

بررسی زمین‌شناسی گل‌فشان‌های حاشیه جنوب خاوری دریای خزر

جلال فصل بهار^{۱*}، محسن پور کرمانی^۱ و شوکا فصل بهار^۲

^۱ گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران شمال، تهران، ایران
^۲ دانشکده محیط زیست و انرژی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم تحقیقات، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۸۸/۰۳/۱۶ تاریخ پذیرش: ۱۳۸۸/۰۵/۳۱

چکیده

پدیده گل‌فشان از جمله پدیده‌های بسیار جالب و بدیع است که امروزه مورد توجه بسیاری از پژوهشگران منابع نفتی، زمین‌ساخت صفحه‌ای و زمین‌گردشگری قرار گرفته است. در این راستا، پژوهش‌های فراوانی در کشورهای مختلف، بویژه در کشورهایی که دارای این پدیده هستند؛ صورت گرفته و مقالات گوناگونی به رشته تحریر درآمده است. این مقاله، در راستای نتایج به دست آمده، در مورد روند تکاملی گل‌فشان‌های فعال و غیر فعال و دیاپیر پنهان منطقه، تهیه شده است. بر اثر فرورانش بستر دریای خزر به زیر پوسته قاره‌ای، در حاشیه جنوبی دریای خزر یک سری تاقدیس و ناودیس به وجود آمده که محور آنها در بخش باختر؛ شمال باختری - جنوب خاوری، در بخش میانی حاشیه؛ باختری - خاوری و در بخش خاور تا کشور ترکمنستان، امتداد آنها شمال خاوری - جنوب باختری می‌شود. به دلیل افزایش ستبرای سازندهای چلکن، آقچاگیل و اشکوب آپشرون و سری‌های کواترنری به سمت باختر که از آهک، مارن، رس و ماسه ریز حاوی بقایای دوکفه‌ای و شکم پایان هستند و به طور همشیب روی یکدیگر قرار گرفته‌اند، تعداد گل‌فشان‌های حاشیه باختری و جنوب باختری دریای خزر بیشتر است. در بخش جنوب خاوری حاشیه دریای خزر، سه گل‌فشان فعال و نیمه فعال و چند گل‌فشان غیر فعال و یک دیاپیر پنهان در کنار گل‌فشان قارناریق تپه وجود دارد. گل‌فشان‌های فعال؛ نیمه فعال و دیاپیر پنهان جنوب خاوری دریای خزر کم و بیش در یک راستا و به موازات گسل خزر قرار گرفته‌اند. بررسی‌های لرزه‌نگاری که در منطقه صورت گرفته، نشان می‌دهد که بر اثر نیروهای فشارشی از سمت شمال بستر دریا و فرونشینی رسوبات پلیو - کواترنر حاشیه جنوبی دریای خزر، در ژرفای پوسته قاره‌ای منطقه، دیاپیرهایی همراه با مواد هیدروکربن در حال رشد هستند که در آینده گل‌فشان‌های جدید به وجود خواهد آمد. روند تکاملی گل‌فشان‌های منطقه مورد مطالعه نشان از آن دارد که قدمت گل‌فشان‌های منطقه به پیش از پلیوسن پسین می‌رسد و بر اساس شواهد علمی خاستگاه آنها زمین‌ساختی - رسوبی است.

کلیدواژه‌ها: گل‌فشان، روند تکاملی، دیاپیر، فرورانش، دهانه (کراتر)

* نویسنده مسئول: جلال فصل بهار

E_mail: Jfaslebahar@yahoo.com

۱- مقدمه

پدیده گل‌فشان، به بیرون آمدن گل‌شل و آبکی، همراه با مواد و گازهای هیدروکربن، از مناطق کم ژرفا به سطح گفته می‌شود. گل‌فشان‌ها در مناطقی به وجود می‌آیند که فعالیت زمین‌ساختی یا فرونشینی سریع رسوبات یا فرورانش پوسته اقیانوسی به زیر پوسته قاره‌ای صورت می‌گیرد و در حوالی آتشفشان‌های قدیمی نیز دیده می‌شود. در بیشتر مناطق، پدیده گل‌فشان بر اثر درآمیختن فشارهای زمین‌ساختی، فرونشینی سریع رسوبات و فرورانش پوسته اقیانوسی به زیر پوسته قاره‌ای رخ می‌دهد (Milkov, 2003). بر اساس پژوهش‌های زمین‌شناسی و ژئوفیزیکی، پراکندگی گل‌فشان‌ها در ۲۱ حاشیه قاره ۴۱ منطقه ساحلی دنیا دیده شده است. کم و بیش در حاشیه کم‌ژرفای دریاها حدود ۱۱۰۰ و در شیب قاره و منطقه آبیسال بستر دریاها ۱۰۰۰ تا ۱۰۰۰۰ گل‌فشان پدیدار شده است (Milkov, 2003). در شکل ۱، محل مهم‌ترین گل‌فشان‌های دنیا نشان داده شده است.

گل‌فشان‌ها یکی از نشانگرهای قابل تعمق مناطق نفتی به شمار می‌آیند. سالیان دراز است که در حاشیه‌های دریای خزر با استفاده از این نشانگرها به حوضه‌های نفتی آنجا پی‌برده‌اند. به همین سبب، بررسی گل‌فشان‌ها در کشورهایی که این پدیده وجود دارد، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است.

در جنوب خاوری حاشیه دریای خزر و همچنین جنوب خاوری ایران، چند گل‌فشان وجود دارد که خاستگاه این دو گروه با یکدیگر تفاوت دارد. در این پژوهش، افزون بر بررسی زمین‌شناسی منطقه حاشیه جنوب خاوری دریای خزر، گل‌فشان‌های جنوب خاوری ایران، از نظر سنگ‌شناسی و وضعیت زمین‌ساخت به منظور مقایسه مورد توجه قرار گرفته است. در راستای مطالعه دقیق‌تر گل‌فشان‌های منطقه، نتایج پژوهشگران دانشگاه سهند که در سال ۱۳۸۵ در دشت گرگان انجام گرفته، استفاده شده است. با هدف بررسی ریخت‌شناسی گل‌فشان‌ها بازدیدهایی در دو فصل بهار و تابستان ۱۳۸۷ از گل‌فشان‌های قارناریق تپه، نفتلیجه، اینچه‌برون و چند گل‌فشان غیر فعال واقع در منطقه صوفیکم انجام

شد. بر اساس داده‌های لرزه‌نگاری، مشخص شده است که در کنار گل‌فشان قارناریق تپه، دیاپیری در حال رشد است که می‌توان دیاپیر پنهان به آن نام داد (رضواندهی و همکاران، ۱۳۸۵). احتمال دارد، این گونه دیاپیر در دیگر بخش‌های منطقه وجود داشته باشد. بر اساس بررسی‌های زمین‌شناسان پنج کشور حاشیه دریای خزر، در بخش‌های آب‌های کم ژرفای حاشیه جنوب باختری، تعداد زیادی گل‌فشان وجود دارد (Akhmedbeyli et al., 2006). با توجه به اطلاعاتی که متخصصان کشور آذربایجان از بستر جنوب باختری دریای خزر به دست آورده‌اند، می‌توان نتیجه گرفت که در بخش جنوب خاوری نیز گل‌فشان‌های فعال در ابعاد مختلف وجود داشته باشد که یکی از آنها در سال ۱۳۸۱ در ۶ کیلومتری باختر تالاب گمیشان در ژرفای ۷ متری دریا فعالیت کرده است. ارتفاع فوران گل از سطح آب حدود یک تا دو متر می‌رسیده و مواد گل ۱۰ هکتار از سطح آب منطقه را پوشانده بود (بلورچی، ۱۳۸۱).

۲- موقعیت جغرافیایی منطقه

منطقه مورد مطالعه در حاشیه جنوب خاوری دریای خزر، بین طول‌های جغرافیایی ۵۴ و ۵۵ درجه خاوری و عرض‌های ۳۷ تا ۳۸ درجه شمالی استان گلستان واقع شده است. در شکل ۲، موقعیت جغرافیایی منطقه و راه‌های اصلی منطقه قابل دسترسی به گل‌فشان‌های نشان داده شده است.

۳- زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه

در کل، واحدهای زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه از دو بخش تشکیل شده است: ۱- واحدهایی که در سطح بیرون زدگی ندارند که از پایین به بالا عبارتند از: سازند چلکن، سازند آقچاگیل و اشکوب آپشرون. سازند چلکن از رس، ماسه سنگ و کنگلومرای فسیل دار مربوط به زمانه‌های میوسن و کرتاسه به وجود آمده است (یاسینی، ۱۹۷۱). ستبرای این سازند در حاشیه دریای خزر از خاور به باختر افزایش می‌یابد.

۱۳۸۰) و آب شور موجود در لایه‌ها، افزایش می‌یابد. در نهایت، بر اثر فشار به وجود آمده ناشی از صعود هسته دیاپیرسیم، سطح شکاف برداشته و گل روان می‌شود. با خروج مواد از دهانه، به مرور مخروط گل به وجود می‌آید. گاهی همراه با گل، قطعاتی از سنگ‌ریزه‌های اطراف مجرا به بیرون رانده می‌شود.

در تشکیل دیاپیرسیم‌های منطقه که برخی از آنها در سطح با نام گل‌فشان ظاهر شده‌اند، چند عامل مؤثر بوده‌اند. ۱- فرونشینی سریع رسوبات حاشیه دریای خزر ۲- وضعیت زمین‌ساخت منطقه که از یک طرف تحت تأثیر فرورانش بستر دریا به زیرپوسته قاره‌ای است و از طرف دیگر تحت تأثیر گسل‌های موجود در منطقه قرار دارد. فرونشینی رسوبات جنوب خاوری حاشیه دریای خزر، نتیجه جنبش‌های پایانی آلبی است که در حال حاضر نیز ادامه دارد (خسروتهرانی، ۱۳۷۶).

افزایش ستبرای سازنده‌های چلکن و آقچاگیل و اشکوب آپشرون از خاور به باختر، در منطقه حاکی از این فرونشینی است. بر اساس عقیده ژئوفیزیک دانان کشور آذربایجان، فاز فشاری فرورانش بستر دریای خزر از بخش‌های شمالی آن شروع شده و سبب به وجود آمدن گسل‌های متعدد در راستای شمالی- جنوبی، شمال باختری- جنوب خاوری و در نهایت در خزر جنوبی سبب تشکیل یک سری تاقدیس و ناودیس‌های بزرگ و کوچک در ابعاد چند کیلومتر شده است که نتیجه ادامه چین‌خوردگی آلبی است. روند محور آنها در بخش جنوب باختری نزدیک آستارا و هشتیر، شمالی- جنوبی است که به تدریج به سمت جنوب و خاور، از انزلی تا بابلس روند آنها به شمال باختری- جنوب خاوری متمایل می‌شود. در محدوده بابلس تا بندر ترکمن، محور آنها خاوری- باختری است و از شمال بندر ترکمن تا مرز ترکمنستان، محور تاقدیس‌ها و ناودیس‌ها به سمت شمال خاوری- جنوب باختری متمایل می‌شوند (موسوی روح بخش، ۱۳۸۰). بر اساس بررسی‌هایی که Yakubov (1971) در مورد گل‌فشان‌های جمهوری آذربایجان انجام داده، ثابت کرده است که بیشترین ذخایر نفتی- گازی منطقه آپشرون و باکو در ۷۷ تاقدیس و با گل‌فشان‌های منطقه ارتباط بسیار نزدیکی دارند (موسوی روح بخش، ۱۳۸۰). در شکل ۴ گسل‌های موجود در پهلوی شمالی رشته کوه‌های البرز که مهم‌ترین آنها گسل خزر معرفی شده و در پی آن گسل آستارا است که در راستای شمالی- جنوبی قرار دارد. این گسل‌ها در چین‌خوردگی و فرونشینی منطقه نقش دارند.

۵- ریخت‌شناسی گل‌فشان‌های منطقه

منطقه‌ای که گل‌فشان‌ها قرار دارند، به طور کلی به صورت تپه‌ماهور است که از انباشته‌های لس و در بعضی از بخش‌ها توسط رسوبات مخروطه‌افکنه و یا رسوبات رودخانه‌های عمده استان یعنی رودخانه اترک و گرگان تشکیل شده است. در شکل ۵ موقعیت جغرافیایی گل‌فشان‌ها نشان داده شده است.

۵-۱. گل‌فشان قارنیاریق تپه

گل‌فشان قارنیاریق تپه که در ۱۵ کیلومتری شهرستان آق‌قلا با مختصات به طول جغرافیایی $54^{\circ}23'$ و عرض $37^{\circ}7'$ قرار گرفته و دو دهانه (کراتر) تو در تو دارد که قطر دهانه بیرونی کم و بیش ۱۵۰۰-۱۰۰۰ متر و ارتفاع لبه آن در حدود ۲۰ متر است (شکل ۶). دو دهانه تودرتوی این گل‌فشان نشان می‌دهد که فعالیت آن، دو مرحله داشته است. با وجود این که در منطقه مورد مطالعه سازنده‌های کرتاسه پسین وجود ندارد، ولی در بین واریزه‌های دهانه بیرونی این گل‌فشان قطعات آهکی متعلق به دوره کرتاسه پسین دیده می‌شود (موسوی روح بخش، ۱۳۸۰).

وجود این خرده‌سنگ‌ها و ریخت‌شناسی دهانه بیرونی گل‌فشان نشانگر آن است که این گل‌فشان پیش از زمان پلیوسن یک بار فعالیت داشته است.

در وسط دهانه بیرونی گل‌فشان قارنیاریق تپه با فاصله حدود ۳۰ متر از دهانه بیرونی، دهانه مرحله دوم با ارتفاع کمتر قرار دارد که ساخت رسوبات بسیار متخلخل و

سازند آقچاگیل از آهک، مارن، رس و ماسه‌سنگ خاکستری مایل به سفید تشکیل شده است. سن آن پلیوسن پسین است (موسوی روح بخش، ۱۳۷۰). اشکوب آپشرون از ماسه، مارن و لایه‌های صدف‌دار که به طور متناوب روی یکدیگر قرار گرفته‌اند. با توجه به صدف فسیل‌های موجود در آن، سن پلیستوسن پسین را دارد (پدرامی، ۱۳۷۴). همان گونه که در شکل ۱۹، کرنولوژی گل‌فشان‌ها نشان داده شده است، بیشتر فعالیت‌های دیاپیرسیم حاشیه جنوب دریای خزر، در این اشکوب شکل گرفته‌اند. ۲- واحدهای سنگ‌شناسی که در سطح بیرون‌زدگی دارند، از پایین به بالا عبارتند از: رسوبات سری‌های خزر قدیم، خزر میانی، خزر جدید و رسوبات آبرفتی. رسوبات خزر قدیم به طور متناوب از مارن‌های خاکستری مایل به سبز و خاکستری آبی رنگ و ماسه دانه‌ریز با سیمان‌شدگی ضعیف تشکیل شده است. در این سری به مقدار زیاد صدف شکم‌پایان و دوکفه‌ای وجود دارد. تمام گل‌فشان‌های مورد بررسی در این سری دیده می‌شوند. در بازدهایی که در اطراف گل‌فشان اینچ‌برون به عمل آمد، هر قدر به طرف ساحل دریا پیش می‌رویم بر میزان شورزار بودن منطقه افزوده می‌شود. به طوری که در بخش شمال خاوری گل‌فشان یاد شده، به طور کامل نمک‌زایی آشکار است. رسوبات سری خزر جدید در خاور شهرستان گنبد و حوالی گرگان بیرون‌زدگی دارد که از رس نرم و ماسه ریزدانه سیمان نشده دارای صدف فراوان تشکیل شده است. سن رسوبات سری‌های خزرین بر اساس بررسی‌های فریدی در سال ۱۳۴۳ پلیستوسن تعیین شده است (موسوی روح بخش، ۱۳۸۰).

رسوبات کواترنر در شمال خاوری منطقه از لس، رسوبات پادگانه‌ای و مخروطه‌افکنه و در شمال باختری از ماسه، رس و لس پراکنده تشکیل شده است. در حاشیه رودخانه‌های اترک و گرگان و همچنین اطراف رودخانه‌های فرعی، مانند حاجی قوشن و آق‌بند، رسوبات رودخانه‌ای دیده می‌شود. ستبرای لس در شمال خاوری بسیار زیاد و به صورت تپه‌ماهورهای مرتفع است و هر قدر به محل گل‌فشان‌ها نزدیک می‌شویم، از ستبرای ارتفاع آنها کاسته می‌شود، به طوری که در محل گل‌فشان قارنیاریق تپه، ارتفاع تپه‌ها بسیار کمتر می‌شود. عندلیبی در سال ۱۳۷۶ بررسی‌هایی که در ارتباط با لس‌های منطقه انجام داده، ستبرای لس را در نقاط مختلف منطقه تعیین کرده است.

۴- سازوکار تشکیل گل‌فشان‌های منطقه

به طور کلی پدیده دیاپیرسیم در موادی مانند شیل، نمک و انیدریت تشکیل می‌شود، زیرا دیاپیرسیم از ویژگی‌های این گونه مواد به شمار می‌آید. دیاپیرسیم بر اثر نیروی گرانیروی ناشی از اختلاف وزن مخصوص این مواد با مواد در برگیرنده و فشار ناشی از وزن لایه‌های روی آنها به وجود می‌آید.

قدمت پدیده دیاپیرسیم شیل‌های حاشیه جنوب دریای خزر را به دوره ژوراسیک تا اواخر پالئوژن نسبت می‌دهند. دلیلی که برای این موضوع می‌توان بیان کرد، داده‌هایی است که از مقاطع لرزه‌نگاری در کشور ترکمنستان به دست آمده است، این اطلاعات نشان می‌دهند، اولاً ریشه دیاپیرسیم منطقه مورد مطالعه در ژرفای ۱۰ کیلومتری و حتی بیشتر از آن بوده است. ثانیاً در حوالی قاعده مقاطع لرزه‌نگاری، لایه‌های کربناتی به سن مزوزوییک دیده می‌شود (موسوی روح بخش، ۱۳۸۰).

دیاپیرسیم در لایه‌های رس که دارای ویژگی پلاستیکی است، با افزایش ستبرای و در پی آن سنگینی رسوبات تخریبی روی آنها که سیلت و ماسه ریزدانه هستند، تشکیل و به طرف بالا صعود می‌کند. صعود هسته پلاستیکی (رس)، سبب به وجود آمدن بالاآمدگی در ناحیه می‌شود. ناحیه بالا آمده در معرض فرسایش قرار گرفته و با کاهش ارتفاع برآمدگی بر تحرک هسته و صعود آن به طرف سطح افزوده می‌شود. تحرک هسته با گازهای به وجود آمده از تجزیه مواد آلی رسوبات که به طور عمده ۸۵% تا ۹۹% آنها را گاز متان تشکیل می‌دهد (موسوی روح بخش،

صورت گرفته، در نزدیکی گل فشان قارناریق تپه دیاپیری در حال رشد است. در شکل ۱۵ دو دیاپیر M_1 و M_2 نشان داده شده است. دیاپیر M_2 همان گل فشان قارناریق تپه است که به سطح راه یافته و M_1 دیاپیر در حال رشد است. همین بررسی ها یک سری گسل های پنهان را نیز در جهات مختلف به اثبات رسانده است (رضواندهی و همکاران، ۱۳۸۵).

۶- روند تکاملی گل فشان های حاشیه جنوب خاوری دریای خزر

با توجه به سنگ شناسی رسوبات دهانه بیرونی گل فشان قارناریق تپه، از رس، ماسه و خرده سنگ های آهکی متعلق به دوره کرتاسه پسین تشکیل شده است. از نظر ساخت، سیمان شدگی ضعیف دارد و از نظر پارینه جغرافیای دیرین، گل فشان را می توان چنین تفسیر کرد که در زمان پلیوسن پسین و شاید پیش از آن گل شل و آبکی حاوی گازهای هیدروکربن که بیشترین گاز آن را گاز متان تشکیل می دهد، به صورت دیاپیر به سطح راه یافته است و شعاع دهانه آن در حدود شعاع دهانه بیرونی امروزی بوده و در حدود ۱۵۰۰-۱۰۰۰ متر برآورد می شود. در دوره کوتاه تر مرحله دوم فعالیت آن آغاز شده است.

آثار دهانه دوم به صورت تپه دیده می شود که نتیجه بیرون آمدن گل شل و آبکی است. ساخت آن همانند دهانه بیرونی است با این تفاوت که سیمان شدگی رسوبات به مراتب ضعیف تر و خلل و فرج آن بیشتر و در بعضی نقاط حفره های کوچک و بزرگ دیده می شود (شکل ۸). در شکل نمادین ۱۶ روند تکاملی گل فشان قارناریق تپه نشان داده شده است.

در مورد گل فشان نفتلیجه می توان چنین در نظر گرفت که فعالیت آن با گل بسیار شل شروع شده است و شعاع آن در محدوده رشد بوته ها و تلماسه ها بوده است (شکل ۱۲). بنا بر شواهد موجود و گفته های مردم بومی منطقه، محل خروج گل سه بار تغییر کرده است، بدین ترتیب که در گذشته ابتدا گل فشان در بخش باختر دهانه امروزی فعالیت داشته و به دلیل شل بودن گل مخروطی به وجود نیامده، پس از مدتی توقف دوباره در بخش خاور دهانه امروزی فعالیت آن شروع شده است و آب و گل خارج شده از دهانه تمام گودال های اطراف دهانه را پر کرده است. به گفته آنها ژرفای آب بخش خاوری در حدود یک متر بوده است و بالاخره با گذشت زمان از محل امروزی فعالیت آن شروع شده است و به مرور با فعالیت پیاپی، از میزان آب گل کاسته شده و به تدریج تپه وسط به وجود آمده است. شکل ۱۷ روند تکاملی گل فشان نفتلیجه را نشان می دهد. در ارتباط با گل فشان اینچه برون، با توجه به توپوگرافی منطقه ای که واقع شده است و سیال بودن گل داخل گودال می توان روند تکاملی آن را چنین تفسیر کرد: ابتدا گل شل از درزهای به وجود آمده ناشی از صعود هسته دیاپیر، در سطح، روان شده و سپس گل شل همراه با بارش های جوی دوباره به داخل درزها و دیگر منافذ رسوبات اطراف دهانه نفوذ کرده است. این فرایند سبب ریزش اطراف دهانه شده است. در شکل ۱۸ به طور نمادین روند تکاملی و وضعیت امروزی گل فشان اینچه برون نشان داده شده است. در شکل ۱۹ به طور نمادین کرنولوژی گل فشان ها نشان داده شده است (خاموشی، ۱۳۸۶).

۷- خاستگاه گل فشان های حاشیه جنوب خاوری دریای خزر

به طور کلی فرایندهای زمین ساختی (گسل و چین خوردگی) در تشکیل گل فشان ها نقش پررنگی دارند، در بعضی مناطق به طور مستقیم و در بعضی مناطق غیر مستقیم. فعالیت های ماگمایی نیز چنین حالتی دارند، به همین سبب گل فشان ها را می توان براساس فرایند اصلی و یا ترکیب دو یا چند فرایند که سبب به وجود آمدن گل فشان شده اند، رده بندی کرد. قابل یادآوری است، برخی از محققان گل فشان ها را به دو گروه سرد و گرم تقسیم کرده اند (نگارش، ۱۳۸۰).

با بهره گیری از تحقیقاتی که در ارتباط با خاستگاه و ویژگی های گل فشان های

دارای سیمان شدگی ضعیف است و سطح دهانه به صورت تپه دیده می شود (شکل ۷). در اطراف دهانه داخلی و سطح آن شیارهایی بر اثر فرسایش به وجود آمده است که داخل شیارها لایه بندی متناوب نمک، رس و سیلت دیده می شود (شکل ۸). این موضوع گویای آن است که در منطقه نمک زایی وجود دارد. در بازدیدی که در بهار ۱۳۸۷ صورت گرفت بین دو دهانه توسط آب باران پوشیده شده بود و در بخش شمال باختری آن، دو گودال که قطر هر یک در حدود ۸۰ سانتی متر بود و هر ۵ دقیقه حباب های گاز از وسط گل شل و آبکی خارج می شد (شکل ۹). در بازدید شهریور ماه ۱۳۸۷ آب دو گودال و آب بین دو دهانه (کراتر) خشک شده بود، ولی یک گودال در وسط دو دهانه وجود داشت که پیش تر به دلیل پوشش آب مشخص نبود و در حال حاضر فعالیت بسیار بطنی دارد (شکل ۱۰). گودال وسط بین دو دهانه نشان می دهد که میزان آب موجود در بازدید فصل بهار، نمی تواند فقط ناشی از بارندگی فصلی باشد، بلکه گل آب از این گودال و یا مشابه آن به آب بارش اضافه شده است.

۵-۲. گل فشان نفتلیجه

گل فشان نفتلیجه در ۱۷ کیلومتری گمیشان و در طول جغرافیایی $4^{\circ} 54'$ و عرض $08^{\circ} 37'$ قرار دارد و از نظر ریخت شناسی با گل فشان قارناریق تپه تفاوت دارد، ولی همانند آن دو دهانه دارد. دهانه دوم که در وسط قرار دارد، نسبت به دهانه اول حدود ۲ متر اختلاف ارتفاع دارد و شیب تپه گل فشان در حدود ۴۵ درجه است و محدوده دهانه اول توسط تلماسه ها و بوته ها مشخص شده است (شکل ۱۱).

گل فشان نفتلیجه نسبت به گل فشان قارناریق تپه از فعالیت بیشتری برخوردار است؛ گل فشان نفتلیجه بویژه زمانی که بارندگی صورت می گیرد، فعالیت آن بیشتر می شود. فوران گل و لای همراه با حباب های گاز قابل مشاهده است (شکل ۱۲). قطر دهانه اول گل فشان در حدود ۲۰۰ متر و قطر دهانه دوم آن در حدود ۵۰ متر است. هنگام بازدید در فصل بهار، اطراف تپه توسط گل آب سرریز شده از دهانه دوم به صورت باتلاق درآمده بود و از وسط دهانه گل به نسبت غلیظ در حال جوشش بود (شکل ۱۲). از نظر زمانی مخروط گل فشان به دو بخش تقسیم می شود، به طوری که رنگ رسوبات بخش قدیمی نسبت به بخش جدید روشن تر به نظر می رسد.

۵-۳. گل فشان اینچه برون

این گل فشان از شهر آق قلا ۱۷ کیلومتر فاصله دارد و دارای مختصات طول جغرافیایی $31^{\circ} 54'$ و عرض $12^{\circ} 37'$ است. این گل فشان کم و بیش رو به روی منطقه صوفیکم (سمت راست جاده آسفالت گمیشان- اینچه برون) و کم و بیش تا جاده آسفالت حدود ۱۰ کیلومتر فاصله دارد. از نظر ریخت شناسی به طور کامل با دو گل فشان دیگر تفاوت دارد. قطر دهانه گل فشان حدود ۳۰ متر و در گودالی به ژرفای حدود ۳ متر فعالیت دارد. فرم کلی گل فشان مخروطی شکل و شیب دیواره آن در حدود ۴۵ درجه است. هنگام بازدید در فصل بهار، اختلاف سطح گل شل و آبکی تا دهانه حدود ۵۰ سانتی متر بود که در بازدید بار دوم که در شهریور ماه صورت گرفت، اختلاف سطح در فاصله بین دو بازدید به ۲-۳ متر رسیده بود. گل آب داخل آن به طور مداوم در حال جوشش است (شکل ۱۳).

۵-۴. گل فشان های غیر فعال منطقه

در منطقه صوفیکم واقع در جاده گمیشان به اینچه برون، تعدادی گل فشان غیر فعال وجود دارد که مردم بومی نیز فعالیت آنها را در زمان های گذشته تأیید می کردند، ولی محل دقیق شان را نمی دانستند. در نقشه ۱:۲۵۰۰۰۰ گنبد، سه عدد نشان داده شده است. زمان بازدید در تابستان، به دلیل مردابی بودن منطقه تعداد و محل دقیق آنها شناسایی نشد. شکل ۱۴ مربوط به منطقه ای است که طبق مختصات نقشه پیش بینی می شود، گل فشان های غیر فعال باید در این محل باشد.

۵-۵. دیاپیر پنهان

بر اساس بررسی های لرزه نگاری که در سال ۱۳۸۵ توسط پژوهشگران دانشگاه سهند

۸- نتیجه‌گیری

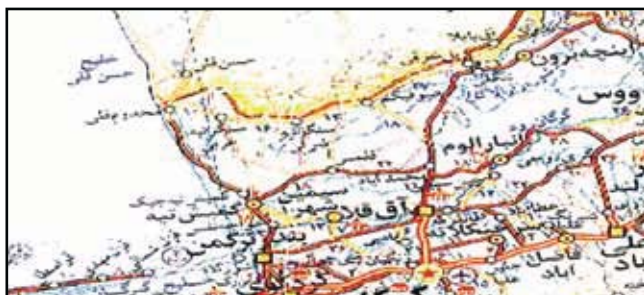
منطقه جنوب خاوری حاشیه دریای خزر با توجه به سنگ‌شناسی و زمین‌ساخت دارای منابع نفت و گاز فراوان است و تعداد دیاپیروهای پنهان آن بیش از تعدادی است که توسط لرزه‌نگاری دشت گرگان مشخص شده است. افزون بر آن، فعالیت گل‌فشان در ژرفای ۷ متری حاشیه جنوب خاوری بستر دریا (۶ کیلومتری باختری گمیشان) می‌تواند در نقاط دیگر حاشیه و در ابعاد مختلف نیز گل‌فشان وجود داشته باشد. در واقع، ریخت‌شناسی حاشیه جنوبی دریای خزر با توجه به ستبرای سازندهای آقچاگیل و چلکن و اشکوب آپشرون که از خاور به باختر افزایش می‌یابند و روند محورهای تاقدیس‌ها و ناودیس‌های به وجود آمده بر اثر فرورانش بستر، شکل بستر خزر جنوبی بر اثر این چین‌ها که محور آنها در بخش جنوب باختری نزدیک آستارا و هشتیر، شمالی-جنوبی است که به تدریج به سمت جنوب و خاور از انزلی تا بابلس روند به شمال باختر- جنوب خاور متمایل می‌شوند. در محدوده بابلس تا بندر ترکمن، محور آنها خاوری- باختری است و از شمال بندر ترکمن تا مرز ترکمنستان، محور تاقدیس‌ها به سمت شمال خاوری- جنوب باختری متمایل می‌شوند (موسوی روح بخش، ۱۳۸۰). در واقع وضعیت بستر شبیه حرف U است، منتهی در بخش باختر به دلیل ستبرای سازندهای چلکن، آقچاگیل، اشکوب آپشرون و رسوبات کواترنر تعداد گل‌فشان‌ها بیشتر است. به همین سبب پیشنهاد می‌شود، همانند بررسی لرزه‌نگاری دشت گرگان در دیگر نقاط منطقه، بررسی‌های لرزه‌نگاری انجام شود. از طرف دیگر، ابعاد آثار زیست محیطی گازهای متصاعد شده از دهانه‌های گل‌فشان‌ها که در خیلی موارد سبب آتش‌سوزی و مشکلاتی در حفاری چاه‌های اکتشافی و نیز سبب تغییر در بوم‌شناسی (اکوسیستم) محیط آبی می‌شود، مورد توجه قرار گیرد.

سپاسگزاری

در پایان از مشاوره و راهنمایی‌های آقای دکتر سید محمد موسوی روح بخش در بررسی گل‌فشان‌های منطقه تشکر می‌نمایم.



شکل ۱- پراکندگی مهم‌ترین گل‌فشان‌های دنیا (Milkov, 2003)



شکل ۲- موقعیت جغرافیایی محدوده مورد مطالعه و راه‌های اصلی قابل دسترسی به گل‌فشان‌ها (برگرفته از اطلس راه‌های کشور، مقیاس ۱:۲۲۵۰۰۰۰)

نقاط مختلف جهان انجام و به صورت مقاله منتشر شده، خاستگاه گل‌فشان‌های منطقه را با توجه به شرایط به وجود آمدن شان که پیش‌تر بدان اشاره شد، می‌توان مورد ارزیابی قرارداد. به همین سبب لازم است، ابتدا به اختصار ویژگی‌های گروه‌های شناسایی شده با بیان مثال آورده شود، سپس با تطبیق ویژگی‌های هر گروه با ویژگی‌های گل‌فشان‌های منطقه، جایگاه آنها را مشخص می‌کنیم.

۱-۷. ویژگی‌های گل‌فشان‌هایی که خاستگاه زمین‌ساختی دارند

۱) در راستای گسل‌ها و حاشیه صفحه‌های زمین‌ساخت دیده می‌شوند.
 ۲) درجه حرارت آنها کم و بیش به درجه حرارت محیط بیرون نزدیک است.
 ۳) در ترکیب شیمیایی گل، مواد نفتی وجود دارد.
 ۴) میزان غلظت گل نسبت به دیگر گروه بیشتر است.
 ۵) اغلب قدمت فعالیت آنها به دوره میوسن و پلیوسن می‌رسد.
 برای مثال می‌توان گل‌فشان‌های ترینیداد (Deville et al., 2003) و تشکیل پدیده دیاپیروسم حوضه ماکوسپانادر جنوب خلیج مکزیکورایان کرد که بر اثر کشش پس از فشارش در شیل‌های منطقه، گسلش و انباشتگی هیدروکربن به وجود آمده است (William, 2003).

۲-۷. ویژگی‌های گل‌فشان‌هایی که خاستگاه مختلط دارند

۱) درجه حرارت گل آنها بیش از ۶۰ درجه سانتی‌گراد است.
 ۲) بیشترین گاز هیدروژن سولفور است.
 ۳) میزان خروج گل به طور معمول غیر عادی است.
 ۴) به طور معمول در مناطق فرورانش به وجود می‌آیند.
 در ارتباط با این گروه از گل‌فشان‌ها باید یادآور شد که امکان دارد فعالیت زمین‌ساختی با مراحل صعود ماگما درآمیزد، ولی به طور عمده فعالیت زمین‌ساختی ناشی از مرحله گرمایی، منشأ این نوع گل‌فشان‌ها به شمار می‌آید. برای مثال می‌توان گل‌فشان ساندرروز (لوسی) در اندونزی را بیان کرد (Wikipedia, 2007).

۳-۷. ویژگی‌های گل‌فشان‌هایی که خاستگاه زمین‌ساختی - رسوبی دارند

۱) فرونشینی رسوبات در پدیده آمدن آنها نقش مهمی دارند.
 ۲) تشکیل دیاپیروسم در این گروه گل‌فشان‌ها عمومیت دارد.
 ۳) احتمال انباشت گاز پر فشار بسیار زیاد است.
 ۴) درجه حرارت گل آنها در حدود درجه حرارت محیط است.
 ۵) میزان گاز متان آنها بیش از دیگر گازها است. در این مورد می‌توان گل‌فشان‌های حاشیه جنوب دریای خزر را مثال زد (Gallagher, 2003).

۴-۷. ویژگی‌های گل‌فشان‌هایی که خاستگاه زمین‌ساختی - ماگمایی دارند

۱) درجه حرارت گل آنها بیش از ۸۸-۷۶ درجه سانتی‌گراد است.
 ۲) در ترکیب شیمیایی گل و گاز آنها گوگرد وجود دارد.
 ۳) به دلیل حرارت زیاد رقیق هستند.
 ۴) در بیشتر مواقع گاز و آب هنگام خروج به صورت ابر دیده می‌شوند.
 ۵) هنگام فعالیت به ندرت در سطح حباب گاز به وجود می‌آید. برای این گروه از گل‌فشان‌ها می‌توان گل‌فشان‌های پارک یلوستون و یا گل‌فشان وودبارد دیویل در امریکا را مثال زد (Discover Trinidad, 2007).

حال با توجه به این مطالب، جایگاه گل‌فشان‌های منطقه مورد مطالعه با در نظر گرفتن وضعیت زمین‌ساخت جنوب دریای خزر (Akhmedbeyli et al., 2006)، حالت فرونشینی رسوبات حاشیه جنوب خاوری دریای خزر (خسرو تهرانی، ۱۳۷۶)، دیاپیروسم در کنار گل‌فشان قاریناریق تپه بر اساس بررسی‌های لرزه‌نگاری (رضواندهی و همکاران، ۱۳۸۵) و میزان گاز متان که ۹۸٪ کل گازهای گل‌فشان‌های منطقه را تشکیل می‌دهد (موسوی روح بخش، ۱۳۸۰)، می‌توان جزو گل‌فشان‌هایی دانست که خاستگاه زمین‌ساختی - رسوبی دارند.



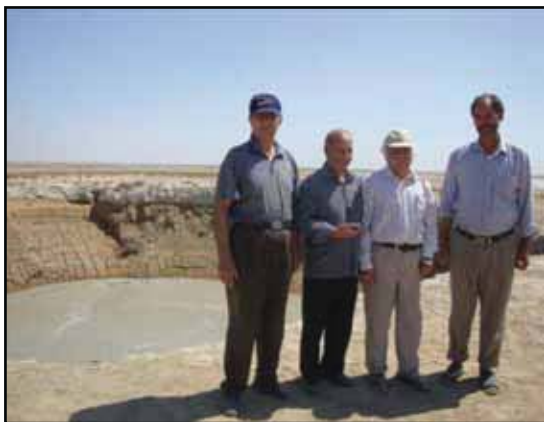
شکل ۹- دو گودال شمال خاوری بین دو دهانه در بازدید نوبت اول



شکل ۱۱- محدوده دهانه بیرونی گل‌فشان نفتلیچه



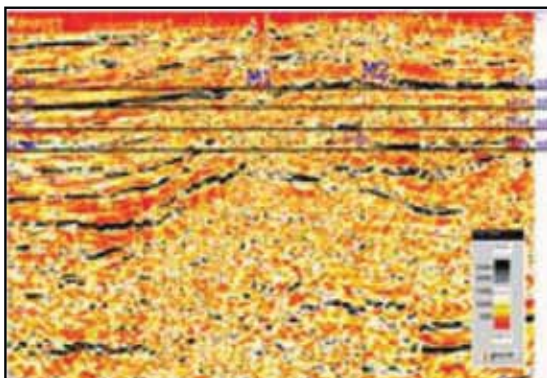
شکل ۱۰- گودال وسط بستر بین دو دهانه که به صورت بطنی فعالیت دارد



شکل ۱۳- گل‌فشان اینچه برون



شکل ۱۲- دهانه گل‌فشان نفتلیچه



شکل ۱۵- دیابیر در حال رشد M_1 در کنار دیابیر گل‌فشان فارناریق تپه که با M_2 نشان داده شده است (رضواندهی و همکاران، ۱۳۸۵).



شکل ۱۴- منطقه صوفیکم و محل تقریبی گل‌فشان‌های غیرفعال در بازدید تابستان ۱۳۸۷

- عندلیبی، ج. ۱۳۷۶- لس‌های چهارگوش گنبد، شرکت نفت خزر.
- موسسه جغرافیایی و کارتوگرافی گیتاشناسی، ۱۳۸۷- اطلس راه‌های ایران، مقیاس ۱:۲۲۵۰۰۰۰
- موسوی روح بخش، س. م.، ۱۳۸۰- گل‌فشان‌های قارنیاریق تپه و نفتلیجه، گزارش نفت خزر.
- موسوی روح بخش، س. م.، ۱۳۸۷- زمین‌شناسی دریای خزر، انتشارات سازمان زمین‌شناسی و تحقیقات معدنی کشور
- موسوی روح بخش، س. م.، ۱۳۷۰- چینه‌شناسی زیستی خزر جنوبی و دوکفه‌ای‌ها و شکم پایان آن، پایان‌نامه کارشناسی ارشد.
- موسوی روح بخش، س. م.، ۱۳۷۲- گزارش زمین‌شناسی چاه شماره ۱ خزر، انتشارات شرکت ملی نفت ایران، شماره ۳۶۷.
- نگارش، ح.، ۱۳۸۰- گل‌فشان‌ها و گستره جغرافیایی آنها در ایران، مجله ویژه نامه جغرافیا و توسعه، دانشگاه سیستان و بلوچستان
- نگارش، ح.، ۱۳۸۴- گل‌فشان بربرک و ویژگی‌های ژئومورفیک و مورفومتریک آن، مجله زمین‌شناسی کاربردی، شماره ۱.

References

- Akhmedbeyli, F. S., Berlin Yu, M., Bogdanov, N. A., Chekhovich, P. A., Gadzhiev, A. V., Gassemi, M., Guliyev, I. S., Ismalizadeh, A. J., Kengerli, T. N., Khain, V. Ye., korobanov, V. V., Koronovsky, N. V., Koslyuchenko, S. L., Levin, L. E., Mamedov, A. V., Marina, M. N., Mirzoes, D. A., Odekov, O. A., Pilifosov, V. M., Pirbudagov, V. M., Popkov, V. I., Shlygin, D. A., Volchegarsky, L. E., Votsalevsky, E. S., Zakpidov, A. U., 2006- International tectonic map of the Caspian sea Region scale 1:2500.000 explanatory Notes Moscow, seien tipic word, 104 P – 16 color page
- Berberian, M., 1983- continental deformation in the Iranian plateau (contribution) to the seism tectonics of Iran, Part IV, Geo.Sur. Vol. 18, N.2 .
- Deville, E., Battani, A., Griboulard, R., Guerlais, S., Herbin, J. P., Houzay, J. P., Muller, C. and Prinzhofer, A., 2003- The Origin and Processes of mud volcanism: new insights from Trinidad, Geo.Soc.Lon.Pub.V.216; p475.
- Discover Trinidad and Tobago, htm, 2007
- Gallagher, R., 2003- Mysterious Fascinate scientists and tourisms, Azerbaijan International, P.44-49.
- http://aapg.confex.com/aapg/s12003/techprogram/paper_80056.htm.
- Milkov, A., 2003- Global distribution of mud volcanoes and their significance as an indicator of active petroleum systems, a source of methane in the atmosphere and ocean and a geohazard, Bp .America, Houston ,TX .U .S .A
- Wikipedia the free encyclopedia.htm 2007- sidoarjo mud flow.
- William, A., Khaled, F., Wawrzyniec Tim, F., Vendeville Bruno, C. and Meneses-Rocha, J., 2003- The Macuspana Basin, Gulf of Mexico: Impact of Shale Tectonics and Late Contraction of an Extensional Basin on Hydrocarbon Accumulation,
- Yakubov, A. A., 1971 - Mud volcanoes of the Azerbaijan. Baku Academy of Sciences of the Azerbaijan SSR.
- Yassini, I., 1971- Paleontological Report of Qezel Tappeh, No.1.N.I.O.C.pub.No.216.

Geological Study of Offshore Mud Volcanoes in the Southeast Caspian Sea

J. Faslebahar^{1*}, M. Pourkermani¹ and S. Faslebahar²

¹ Department of Geology, Faculty of Sciences, Islamic Azad University, North Tehran Branch, Tehran, Iran

² Department of Environmental and Energy, Islamic Azad University, Science and Research Branch, Tehran, Iran

Received: 2009 June 06

Accepted: 2009 August 22

Abstract

Mud volcanoes are one of the interesting phenomenons that many researchers in oil field, plate tectonics and geotourism consider the most. In this regard there are many studies in the other countries, especially those which have this phenomenon and published many articles. This article is the output of researches about anatomical characteristics of active, non active mud volcanoes and hidden diapir in the study region. Due to the subduction of Caspian Sea bed under the continental crust in southeast zone of Caspian Sea, there are a series of anticlines and synclinals which located in the west section NW-SE, in the middle section W-E and east section to Turkmanestan NE-SW. Due to the increase in the west thickness of Cheleken and Aghchagyl formations, Apsheron stage and Quaternary series that are calcareous, marl, clay and sandy and consist of gastropod and lamellibranches remains overlaying on each other conformity there are more mud volcanoes in west and southwest of Caspian Sea. There are 3 active, semi-active and few non active diapirs as well as a hidden one. Mud volcanoes at the southeast, semi- active and hidden diapir section of Caspian Sea, are almost in same direction with Caspian Sea fault. The seismic studies in the region show Plio-Quaternary compressive pressures and subsidence in the form of diapir is present on the surface. Anatomy of mud volcanoes of the region shows their history goes back to upper period Pliocene and scientifically their origin are tectonic-sedimentary.

Keywords: Mud volcano, Anatomy, Diapir, Subsidence, Crater

For Persian Version see pages 75 to 82

* Corresponding author: J. Faslebahar; E_mail: Jfaslebahar@yahoo.com

Petrology and Geochemistry of Shah Ashan Dagh Mafic Rocks and A-type Granite in NE of Khoy, NW Iran

M. Advay¹, A. Jahangiri², M. Mojtahedi² & J. Ghalamghash^{3*}

¹Islamic Azad University, Ahar Branch, Ahar, Iran.

²Department of Geology, Faculty of Sciences, University of Tabriz, Tabriz, Iran.

³Geological Survey of Iran, Tehran, Iran.

Received: 2009 February 11

Accepted: 2009 August 29

Abstract

The study area as a part of Maku-Tabriz zone is located in about 20 km NE of Khoy, NW Iran. Shah Ashan Dagh granite covers about 60 km² of the area and emplaced into Permian host rocks and covered by Oligo-Miocene sedimentary rocks (Qom Formation). The Shah Ashan Dagh intrusive rocks composed of gabbro and alkali-feldspar granite. Porphyric and granophyric textures indicate shallow depth emplacement and perthitic texture shows hypersolvous nature of this body. The studied mafic rocks have high LREEs relative to HREEs and they indicate relatively enrichment of LILEs and depletion in HFSEs (exception Hf, Ta, Nb). The studied mafic rocks based on positive Nb and Ta anomalies show similarity to plum type MORB. These rocks are tholeiitic and they have mantle plum enriched source. Shah Ashan Dagh granite characterized with high-K, sub-alkaline, metaluminous to peraluminous and weakly peralkaline nature. They have high content of LILEs, especially Th and Rb, and low content of Eu, Sr, Ta, Nb, Ba, and Ti, implying the granites may have been derived from crustal melts.

Keywords: Petrology, Geochemistry, NW Iran, A-type granite, Shah Ashan Dagh.

For Persian Version see pages 83 to 90

*Corresponding author: J. Ghalamghash; E-mail: ghalamghash@gsi.org.ir