# بررسی تغییرات ژئومورفولوژیکی و ویژگی‌های رسوب گل‌فشان ناپگ، مکران، ایران

**کرامت نژادافضلی[1*]، راضیه لک[2] و منوچهر قرشی[3]**

[1] استادیار، گروه جغرافیا، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه جیرفت، جیرفت، ایران
[2] استادیار، پژوهشکده علوم زمین، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، تهران، ایران
[3] دانشیار، پژوهشکده علوم زمین، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۷/ ۱۰/ ۱۳۹۳ تاریخ پذیرش: ۲۵/ ۰۸/ ۱۳۹۵

## چکیده

گل‌فشان یک پدیده طبیعی و دیدنی است که معمولاً به‌صورت یک عارضه گنبدی‌شکل و در برخی مواقع به‌صورت حوضچه‌ای یافت می‌شود. گل‌فشان‌ها مخلوطی از آب، گل و گاز هستند. این لندفرم‌ها در بیشتر نقاط دنیا به‌ویژه در کمربند آلپ و هیمالیا و در ایران بیشتر در جلگه‌های ساحلی دریای خزر و دریای عمان دیده می‌شوند. گل‌فشان‌ها به عنوان شاخص میدان‌های گازی و نفتی شناخته شده‌اند و از آنها برای پیش‌بینی وجود میدان‌های نفتی و گازی در اعماق زمین استفاده می‌شود. گل‌فشان ناپگ به عنوان بزرگ‌ترین و پویاترین گل‌فشان ایران در سواحل شمالی دریای عمان، قرار دارد و بر جاذبه‌های طبیعی سواحل جنوبی کشورمان افزوده است. این گل‌فشان تپه‌ای مخروطی به ارتفاع ۳۹ متر از سطح زمین و چندین دهانه فعال و غیر فعال در حال فعالیت دارد. خروج و فوران گل با دبی متفاوت معمولاً میان ۳ تا ۵ دقیقه به‌صورت متناوب تکرار شده و از بخش باختری مخروط که دیواره آن فرو ریخته است؛ به سوی زمین‌های پیرامون جریان می‌یابد. در این پژوهش از گل‌فشان مورد مطالعه یک نمونه رسوب برداشت و پس از آماده‌سازی و تهیه پودر، نمونه توسط دستگاه ICP-OES تجزیه شیمیایی شد. همچنین اندازه ذرات رسوب نیز تعیین و داده‌ها در نرم‌افزار SPSS پردازش شد. بررسی رسوبات بیرون آمده از گل‌فشان نشان می‌دهد که ذرات تشکیل‌دهنده آن در ابعاد رس و سیلت هستند. عنصر آلومینیم دارای میانگین ۸/۸۹ درصد و آهن دارای میانگین ۴/۴ درصد است. فراوانی این دو عنصر به دلیل غنی بودن رسوبات گل‌فشان از رس‌هاست. روند تکاملی گل‌فشان ناپگ در سه مرحله مختلف انفجاری (Explosive) خروج سریع با دبی زیاد (Effusive) و خروج آرام و تدریجی مواد با گرانروی بالا (Extrusive) مورد بررسی قرار گرفت.

**کلیدواژه‌ها:** گلفشان ناپگ، تغییرات ژئومورفولوژیکی، رسوب‌شناسی، مکران.

***نویسنده مسئول:** کرامت نژادافضلی
E-mail: k_afzali2007@yahoo.com

## ۱- پیش‌نوشتار

گل‌فشان‌ها، یکی از عجیب‌ترین و جذاب‌ترین پدیده‌های ژئومورفولوژیک هستند که در ایران بیشتر در جلگه‌های ساحلی دریای عمان و دریای خزر دیده می‌شوند و هر بیننده‌ای را مجذوب خود می‌کنند. گل‌فشان، رسوب‌فشان یا نفت و گازفشان، از پدیده‌های جالب طبیعی است که گسترش آن در نوار آلپ- هیمالیا، اقیانوس آرام و آسیای مرکزی در کشورهای پاکستان، آذربایجان، ترکمنستان، گرجستان، ایران، ایتالیا، رومانی، ژاپن، مکزیک، ونزوئلا و نمونه های فعال آن در آذربایجان دیده می‌شود (Guliyev and Feizullayev, 2001). بیش از نیمی از حدود ۸۰۰ گل‌فشان دنیا در پیرامون دریای خزر و دریای عمان قرار دارد. در جنوب خاور ایران ۳۰ گل‌فشان وجود دارد که ۱۵ مورد آنها میان بندر جاسک و میناب (نژادافضلی و لک، ۱۳۸۹)، ۹ مورد میان چابهار و بندر جاسک و ۶ مورد دیگر هم میان چابهار و مرز ایران و پاکستان به‌ویژه شمال خلیج گواتر جای گرفته‌اند (نگارش، ۱۳۸۵). درباره منشأ گل‌فشان‌های ایران نیز نظریات مختلف و بسیاری بیان شده است. آن چه مسلم است تشکیل همه گل‌فشان‌های موجود در مناطق مختلف کشور را نمی‌توان بر پایه یک نظریه واحد توضیح داد و بیان کرد.

گل‌فشان ناپگ بزرگ‌ترین و مشهورترین گل‌فشان ایران است. فاصله این گل‌فشان از دریا حدود ۱۵ کیلومتر و از مرکز شهرستان ۸۰ کیلومتر است. مورفولوژی مخروطی شکل با ارتفاعی حدود ۳۰ متر از سطح دریا و چندین دهانه خاموش و یک دهانه اصلی فعال دارد. دامنه گسترش روانه‌های گلی در پیرامون مخروط گل‌فشان به ۴۰۰ تا ۵۰۰ متر می‌رسد. دلیل نام‌گذاری این گل‌فشان آن است که در گویش محلی مردمان بلوچ منطقه چابهار، از این گل‌فشان به نام ناف (ناپگ) زمین یاد می‌کنند. یکی از اهداف اصلی و مهم این پژوهش بررسی سیر تحولات ژئومورفولوژیکی گل‌فشان ناپگ در دوره‌های زمانی مختلف و روندیابی این تغییرات در آینده، عوامل مؤثر در تغییر مورفولوژی گل‌فشان و تعیین ویژگی‌های رسوب‌شناسی آن است.

## ۲- زمین‌شناسی و زمین‌ساخت منطقه

نخستین و ساده‌ترین تقسیم‌بندی زمین‌شناسی مکران، تقسیم‌بندی Arshadi and Forster (1983) است که در آن مکران شامل دو بخش شمالی (مکران داخلی) و جنوبی (مکران بیرونی) است (آقانباتی، ۱۳۸۳). مجموعه افزایشی برون‌ساحلی در حدود ۱۰۰ کیلومتر پهنا دارد. منشور افزایشی مکران از شمال به فروافتادگی‌های جازموریان و هامون، از جنوب خاور به شیب قاره در ۱۵۰ کیلومتری ساحل و از جنوب و باختر به شیب باریک حاشیه عمان منتهی می‌رسد. این مجموعه در خاور و باختر به ترتیب به گسل‌های ترادیسی (Transform) زندان- میناب و ارانج (Oranch) محدود می‌شود (Mokhtari et al., 2008). گوه فزاینده مکران حاصل فرورانش فعال سنگ‌کره اقیانوسی دریای عمان (باقیمانده تتیس) به زیر بلوک‌های قاره‌ای لوت و افغان با نرخ حدودی ۵ cm/yr بوده و یک گوه با شیب کم از زمان کرتاسه تجمع کرده (Farhoudi and Karig, 1977; Kidd and MacCall, 1985) است.

## ۳- شکل‌گیری گل‌فشان در سواحل مکران

سواحل مکران به علت رانده شدن صفحه اقیانوس هند به زیر صفحه مکران، جزو سواحل جوان و فعال به شمار می‌روند. پوسته اقیانوسی صفحه عربی به سوی شمال در حرکت است و به زیر صفحه لوت و بلوک افغان- هلمند می‌رود. نرخ حرکت دو ساحل عربی و مکران در اندازه‌گیری‌های ژئودتیک، دقیقاً میان مسقط و عمان ۱/۹ سانتی‌متر در سال اندازه‌گیری شده است (Dolati, 2010). این در حالی است که نرخ جمع شدگی امروزی میان ساحل مکران در چابهار و اورازیا حدود ۸ میلی‌متر در سال اندازه‌گیری شده است که تشکیل سواحل صخره‌ای چابهار را می‌توان به عامل یاد شده نسبت داد (صمدیان، ۱۳۷۶). این فرورانش که عامل بسیاری از پدیده‌های زمین‌ساختی است؛ عامل به وجود آمدن گل‌فشان‌ها در این منطقه نیز به شمار می‌رود. بدین صورت که در نتیجه فرورانش پوسته اقیانوسی دریای عمان به زیر پوسته قاره‌ای مکران مواد گلی و آبکی در طول گسل‌ها و همچنین درز و شکاف‌های موجود در منطقه به سطح زمین آمده و گل‌فشان‌ها شکل گرفته‌اند (شکل‌های ۱ و ۲).

## ۴- موقعیت جغرافیایی گل‌فشان مورد مطالعه

گل‌فشان مورد مطالعه در ساحل شمالی دریای عمان، با مختصات جغرافیایی ۲۵° ۲۸´ ۱˝ عرض شمالی و ۵۹° ۵۵´ ۵۹˝ طول خاوری در جنوب استان سیستان و بلوچستان در شهرستان کنارک جای گرفته است. (شکل ۳).

## ۵- روش مطالعه

روش مطالعه در این پژوهش بیشتر مبتنی بر کار میدانی و آزمایشگاهی است. در این پژوهش پس از مطالعات کتابخانه‌ای و تهیه اطلاعات و داده‌های مختلف همچون نقشه‌های توپوگرافی، زمین‌شناسی، ژئومورفولوژی، تصاویر ماهواره‌ای و عکس‌های هوایی، مطالعات میدانی و کنترل زمینی در سال‌های ۱۳۸۴ تا ۱۳۹۲ به منظور بررسی تغییرات ژئومورفولوژیکی گل‌فشان انجام پذیرفت. در هنگام عملیات میدانی از گل‌فشان مورد مطالعه یک نمونه رسوب برداشت و پس از آماده‌سازی و تهیه پودر، تجزیه عناصر اصلی بر روی آنها توسط دستگاه ICP-OES انجام شد.

## ۶- مورفولوژی گل‌فشان ناپگ

مورفولوژی یک گل‌فشان به غلظت و یا سیالیت گل‌های بیرون آمده بستگی دارد. بر پایه گزارش Snead (1970) ارتفاع این گل‌فشان از سطح زمین ۷۲ متر بوده و در اثر فرسایش در حال حاضر کمتر از این مقدار است. بر پایه اندازه‌گیری توسط سامانه موقعیت‌یاب جهانی (GPS) توسط Negaresh and Khosravi (2008) ارتفاع رأس مخروط در سال ۱۳۸۳ حدود ۳۹ متر از سطح دریا و ۲۴ متر از سطح زمین بوده است. قطر پای مخروط حدود ۸۰۰ متر است؛ که بر این اساس، محیط آن ۲۵۱۲ متر و مساحت سطح زیرین آن ۵۰۲۴۰۰ متر مربع بوده و با چندین دهانه فعال و غیر فعال (گریفون) از دید مورفولوژیک یکی از پویاترین گل‌فشان‌های ایران در سواحل شمالی دریای عمان است. مورفولوژی کنونی کلی گل‌فشان ناپگ به‌صورت یک مخروط بزرگ شیب‌دار است که در بخش بالایی آن بر اثر انفجار یک کالدرا به قطر ۴۰ و ژرفای ۳ متر ایجاد شده است (شکل ۵). این گل‌فشان در فوران‌های گذشته خود در طول تاریخ، از بالا به پایین ۵ تا ۷ لایه را با ستبراهای مختلف از روانه‌های اصلی گل به وجود آورده است. قدیمی‌ترین و یا به عبارت دیگر زیرین‌ترین لایه تا مخروط اصلی خود ۵۰۰ تا ۷۰۰ متر فاصله دارد و منطقه‌ای دایره‌ای شکل به قطر ۱ کیلومتر را پوشانده است (شکل ۹). ستبرای این لایه‌ها میان ۴۰ سانتی‌متر تا ۱ متر است که هر کدام دیگری را می‌پوشاند. لایه‌های قدیمی نیز شبیه به مارن‌های موجود است؛ در صورتی که لایه‌های جوان نزدیک به مخروط، به خاطر جوانی و داشتن رطوبت بیشتر، کاملاً تیره‌تر از لایه‌های قدیمی به نظر می‌رسند (شکل ۸). میان لایه‌های پنجم و ششم یک پرتگاه گسلی به ژرفای ۱/۵ متر وجود دارد که شیب تندی نسبت به مخروط و شیب ملایمی نسبت به جاده دارد.

### ۶- ۱. تغییرات مورفولوژیک گل‌فشان

به‌طور کلی پدیده دیاپیریسم در موادی مانند شیل، نمک و انیدریت تشکیل می‌شود. دیاپیریسم بر اثر نیروی گرانروی ناشی از اختلاف وزن مخصوص این مواد با مواد دربرگیرنده و فشار ناشی از وزن لایه‌های روی آنها صورت می‌گیرد (فصل بهار، ۱۳۸۹). بر پایه بررسی‌های میدانی چندین ساله نگارنده، روند تحول گل‌فشان ناپگ می‌توان را در سه مرحله مختلف به شرح زیر بررسی کرد (شکل ۵).

**– مرحله اول:** فعالیت انفجاری همراه با خروج گاز متان (Explosive): در این مرحله پس از فعالیت تدریجی و تجمع مواد گلی، دهانه خروجی مسدود می‌شود و پس از یک دوره تقریباً ۴ تا ۶ ماهه، گاز و مواد رسوبی محبوس شده در لایه‌های زیرین به‌صورت ناگهانی و با یک انفجار به بیرون راه می‌یابند. در این مرحله پس از تخریب دیواره و سقوط کالدرا گل همراه با گاز متان به ارتفاع تقریبی ۱۰ تا ۲۰ متر به سوی بالا و دیواره های گل‌فشان پرتاب می‌شوند (شکل ۶) و مواد به علت وجود حجم زیادی از آب و گاز چسبندگی و گرانروی کمی دارند و روانه‌های گلی تا مسافت زیادی بسته به مورفولوژی محل حرکت می‌کنند.

**– مرحله دوم:** خروج حجم زیاد روانه‌های گلی بدون خروج گاز متان (Effusive): فعالیت این مرحله بی‌درنگ پس از پایان مرحله انفجاری است. در این فاز حجم زیادی از مواد گلی به‌صورت جریان گل از دامنه‌ها به بیرون سرازیر و پس از طی مسافتی، حرکت آنها متوقف می‌شود (شکل ۷). طول این روانه‌های گلی در بیشتر مواقع به ۶۰۰ تا ۷۰۰ متر و عرض ۵۰۰ متر می‌رسد. در این مرحله مواد چسبندگی متوسطی دارند.

**– مرحله سوم:** خروج مواد با چسبندگی زیاد همراه با مقدار کمی گاز متان (Extrusive): در این مرحله فعالیت گل‌فشان به کمترین میزان می‌رسد و خروج گل به آرامی و با دبی خیلی کم صورت می‌گیرد. دهانه گل‌فشان به تدریج توسط رسوبات گلی مسدود می‌شود. این مرحله بیشتر نقش سازندگی و تکامل دارد.

از میان مراحل بالا مراحل اول و دوم خیلی مخاطره آمیز است.

## ۷- تحلیل فرونشست (Subsidence) گل‌فشان ناپگ

در پیرامون گل‌فشان ناپگ چندین فرونشست حلقوی وجود دارد که نزدیک‌ترین و مرتفع‌ترین آنها به مخروط گلی، حدود ۳۰۰ متر و دورترین آن در حدود ۱۰۰۰ متر است. در مواقع فوران‌های شدید، به دلیل خروج حجم زیادی از گازها و مواد گلی محبوس در لایه‌های درونی گل‌فشان، فرونشست رخ می‌دهد. ژرفای نشست در گل‌فشان ناپگ حدود ۳ متر است (شکل‌های ۱۰، ۱۱ و ۱۲). شیب فرونشست در سوی شمال خاوری مخروط است.

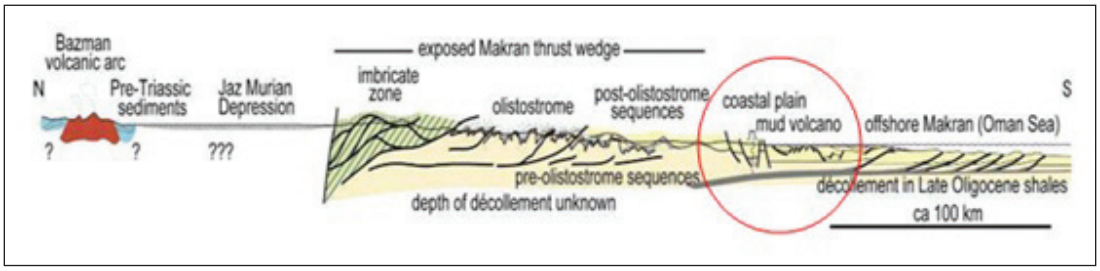
## ۸- ویژگی‌های رسوبی گل‌فشان

بررسی رسوبات بیرون آمده از گل‌فشان نشان می‌دهد که ذرات تشکیل‌دهنده آن در ابعاد رس و سیلت هستند. عنصر آلومینیم میانگین ۸/۸۹ درصد و آهن میانگین ۴/۴ درصد دارد. فراوانی این دو عنصر به دلیل غنی بودن رسوبات گل‌فشان از رس‌هاست. همچنین به دلیل آلودگی نفتی در ترکیب رسوبات، نیکل با میانگین ppm ۹۰/۵۷، وانادیم با میانگین ppm ۱۱۵ و تیتان با میانگین ppm ۳۹۰۹ مقادیری بالاتر از مقدار زمینه دارند. گوگرد به دلیل بیرون آمدن گازهای سولفیدی از اعماق زمین و ته‌نشست آن درون رسوبات، مقادیر بالایی را شامل می‌شود. همچنین مقدار بالای تیتان در رسوبات گلی قابل توجه است و می‌تواند توجیه اقتصادی داشته باشد. بنابراین باید در زمینه اقتصادی بودن آن مطالعات بیشتری صورت گیرد. pH آن حدود ۸/۵۶ است؛ یعنی شرایط شورابه خنثی تا قلیایی است. دمای گل خروجی ۳۰ درجه سانتی‌گراد و شوری آن ۸ گرم بر لیتر و هدایت الکتریکی ۱۸۷۷۰ میکروزیمنس بر سانتی‌متر است.

## ۹- نتیجه‌گیری

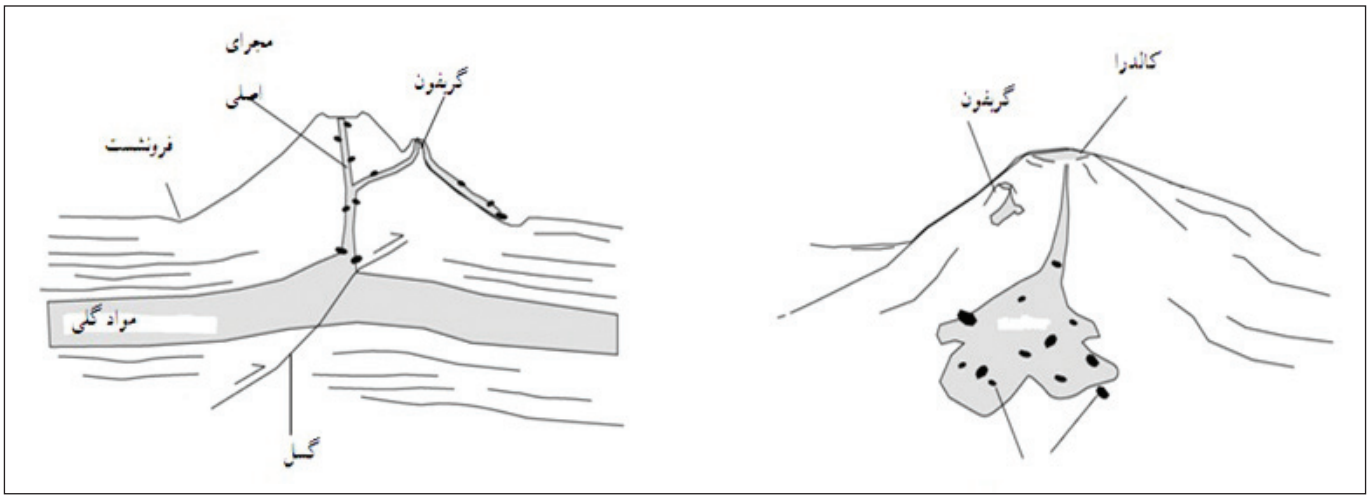
این پژوهش با هدف بررسی تغییرات ژئومورفولوژیکی گل‌فشان ناپگ به منظور شناخت بهتر دینامیک آن به عنوان یکی از پویاترین، متغیرترین و ناپایدارترین لندفرم‌های منطقه انجام گرفته است. علت تشکیل گل‌فشان درسواحل شمالی دریای عمان، حرکت صفحه اقیانوسی دریای عمان به زیرصفحه قاره‌ای ایران است. فشار به وجود آمده سبب خروج آب و گل در راستای زون‌های شکسته شده می‌شود.

از دید ژئومورفولوژیک جایگاه استقرار گل‌فشان، جلگه وسیع ساحلی است و به‌صورت یک ناهمواری کوچک، همواره بودن این بخش از جلگه ساحلی را تا حدی به هم زده است. جلگه ساحلی یاد شده در این منطقه کاملاً صاف و هموار است و به علت داشتن مواد ریزدانه رس، مارن، آهک و نمک منظره‌ای سفید رنگ به خود گرفته است. معمولاً دمای آب و گل خروجی، هم‌دما با محیط یا کمی کمتر از آن است و گاز خروجی از آن بیشتر منشأ زیستی دارد. این گل‌فشان در دوره های زمانی مختلف دچار تغییرات مورفولوژیک بسیاری شده و به نظر می‌رسد تغییر و تحولات خود را در سه مرحله مختلف انفجاری (Explosive)، خروج سریع با دبی زیاد (Effusive) و خروج آرام و تدریجی مواد با گرانروی بالا (Extrusive) طی کرده است. بررسی رسوب‌شناسی رسوبات بیرون آمده از گل‌فشان نشان می‌دهد که ذرات تشکیل‌دهنده در ابعاد رس و سیلت هستند. میزان عناصر کلسیم و استرانسیم به نسبت پایین و میزان عناصر آلومینیم، منیزیم، پتاسیم، آهن و غیره به نسبت بالا هستند و مواد تشکیل دهنده گرانروی بالایی دارند.



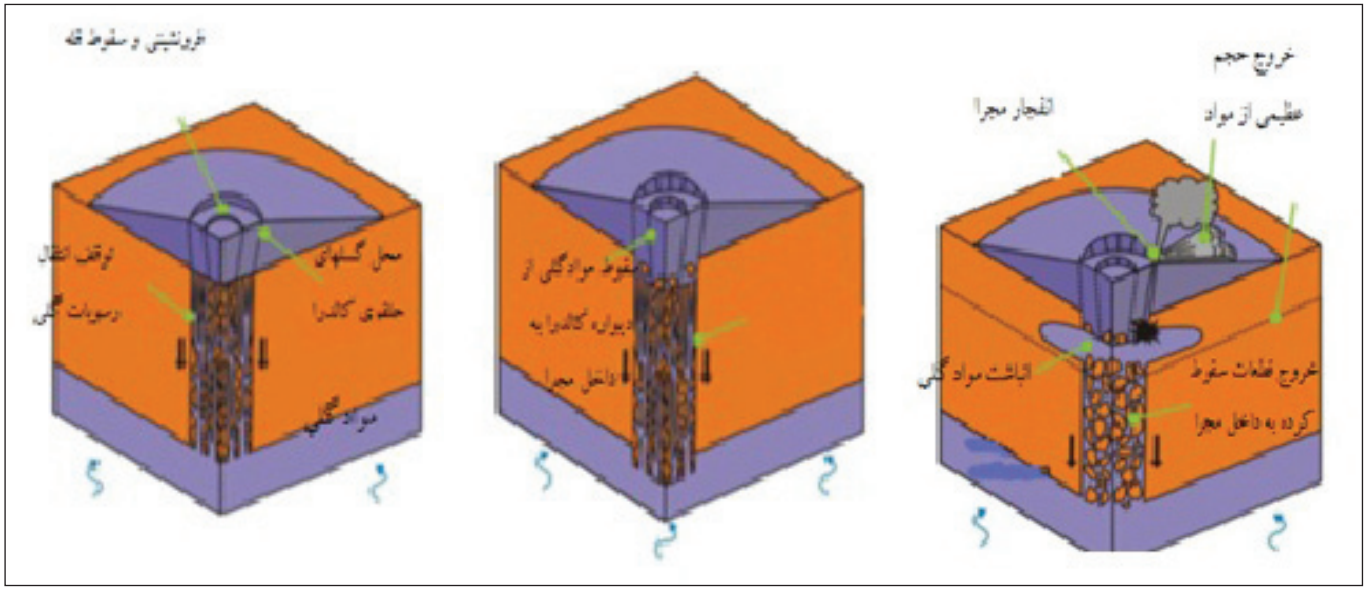

شکل ۱- سازوکار فرورانش صفحه اقیانوس هند به زیر مکران.

شکل ۲- موقعیت جغرافیایی گل‌فشان‌های مکران و گل‌فشان مورد مطالعه.

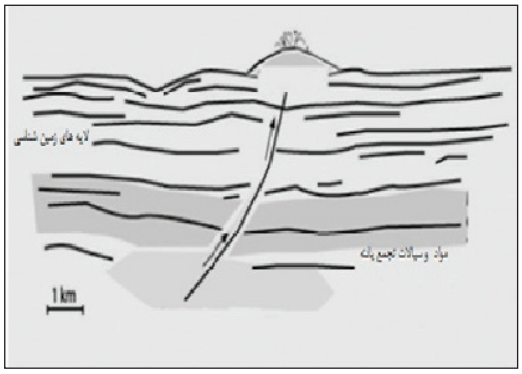



شکل ۳- نمایش مورفولوژی درونی و بیرونی گل‌فشان ناپگ.

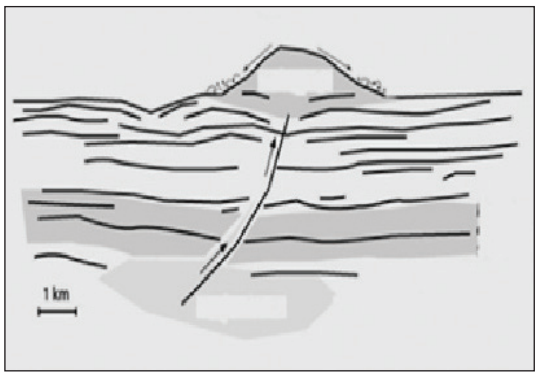
شکل ۴- تغییرات مورفولوژیکی مخروط گل‌فشان (۱- سال ۱۳۷۲، ۲-سال ۱۳۸۴، ۳- سال ۱۳۹۰، ۴- سال ۱۳۹۳).




شکل ۵- مدل کردن چرخه تغییرات گل‌فشان ناپگ و تحولات آن.

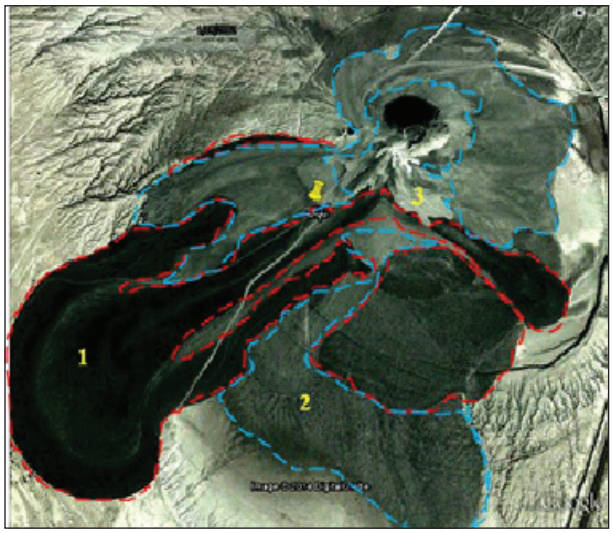



شکل ۶- نمایش سازوکار فعالیت در مرحله اول.

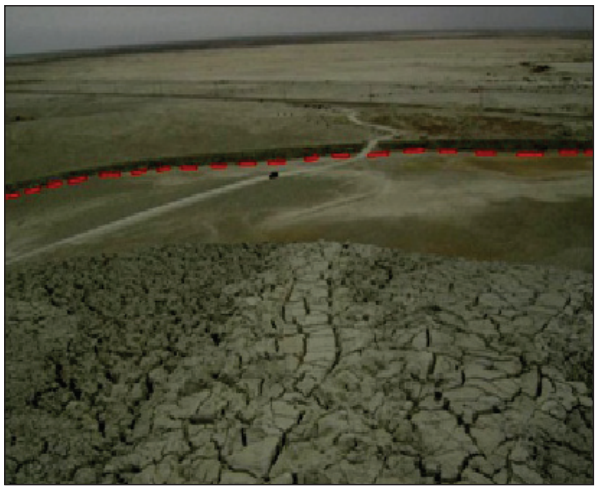



شکل ۷- نمایش سازوکار فعالیت در مرحله دوم.

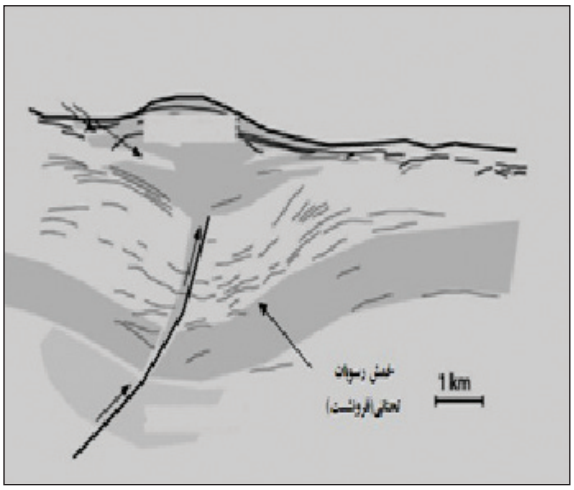
شکل ۸- خروج روانه‌های گلی در سطح دشت.




شکل ۹- تفکیک روانه‌های گلی گل‌فشان ناپگ از جدید به قدیم (۱- جدید، ۲- قدیم).



شکل ۱۰- محل فرونشست پیرامون مخروط گلفشان.




شکل ۱۱- سازوکار فرونشست در گل‌فشان ناپگ.

جدول ۱- مقادیر عناصر موجود در رسوب گل‌فشان ناپگ.

| | | | |
|---|---|---|---|
| Ag(ppm) | 0.1 | Nb | 16.26 |
| As(ppm) | 4.65 | Sn | 1.77 |
| CO(ppm) | 14.06 | Al | 8.89 |
| DY(ppm) | 3.17 | Ba | 153 |
| Er(ppm) | 1.70 | Ca | 4.2 |
| Eu(ppm) | 1.04 | Ce | 47.2 |
| Ga(ppm) | 14.39 | Cu | 27.8 |
| Gd(ppm) | 4.45 | Fe | 5.01 |
| Mo(ppm) | 0.51 | K | 2.19 |
| Nd(ppm) | 22.41 | La | 25.1 |
| P(ppm) | 606.7 | Mg | 2.11 |
| Pb(ppm) | 11.57 | Mn | 669 |
| Rb(ppm) | 95.51 | Na | 1.84 |
| Sm(ppm) | 4.02 | Sc | 16.5 |
| Te(ppm) | 0.04 | Sr | 170 |
| Ti(ppm) | 1.04 | Ti | 3903 |
| U(ppm) | 3.51 | V | 115 |
| Th(ppm) | 9.34 | Y | 22.9 |
| Ge(ppm) | 2.33 | Yb | 2.72 |
| Li(ppm) | 48.18 | Zn | 80.3 |
| Be(ppm) | 1.26 | S | 2384 |
| Ni(ppm) | 90.58 | Zr | 186 |
| Cd(ppm) | 0.21 | Cr | 171 |
| Cs(ppm) | 6.42 | | |

جدول ۲- ویژگی‌های شیمیایی گل خروجی از گلفشان مورد مطالعه (مرکز اقیانوس‌شناسی چابهار).

| نام | شوری (گرم بر لیتر) | هدایت الکتریکی (میکروزیمنس بر سانتی‌متر) | pH | دما (درجه سانتی گراد) |
|---|---|---|---|---|
| ناپگ | ۸ | ۱۸۷۷۰ | ۸/۵۶ | ۳۰ |

## کتابنگاری


آقانباتی،ع.، ۱۳۸۳- زمین‌شناسی ایران، انتشارات سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، چاپ اول.

صمدیان، م.، ۱۳۷۶- بررسی‌های نئوتکتونیک در گستره‌های ساختاری مکران و زاگرس بیرونی، سازمان زمین‌شناسی کشور.

فصل بهار، ج.، ۱۳۸۹- بررسی زمین‌شناسی گل‌فشان‌های حاشیه جنوب خاوری دریای خزر، فصلنامه علوم زمین.

نژادافضلی، ک. و لک، ر.، ۱۳۸۹- بررسی گل‌فشان‌های سواحل شمالی دریای عمان، سازمان زمین‌شناسی کشور، مدیریت زمین‌شناسی دریایی.

نگارش، ح.، ۱۳۸۵- طرح تحقیقاتی مطالعه گل‌فشان‌های استان سیستان و بلوچستان، دانشگاه سیستان و بلوچستان.


## References


Arshadi, S. and Forster, H., 1983- Geological structure and ophiolites of Iranian Makran. Geodynamics project in Iran, R.G.S.I. rep.no. 51, p. 479-488.

Dolati, A., 2010- Stratigraphy, structural geology and low-temperature termochronology across the Makran accretionary wedge in Iran, Diss ETH, No. 19151, 215pp.

Farhoudi, G. and Karig, D. E., 1977- Makran of Iran and Pakistan as an active arc system. Geology 5, 664–668.

Guliyev, I. and Feizullayev, A., 2001- All About Mud Volcanoes, Geology Institute of Azerbaijan National Academy of Sciences

Kidd, R. G. W. and McCall, G. J. H., 1985- Plate tectonics and the evolution of Makran. In McCall, G. J. H. (ed) East Iran Project, Area No. I. Geological Survey of Iran, Report, 1, 564- 618.

Mokhtari, M., Abdollahie Fard, I and Hessami, Kh., 2008- Structural elements of the Makran region, Oman sea and their potential relevance to tsunamigenesis. Nat Hzards, 47. 185-199

Negaresh, H. and Khosravi, M., 2008- The Geomorphic and Morphometrics of Napag Mud Volcano In the South Eastern Area of Iran, Journal of Humanities, Vol. 30, No.2, 51-68.

Snead, R. E., 1970- Physical Geography of the Makran Coastal plain of Iran, University of New Mexico, Albuquerque. p509.

# Investigation of geomorphological changes and sediment characteristics of Napag mud volcano, Makran, Iran

**K. Nezhad-Afzali[1*], R. Lak[2], M. Ghorashi[3]**

[1]Assistant Professor, Department of Physical Geography, Faculty of Human Sciences, University of Jiroft, Jiroft, Iran

[2]Assistant Professor, Research Institute for Earth Sciences, Geological Survey of Iran, Tehran, Iran

[3]Professor, Research Institute for Earth Sciences, Geological Survey of Iran, Tehran, Iran

Received: 2015 January 07 Accepted: 2016 November 15

**Abstract**

Mud volcano is a natural and spectacular phenomenon that usually appear in form of a dome but some are found as a basin. Mud volcanoes comprise a mixture of water, gas and mud. They are found in most parts of the world, particularly in the Alps and Himalayas belts. In Iran, most of the mud volcanoes appear in coastal plains of the Caspian and Oman Seas. Mud volcanoes are known as indicators of oil and gas resources, and they are used to predict the existence of oil and gas reservoirs in Earth subsurface. The Napag mud volcano, as the largest and most active one in Iran, is located on the northern coast of the Oman Sea and is an interesting natural occurrence in the country. It is associated with a 39-m-high cone-shaped hill and several active and inactive vents. Mud eruption with different rates occurs usually every 3-5 minutes, and flows out from the western disrupted side of the edifice downslope toward the surrounding plain. In this research, a sediment sample was taken from the mud-flow during the field work, then analyses was analyzed for major, accessory and trace elements using ICP-OES machine in the laboratory. In addition, an analysis of the grain size of the sediment sample was carried out and the data were processed by the SPSS software. Results show that the sediment particles are of clay and silt in size. Al and Fe elements constitute 89.8 and 4.4 % of the sediment, and their high frequency is related to the high percentage of clay in the sediment. The evolution of the Napag mud volcano was investigated in three different stages: (1) Explosive, (2) Effusive (fast eruption with high rate), (3) Extrusive (slow and gradual eruption of material with high viscosity).

**Keywords:** Napag Mud volcano, Geomorphological Changes, Sedimentology, Makran.

For Persian Version see pages 261 to 266

*Corresponding author: K. Nezhadafzali; E-mail: k_afzali2007@yahoo.com



Created with nitroPDF professional
download the free trial online at nitropdf.com/professional