نشریه علمی- پژوهشی جغرافیا و برنامه‌ریزی (دانشگاه تبریز)، سال ۱۶، شمارهٔ ۳۷، پاییز ۱۳۹۰، صفحات ۲۰۲-۱۷۳

تاریخ دریافت: ۸۹/۶/۱۴ تاریخ پذیرش نهایی: ۸۹/۱۱/۲۵

ویژگی‌های ژئومورفولوژیکی گل‌فشان عین (Ain) و تعیین ترکیب معدنی آب و گل آن با استفاده روش‌های فیزیکی و شیمیایی

حسین نگارش[۱]؛ مصطفی فیضی[۲]؛ ابوذر طاهری[۳]؛ ماشاالله رحمانی[۴]؛ زهرا نگارش[۵]

چکیده

گِل‌فشان عین که در ۲۴ کیلومتری جنوب غربی روستای کهیر (Kahir) و در جلگه ساحلی دریای عمان قرار دارد، یکی از پدیده‌های منحصر به فرد ژئومورفولوژی در استان سیستان و بلوچستان است. این گِل‌شان برخلاف اکثر گِل‌فشان‌های استان که دارای مخروط هستند، حوضچه‌ای به شکل بیضی دارد که قطر بزرگ آن۵۲ و قطر کوچک آن۴۲ متر می‌باشد. فعالیت این گِل‌فشان به نحوی است که گاهی اوقات پس از پر شدن حوضچه از گِلاب (مخلوط آب و گِل)، مازاد آن به صورت روانه‌های گِلی از دامنهٔ جنوبی خارج شده و به دورتر از گِل‌فشان هدایت می‌شود. گل خروجی این گل‌فشان معمولاً رقیق است ولی گاهی با افزایش غلظت و تشکیل حباب همراه است. آزمایشات انجام شده نشان داد که گاز خروجی از این گل‌فشان متان می‌باشد. از آنجا که تا کنون هیچگونه مطالعه‌ای بر روی این گِل‌فشان به طور اختصاصی انجام نشده است، لذا برای رفع کمبود منابع کتابخانه‌ای، در این مقاله سعی بر این خواهد بود که بیشتر از مطالعات میدانی و آزمایشگاهی بهره گرفته شود تا علاوه بر مطالعات ژئومورفیک و مورفومتریک، نسبت به تعیین ترکیب، آب و گِل خروجی از آن اقدام گردد تا شاید بتوان از این راه بخشی از ابعاد ناشناخته این گِل‌فشان را مشخص و معرفی کرد. از این رو سه نمونه از آب و گل این گل‌فشان که در تاریخ های ۸۲/۱۱/۱۶، ۸۴/۹/۲۱ و ۸۴/۱۲/۲۶ تهیه شده بود با استفاده از روش‌های مختلف آنالیز فیزیکی و شیمیایی مثل FAAS DSC, TGA, BET, XRD, جهت تعیین ترکیب معدنی مورد آزمایش و تجزیه و تحلیل قرار گرفتند.

واژگان کلیدی: حوضچه گِل‌فشان، روانه‌های گِلی، گِلاب، ترکیب معدنی گاز، ترکیب معدنی آب و گِل، ژئومورفیک، مورفومتریک.

۱ـ دانشیار دانشکده جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی دانشگاه سیستان و بلوچستان. Email:h_negaresh@yahoo.com.
۲ـ دانشجوی دکتری شیمی فیزیک دانشکده علوم دانشگاه سیستان و بلوچستان.
۳ـ دانشجوی دکتری شیمی دانشکده علوم دانشگاه سیستان و بلوچستان.
۴ـ دانشجوی دکتری شیمی دانشکده علوم دانشگاه سیستان و بلوچستان.
۵ـ دانشجوی کارشناسی ارشد شیمی فیزیک دانشگاه پیام نور اردکان.

مقدمه

یکی از اهداف اصلی و مهم متخصصان علوم زمین، تفسیر شواهد و پدیده‌های سطح زمین برای تشخیص حوادث و فرایندهای درونی آن است، و از آن‌جا که گِل‌فشان‌ها از اعماق زمین سرچشمه می‌گیرند، پیام‌آور خوبی از وضعیت درونی زمین هستند. گِل‌فشان‌ها از اشکال ژئومورفولوژیک بسیار جالب و منحصر به فرد در ساختمان ناهمواری‌های ایران هستند و در واقع به صورت پدیده‌ای طبیعی و همانند آتشفشان که اکثراً به شکل مخروط بوده ولی به جای گدازه از دهانه آنها آب و گِل همراه با گاز خارج می‌شود، خودنمایی می‌کنند (زمردیان، ۱۳۸۱: ۱۸۰). شاید بتوان گفت تنها ویژگی که گل‌فشان‌ها را به آتشفشان‌ها مرتبط می‌سازد مورفولوژی سطحی و شیوهٔ فعالیت آنها است (Lyobomir and Dimitrov، ۲۰۰۲). گر چه گاهی اوقات گل‌فشان‌ها فوران‌های شدیدی دارند و گل خروجی آنها چندین متر به هوا پرتاب می‌شود و گاز خروجی آنها گاه آتش می‌گیرد، اما گل فشان‌ها در اغلب اوقات عمر خود آرام هستند (Barber et al، ۱۹۸۶: ۱۷۳۰). گل خروجی معمولاً از دودکش اصلی و مرکزی خارج می شود و گل‌های خارج شده در مراحل فعالیت (قدیم و جدید) به صورت لایه‌های مختلف پوست پیازی همدیگر را می‌پوشانند.

گل‌فشان‌ها عمدتاً اطلاعات مهمی از وضعیت رسوبات و شرایط درون زمین در خود نهفته دارند (Yusifov, and Rabinowitz، ۲۰۰۴: ۹۶۵). بیش از ۵۰ درصد از مجموع گل‌فشان‌های جهان در امتداد کمربند فعال آلپ–هیمالایا قرار دارند (Lyobomir and Dimitrov، ۲۰۰۲: ۷۵). منطقه باکو در سواحل دریای خزر (شرق جمهوری آذربایجان) به عنوان یکی از فعال-ترین مناطق گل‌فشان موجود بر روی خشکی‌ها با بیشترین تعداد گل‌فشان در دنیا شناخته می‌شود و بزرگ‌ترین و بهترین گل‌فشان‌های مخروطی شکل جهان در خود جای داده است.

این گل‌فشان‌ها از منطقه مدیترانه (Limonov et al، ۱۹۹۶: ۱۱) و منطقه مجاور سیسیل، آلبانی، شمال وجنوب و مرکز ایتالیا (Martinelli، ۱۹۹۸: ۴۱) عبور نموده و از طریق منطقه شرق کارپاتین در رمانی، کرچ و شبه‌جزیره تامان (Gubkin and Feodorov، ۱۹۴۰: ۳۳؛ Arhangelski، ۱۹۳۲: ۲۷۱) و قفقاز بزرگ (Gubkin and Feodorov،

۱۹۴۰:۴۰) درون دریای سیاه (Ivanov et al، ۱۹۹۶) به کمربند جنوب یعنی جنوب دریای خزر (آذربایجان و ترکمنستان) (Guliyiev and Feizullayev ، ۱۹۹۷: ۱۰؛ Jakubov et al، ۱۹۷۱: ۲۱) حوضه جنوبی دریای خزر (Ginsburg and Soloviev، ۱۹۹۴) و دشت گرگان ایران رسیده و با عبور از سواحل مکران در ایران و پاکستان به جنوب هیمالایا (چین و هند) (Higgins and Saunders، ۱۹۷۳: ۱۴۶) و بالاخره در برمه خاتمه می‌یابد.

تمام گل‌فشان‌های ایران در ادامه کمربند فعال آلپ ـ هیمالایا و اکثر در نوار ساحلی دریای عمان و یا در کناره ساحل شرقی دریای خزر قرار دارند و گل‌فشان عین هم یکی از مهم‌ترین آنها است در جلگه ساحلی دریای عمان واقع شده است.

دو ویژگی مهم و اساسی در گِل فشان‌های استان سیستان و بلوچستان به چشم می‌خورد. نخست واقع شدن آنها در جلگه ساحلی و نزدیکی به دریای عمان است (البته گِل‌فشان پیر گِل که بین خاش و بزمان قرار دارد، از این قاعده مستثنی است که در شکل ۲ هم نشان داده شده است)، و دوم سرد و تکتونیکی بودن آنها است، بدین معنی که عمل سابداکشن در به وجود آمدن آنها نقش اصلی را بر عهده داشته و آتشفشان‌ها در ایجاد آنها دخالتی نداشته‌اند و به همین دلیل بر این باوریم که در ایران اصلاً گل‌فشان گرم وجود ندارد.

این‌گل‌فشان که اولین بار در ساعت ۱۰/۵ صبح روز شنبه ۷۵/۱۲/۱۸ و همچنین در تاریخ‌های ۸۲/۱۱/۱۶، ۸۴/۹/۲۱ و ۸۴/۱۲/۲۶ مورد بازدید علمی قرار گرفته است، حدود ۸۰ متر از سطح دریا ارتفاع دارد و مخروطی به اندازهٔ یک متر از سطح زمین برای خود تشکیل داده است. فوران گل‌های شل و آبکی به صورت دایم و پشت سر هم صورت می‌گیرد و هیچگاه جوشش گل توقف ندارد و فوران گل در نقاط مختلف دهانه اصلی به چشم می‌خورد. مواد خروجی که به صورت جریان‌های گلی از دهانه خارج شده‌اند، بیشتر به سمت دامنه شمالی دهانه اصلی روان گردیده‌اند و فعالیت‌های گذشته این گل‌فشان حوضچه‌ای را به قطر حدود ۵۲ متر در اطراف دهانه اصلی ایجاد کرده است. این گل‌فشان در زمین نسبتاً صاف و مسطحی قرار گرفته و ارتفاعات تپه ماهوری از جنس مارن اطراف

آن را محصور کرده‌اند. آب موجود در دهانه بسیار شور است به طوری که زمین‌های اطراف و حتی دامنه مخروط اصلی گل‌فشان را به شوره‌زار تبدیل نموده که شباهت زیادی به زمین‌های پف کرده کویر دارد. به نظر می‌رسد که منشا آب این گل‌فشان، آب شور دریا و همچنین آب‌های شور محبوس در لایه‌های اعماق زمین باشد. مورفولوژی اطراف گل‌فشان خیلی حالت بدلندی ندارد ولی توسط فرسایش آب‌های جاری مخروط اصلی کمی بریده بریده شده‌است. گل‌های خروجی که از دهانه اصلی خارج می‌شوند، بوی لجن می‌دهند و بومیان محل اعتقاد دارند که آب و گل جمع شده در دهانهٔ گل‌فشان خاصیت درمانی دارد و حتی آن را شفابخش نیز می‌دانند.

تاکنون مطالعات زیادی در سطح جهان پیرامون گل‌فشان‌ها صورت گرفته که بیشتر به منشأ، مکانیسم تشکیل، فعالیت‌های دیرینه... آنها پرداخته شده است (Milkov ،۲۰۰۲: ۳۲؛ Kopf، ۱۹۷۱: ۲؛ Jakubov, Alizade, & Zeynalov، ۱۹۹۵: ۱۰؛ Guliyev & Feizullayev، ۱۹۹۰: ۶؛ Brown، ۲۰۰۰: ۶۲۰) برخی از مهم‌ترین مطالعات گل‌فشان‌ها بر اساس اهمیت و موقعیت جغرافیایی را می‌توان در موارد زیر خلاصه نمود:

مجموعه در حال تکامل حاشیه جنوبی پاکستان (Von Rad et al، ۲۰۰۰: ۱۰) کناره‌های کاسکادین و منطقه فرورانش آلئوشین (Suess et al، ۱۹۹۸: ۲۵۹۷)، فوراک کاستاریکا (Schmidt et al، ۲۰۰۵: ۸۳)، دریای اختسک (Obzhirov et al، ۲۰۰۴؛ Shakirov et al، ۲۰۰۴؛ Gaedicke et al، ۱۹۹۷: ۲۵۹)، کناره‌های غیرفعالی نظیر خلیج مکزیک که میزان رسوب‌گذاری زیادی در آنجا صورت می‌گیرد (Sassen et al، ۱۹۹۹: ۴۸۵)، دلتای نیجر (Hovland et al، ۱۹۹۷؛ Mastalerz et al، ۲۰۰۷: ۸۷)، حوضه رود ال (Burger et al، ۲۰۰۱: ۱۷۷)، در مدیترانه شرقی که ساختار خروجی گل‌فشان‌ها ناشی از برخورد صفحات زمین ساختی آفریقا و اورآسیا است (Kopf and Behrmann، ۲۰۰۰؛ Cita et al، ۱۹۹۶؛ Camerlenghi et al، ۱۹۹۵: ۱۱۵) اشاره نمود. هم چنین اخیراً ثابت شده است که در منطقه آناکسیماندر (Zitter ، ۲۰۰۴؛ Woodside et al، ۱۹۹۸: ۱۹۰) واقع در دلتای نیل در آب‌های عمیق نیز گل‌فشان‌هایی وجود دارد (Loncke et al، ۲۰۰۴؛ Loncke، ۲۰۰۲؛ Mascle et al، ۲۰۰۱: ۴۷۱). برخی مطالعات بر گل‌فشان‌هایی با منشأ آذرین تأکید دارند:

در یلواستون (Sheppard et al، ۱۹۹۲: ۸۰)، کالیفرنیا و نوادا (White، ۱۹۵۵)، ایتالیا (Chiodini et al، ۱۹۹۶) و برخی نیز بر گل‌فشان‌هایی با منشاء تجزیه هیدروکربن پرداخته‌اند که آن جمله می‌توان به آمریکای مرکزی و جنوبی (Aslan et al، ۲۰۰۱؛ Humphrey ، ۱۹۶۳؛ Arnold & Macready، ۱۹۵۶: ۲۷۴۸)، جمهوری آذربایجان (Yusifov et al، ۲۰۰۴؛ Hovland et al ، : ۲۴۵۱۹۹۷)، نیوزلند (Ridd، ۱۹۷۰)، آلاسکا (Patrick et al، ۲۰۰۴) و بالاخره ژاپن (Tanaka and Chigira، ۱۹۹۷: ۷۸۱) اشاره نمود.

سابقهٔ مطالعهٔ گل‌فشان‌ها در ایران و بخصوص در منطقه مورد مطالعه زیاد نیست و حداکثر از نیم قرن تجاوز نمی‌کند. به طور کلی مطالعه گل‌فشان‌ها بیشتر به مطالعات زمین‌شناسی جهت تهیهٔ نقشه و اکتشاف نفت توسط افراد خارجی برمی‌گردد که برای شرکت ملی نفت ایران کار می‌کردند. برخی از این افراد صریحاً به وجود گل‌فشان‌ها در منطقه اشاره کرده‌اند و مطالعات مختصری هم روی آنها داشته‌اند و بعضی دیگر هم چون مطالعه گل‌فشان‌ها در محدودهٔ کار و جزو اهداف اصلی تحقیق آنها نبوده است، به وجود گل‌فشان‌ها اشاره مستقیم نکرده‌اند. از جمله افرادی که وجود گل‌فشان‌ها را مورد تأیید قرار داده و آنها را به‌طور مختصر مطالعه‌کرده‌اند، می‌توان به استین (در سال‌های ۱۹۳۴ و ۱۹۳۷)، گانسر و همکاران (در سال ۱۹۵۲)، شرکت آجیپ در سال ۱۹۶۳ (مربوط به شرکت ملی نفت ایران) و رودمن‌اسنید (در سال‌های ۱۹۶۴، ۱۹۶۸ و ۱۹۷۰)، اشتوکلین (۱۹۶۸)، لیتل (۱۹۷۰)، فالکن (۱۹۷۴)، شرمن (۱۹۷۶)، ویتافینزی (۱۹۷۹)، ... اشاره نمود.

در ایران نیز بعضی محققین بر روی گل‌فشان‌های جنوب شرقی ایران به صورت مستقیم و غیرمستقیم مطالعاتی داشته‌اند که از آن جمله می‌توان قرشی (۱۳۶۳)، پورکرمانی و زمردیان (۱۳۶۶)، صمدیان (۱۳۶۶)، فریفته (۱۳۶۷)، نگارش (۱۳۷۶)، ... را نام برد. ولی لازم به ذکر است که بغیر از نگارنده هیچ فرد ایرانی و یا خارجی تا کنون گل‌فشان‌های ایران را به طور مستقیم و صرفاً بدین منظور مطالعه نکرده است و نگارنده افتخار دارد که تاکنون چندین مقاله پژوهشی در رابطه با گل‌فشان‌های سیستان و بلوچستان تهیه نموده و در این مقاله نیز گل‌فشان عین برای اولین بار در حد امکانات موجود مورد مطالعه قرار

می‌گیرد و امید است دیگران این کار را با همت و پشتکار ادامه داده تا مطالعات بیشتر و کامل‌تری بر روی گل‌فشان‌های ایران صورت گیرد.

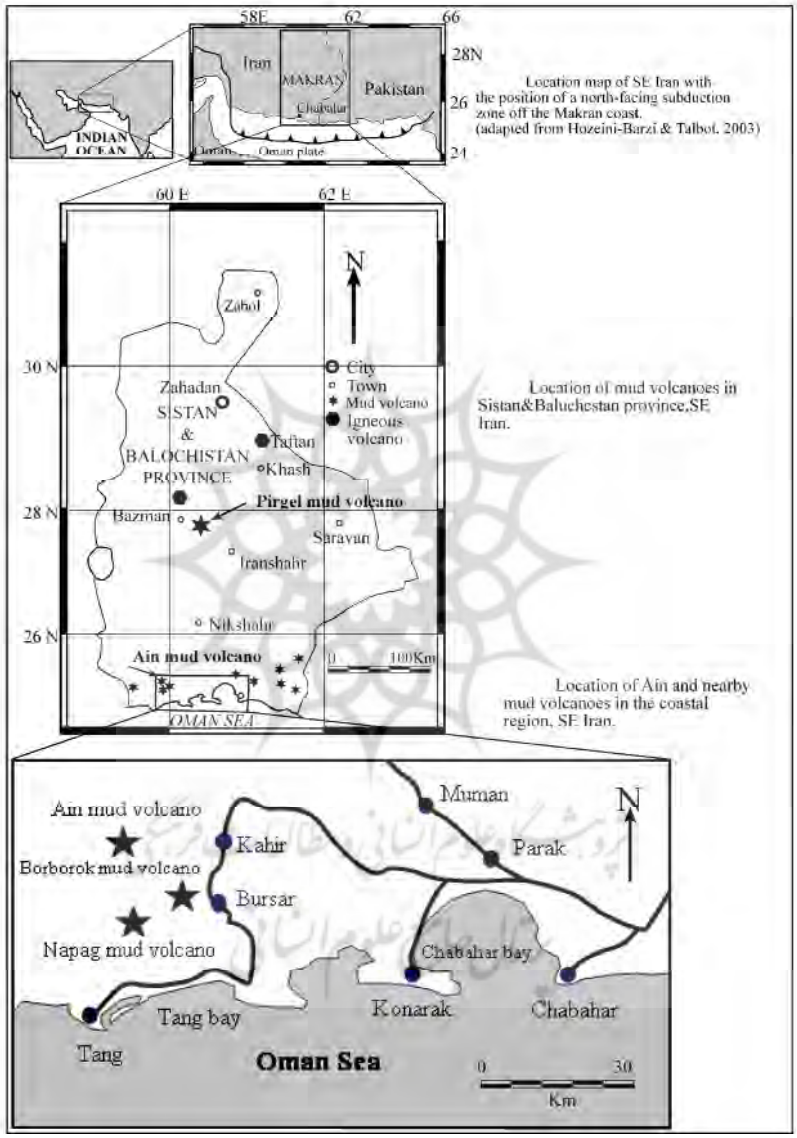
گِل‌فشان‌ها علی‌رغم شباهت ظاهری که با هم دارند، گاهی تفاوت‌های اساسی نیز در آنها مشاهده می‌شود، که ترکیب گاز، آب وگِل خروجی از آنها از آن جمله است. لذا با توجه به این که گاز برخی از گِل‌فشان‌های استان متان (مثل گِل‌فشان ناپگ Napag) و برخی هم مثل گِل‌فشان پیرگِل (Pirgel) گازکربنیک از آن خارج می‌شود، و یا آب خروجی از برخی گِل‌فشان‌ها مثل گِل‌فشان پیرگِل فوق‌العاده شور است و بعضی هم دارای آب معمولی هستند، ...از این رو تصمیم گرفته شد که علاوه بر مطالعات ژئومورفیک و مورفومتریک این گِل‌فشان به طور اختصاصی و ویژه، با نمونه‌گیری‌های گوناگون ترکیب معدنی گِل و آب آن نیز تعیین و با سایر گِل‌فشان‌های استان مقایسه شود.

از آنجا که این گونه مطالعات برای اولین بار بر روی گِل‌فشان عین انجام می‌شود و تاکنون ویژگی‌های مورفولوژیک آن نیز با سایر گِل‌فشان‌ها مقایسه نگردیده است، به همین لحاظ مطالعه و بررسی آن اهمیت فراوانی دارد.

موقعیت منطقهٔ مورد مطالعه

این گِل‌فشان در جنوب استان سیستان و بلوچستان و در جلگه ساحلی دریای عمان قرار دارد و موقعیت جغرافیایی آن ″۲۰ ′۳۴ °۲۵ عرض شمالی و ″۱۲ ′۵۵ °۵۹ طول شرقی است (این مختصات توسط دستگاه GPS در تاریخ ۸۲/۱۱/۱۶ تعیین گردید).

گِل‌فشان مذکور در ۷ کیلومتری شمال غربی روستای (Taran) و همچنین شمال غربی گِل‌فشان ناپگ و حدود ۹ کیلومتری جاده آسفالته کهیر – زرآباد واقع شده، و تا روستای کهیر ۲۴ کیلومتر، تا گِل‌فشان ناپگ از طریق جاده خاکی ۱۹ کیلومتر، و تا گِل فشان بُربُرُک (Borborok) ۱۴ کیلومترفاصله دارد (البته فاصله مستقیم هوایی گِل‌فشان عین تا گِل‌فشان ناپگ ۱۱ کیلومتر و تا گِل‌فشان بُربُرُک ۱۰کیلومتر است) (شکل ۱).



شکل (۱) موقعیت مکانی گِل‌فشان عین و گِل‌فشان‌های پیرامون آن در جلگه ساحلی دریای عمان
(Negaresh، ۲۰۰۸: ۷)

مواد و روش‌ها

اصولاً تحقیقات جغرافیایی و بویژه تحقیقات ژئومورفولوژی به دو صورت انجام می‌گیرد. نخست جمع‌آوری اطلاعات و سابقه کارهای انجام شده از طریق کارهای کتابخانه‌ای و دوم مشاهده منطقه به صورت مستقیم (رفتن روی زمین و انجام کارهای میدانی) و غیرمستقیم (مطالعه عکس‌های هوایی و تصاویر ماهواره‌ای و نقشه‌های مربوطه). ولی از آنجا که منابع کتابخانه‌ای در مورد این گل‌فشان بسیار کم و ناچیز بود، بنابراین قسمت اعظم کار به صورت مشاهده مستقیم و رفتن به منطقه انجام شد و مطالب نوشه شده اکثراً حاصل کار میدانی و مشاهدات مستقیم نگارنده است. تهیه عکس از قسمت‌های مهم گل‌فشان به‌عنوان یک مدرک و سند علمی‌گویا همواره در این تحقیق مد نظر بوده است و تا حدی که بر شلوغی کار نیفزاید، به آن عمل‌کردیم.

در هر نوبت بازدید ازگل‌فشان سعی داشتیم که شکل، ابعاد، ارتفاع، نحوه گسترش، فعال یا غیرفعال بودن، کیفیت فعالیت، موقعیت جغرافیایی، شیب دامنه‌ها، فعالیت‌های‌گذشته، نحوهٔ خروج گاز ..... آن را بررسی و مطالعه کنیم و حتی‌المقدور مقایسه‌ای بین این گل‌فشان با گل‌فشان‌های مجاور داشته‌باشیم و از قسمت‌های مهم هر گل‌فشان عکس‌هایی به‌عنوان یک سند علمی تهیه کنیم.

همانطور که اشاره شد، منابع کتابخانه‌ای در مورد گِل‌فشان‌های ایران بسیار کم و اندک است ودر مورد این گِل‌فشان نیز وضعیت بدتر می‌باشد و هیچگونه منبعی وجود ندارد. از این رو با چندین بار رفتن به منطقه و انجام تحقیقات میدانی، ابتداتوسط دستگاه GPS موقعیت جغرافیایی آن تعیین و سپس مطالعات ژئومورفیک و مورفومتریک آن در منطقه صورت گرفت و بعد از گاز، آب و گِل خروجی از گِل‌فشان نمونه‌برداری و به آزمایشگاه شیمی منتقل گردید و در پایان آزمایشات لازم برای تعیین ترکیب معدنی نمونه‌های برداشت شده در آزمایشگاه شیمی دانشگاه سیستان و بلوچستان انجام شد. بنابراین روش تحقیق این مقاله ترکیبی از تحقیقات میدانی و آزمایشگاهی است.

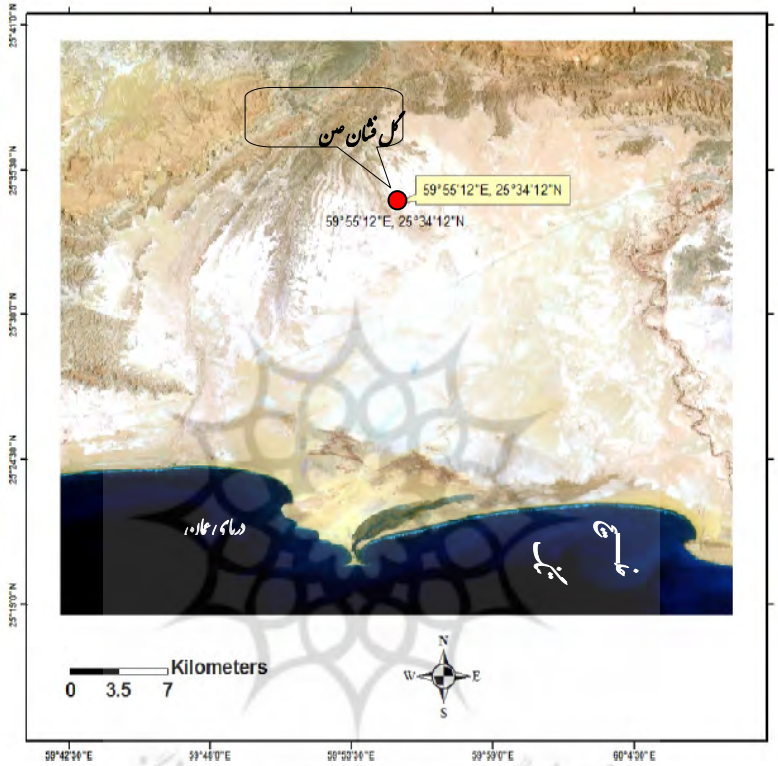
نتایج و یافته‌های تحقیق

«عین» یک واژه عربی است که در فارسی به معنای «چشم و چشمه» می‌باشد؛ و از آنجا که شکل ظاهری این گِل‌فشان به خاطر داشتن حوضچه شباهت زیادی به «حدقه یا کاسه چشم» دارد، و از طرفی دیگر چون آب و گِل از آن می‌جوشد و به یک چشمه شبیه است، از این رو مردم بومی محل نام آن را «عین» گذاشته‌اندکه با توجه به شکل و وضعیت ظاهری آن، اسم با مسمایی است.

بـه طور کلی جلگه ساحـلی دریای عمان از تنـگه هـرمز تا خلیج گُواتر از وضعیت زمین‌شناسی و ژئومورفولوژی یکسانی برخوردار بوده و تفاوت‌های موردی و مکانی در آن بسیار کم است. جنس اکثر رسوبات منطقه رس و مارن است و قسمت فوقانی آنها با یک لایه نازک ماسه سنگ یا کنگلومرا پوشانده شده است.

از لحاظ ژئومورفولوژی، این گِل‌فشان در بخشی از جلگه صاف و مسطح ساحلی دریای عمان قرار دارد و ارتفاعات کوچک و تپه ماهوری اطراف آن را احاطه کرده‌اند. دامنه‌های گِل فشان به علت شوری زیاد آب و گِل خروجی به صورت زمین‌های پُف کرده کویری به نظر می‌رسند و مورفولوژی خاصی به آن داده‌اند (شکل ۲).

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی



شکل (۲) موقعیت قرار گیری گِل‌فشان عین و ژئومورفولوژی پیرامون آن

مکانیسم تشکیل این گِل‌فشان بدین صورت است که گاز موجود در گِل‌فشان که در اعماق زمین تشکیل شده، در حین بالا آمدن از لایه‌های اشباع از آب و گِل عبور می‌کند و آنها را با خود به سطح زمین می‌آورد. این مکانیسم بیشتر به نوع گِل‌فشان که تکتوتیکی باشد یا از عوارض بعدی آتشفشان‌ها، بستگی دارد و شیوهٔ خروج گِل، شکل و مورفولوژی آن را می‌سازد. جایگاه حرکت گاز و گِلاب می‌تواند از عمق ۲ تا ۱۲ کیلومتری به سطح زمین باشد (نگارش، ۱۳۸۳: ۵)،که اگر گِل خروجی غلیظ باشد به تدریج مخروط مرتفعی را برای

گِل‌فشان تشکیل خواهد داد و گرنه گِل‌های رقیق پیرامون گِل‌فشان پهن شده و تودهٔ بی‌شکلی را به وجود می‌آورند وگِل‌فشان فاقد مخروط مشخص و تیپیک خواهد بود.

شیوهٔ فعالیت و نحوهٔ خروج گِل از این گِل‌فشان کلاً با سایر گِل‌فشان‌های استان متفاوت است، زیرا این گِل‌فشان تقریباً فاقد مخروط است و دارای حوضچه‌ای مملو از آب وگِل می‌باشد؛ بنابراین بر خلاف سایر گِل‌فشان‌ها که روانه‌های گِلی از دهانه آنها خارج شده و از روی دامنه به پایین سرازیر می‌شوند، در این گِل‌فشان خروج آب و گِل به شیوه‌ای مخصوص صورت می‌گیرد؛ بدین نحو که حوضچه همیشه پر از آب و گِل است و بر اثر فعالیت گِل‌فشان که به طور متوسط هر ۵ تا ۲۰ ثانیه یک بار انجام می‌شود، مقداری آب و گِل به صورت جوشان از گوشهٔ شمال غربی و غرب آن فوران می‌کند و مواد خارج شده در داخل حوضچه پخش و پراکنده می‌شوند وجوشش گِل کمتر موقعی قطع می‌شود و فوران به طور دائم و پشت سر هم ادامه دارد (شکل ۳).

(۳) شیوهٔ فعالیت و نحوهٔ خروج گِل از دهانه‌های کوچک واقع در شمال غربی حوضچه گِل‌فشان

این گِل‌فشان دهانه واحدی برای خروج گِل ندارد و دائماً مکان خروج آب و گِل در داخل حوضچه تغییر مکان داده و جابجا می‌شود. گِل فشان مذکور حباب‌های کوچکی دارد و به هیچ وجه با گِل‌فشان ناپگ که در مجاورت آن قرار دارد و حباب‌های بسیار بزرگی در آن تشکیل می‌شود، قابل مقایسه نیست.

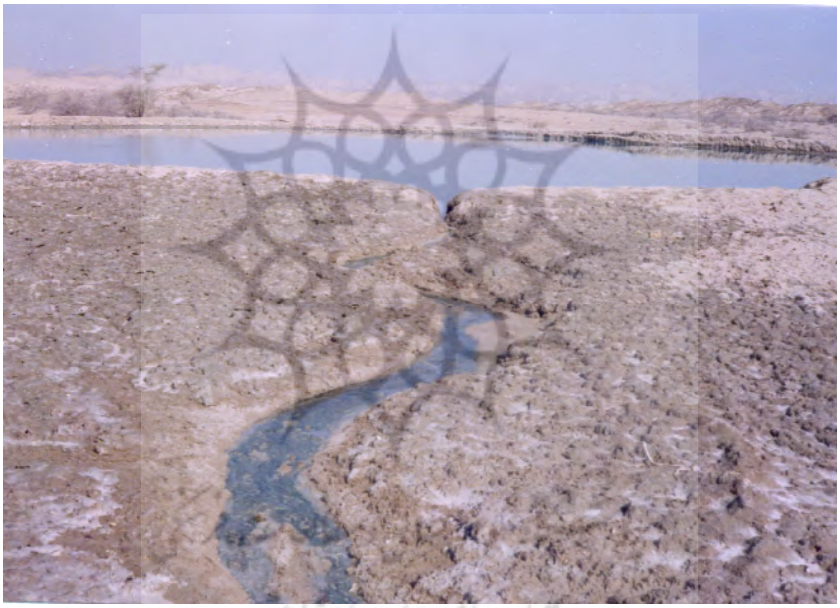
ویژگی‌های ژئومورفیک و مورفومتریک گِل‌فشان

اصولاً گِل‌فشان‌ها از شکل و مورفولوژی یکسانی برخوردار نیستند و ویژگی‌های ژئومورفیک و مورفومتریک آنها از گِل فشانی به گِل‌فشان دیگر فرق می‌کند. ویژگی‌های مورفومتریک گِل‌فشان عین به شرح جدول ۱ است:

جدول (۱) ویژگی‌های مورفومتریک گِل‌فشان عین

ویژگی مورفومتریک	شرح ویژگی مورفومتریک
شکل گل‌فشان	این گِل‌فشان مخروط قابل توجهی ندارد و به جای آن حوضچه‌ای مملو از آب و گِل به شکل بیضی دارد که از این نظر با سایر گِل‌فشان‌های استان تفاوت فاحشی داشته و بیشتر به کالدیراهای (Caldera) موجود در دهانه آتشفشان‌ها شباهت دارد
ابعاد دهانه حوضچه گل‌فشان به متر	قطر بزرگ گل‌فشان ۵۲ و قطر کوچک آن ۴۲ متر است
مساحت دهانه حوضچه گل‌فشان به متر مربع	۶۸۵۷/۷۶ متر مربع یا تقریباً ۶۸ / ۰هکتار
مساحت کل یا سطح قاعده گِل‌فشان به متر مربع	مساحت کل گِل‌فشان بر اساس فرمول فوق‌الذکر ۲۲۰۴۳ متر مربع یا ۲/۲ هکتارمی باشد
محیط دهانه بیضی شکل گِل‌فشان به متر	۲۹۶/۸۲ متر
محیط کل محدوده گِل‌فشان	۵۲۹ متر
ارتفاع حوضچه گِل‌فشان به متر	ارتفاع این گِل‌فشان در تاریخ ۸۲/۱۱/۱۶ توسط دستگاه **GPS**، ۱۷متر از سطح دریا و حدود ۱ تا ۱/۵ متر از سطح زمین اندازه‌گیری گردید
حجم گِل‌فشان به متر مکعب	۲۲۰۴۳ تا ۳۳۰۶۴/۵ متر مکعب
عمق حوضچه دهانه گِل‌فشان	دقیقاً مشخص نیست ومتأسفانه وسیله‌ای هم که بتوان عمق آن را اندازه‌گیری کرد در اختیار نبود. ولی مشاهدات میدانی مکرر این گل‌فشان و همچنین گفته اهالی حکایت از عمق زیاد آن دارد
شیب دامنه گِل‌فشان به درجه	شیب دامنه این گِل‌فشان بسیار کم وبه طور متوسط ۲ تا ۵ درجه اندازه‌گیری شده است واین در حالی است که شیب دامنه مخروط برخی از گِل‌فشان‌های استان به بیش از ۴۵ درجه هم می‌رسد

با توجه به رقیق بودن گِلاب خروجی از گِل‌فشان، در صورتی که فعالیت گِل‌فشان زیاد باشد و حوضچه از گِلاب پر شود، مازاد آن از طریق مجرای جنوبی حوضچه خارج وسپس در یک کانال باریک که در شرق حوضچه قرار دارد، تا شعاع حدود ۲۰۰ متری جریان می‌یابد. مطالعات میدانی نشان می‌دهد که به علت رقیق بودن گِلاب وگرمای بیش از حد هوا، بخشی از آب سطحی حوضچه تبخیر شده و بجز مواقع استثنایی، کمتر موقعی مازاد گِلاب از حوضچه خارج و جریان می‌یابد (شکل ۴).



شکل (٤) مجرای جنوبی حوضچه که مازاد گِل‌آب از آن خارج و به سمت شرق حوضچه جریان پیدا می‌کند

در این گِل‌فشان حباب‌های بزرگی مشابه آن چه که در گِل‌فشان ناپگ دیده می‌شود، وجود ندارد و به نظر می‌رسد که دلیل اصلی آن مربوط به کمبود گاز خروجی از آن باشد؛ اما حباب‌های کوچک تولید شده به طور متوسط هر ۳ تا ۱۵ ثانیه یک بار تشکیل می‌شوند و مدت دوام آنها حدود ۱تا ۲ ثانیه اندازه‌گیری شده و پس از آن می‌ترکند.

دبی گِل خروجی گِل‌فشان کاملاً متغیر است، زیرا گر چه دهانه‌های فعال دائماً جابجا می‌شوند و در طول سال فعالیت یکسانی ندارند، ولی دبی گِل خروجی به طور متوسط ۱ تا ۳ لیتر در ثانیه بر آورد می‌شود.

رنگ آب گِل‌فشان به علت وجود املاح فراوان، تیره و کدر است و رنگ گِل‌های تازه و مرطوبی که جدیداً فوران کرده‌اند، خاکستری تیره ولی گِل‌های قدیمی و خشک، تقریباً سفید متمایل به خاکستری روشن می‌باشد.

مزه آب و گِل خروجی از گِل‌فشان به خاطر قلیایی بودن و بالا بودن pH آب وگِل، کاملاً شور است و زمین‌های پف کرده دامنه‌های کم شیب گِل‌فشان، مؤید این موضوع است.

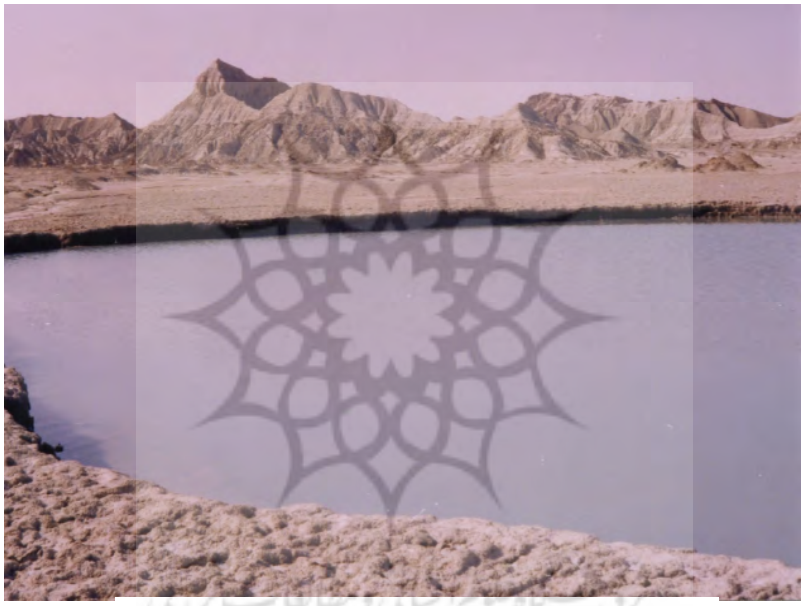
دمای آب و گِل خروجی که در ساعت ۹ صبح ۸۲/۱۱/۱۶ اندازه‌گیری شده است، به شرح جدول ۲ می‌باشد:

جدول (۲) دمای آب و گِل خروجی گِل‌فشان به سلسیوس

دمای محیط	دمای آب گِل‌فشان	دمای گِل خروجی از دهانهٔ شمال غربی	دمای گِل خروجی از دهانهٔ غربی	دمای گِل حوضچهٔ اطراف دهانه‌ها	میانگین دمای گِل گل‌فشان
۳۰/۵	۲۰/۵	۲۹	۲۰/۵	۲۴	۲۴/۵

شکل (۵) اندازگیری دما و pH دهانه فعال شمال غربی گِل‌فشان

گِل خروجی از گِل فشان کاملاً رقیق و آبدار است و غلظت آن نسبت به سایر گِل‌فشان‌های استان تقریباً کم است. غلظت گِل به قدری پایین می‌باشد که آب کلاً از گِل‌های ته نشین شده جدا شده و به صورت دریاچه‌ای کوچک بر روی گِل‌ها خودنمایی می‌کند. از ۳ نمونه گلی که در تاریخ‌های ۸۲/۱۱/۱۶ ، ۸۴/۹/۲۱ و ۸۴/۱۲/۲۶ برداشت گردید، غلظت گل در یک لیتر گِلاب بین ۲۵ تا ۳۰ درصد اندازه‌گیری شد.

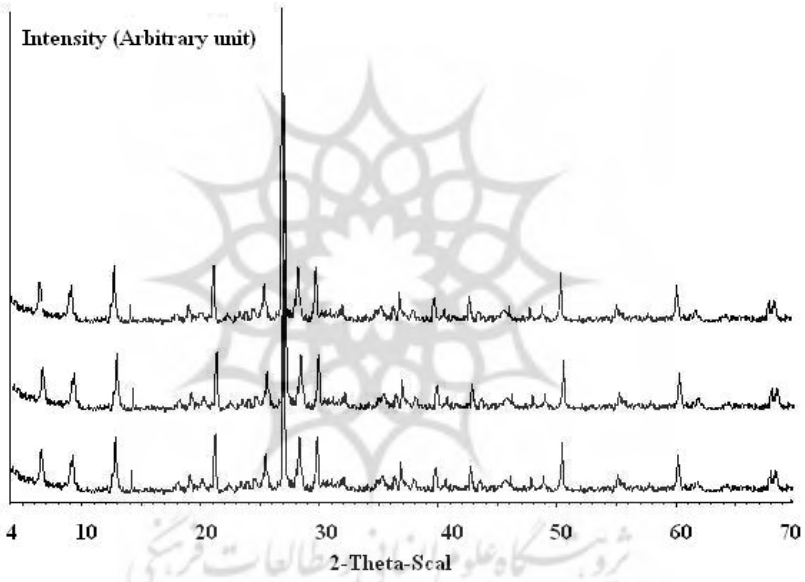


شکل (٦) بخشی از دریاچه کوچک گِل‌فشان و رقیق بودن گِل آن

pH آب و گِل خروجی که در ساعت ۹ صبح ۸۲/۱۱/۱۶ اندازه‌گیری شد، حدود ۹/۵ بود و قلیایی بودن آن را به اثبات رساند. به نظر می‌رسد شور بودن آب و گِل باعث افزایشpH آن گردیده باشد.

تجزیه و تحلیل فیزیکی و شیمیایی نمونه‌ها

آزمایشات مربوط به تجزیه و تحلیل فیزیکی و شیمیایی تمام نمونه‌ها در آزمایشگاه شیمی دانشگاه سیستان و بلوچستان انجام شد. جهت مطالعه خواص فیزیکی نمونه‌ها از تکنیک‌های مختلف استفاده گردید. برای تعیین ترکیب معدنی نمونه‌ها، پراش اشعه ایکس از ۳ نمونه برداشت شده انجام شد که طیف آن در شکل شماره ۷ نشان داده شده است.



شکل (۷) پراش اشعه ایکس یا طیف XRD نمونه‌ها

با توجه به طیفXRD نمونه‌ها (شکل۹)، فازهای واقعی شناسایی شده عبارتند از: $CaCO_3$ (هگزاگونال و اورتورومبیک)، Fe_2O_3 (مکعبی)، $(Ca,Mg)\ CO_3$ (رومبوهدرال)، KMn_8O_{16} (چهار وجهی)، $Ca(Mn,Mg,\ Fe)(CO_3)_2$ (رومبوهدرال)، KCl (مکعبی) و $CaFeO_3$ (چهار وجهی). ترکیب معدنی مواد موجود در ۳ نمونه بر اساس طیف XRD در جدول ۳ آمده است.

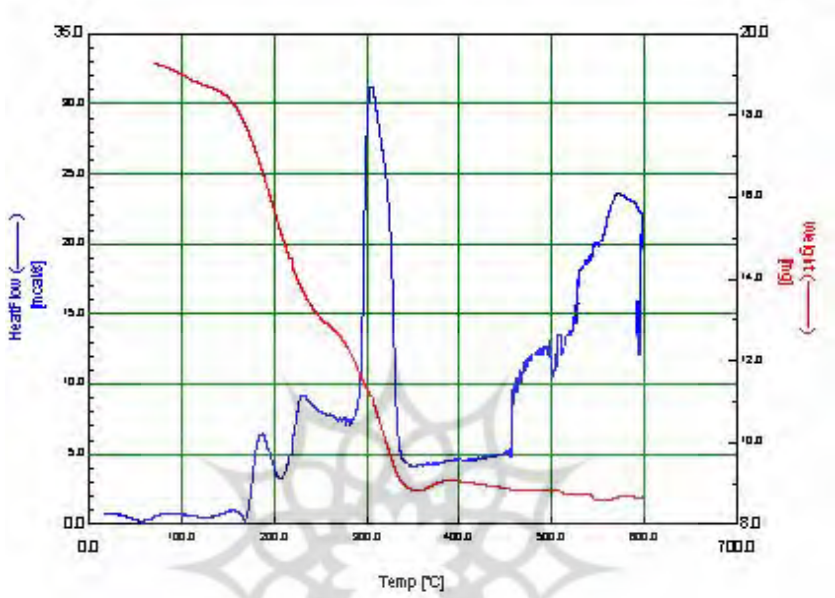
جدول (۳) نتایج تعیین ترکیب معدنی نمونه‌ها با استفاده پراش اشعه ایکس یا طیف XRD

نام سنگ	نام ماده	فرمول
Hematite	Iron(III) Oxide	Fe_2O_3
Dolomite	Calcium Magnesium Carbonate	$(Ca,Mg)CO_3$
Cryptoelane-Type Oxide	Potassium Manganese Oxide	KMn_8O_{16}
Kutnohorite	Calcium Manganese Magnesium Iron Carbonate	$Ca(Mn,Mg, Fe)(CO_3)_2$
Rock Salt (Sylvite)	Potassium Chloride	KCl
Perovskite	Calcium Iron Oxide	$CaFeO_3$
Calcite& Limestone	Calcium Carbonate	$CaCO_3$

همانطور که شکل ۷ نشان می‌دهد، الگوهای پراش اشعه ایکس در هر سه نمونه با هم مشابه است. علی‌رغم این که شدت نسبی پیک‌های فازهای مختلف اندکی با هم تفاوت دارند، ولی ترکیب معدنی تمام نمونه‌های تقریباً مشابه است و می‌توان نتیجه گرفت که منشأ تمام نمونه‌های یکسان است و این مسأله نشان می‌دهد که گِل گل‌فشان از یک عمق معینی صورت می‌گیرد و در سال‌های مختلف هم تقریباً ثابت است.

جهت شناسایی خواص نمونه‌ها از روش آنالیز وزن سنجی گرمایی TGA (Thermal Gravimetric Analysis) به منظور تعیین میزان کاهش وزن نسبت به تغییرات دما و همچنین تجزیه و تحلیل گرماسنجی دیفرانسیل پویشی DSC (Differential Scanning Calorimetry) برای تعیین انتالپی‌ها (Enthalpies) از تغییر در وضعیت فیزیکی یعنی انتقال از یک شکل کریستالی به شکل دیگر، این آزمایشات بر روی نمونه شماره ۳ انجام شد.

برای این کار ابتدا ۱۰ تا ۲۵ میلی‌گرم از نمونه شماره ۳ که در تاریخ ۸۴/۱۲/۲۶ گرفته شده بود، انتجاب و آزمایشات TGA و DSC به طور همزمان با استفاده از دستگاه آنالیز حرارتی با درجه حرارت بین ۲۵ تا ۸۰۰ درجه سلسیوس و تحت یک جریان هوای خشک بر روی آنها انجام شد (شکل ۸).



شکل (۸) منحنی‌های TGA و DSC برای نمونه گرفته شده در تاریخ ۸٤/۱۲/۲٦

با توجه به شکل ۸، این نمونه‌ها ۳ اثر دمایی اصلی را نشان می‌دهند. اولین کاهش وزن در محدوده دمایی ۸۰ تا ۱۷۰ درجه سلسیوس شروع می‌شود که مربوط به حذف آب جذب شده توسط نمونه‌ها یا آب متبلور و تجزیه کربنات‌های بازی است. دومین کاهش وزن در محدوده دمایی ۱۸۰ تا ۲۷۰ درجه سلسیوس اتفاق می‌افتد که مربوط به تجزیه موادکربناتی می‌باشد و سومین کاهش وزن در محدوده دمایی ۲۸۰ تا ۶۰۰ درجه سلسیوس اتفاق می‌افتد که مربوط به تجزیه باقیمانـده کربنات‌ها به مواد اکسیدی است. همچنین آزمایش DSC نمونه‌ها دو تغییر عمده را نشان می‌دهد که با آزمایش TGA همخوانی دارد. منحنی DSC نمونه‌ها نیز در شکل ۱۰ نشان داده شده است.

جهت تعیین مساحت سطح ویژه نمونه‌ها از روش BET استفاده شدکه نتایج آن در جدول ۴ نشان داده شده است.

جدول (٤) نتایج تعیین مساحت سطح ویژه نمونه‌ها با استفاده از روش BET برای نمونه‌های مختلف

مساحت سطح ویژه نمونه‌ها (m^2/g)	تاریخ برداشت نمونه‌ها
۱۶۷/۳۲	۸۲/۱۱/۱۶
۱۶۳/۷۰	۸۴/۹/۲۱
۱۷۲/۱۶	۸۴/۱۲/۲۶

همانطور که مشاهده می‌شود، سطح ویژه تمام نمونه‌ها تقریباً یکسان است و با نتایج به دست آمده از آزمایشات TGA, DSC, XRD همخوانی دارد. بنابراین منشاء تمام نمونه‌ها یکی است و از ترکیب معدنی یکسانی برخوردارند و از یک عمق سرچشمه می‌گیرند.

تجزیه و تحلیل شیمیایی نمونه‌ها با استفاده از طیف‌سنجی جذب اتمی شعله برای تعیین عناصر موجود در آب نمونه‌ها انجام شد.

ترکیب معدنی آب نمونه‌ها توسط دستگاه جذب اتمی شعله نشان داد که این نمونه‌ها دارای عناصر متفاوتی هستندکه بسیار شبیه به هم بوده اما مقدار هر عنصر از نمونه‌ای به نمونه دیگر فرق می‌کند (جدول ۵).

جدول (۵) داده‌های جذب اتمی شعله (FAAS) نمونه‌ها

تاریخ برداشت نمونه‌ها	Na سدیم (w/w%)	K پتاسیم (w/w%)	Mg منیزیم (w/w%)	Ca کلسیم (w/w%)	Fe آهن (w/w%)	Mn منگنز (w/w%)
۸۲/۱۱/۱۶	۴/۳۸	۰/۰۶	۰/۲۷	۷/۲۸	۰/۱۷	۰/۰۳
۸۴/۹/۲۱	۵/۵۴	۰/۰۸	۰/۲۷	۶/۸۲	۰/۲	۰/۰۳
۸۴/۱۲/۲۶	۰/۳۷	۰/۰۳	۰/۱۷	۳/۸۵	۰/۱۱	۰/۰۲

نتیجه‌گیری

هرچند که گِل‌فشان‌ها و بویژه گِل‌فشان عین از پدیده‌های نادر و منحصر به فرد ژئومورفولوژی محسوب می‌شوند و زیبایی و جذابیت آنها چشم هر بیننده‌ای را خیره می‌کند،

ولی متأسفانه توجه لازم و شایسته‌ای به آنها نشده است. بسیاری از مردم و حتی مسؤولان چون این پدیـده بی‌نظیر و دیدنـی را از نزدیک ندیده‌اند و شناخت کافی از کاربردهای آن ندارند، از این جهت هیچگونه برنامه‌ریزی هم برای آن انجام نشده است، در صورتـی که کشورهای دیگر مثل آمریـکا، آذربایجان و مالزی ... که گِل‌فشان دارنـد، برنامه‌های کاربردی متعددی برای این پدیده کم نظیر تدارک دیده‌اند.

گل‌فشان‌های ایران فقط در جلگه ساحلی دریای خزر (جلگه گرگان و ترکمن صحرا) و همچنین جلگه ساحلی دریای عمان (از تنگه هرمز تا گواتر مرز ایران و پاکستان) مشاهده می‌شوند و در خارج از این محدوده تا به حال وجود هیچ گل‌فشانی گزارش و مشاهده نشده است.

سن گل‌فشان‌های ایران به حدود ۳۰ تا ۴۰ هزار سال قبل برمی‌گردد که در طی این‌زمان تعدادی گل‌فشان به وجود آمده و تعدادی هم از بین رفته‌اند.

مکانیسم تشکیل این گِل‌فشان نیز مشابه سایر گِل فشان‌های استان است و مثل سایر گل‌فشان‌های ایران منشاء تکتونیکی دارد و از نوع گل‌فشان‌های سرد می‌باشد و هیچ ارتباطی به گل‌فشان‌های گرم که از عوارض بعدی آتشفشان‌ها محسوب می‌شوند، ندارد. بنابراین این گل‌فشان رابطه‌ای به آتشفشان‌های تفتان و بزمان... ندارد.

از لحاظ شکل، این گل‌فشان از نوع حوضچه‌ای است و به خاطر رقیق بودن گل آن برخلاف سایر گل‌فشان‌های استان مثل ناپگ، سیصاد، در ابول شرقی و غربی، بُربُرُک... مخروطی تشکیل نداده است.

این گل‌فشان از لحاظ ارتفاع از سطح زمین، پست‌ترین گل‌فشان استان است.

حوضچه بیضی شکل بزرگی در دهانهٔ این گل‌فشان تشکیل شده که قطر بزرگ آن ۵۲ و قطر کوچک آن ۴۲ متر می‌باشد و در استان بی‌نظیر است.

از گل خروجی این گل‌فشان بوی بدی استشمام می‌شود که مربوط به گاز متان است و تقریباً وجود گازهای هیدروکربور از قبیل متان در این گل‌فشان به اثبات رسیده و گاز خروجی آن به خوبی آتش می‌گیرد و شعله‌ور می‌شود.

غلظت گل این گل‌فشان بسیار کم و گِلاب آن فوق‌العاده رقیق است که در استان مشابه آن وجود ندارد.

رنگ گل خروجی این گل‌فشان خاکستری تیره یا روشن است، در صورتی که در برخی از گل‌فشان استان (مثلاً گل فشان پیرگل....) گل خروجی تقریباً زرد یا کرم رنگ است (شبیه به لیمونیت ...).

pH آب و گل خروجی از این گل‌فشان حدود ۹/۵ است و قلیایی بودن آن را به اثبات می‌رساند.

دمای گل خروجی از این گل‌فشان تقریباً همدمای با محیط و یا کمی سردتر از آن است زیرا که دمای محیط ۳۰/۵، دمای آب گل فشان ۲۰/۵ و میانگین دمای گِل گل فشان ۲۴/۵ درجه سلسیوس می‌باشد.

تا به حال تصور می‌شد بخار موجود در دهانه‌های گل فشان مربوط به داغ بودن گل و بخار آب است و حال آن که امروزه ثابت شده‌است که این‌ها بیشتر گازهای زیستی از نوع گازهای طبیعی و هیدروکربور (مثل متان) هستند و بخار آب آنها خیلی کم می‌باشد.

همراه با خروج گل از این گل‌فشان، مقادیر زیادی آب شور خارج می‌شود ولی منشاء آن دقیقاً مشخص نیست که آیا این آب شور از سفره‌های آب زیرزمینی منطقه بالا می‌آید یا مربوط به آب شور دریا است؟ بنابراین تعیین منشاء آب شور خروجی همراه با گِل‌گل‌فشان، نیاز به مطالعات آب‌شناسی و غیره دارد.

الگوهای پراش اشعه ایکس در هر سه نمونه با هم مشابه است. علی‌رغم این که شدت نسبی پیک‌های فازهای مختلف اندکی با هم تفاوت دارند، ولی ترکیب معدنی تمام نمونه‌های تقریباً مشابه است و می توان نتیجه گرفت که منشاء تمام نمونه‌های یکسان

است و این مسأله نشان می‌دهد که گِل گل فشان از یک عمق معینی صورت می‌گیرد و در سال‌های مختلف هم تقریباً ثابت است.

آزمایش جذب اتمی شعله نشان داد که نمونه‌ها دارای عناصرمتفاوتی از قبیل سدیم، پتاسیم، کلسیم، منیزیم، آهن و منگنز هستندکه نشانه یکسان بودن نمونه‌ها می‌باشد اما مقدار هر عنصر از نمونه‌ای به نمونه دیگر فرق می‌کند.

سطح ویژه تمام نمونه‌ها تقریباً یکسان است و با نتایج به دست آمده از آزمایشات TGA, DSC, XRD همخوانی دارد. بنابراین منشأ تمام نمونه‌ها یکی است و از ترکیب معدنی یکسانی برخوردارند.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

منابع

۱ـ پورکرمانی، محسن و محمدجعفر زمردیان (۱۳۶۶)، «مبحثی پیرامون ژئومورفولوژی استان سیستان و بلوچستان (۱) چابهار»، ***فصلنامه تحقیقات جغرافیایی***، شماره ۳ سال دوم، شماره مسلسل ۷، آستان قدس رضوی.

۲ـ زمردیان، محمد جعفر (۱۳۸۱)، «***ژئومورفولوژی ایران***» (دوجلد)، چاپ اول، دانشگاه فردوسی مشهد.

۳ـ فریفته، جمشید (۱۳۶۷)، «تحولات ژئومورفولوژی در جلگه دشتیاری (بلوچستان)»، ***مجله بیابان***، مرکز تحقیقات مناطق کویری و بیابانی ایران، شماره ۲۳.

۴ـ قریشی، منوچهر (۱۳۶۳)، «***گسلش سنوزوئیک پسین در جنوب خاوری ایران***»، پایان‌نامه دکتری، قسمت خلاصه به زبان فارسی، سازمان زمین‌شناسی کشور، گزارش شماره ۵۴.

۵ـ نگارش، حسین (۱۳۷۶)، طرح تحقیقاتی «***مطالعه گِل فشان‌های بلوچستان جنوبی***»، حوزه معاونت پژوهشی دانشگاه سیستان و بلوچستان.

۶ـ نگارش، حسین (۱۳۸۳)، «بررسی گِل‌فشان پیرگل واقع در شرق آتشفشان بزمان و ویژگی‌های آن»، ***مجله جغرافیا و توسعه دانشگاه سیستان و بلوچستان***، شماره ۴ .

7- Arhangelski, A., (1932), "Some Words about Genesis of Mud Volcanoes on the Apsheron Peninsula and Kerch-Taman Area", ***Bull. MOIP, Ser***. Geol. 3 (3), 269–285

8- Arnold, R, Macready, G.A., (1956), "Island-forming Mud Volcano in Trinidad", British West Indies, ***AAPG Bull***. 40, 2748-2758.

9- Aslan, A., Warne, A.G., White, W.A., Guevara, E.H., Smyth, R.C., Raney, J.A, Gibeaut, J.C., (2001)," Mud Volcanoes of the Orinoco Delta", Eastern Venezuela, ***Geomorphology***, 41,323-336.

10- Barber, A.J., Tjokrosapoetro, S., Charlton, T.R., (1986), "***Mud Volcanoes, Shale Diapers***", Wrench Faults and Me´langes in Accretionary Complexes, Eastern Indonesia, AAPG Bull, 70, 1729-1741.

11- Brown, K.M., Westbrook, G.K., (1988), "Mud Diapirism and Subcretion in the Barbados Ridge Complex", ***Tectonics*** 7, 613-640.

12- Burger, R.L., Fulthorpe, C.S., Austin, J.J.A., (2001), "Late Pleistocene Channel Incisions in the Southern Eel River Basin", Northern California: Iimplications for Tectonic Vs. Eustatic Influences on Shelf Sedimentation Patterns. ***Mar., Geol***., 177, 317.

13- Camerlenghi, A., Cita, M.B., Della Vedova, B., Fusi, N., Mirabile, L.,Pellis, G., (1995), "Geophysical Evidence of Mud Diapirism on the Mediterranean Ridge Accretionary Complex", ***Mar., Geophys***, ***Res***.17, 115-141.

14- Chigira, M., Tanaka, K., (1997), "Structural Features and the History of Mud Volcanoes in Southern Hokkaido", Northern Japan, ***J. Geol. Soc. Japan*** 103, 781-791.

15- Chiodini, G., D'Alessandro, W., Parello, F., (1996), Geochemistry of Gases and Waters Discharged by the Mud Volcanoes at Paterno, Mt. Etna (Italy)., ***Bull. Volcanol***, 58, 51-58.

16- Cita, M.B., Ivanov, M.K., Woodside, J.M., (1996), "The Mediterranean Ridge Diapiric Belt, ***Mar. Geol***. 132, 1-6.

17- Falcon, N.L, (1974), "An outline of the Geology of the Iranian Makran", ***Geogrl*** J, 140, pp 284-291.

18- Gaedicke, C., Baranov, B.V., Obzhirov, A.I., Lelikov, E.P., Belykh, I.N., Basov, E.I., (1997), "Seismic Stratigraphy", BSR Distribution and Venting of Methane-rich Fluids west off Paramushir and Onekotan Islands, Northern Kurils, ***Mar. Geol***. 136, 259-276.

19- Ginsburg, G.D., Soloviev, V.A., (1994), "***Submarine Gas Hydrates***", VNIIO keangeologia, St. Petersburg, 199 pp.

20- Gubkin, I., Feodorov, S., 1940. Mud Volcanoes of the USSR in Connection with Oil and Gas Prospects, Proc. 27th ***Int. Geol.Congr***., Moscow 4, 33-67

21- Guliyev , I.S., A.A, Feizullayev, (2001), "All about Mud Volcanoes and Azerbaijan - Land of Volcanoes, the City of Wind", ***Azerbaijan Academy of Sciences Geology Institute*** p2.

22- Guliyev, I.S., & Feizullayev, A.A. (1995), "***All about Mud Volcanoes***", Baku: Institute of Geology of the Azerbaijan Academy of Sciences, 52 pp.

23- Guliyiev, I.S., Feizullayev, A.A., (1997), "***All About Mud Volcanoes***", Azerbaijan: Publ., House, Nafta Press, Baku.

24- Higgins, G.E., Saunders, J.B., (1973), "Mud Volcanoes-their Nature and Origin: Contribution to the Geology and Paleobiology of the Caribbean and Adjacent Areas", ***Verh. Naturforsch, Ges., Basel*** 84,101-152.

25- Hosseini-Barzai, M. & Talbot, C.J. (2003), "A Tectonic Pulse in the Makran Accretionary Prism Recorded in Iranian Coastal Sediments", ***J. Geol.Soc***, London, 160, 903-910.

26- Hovland, M., Gallagher, J.W., Clennell, M.B., Lekvam, K., (1997), "Gas Hydrate and Free Gas Volumes in Marine Sediments: Example from the Niger Delta front", ***Mar. Pet. Geol***. 14, 245-255.

27- Hovland, M., Hill, A., Stokes, D., (1997), "The Structure and Geomorphology of the Dashgil Mud Volcano", Azerbaijan, ***Geomorphology***, 21, 1-15.

28- Humphrey, W.E., (1963), "Sedimentary Volcanism in Eastern Mexico and Northern Colombia", ***Geol. Soc. Am. Bull***., 74,125-128.

29- Ivanov, M.K., Limonov, A.F., Van Weering, Tj.C.E, (1996), "Comparative Characteristics of the Black Sea and Mediterranean Ridge Mud Volcanoes", ***Mar. Geol***. 132, 253-271.

30- Jakubov, A.A, Alizade, A.A., Zeinalov, M.M, (1971). "***Mud Volcanoes of the Azerbaijan***" SSR: Atlas. Elm-Azerbaijan Acad. of Sci. Pub. House, Baku.

31- Kopf, A. J, (2002). "Significance of Mud Volcanism", ***Reviews of Geophysics***, 40(2), 2.1-2.52.

32- Limonov, A.F., Woodside, J., Cita, M., Ivanov, M., (1996), The Mediterranean Ridge and Related mud Diapirism, A Background, ***Mar.Geol***. 132, 7-19.

33- Little, R.D, (1970), "***Terraces of the Makran Coast of Iran, in Snead Report***", pp 318-372.

34- Loncke, L., (2002), "***Le Delta Profond du Nil: Structure et Ĕvolution Depuis le Messinien***", PhD Thesis, Université Pierre et Marie Curie (Paris 6), 180 pp.

35- Loncke, L., Mascle, J., Fanil Scientific, P., (2004), Mud Volcanoes, Gas Chimneys, Pockmarks and Mounds in the Nile Deep-sea fan (Eastern Mediterranean): Geophysical Evidences, ***Mar. Pet***. ***Geol***. 21, 669-689.

36- Lyobomir, I, and Dimitrov, (2002), "Mud Volcanoes-the Most Important Pathway for Degassing Deeply Buried Sediments", Earth-Science Reviews, 59, P 49-76.

37- Martinelli, G., (1998), "Mud Volcanoes of Italy", ***Proceedings of V Int Conference on ''Gas in Marine Sediments***, Bologna 9-12 September, Italy, 40-42.

38- Mascle, J., Zitter, T., Bellaiche, G., Droz, L., Gaullier, V., Loncke, L., (2001), The Nile Seep Aea fan: Preliminary Results from a Swath Bathymetry Survey, ***Mar. Pet. Geol***. 18, 471–477.

39- Mastalerz,Vincent,Gert J. de Lange,Anke Dählman,Tomas Feseker, (2007), Active Venting at the Isis Mud Volcano, offshore Egypt Origin and Migration of Hydrocarbons, ***Chemical Geology*** 246 (2007) 87–106

40- Milkov, A.V., (2000), "Worldwide Distribution of Submarine Mud Volcanoes and Associated Gas Hydrates", ***Mar. Geol***. 167, 29-42.

41- Negaresh, Hossein, (2008), "Mud volcanoes in Sistan & Baluchestan Province", Makran Coast, SE Iran, ***Bulletin of the Geological Society of Malaysia,*** No.54, pp 1-7.

42- Patrick,Matthew, Kenneson Dean, Jonathan Dehn, (2004), "Active Mud Volcanism Observed with Landsat 7 ETM+", ***Journal of Volcanology and Geothermal Research*** 131 (2004) 307-320

43- Ridd, M.F., (1970), "***Mud Volcanoes in New Zealand***", AAPG Bull. 54, 601-616.

44- Sassen, R., Joye, S., Sweet, S.T., DeFreitas, D.A., Milkov, A.V., MacDonald, I.R., (1999), "Thermogenic Gas Hydrates and Hydrocarbon Gases in Complex Chemosynthetic Communities", Gulf of Mexico Continental Slope. Org. ***Geochem***. 30, 485-497.

45- Schmidt, M., Hensen, C., Morz, T.,Muller, C., Grevemeyer, I., Wallmann, K., Mau, S., Kaul,N., (2005), "Methane Hydrate Accumulation in "Mound 11" Mud Volcano", Costa Rica Forearc, ***Mar. Geol***. 216, 83-100.

46- Shakirov, R., Obzhirov, A.I., Suess, E., Salyuk, A., Biebow, N., (2004), "Mud volcanoes and Gas Vents in the Okhotsk Sea Area, ***Geo-Mar.Lett***. 24, 140-149.

47- Sheppard, D.S., Truesdell, A.H., Janik, C.J., (1992), "Geothermal Gas Compositions in Yellowstone National Park", USA.J. Volcano l. ***Geotherm***, es. 51, 79-93.

48- Snead, Rodman, (1964), "Active Mud Volcanoes of Baluschistan" West Pakistan, ***Geogrl, Rev***, 54 p547.

49- Snead, Rodman, (1970), "***Physical Geography of the Makran Coastal Plain of Iran***", University of New Mexico, Albuquerque. p509.

50- Stocklin, J, (1968), "Structural History and Tectonics of Iran, a Review", ***Bull, AM, Ass, Petrol, Geol*** 52, pp1229-1258.

51- Suess, E., and Others, (1999), "Gas hydrate Destabilization: Enhanced Dewatering, Benthic Material Turnover and Large Methane Plumes at the Cascadian Convergent Margin, ***Earth Planet", Sci., Lett***., 170, 1-15.

52- Suess, E., Bohrmann, G., Von Huene, R., Peter, L., Wallman, K., Lammers, S., Sahling, H., (1998), "Fluid Venting in the Eastern Aleutian Subduction Zone", ***J. Geophys, Res***., 103, 2597-2614.

53- Vita-Finzi, (1970), "Contribution to the Quaternary Geology of South Iran", ***Geol, Surv, Iran Report*** No, 57, p20.

54- Von Rad, U., Berner, U., Delisle, G., Doose-Rolinski, H., Fechner, N.,Linke, P., Roeser, H.A., Schmaljohann, R., Wiedicke, M., Parties,

S.S., (2000), "Gas and Fluid Venting at the Makran Accretionary Wedge off Pakistan", ***Geo-Mar., Lett***., 20, 10-19.

55- White, D.E., (1955), "Violent mud Volcano Eruption of Lake City Hot Springs", Northeastern California, ***Bull. Geol. Soc***. Am.66, 1109-1130.

56- Williams, P., Pigram, C., Dow, D., (1984) "Melange Production and the Importance of Shale Diapirism in Accretionary Terrains", ***Nature*** 309, 145-146.

57- Woodside, J.M., Ivanov, M.K., Limonov, A.F., Shipboard Scientists of the ANAXIPROBE Expeditions, (1998), Shallow Gas and Gas Hydrates in the Anaximander Mountains Region, Eastern Mediterranean Sea. In: Henriet, J.-P., Mienert, J. (Eds.), Gas Hydrates-Relevance to World Margin Stability and Climate Change, Geological Society Special Publication, ***The Geological Society***, London, pp. 177–193.

58- Yusifov, Mehdi, Philip D. Rabinowitz, (2004), "Classification of Mud Volcanoes in the South Caspian Basin", Offshore Azerbaijan, ***Marine and Petroleum Geology***, 21 (2004) 965-975

59- Zitter, T., (2004), "***Mud Volcanism and Gluid Emission in Eastern Mediterranean Neotectonic Zones***", PhD Thesis, Vrije Universiteit, Amsterdam, 140 pp.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی