون تفتان به چشم می‌خورند، و به احتمال، پیش از شروع فوران‌های اصلی تفتان و یا مربوط به اولین فاز فورانی(؟) و یا ممکن است حتی ارتباطی با فعالیت‌های تفتان هم نداشته باشند.

۴–۲ - فعالیت از محل دهانه فعلی انجرک

این فعالیت دارای حجم عظیمی از فراورده‌های آتشفشانی- آواری بیشتر از نوع آذرآواری وگدازه‌ای با سیالیت بالا بوده به گونه‌ای که محدوده وسیعی از شمال خاوری تا باختری تفتان را پوشانده‌اند. در تمامی این محدوده جریان‌های آذرآواری توسط روانه‌های گدازه‌ای ادامه یافته‌اند، به طور معمول بر روی مجموعه‌های فلیشی و اولترامافیکی ریخته شده و به نظرمی‌رسد این مرحله فوران، قدرت و حجم انفجاری بسیار بالایی داشته است (شکل ۱۰– د).

۴–۳– فعالیت فورانی دهانه تمندان(جم چین)

این مرحله فورانی که در باختر کوه آتشفشانی تفتان برونزد خوبی را نشان می‌دهد و آشکار می‌سازد که همراه با حجم عظیمی از گدازه‌ها، آتشفشانی- آواری بویژه آذرآواری و قدرت انفجاری و فوران شدید بوده به گونه‌ای که در بسیاری از نقاط توسط مجموعه‌های ایگنمبریتی، توف‌های بلوری و روانه‌های داسیتی ادامه یافته است و در انتها با سوزن‌های داسیتی (تیپ پله) دیده می‌شوند (شکل ۱۱). این دهانه فورانی که یکی از دهانه‌های قدیمی و مهم آتشفشان تفتان به‌شمار می‌رود، در سرگذشت زمین‌شناختی آتشفشان تفتان اهمیت داشته و در منابع پیشین به آن اشاره نشده است. لازم به ذکر است که این مرحله، بیشترین حجم مواد خروجی را به همراه داشته است، به‌گونه‌ای که پرتابی‌های ناشی از این مرحله فورانی تا فاصله ۴۵ کیلومتری اطراف آن مشاهده شده‌اند. دهانه‌های انجرک و تمندان چندین مرحله فورانی داشته‌اند.

۴–۴- فعالیت فورانی کوه انار

این فعالیت در قسمت جنوب و جنوب خاوری قله فعلی، در حدود ۱۰کیلومتری آن صورت گرفته و در بردارنده حجم بسیار عظیم گدازه و حجم کمتری مواد آذرآواری بوده است. قطعه‌های پرتابی، بمب‌های آتشفشانی ناحیه ترشاب- شومده، فیروز آباد و سنگان مربوط به این فاز فورانی است. جریان‌های گدازه‌ای این فاز بیشتر ترکیب آندزیتی و داسیتی دارند. این فاز حجم کمی ایگنمبریت و جریان‌های خیزابی نیز ایجاد کرده است.

۴–۵- فعالیت فورانی پیرامون قلل اصلی

این مرحله فورانی که از دهانه‌های متعدد با فواصل ۷ تا ۱۰ کیلومتری قلل فعلی تفتان بویژه در خاورآتشفشان، حوالی چشمه آبگرم سنگان و باختر حوالی دهانه تمندان و دهانه‌های فرعی دیگر صورت گرفته است. از مهم‌ترین فازهای فورانی مرکب و متوالی بوده به گونه‌ای که حجم و گسترهٔ عظیمی از جریان‌های گدازه‌ای آندزیتی، ایگنمبریتی، آذرآواری و آتشفشانی- آواری را به طور متوالی موجب شده و در مواردی سبب پرتاب قطعه‌های مختلف بویژه بمب، لاپیلی و اسکوری شده است. احتمال دارد که اسکوری‌ها و بمب‌های پرتابی ناحیه کد سیاه تمین و سنگان مرتبط با این فاز باشند.

۴–۶- فوران مرتبط با فازهای پیشین

در انتهای مرحله پیشین، آتشفشان تفتان وارد مرحله فورانی نوینی با شدت بسیار زیاد شده که حاصل آن تشکیل جریان‌های عظیم و گسترده ایگنمبریتی و خیزابی، جریان‌های خاکستر و بلوک، جریان‌های پومیسی و ایگنمبریتی است که در بیشتر نقاط تفتان بویژه در جنوب و جنوب خاوری آن برونزد دارند.

۴-۷- فعالیت پایانی

این فعالیت که جدیدترین رخداد آتشفشان تفتان به‌شمار می‌رود، منجر به تشکیل قلل اصلی مادر کوه و نرکوه با ارتفاع تقریبی ۴۰۰۰ متر و فاصله ۲ کیلومتر از یکدیگر شده است. این فعالیت همراه با جریان‌های گدازه‌ای آندزیتی و داسیتی بوده و به مقدارکمتر قطعه‌های پرتابی شامل بمب و اسکوری‌های نوک قله، خاکسترهای مخلوط با گوگرد، ایگنمبریت، گدازه‌های اسیدی و برش‌های آتشفشانی است. قله نرکوه شاخه شمال خاوری تفتان جریان‌های گدازه‌ای آندزیتی را به‌خوبی حفظ کرده ولی هیچ گونه فعالیت دودخانی ندارد. در حالی که قله مادر کوه در جنوب باختری دارای پنج کراتر است که حفظ شده‌اند و فعالیت دودخانی شدیدی دارد و افزون بر این جریان‌های گدازه‌ای و قطعه‌های پرتابه‌ای آن به خوبی حفظ شده‌اند. در این قله یک دهانه اصلی به قطر حدود ۲ متر و چندین دهانه با قطرهای کوچک‌تر وجود دارد که در حال حاضر، همراه با خروج شدید بخارهای سولفیدی و نهشته‌های ذخایر گوگردی در قله تفتان و پیرامون آن همراه است (شکل ۱۲). آب های جوی که از قله تفتان جاری می‌شوند ضمن گذر از این نهشته‌های گوگردی اسیدی شده و در نتیجه باعث دگرسانی شدید محصولات آتشفشانی می‌شوند.

۵- نتیجه گیری

مطالعات صحرایی و سنگ‌نگاری انجام شده بر روی نمونه‌های سنگی مختلف این آتشفشان سرشت آندزیتی تا داسیتی را برای مجموعه‌های مختلف تفتان مشخص می‌کند. سنگ‌های این آتشفشان، تنوع کانیایی چندانی نداشته و حاوی پلاژیوکلاز، کوارتز، بیوتیت، هورنبلند و پیروکسن هستند. رخساره‌های سنگی این آتشفشان را می‌توان در سه گروه سنگ‌های قدیمی‌تر، سنگ‌های حاصل از فعالیت و سنگ‌های پس از فعالیت آتشفشانی تفتان رده‌بندی کرد.

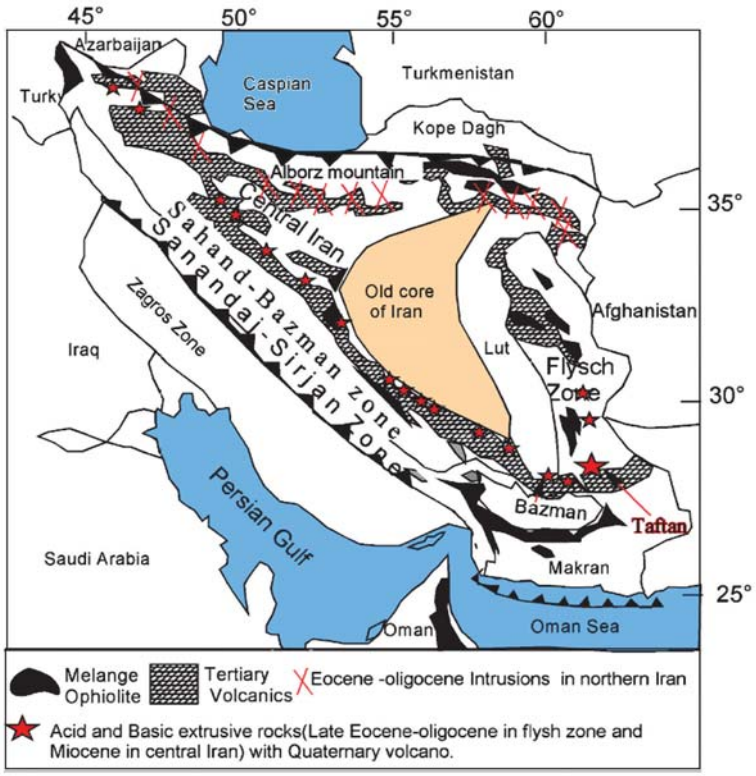
گروه نخست، پی‌سنگ آتشفشان بوده و به طور عمده از سنگ‌های رسوبی چون ماسه‌سنگ، شیل، سنگ‌آهک، گریواک و مارن، مجموعه آمیزه رنگین شامل سنگ‌های اولترامافیک (پریدوتیت‌ها)، سنگ های بازی، سنگ آهک‌های پلاژیک، رادیولاریت و به مقدار کمتر سنگ‌های دگرگونی (متاگریواک، فیلیت، اسلیت و شیست) تشکیل شده‌اند.

گروه دوم، یعنی محصولات آتشفشانی تفتان، به طور عمده سنگ‌های آذرآواری همراه با جریان‌های گدازه‌ای هستند که به طور متناوب با هم دیده می‌شوند. این سنگ‌ها را می‌توان در چندین واحد تقسیم بندی کرد.

سنگ‌های آذرآواری و جریان‌های گدازه که به طور مستقیم بر روی واحدهای گروه نخست قرارگرفته‌اند. مرز آنها با مجموعه‌های زیرین در بیشتر نقاط آشکار می‌باشد. در قاعده واحد یاد شده، رخساره‌های آذرآواری بیشتر به صورت برش، ایگنمبریت، جریان‌های پومیسی و خاکستر با ستبراهای متفاوت است. این مجموعه در بیشتر نقاط توسط واحدهای عظیم توفی به رنگ‌های مختلفی چون زرد، سرخ، کرم و روشن دنبال می‌شود(توف‌های تمندان و سنگان). حجم عمده این واحدها را توف‌های به شدت دگرسان شده اسیدی تا حد واسط با دگرسانی عمده آرژیلیکی تشکیل داده‌اند. بر روی این واحدها گدازه‌های داسیتی وآندزیتی جم چین و سنگان قرار دارند. به دنبال واحدهای اخیرسنگ‌های آذرآواری با پراکندگی و ستبراهای متفاوت از توف‌های آندزیتی، لاپیلی توف، آگلومرا، ایگنمبریت و گدازه به طور متوالی قرار می‌گیرند. شروع این واحد نیز با برش‌های آتشفشانی فراوانی بوده که نشانه انفجاری بودن فعالیت آتشفشانی است و روی آنها جریان‌های گدازه قرارگرفته‌اند. در این واحد ستیغ‌های سوزن مانند (Spines) دیده می‌شوند که به طورعمده ترکیب داسیتی دارند. جریان‌های لاهار و رسوبات اپی کلاستیک نیز به فراوانی یافت می‌شوند. روی این واحد، گدازه‌های جریانی آندزیتی به نسبت ستبری گسترده‌اند که به نظر می‌رسد از دهانه‌های متعددی بیرون ریخته‌اند و در برخی نقاط بر روی آنها به طور محلی پومیس‌های آندزیتی- داسیتی قرار گرفته‌اند. در لابه‌لای این مجموعه‌ها جریان‌های کمی از ایگنمبریت به چشم می‌خورد. جریان‌های خیزابی فراوان بویژه در خاور تفتان گسترده شده‌اند. جریان‌های گدازه‌ای آندزیتی که به طور محدود در اطراف دهانه اصلی آتشفشان دیده می‌شوند به عنوان آخرین فازهای خروجی آتشفشان تفتان هستند.

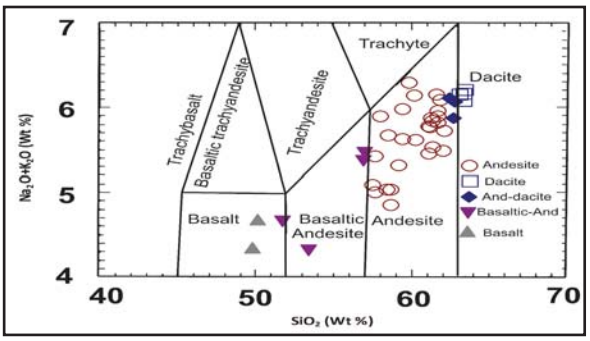
گروه سوم بیشتر شامل دگرسانی‌ها و جابه‌جایی‌های قطعه‌ها آتشفشانی است. زون‌های دگرسان شدهٔ تفتان که گسترش نسبی بسیار بالایی دارند، در بیشتر مجموعه‌های آتشفشانی دیده می‌شوند همچنین مواد اپی‌کلاستیکی در بیشتر نقاط پیرامون تفتان دیده می‌شوند.

این آتشفشان دارای چندین مرحله فوران شامل مرحله خروج گدازه‌های الیوین بازالت است که در بیشتر مناطق تفتان بر روی مجموعه‌های فلیش و افیولیتی ریخته‌اند. دومین مرحله فعالیت از محل دهانه فعلی انجرک می‌باشد که سبب تشکیل حجم عظیمی از مواد آذرآواری، وآتشفشانی- آواری و گدازه‌ای با سیالیت بالا بوده به گونه‌ای که محدوده وسیعی از شمال خاوری تا باختری تفتان را پوشانده است و در تمامی این محدوده جریان‌های آذرآواری توسط روانه‌های گدازه‌ای دنبال می‌شوند و به طور معمول برروی مجموعه‌های فلیشی و آمیزه رنگین ریخته‌اند. فعالیت فورانی دهانه تمندان (جم چین) سومین مرحله بوده که حاصل آن حجم عظیمی از گدازه‌ها و مواد آذرآواری شامل ایگنمبریت‌ها، توف‌های بلوری و همچنین روانه‌های داسیتی و آندزیتی بوده است و در انتها با سوزن‌های آتشفشا نی داسیتی نوع پله دنبال می‌شود. مرحله چهارم فعالیت فورانی کوه انار در جنوب و جنوب خاوری قله فعلی و در حدود ۱۰ کیلومتر آن انجام پذیرفته و در بردارنده حجم بسیار عظیم از گدازه و مقدار کمتر مواد آذر آواری بوده است. قطعه‌های پرتابی، بمب‌های آتشفشانی ناحیه ترشاب-شومده، فیروز آباد و سنگان مربوط به این فاز فورانی است. فعالیت فورانی پیرامون قلل اصلی در مرحله پنجم صورت گرفته و شامل فازهای فورانی مرکب و متوالی بوده است و سبب جریان‌های گدازه‌ای آندزیتی، ایگنمبریتی، آذرآواری و آتشفشانی- آواری شده است. این فوران‌ها در انتهای مرحله شدید شده و حاصل آن جریان‌های گستردهء خیزآبی، جریان‌های خاکستر و بلوک و جریان‌های پومیسی و ایگنمبریتی است که در بیشتر نقاط تفتان بویژه در جنوب و جنوب خاوری به خوبی برونزد دارند. پایانی‌ترین فعالیت‌ها که در عین حال جدیدترین رخداد آتشفشان تفتان به‌شمار می‌رود، منجر به تشکیل قلل اصلی مادرکوه و نرکوه تفتان با ارتفاع تقریبی ۴۰۰۰ متر با فاصله ۲ کیلومتر از یکدیگر شده است. در این مرحله از فعالیت اتشفشانی، جریان‌های گدازه‌های آندزیتی و داسیتی همراه با مقدار کمتر از فعالیت‌های انفجاری تظاهر یافته است که همراه با بمب و اسکوری‌های نوک قله، خاکسترهای آتشفشانی مخلوط با گوگرد، همراه با ایگنمبریت‌ها وگدازه‌های اسیدی و برش‌های نوک قله را تشکیل داده‌اند در انتهای این فاز، گنبدهای نفوذی ماگمایی با ترکیب گرانودیوریت تا دیوریتی ظاهر می‌شوند.

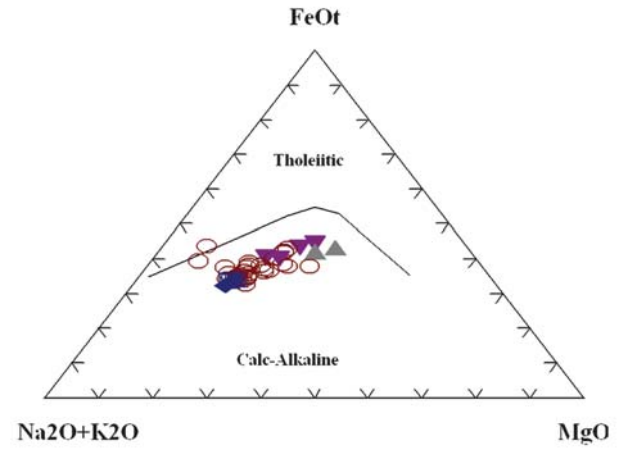


شکل۱- موقعیت زون‌های ساختاری مهم ایران همراه با گسترش توده‌های نفوذی، خروجی و موقعیت آتشفشان تفتان (اقتباس از Stocklin, 1968 و Berberian, 1982 با تغییرات).

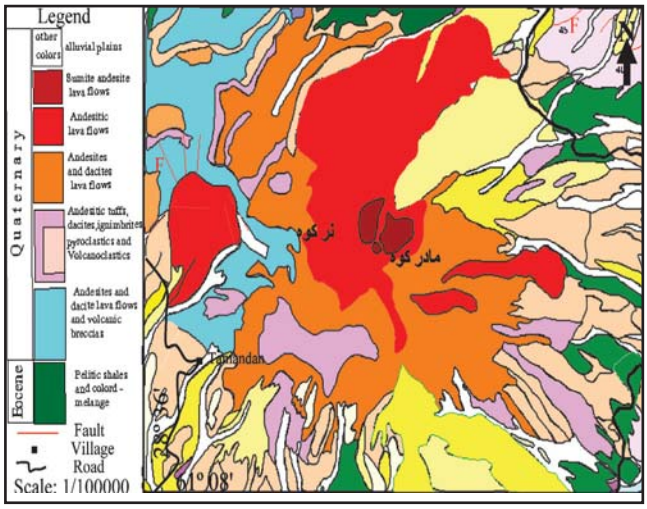
شکل۲ - دورنمایی از ریخت‌شناسی کوه آتشفشانی تفتان(مادرکوه و نرکوه).



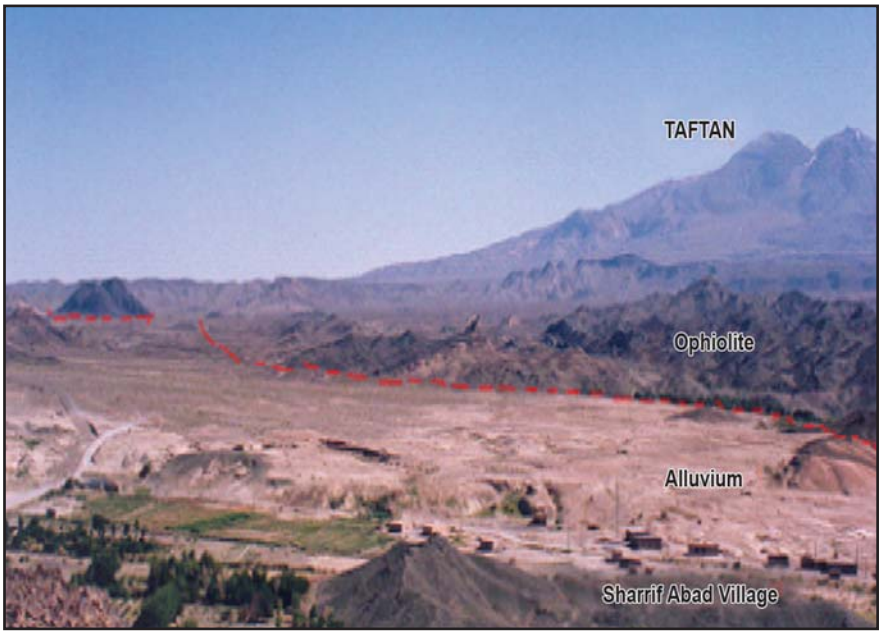
شکل۳- رسم سنگ‌های آتشفشانی تفتان در نمودارTAS (اقتباس از Le Bas et al.,1986)



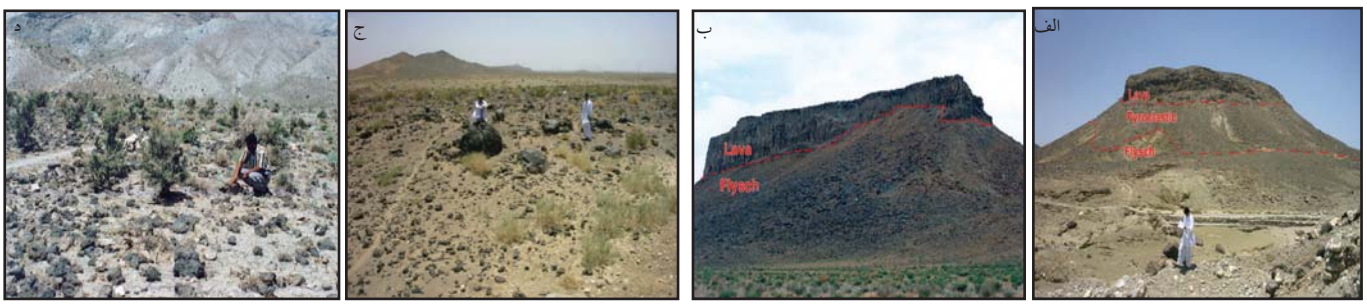
شکل۴- موقعیت سنگ‌های آتشفشانی تفتان در نمودار AFM(علایم مشابه شکل۳)



شکل۵- نقشه زمین‌شناسی آتشفشان تفتان
(اقتباس ازسازمان زمین‌شناسی کشور با تغییرات، ۱۳۸۲)



شکل۶- مجموعه‌های افیولیتی(آمیزه رنگین) موجود در قاعده کوه آتشفشانی تفتان



شکل۷- الف) مرز ته نشست‌های فلیشی در قاعده و آذرآواری‌های تفتان در بالا روستای نارون. ب) گدازه‌های بازالتی تفتان که بر روی مجموعه‌های فلیشی قرار می‌گیرند، روستای چاه سم. ج) ته نشست‌های پرتابی آتشفشانی که در بیشتر نقاط آتشفشان دیده می‌شوند باخترتفتان، مسیر اسکل آباد به نارون. د) اسکوری‌های پرتابی و جوش خورده در خاور تفتان حوالی آبگرم سنگان.

شکل۸- الف) بمب‌های پرتابی با ساختار داخلی شعاعی در ناحیه کد سیاه تمین، خاور تفتان. ب) بمب‌های پرتابی کروی با ترکیب داسیتی واقع در جنوب آتشفشان تفتان، روستای ترشاب. ج) توالی از خاکسترهای دگرسان شده همراه توف‌ها و سایر نهشته‌های آتشفشانی خاور تفتان، حوالی چشمه آبگرم سنگان. د) توالی جریان‌های گدازه‌ای و آذرآواری‌های تفتان، اطراف روستای تمندان

شکل۹- الف) ته نشست‌های آذرآواری آتشفشان تفتان اطراف روستای روپس و گزند. ب) ته نشست‌های ایگنمبریت پومیسی‌ها و توف‌ها در دره جم چین.
ج) ایگنمبریت‌های تفتان با ساختار کاملا" چین خورده و جوش خورده، دره جم چین. د) جریان‌های خیزابی همراه با ایگنمبریت و پومیس‌های خاور تفتان، منطقه سنگان

شکل ۱۰- الف) برش‌های آتشفشانی تفتان در امتداد روخانه جم چین به جان‌پناه، خاور تفتان. ب) نهشته‌های اپی کلاستیک که بر روی مارن‌ها قرار گرفته‌اند، اطراف غار پوسه. ج) توف‌های به شدت دگرسان شده و آغشته به مواد معدنی، اطراف سردریا.
د) دورنمای دهانه قدیمی انجرک

شکل ۱۱- سوزن‌های آتشفشانی نوع پله با ترکیب داسیتی در دهانه جم چین

شکل۱۲- ته نشست‌های گوگردی در دهانه فعلی (مادر کوه) ، آخرین تظاهرات فعالیت‌های آتشفشانی تفتان

کتابنگاری

امامی، م. ه، ۱۳۷۹- ماگماتیسم در ایران، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور، شماره ۱۸ .

درویش زاده ، ع. ، ۱۳۶۵- اصول آتشفشان شناسی، انتشارات دانشگاه تهران، ۸۹ صفحه.

سامانی، ب.، و اشتری، ش.، ۱۳۷۱- چرخه‌های فلززایی و مدل متالوژی ناحیه سیستان و بلوچستان. سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، علوم زمین شماره ۵، صفحات ۲۶-۳۷.

سامانی، ب.، و اشتری، ش .، ۱۳۷۹- تکوین زمین‌شناسی ناحیه سیستان و بلوچستان، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور ، علوم زمین شماره ۱۸، صفحات ۲۵- ۱۴.

شرکت مهندسین مشاور زرناب، ۱۳۸۳- مطالعات ژئوشیمیایی تفصیلی و تهیه نقشه زمین‌شناسی-آلتراسیون در خارستان (جنوب زاهدان)، ۱۷۰صفحه.

مهرپرتو، م .، و پادیار، ف.، ۱۳۸۲- شرح نقشه زمین‌شناسی ۱۰۰۰۰۰ : ۱ تفتان، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.

References

Allenbach, p., 1966- Geologie und petrologie des Damavand undseiner Umgeburg (Zentral-Elburz), Iran. Mitt.Geol.Inst.E.T.H.Zurich, N.F., 63:1-144p.

Berberian, F., Berberian, M., 1982- Late Cretaceous and early Miocene plutonic activity in northeast Makran and central Iran. J.Geol. Soci. London, V.39, 605-614 P.

Berberian, M. and king, G. C. P., 1981- Towards a paleogeography and tectonic evolution of Iran. Canadian Journal of Earth Sciences. V.18, No. 2, 210-265 P.

Cas, R.A.F. and Wright, J.V., 1988- Volcanic successions modern and ancient a geological approch to process, products and successions.Unwin Hyman Inc.524p.

Fisher, R.V., 1979- Models for pyroclastic surges and pyroclastic flows .J. Volcanol. Geothermal. Res 6, 305-18.

Gansser, A., 1971- The Taftan volcano (Southeast Iran), Eclogae, Geol, Helve. 64,319-334.

Glennie, K. W. , Boeuf, M. G. A. , Hugues Clark, M. W. M., Dystuart, M., Pilaar, W. F. H, Reinhardt, B. M., 1973- Late Cretaceous nappe in Oman mountains and their geologic education bull, AAPG. Geol . 57, 5-27 p.

Glennie, K. W., 2000- Cretaceous tectonic evolution of Arabia eastern plate margin of two oceanic, in Middle East models of Jurassic/ Cretaceous carbonates systems.414p.

Kimia ghalam, G. and Shahin, N., 1992- Report of geophysical exploration in Kharestan area. (Polymetal project) MOMM.

Le Bas, M. J., Le, Maitre, R. W., Streckeisen, Zanehin, B., 1986- A Chemical classification of volcanic rocks based on the Total alkali–silica content. J. Petrol. 27, 745-750 p.

Michard, A., Goffe, B., Saddiqui, O., Oberhansh, R., wendt, A. S., 1994- Late Cretaceous exhumation of the Oman Blueschist and Eclogite: A two stages extensional Mechanism. Terra Nova 6,404-413p.

McNutt, M. K., Diament, M. Kogan, M. G., 1988- Variations of elastic plate thickness at continental crust, J. Geophys. Res. 93, 8825-883 p.

Moore, J. G., 1967- Base surge in recent volcanic eruptions, Bull. Volcanol. 30, 337.

Nicolas, A., 1988 Structur of Ophiolites and dynamic of Oceanic lithosphere petrology and structural Geology, Kluwer, 367 P.

Shahrabi, M., 1995- Explanatory text of the Khash Quadrangle map. 1:250000 . GSI Geological Quadrangle NO. L, 12.

Stocklin,J.,1968- Structural history and tectonic of Iran, a review,American Association of petroloum Geologists bulletin,52(7),1229-1258 P.

Ravaut, P., A. L ., Yahyaey, A. Bayer, R. Lesquer, A. , 1999- Repose isostatique en Oman, C. R. Acad. Sci. Paris. 317, 463-470 p.

Sebere. D., Vallve, M, Sandvol, E, Steer, D., Barazangi, M., 1997- Middle East tectonics, applications of Geographic information systems (IGS).Gas today 7(Z):1-6p.

Sengor, A. M. C., Kidd, W. S. F., 1979- Post-Collision Tectonics of the Turkish and Iranian plateau and companions with Tibet. Tectonophys 55:3261-376

Sengor, A. M. C., 1990- A new model for the Late Paleozoic – Mesozoic tectonic evolution of Iran and implication formation from pabertson, A. H. F. SEAPLE, M. P. -RIES, A. C. (Ends). The geology and tectonics of the Oman Region. Geological society, special pub. No. 49, 797-831 p.

Waters, A. C. and Fisher, R. V., 1971- Base surge and their deposits Capelin Hos and Taal volcanoes. J. geophys. Res . 76, 5596-614.

Wohletz, K. H. and Sheridan, M. F., 1976- A model of pyroclastic surge. In Chapin and Elson. 77-94 p.

Wilson, 1980- Igneous petrogenesis, London, Unwin Hyman, 466p.

Zarcan Minerals INC., 1999, 2000- Baluchestan Exploration project on the base line data studies for selected areas of Mt.Taftan, edited by Baker. E., and Reimchen, T.H. F., Vancouver, Canada.(Geology and Ministry Organ, Zahedan).

For Persian Version see pages 63 to 72

E- mail: moghimi_ir@yahoo.com

Volcanostratighraphy and Different Stages of Explosive of Taftan Volcano

By: H. Biabangard* & A. Moradian**

* Sistan and Baluchestan University of Zahedan, Zahedan, Iran.

** Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran.

Received: 2007June 10 Accepted: 2009 January 14

Abstract

Taftan Volcano in southeast of Iran, Sistan and Baluchestan Province, is located in 45 km north of Khash city and about 100 km south to southeast of Zahedan at the terminal of Nehbandan-Khash flysch and north Makran zones. No Volcano-stratygraphic studies have been carried out around Taftan volcano. Taftan volcano can be classified into three groups from stratigraphic point of view: pre, syn and post volcanic deposits. The first group has formed the basement of Taftan and consists mostly of sandstones, shale, limestones and marl (flysch facies), colored melange complex, ultramafic rocks (preidotites), mafic rocks (gabbros and basalts), pelagic limestones, radiolarites and low metamorphic rocks, (metagreywackes, slates, phylites and schists). Second group has volcanoclastic and lava flows that form the main body of the volcano and third group includes alterations along with reworked product of Taftan. Our studies revealed that Taftan volcano has more than five eruptions stages including olivine basalte lava flows, Anjerk crater, Jamchen crater, Anar mount, principal peaks, eruption related to before and final stages of eruptions.

Key words: Taftan, Stratovolcan, pyroclastic, Anjerk crater, Jamchen crater.

For Persian Version see pages 73 to 82

E-mail: h.biabangard@yahoo.com

Geometric Analysis of the Buneh Kuh Anticline (Zagros)

By: M. Arian* & S. Keshavarzi Dana*

*Islamic Azad University, Science and Research Campus, Tehran, Iran

Received: 2007 April 16 Accepted: 2007 August 26

Abstract

The Buneh Kuh anticline (with 25 km length and 7 to 17 km width) is a NW-SE trending anticline in the Coastal Fars Sub-basin (Zagros simple folded belt). Gachsaran formation is cropping out in the core of this anticline. In this paper the elements of fold style and folding mechanism have been investigated in the Buneh Kuh anticline. It is an asymmetric detachment fold on the Hormoz Formation. Herang anticline is a NW continuation of the Buneh Kuh anticline. Sub-surface contour map on the top of the Dehram group (gas reservoir) was prepared and its western culmination (near to the DD' cross section) could be recommended for drilling.

Keywords: Buneh Kuh anticline, Zagros, Fold style, Dehram Group

For Persian Version see pages 83 to 88

E-mail: MehranArian@yahoo.com