بررسی ژئوشیمی و کانی‌شناسی مواد تشکیل دهنده گل‌فشان‌های حاشیه جنوب خاوری دریای مازندران و رسوبات بسترحاشیه دریا

محمد علی آرین [۱*] و جلال فصل بهار [۲]

[۱] استادیار، گروه زمین‌شناسی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران شمال، تهران، ایران
[۲] مربی، گروه زمین‌شناسی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران شمال، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۰۲/۲۹ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۰۸/۰۴

چکیده

موادتشکیل دهنده گل‌فشان‌های واقع در بخش جنوب باختری دریای مازندران (کشور آذربایجان) با هدف پی‌بردن به خاستگاه شان از نظر روند تشکیل، کانی‌شناسی و ژئوشیمی مورد مطالعه قرارگرفته‌اند، ولی تاکنون گل‌فشان‌های منطقه گمیشان با دیدگاه کانی‌شناسی و ژئوشیمی بررسی نشده است این پژوهش برای اولین بار با هدف پی‌بردن به خاستگاه آنها از گل‌فشان‌ها و رسوبات بستر حاشیه دریای منطقه مورد مطالعه نمونه‌برداری و بررسی شده است. نتایج ژئوشیمی وکانی‌شناسی نمونه‌های برداشته شده که با روش‌های XRD,XRF,ICP تعیین اندازه آنیون‌ها انجام شده، نشان می‌دهد که کانی های اصلی سه گل‌فشان قارنیاریق، نفتلیچه و اینچه برون و رسوبات بستر دریا را کوارتز، کلسیت و آلبیت و کانی‌های فرعی آنها را عمدتاً هالیت، کانی‌های رسی نظیر ساپونیت، ناترولیت و مسکوویت تشکیل می‌دهند، بنابراین می‌توان نتیجه گرفت هر سه گل‌فشان خاستگاه مشترکی دارند. در ضمن نتایج آزمایش‌های انجام شده با نتایج آزمایش‌هایی که در مورد گل‌فشان داش گیل (واقع درکشور آذربایجان) از نظر اندازه اکسیدها و عناصر با هدف مشابه انجام شده و شیمی دریای مازندران (خزر) که از طرف پژوهشگران صورت گرفته، مقایسه شده است. از این مقایسه مشخص شد که گل‌فشان‌های مورد مطالعه منطقه از نظر عناصر Na, K, Ca, Al نسبت به گل‌فشان داش‌گیل و دریای خزر غنی و از نظر Cl فقیر است.

کلیدواژه‌ها: ژئوشیمی، کانی‌شناسی، گل فشان، جنوب خاوری دریای مازندران، گمیشان.

***نویسنده مسئول:** محمد علی آرین
E-mail: Maa1361@yahoo.com

۱- پیش‌نوشتار

در دهه‌های اخیر ژئوشیمی وکانی‌شناسی پدیده گل‌فشان‌ها مورد توجه پژوهشگران علوم‌زمین قرارگرفته است، به‌ویژه زمین‌شناسانی که در زمینه اکتشاف نفت کاوش می‌کنند پدیده گل‌فشان عمدتاً در مناطقی، به وجود می‌آید که رسوبات ریزدانه نظیر رس و سیلت دارند، (Inna et al., 1997). شرایط تشکیل گل‌فشان‌های منطقه را ۱) رسوب‌گذاری سریع رسوبات کواترنری که از جمله رسوبات ستبر دنیا به‌شمار می‌آید (بیش از۲/۴ ،۱۰^{۶} کیلومتر در سال)، ۲) به تله افتادن گاز متان در لایه‌های ژرف رسی ورسوبات ریز دانه و ۳) تاقدیس‌های تله که ناشی از نیروهای فشارشی زمین‌ساخت به وجود آمده، فراهم می‌کند (Mazzini et al., 2009; Mellors et al., 2007; Guliyov et al., 2002).

بررسی گل‌فشان‌ها به چند دلیل اهمیت دارندکه به برخی از آنها اشاره می‌شود ۱) همراه گل وجود قطعاتی از سازندها و یا واحدهای زیرسطح زمین، اطلاعات ارزشمندی درباره آنها می‌دهد. برای مثال مطالعاتی که روی گل‌فشان‌های حاشیه جنوب باختری دریای مازندران انجام شده است، قطعاتی از واحدهای زیرسازند مایکوپ همراه گل به سطح زمین آمده‌اند گفتنی است که سازند مایکوپ در ژرفای ۸/۵ تا۱۱ کیلومتری حاشیه باکو قرارگرفته است (Planke et al., 2003). ۲) با بررسی کانی‌شناسی گل‌ها می‌توان درباره ژرفای دیاپیرشان اطلاعات با ارزشی به دست آورد. برای مثال در سال ۲۰۰۱ کوپر درارتباط با ژرفای انباره گل مطالعاتی انجام داده و نتیجه گرفته که انباره در ژرفای ۱۴ کیلومتری است (Cooper, 2001). آلوئوی به اتفاق همکارانش با بررسی میزان کانی‌های اسیمکیت و ایلیت در لایه‌های دربرگیرنده انباره دوگل‌فشان به نام‌های مکنز (Maknes) وگیرسبورگ (Grisburg) واقع درخلیج کادیز (Cadiz) توانستند ژرفای انباره دو گل‌فشان را برآورد نمایند (Alaoui Mhammedi et al., 2008) ۳) گاز متان خارج شده از دهانه گل‌فشان‌ها از جمله مواردی است که در تغییرات آتمسفر نقش دارد. بنابر مطالعاتی که پژوهشگران در این باره انجام داده‌اند، مشخص کرده‌اند که تقریباً بیش از ۹-۶ mt/y گازمتان وارد آتمسفر می‌شود (Elipe & Milkov, 2004). مازینی و همکارانش به‌منظور پی بردن به خاستگاه، ژرفا و واکنش گل شل با سنگ‌های پیرامون آن ژئوشیمی گل‌فشان داش‌گیل را مورد بررسی قرار داده و با اندازه‌گیری گازهای گل‌فشان مشخص کردند که ۹/۹۴-۶/۹۹ درصد گازمتان و ۳/۰-۱/۵ درصد CO_2 و گاز اتان کمتر از ۴/۰ درصد تشکیل داده است(Mazzini et al., 2009). ۴) این پدیده اغلب با منابع هیدروکربور ارتباط نزدیک دارند و به منظور پی بردن به ذخایر آنها از جمله شاخص قابل توجه هستند .(Mazzini et al., 2009)

در کل گل‌فشان‌ها را می‌توان از نظر فعالیت و رفتار به سه صورت رده‌بندی کرد. ۱) انفجاری (eruptive)، این نوع فعایت به میزان فشار وارده به گل آماده به خروج دارد و دوره‌ای است. ۲) خوابیده (dormant) دراین گونه گل‌فشان‌ها، در فاصله میان فوران‌ها گاز خارج نمی‌شود، یا به صورت حباب‌های کوچک و یا ۀه صورت نقطه‌ای در سیال‌های و یا رسوبات مشخص می‌شوند. ۳) غیرفعال (ex-tinct) یا خاموش، هیچ اثری از فوران سیال و یا خرده سنگی از آنها ثبت نشده است (Mazzini et al., 2009). به طورکلی فوران‌های گل‌فشان با آزادشدن گازمتان ترموژنیک که اغلب در ژرفای بیش از ۱۰ کیلومتر تولید شده است صورت می‌گیرد (Mazzini et al., 2009). فوران‌های گل فشان امکان دارد بر اثر فعالیت لرزه‌ای، فشار امواج ناشی از آن و شکستگی‌ها به و جودآید. به طور کلی گل‌فشان‌ها در راستای گسل‌ها رخ می‌دهند، شکستگی‌های ناشی از چین‌خوردگی‌ها آنها را کنترل می‌کنند. (Guliyev et al., 2002; Mellors et al., 2007)

اختلاط آب‌های زیرزمینی وسطح زمین طی صعود به طرف بالا امکان دارد با انباره گل‌فشان ارتباط داشته باشد، بنابراین، آب گل ممکن است مخلوطی از آب زیرزمین و سطح باشد (Di et al.,1999) و به فرایندهای شیمیایی کانی‌ها نظیر هیدراته شدن، جذب سطحی، واجذبی سطحی کانی‌های رسی، رسوب، انحلال، واکنش‌های کاهش و تخریب مواد آلی تأثیر بگذارد (Planke et al., 2003) .

گل‌فشان‌های حاشیه جنوب خاوری دریای خزر (گمیشان) نیز از این اصول پیروی کرده و در حال حاضر سه گل‌فشان نیمه فعال آرام در منطقه گمیشان استان

گلستان (شمال خاوری ایران) ظاهر شده‌اند. گل‌فشان‌های جنوب خاوری نسبت به تعداد گل‌فشان‌های جنوب باختری دریای خزر (کشور آذربایجان) بسیار کم هستند و دلیل آن کم ستبرا بودن رسوبات کواترنری در این منطقه و افزایش ستبرای سازندهای چلکن،آقچاگیل و آبشرون از شمال خاوری به سوی شمال باختری است (فصل‌بهار و همکاران، ۱۳۹۰-الف).

۲- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه در شمال - شمال خاوری استان گلستان و میان طول‌های جغرافیایی °۵۴ و °۵۵ و عرض‌های °۳۷ تا °۳۸ واقع شده است. منطقه از نظر توپوگرافی کم‌شیب است، به طوری که اختلاف میان بلندترین نقطه تاپست‌ترین نقطه حداکثر ۷۰ متر است. رسوباتی که منطقه گمیشان را می‌پوشاند عمدتاً رسوبات دریاچه‌ای (سیلت، رس و ماسه بادی) و درآق‌قلا رسوبات آبرفتی کم ستبرا می‌پوشاند که زیر آن رسوبات دریاچه‌ای قرار دارد. البته این نهشته‌ها به طور متناوب روی هم قرارگرفته‌اند. در شکل ۱ موقعیت منطقه مورد مطالعه و محل نمونه‌برداری از گل‌فشان‌ها و بستر حاشیه دریا نشان داده شده است.

۳- مواد و روش‌ها

ضمن بررسی و مقایسه ریخت‌شناسی این سه گل‌فشان طی دو بازدید یعنی در سال‌های ۲۰۰۹ و۲۰۱۱، از نقاط مختلف گودال گل‌فشان‌ها به منظور بررسی کانی‌شناسی و ژئوشیمی چندین نمونه از ژرفای حدود ۱۵تا۲۰ سانتی‌متری آنها برداشت شد و در شیشه‌هایی که از قبل با اسید شستشو و آماده شده بود، قرار گرفت. در محل درجه حرارت گل سه گل‌فشان اندازه‌گیری شدکه به طور میانگین میان ۲۸-۲۹ درجه سانتی‌گراد بودند. pH گل سه گل‌فشان ۷/۵-۸ بود. نمونه‌ها در حرارت ۴ درجه سانتی‌گراد نگهداری شد. از میان نمونه‌های جمع‌آوری شده ۶ نمونه با کدهای S6, S5, S4, S3, S2, S1 انتخاب شد که کدهای S3, S2, S1 به گل‌فشان نفتلیچه،S4 به گل‌فشان قارنیاریق وS5,S6 به گل‌فشان اینجه برون تعلق دارد و به دوگروه تقسیم شد.گروه ۱ برای تعیین نوع کانی‌های اصلی و فرعی با روش XRD انتخاب شد که در دو مرحله: الف) تعیین نوع کانی به روش XRD ب) برای تعیین نوع کانی‌های رسی توسط دستگاه مدل PW1800 ساخت فیلیپس در شرکت کانساران بینالود انجام شده است. سه نمونه از سه گل‌فشان نیز به منظور تعیین عناصر اصلی و فرعی با روش ICP با دستگاه اندازه‌گیری ICP.OES ساخت آلمان شرکت اسپکترومدل آرکوزدر شرکت زرکاوان البرز انجام شد. به منظور دقت بیشترنمونه‌ها با کدهای S6, S5, S4, S3, S2, S1 درآزمایشگاه شرکت کانساران بینالود توسط دستگاه با مدل PW1480 ساخت فیلیپس نیز مورد آزمایش XRF قرارگرفتند. سه نمونه با کدهای S6, S4, S2 برای تعیین آنیون‌های NO_3, SO_3, Br, Cl انتخاب شد که در آزمایشگاه شرکت فرآورده‌های معدنی توسط دستگاه طیف سنجی مدل Waters 2695 Alliance به روش آنیون کروماتوگرافی ۱۱ - ASTM D 4327 و Conductivity 432 Detector تجزیه شدند. به منظور بررسی کانی‌ها و عناصر بستر حاشیه دریا نیزاز سه نقطه خواجه نفس با کد N1، گمیشان با کد N2 و میان گمیشان و خواجه نفس با کد N3 که از سطح دریا ۱۰ متر ژرفا داشتند، توسط غواصان با دو منظور به ژرفای ۱۵ تا ۲۰ سانتی‌متر از رسوبات بستر نمونه‌برداری شد و در ظروف از پیش آماده شده قرار گرفته‌اند. نمونه‌ها به آزمایشگاه شرکت بینالود برای تعیین نوع کانی و عناصر با روش‌های XRF, XRD ارسال شد.

۴- نتایج کانی‌شناسی و ژئوشیمیایی

نتایج ژئوشیمیایی نمونه‌های برداشته شده از سه گل‌فشان و بستر دریا با روش ICP و XRD و مقایسه آنها با مقادیرعناصرموجود در گل‌فشان داش‌گیل (Mazzini et al., 2009) و دریای خزر (Planke et al., 2003) در جدول ۷ آمده است.

۴-۱. گل‌فشان قارنیاریق

گل‌فشان قارنیاریق با مختصات ′۲۳ و °۵۴ طول و ′۰۷ و °۳۷ عرض جغرافیایی در ۲۵ کیلومتری شمال باختری گمیشان قرار گرفته است و با شهرستان آق‌قلا ۱۵ کیلومتر فاصله دارد (شکل ۱). قطر این گل‌فشان در حدود ۷۰۰ متر و از دو کراتر تودرتو به وجودآمده است (شکل ۲). ارتفاع کراتر بیرونی در حدود ۲۰ تا۳۰ متر با شیب تقریباً ۶۰ درجه و از خرده سنگ‌هایی به سن کرتاسه- میوسن تشکیل شده، ارتفاع کراتر درونی در حدود ۱۰ متر با شیب تقریباً ۴۰ درجه و از رسوبات ریزدانه نظیر رس، سیلت و ماسه ریزبه رنگ خاکستری، خاکستری روشن تشکیل شده است. بافت آن بسیار سست‌تر از بافت رسوبات کراتر بیرونی است. سطح آن توسط جانوران حفر شده و شاید هم محل خروج گاز و یا گل باشد (فصل‌بهار، ۱۳۹۱؛ موسوی روح‌بخش، ۱۳۸۰). سطح فضای میان دو کراتر در فصل تابستان خشک است. در حاشیه جنوبی کراتر بیرونی دو گودال به قطر حدود ۸۰ سانتی‌متر وجود دارد که از سطح آن حباب گاز متان تقریباً هر دو دقیقه ظاهر می‌شود (شکل ۳). در ضمن در شکل ۲ تغییرات ریخت‌شناسی دو بازدید نشان داده شده است.

رسوبات گل از رس، سیلت و ماسه ریز خاکستری تیره رنگ تشکیل شده است و بر اساس داده‌های حاصل از آزمایش XRD کانی‌های اصلی آن را کوارتز، کلسیت و کانی‌های فرعی را آلبیت، ارتوکلاز، هورنبلند، کلریت، مسکوویت، ایلیت و هالیت تشکیل می‌دهد (جدول ۱).

باتوجه به داده‌های آزمایش XRF گل‌فشان قارنیاریق نسبت به دو گل‌فشان دیگر از نظر اکسیدهای Al_2O_3, MgO, TiO_2, MnO غنی و از نظر CaO ,SiO_2 ,P_2O_5 کمی بیشتر و از لحاظ اکسیدهای Na_2O, K_2O, Fe_2O_3 فقیر است (شکل ۴) (جدول ۳). اندازه عناصرCa, Zn, Pb این گل‌فشان نسبت به دوگل‌فشان دیگرزیاد، اندازه عناصر Ge, Ce, V, Cl, Ni, Ba کمی بیشتر و از نظر عناصر Sr, Cr فقیر است در شکل ۵ اندازه برخی از عناصر آن نشان داده شده است. اندازه آنیون‌های NO_3, Br این گل‌فشان نسبت به دو گل‌فشان دیگر بیشتر و از نظر Cl, SO_4 متوسط است (جدول۶؛ شکل۶). بر اساس داده‌های آزمایشICP میزان درصد عناصر این گل‌فشان نسبت به دو گل‌فشان دیگر از نظر Al, Ca, K, Na غنی و از نظر Fe, Mg متوسط است. میزان عناصر در حد ppm این گل‌فشان نسبت به دو گل‌فشان دیگر از نظرPb, Ni, Ba, As, غنی و از نظر Cr, Sr کمی بیشتر و از نظرS فقیر است (جدول ۸).

۴-۲. گل‌فشان نفتلیچه

گل‌فشان نفتلیچه به عرض جغرافیایی ۴ و °۵۴ طول جغرافیایی ′۸ و °۳۷ در ۵ تا ۷ کیلومتری شمال خاوری گمیشان قرار گرفته است. قطر آن درحدود۳۰ متراست که در مقایسه با بازدید سال ۱۳۸۸ تپه آن نسبت به تپه‌های مجاور در حدود ۱/۵ متر بلندتر بود، در بازدید ۱۳۹۱ براثر فرونشست ریخت‌شناسی آن به صورت قیف پلکانی درآمده است و در وسط در چند نقطه دوایرتودرتو که محل خروج گاز است در حال جوشش دیده می‌شود (شکل‌های ۷، ۸). گل آن از رس، سیلت به رنگ خاکستری تیره تشکیل شده است و در حاشیه قیف براثر تبخیر ترک‌های چند ضلعی به وجود آمده است (شکل ۹). بر اساس مطالعات میدانی و آزمایشگاهی سن رسوبات میوسن بالایی-کواترنر تعیین شده است (موسوی روح بخش، ۱۳۸۰؛ فصل‌بهار و همکاران، ۱۳۹۰- ب).

طبق داده‌های آزمایش XRD کوارتز، کلسیت و آلبیت کانی‌های اصلی و هالیت، کلریت، مسکوویت، ایلیت، پیریت و ارتوکلاز کانی‌های فرعی گل‌فشان را تشکیل می‌دهند (جدول ۱). با توجه به داده‌های آزمایش XRF اندازه درصد اکسیدهای اصلی این گل‌فشان نسبت به دو گل‌فشان دیگر از نظر P_2O_5, K_2O, SiO_2, متوسط و از نظر MnO, TiO_2, MgO, CaO ضعیف است (جدول ۳) Fe_2O_3, Na_2O

(شکل ۱۰). عناصر Ni, Cr, Ce, این گل‌فشان زیاد و از نظر Zn, Pb, Sr, Cu کمی بیشتر و اندازه عناصر Ba, Ge, Cl آن کم است. در شکل ۱۱ میزان برخی از عناصر آن نشان داده شده است. اندازه آنیون‌های Br, No_3 در آن نسبت به دو گل‌فشان دیگر متوسط و از نظر Cl, SO_3 کمترین مقدار را دارد (شکل ۶). با توجه به داده‌های آزمایش ICP اندازه در صد عناصر Al, Fe نسبت به دوگل‌فشان دیگر غنی، از نظر اندازه K کمی بیشتر و از نظر اندازه Ca, Mg, Na فقیر است. از نظر عناصر Cr, S, Sr, Zn, Zr در حد ppm نسبت به دو گل‌فشان دیگر غنی، Ba, Pb, Ti کمی بیشتر، از نظر Ni فقیر است (جدول ۸؛ شکل ۱۷).

۴-۳.گل فشان اینچه برون

این گل‌فشان به عرض ′۳۱ و °۵۴ و به طول ′۱۲ و °۳۷ در ۲۶ کیلومتری شمال شهرستان آق‌قلا واقع شده است. این گل‌فشان از نظر ریخت‌شناسی به صورت گودال با دیواره‌ای در حدود ۷۰ درجه که متناسب با میزان بارندگی در منطقه ژرفای آن تغییر می‌کند. در دیواره گودال این موضوع به خوبی قابل مشاهده است (شکل ۱۲). گل این گل‌فشان بسیار شل و در سطح آن بر اثر خروج گاز متان در چند نقطه جوشش دیده می‌شود. در منطقه بوی گازهای متان و دیگر ترکیبات هیدروکربن به شدت احساس می‌شود. گل از ذرات رس، سیلت به رنگ خاکستری روشن تشکیل شده است. در شکل ۱۲ مقایسه دو بازدید از گل‌فشان نشان داده شده است.

بر اساس داده‌های آزمایشXRD با کدهای S5, S6 کوارتز، کلسیت کانی‌های اصلی این گل‌فشان است. گفتنی است که در نمونه S5 هالیت کانی اصلی است، در نمونه S6 کانی فرعی به شمار می‌آید؛ به همین شکل کانی آلبیت در نمونه S6 کانی اصلی، در نمونه S5 کانی فرعی است.کانی‌های ارتوکلاز، ژیپس، کلریت، مسکوویت در هر دو نمونه فرعی هستند (جدول۱). با توجه به داده‌های آزمایشXRF اندازه در صد اکسیدهای این گل‌فشان نسبت به دوگل‌فشان دیگر از نظر $K_2O, Na_2O, MgO, TiO_2, MnO_2$ غنی، از نظر CaO به نسبت زیاد و از نظر SiO_2, P_2O_5 فقیر است (جدول ۳؛ شکل ۱۳). در این گل‌فشان عناصر Cl, Ba, Sr, Ge در حد ppm زیاد، عناصر Cu,Cr درحد ppm به نسبت زیاد، از نظر Zn, Pb, Ni, V, Ce, La فقیر است (شکل ۱۴). داده‌های آزمایش ICP نشان می‌دهد که اندازه نسبت درصد Mg نسبت به دوگل‌فشان دیگر زیاد، از نظر S, Pb, Ni, Ba در حدppm و عناصر Al، Ca، Na در حد درصد به نسبت زیاد است، ولی از نظر عناصر Sr, Cr, Zr, Ti, Zn در حد ppm Fe و K فقیر است (شکل ۱۵؛ جدول۸). از نظر اندازه آنیون‌های Cl, SO_3 غنی، ولی از نظر Br, NO_3 نسبت به دو گل‌فشان دیگر متغیر است (شکل۱۶؛ جدول۶).

از بستر حاشیه دریا از سه نقطه خواجه نفس با کد N1،گمیشان با کد N2 و میان گمیشان و خواجه نفس با کد N3 که از سطح دریا ۱۰ متر ژرفا داشتند، توسط غواصان با دو منظور به ژرفای ۱۵تا۲۰ سانتی‌متر از رسوبات بستر نمونه‌برداری شد و در ظروف از پیش آماده شده قرار گرفت. نمونه‌ها به آزمایشگاه شرکت بینالود برای تعیین نوع کانی و عناصر ارسال شد. موقعیت و نتایج آزمایش‌هایXRD و XRF سه نمونه به ترتیب به شرح زیر است:

۴-۴. نمونه N1

از بستر منطقه خواجه نفس از ژرفای تقریباً ۱۰ متر و از ساحل در حدود ۱۲ کیلومتر فاصله دارد. مختصات محل نمونه‌برداری ′۳۸ °۵۳ خاوری و ′۰۰ °۳۷ شمالی و نتیجه آزمایشXRF این نمونه درجدول ۴ آمده است. عناصر Zn, Sr, Cl, S بی‌هنجاری مثبت دارند. طبق نتیجه به دست آمده از تجزیه XRD در این نمونه کانی‌های کوارتز، کلسیت، دولومیت آلبیت، ساپونیت و دولومیت آهن‌دار وجود دارد (جدول ۲؛ شکل ۱).

۴-۵. نمونه N2

از بستر منطقه گمیشان با موقعیت ′۰۴ °۳۷ شمالی و ′۴۲ °۵۳ خاوری نمونه برداشت شده است. نتیجه آزمایش XRF این نمونه در جدول ۴ بیان شده است. عناصر S، Cl ، Sr و Zn در این نمونه نیز بی‌هنجاری نشان می‌دهند (شکل ۱۷). با توجه به نتیجه آزمایش XRD کانی‌های این نمونه عبارتند از کوارتز، کلسیت، دولومیت، آلبیت، کلینوکلر و ناترولیت (یک نوع زئولیت) است که به کانی‌های نمونه N1 شباهت زیادی دارند (جدول ۲).

۴-۶. نمونه N3

این نمونه از منطقه میان گمیشان و خواجه نفس با موقعیت ′۰۴ °۳۷ شمالی و ′۴۲ °۵۳ خاوری برداشت شده است که از ساحل در حدود ۹ کیلومتر فاصله دارد نتیجه آزمایش XRF این نمونه در جدول ۴ بیان شده است. عناصر S، Cl، Sr و Zn نیز بی‌هنجاری مثبت نشان می‌دهد (جدول ۲).

۵- بحث و نتیجه گیری

این پژوهش با هدف پی‌بردن به خاستگاه گل‌فشان‌های جنوب خاوری دریای مازندران (خزر)، کانی‌شناسی و ژئوشیمی مواد تشکیل دهنده آنها و رسوبات بستر منطقه تحت مطالعه، مورد بررسی قرار گرفته است.

بر اساس نتایج XRD کانی‌های اصلی مواد تشکیل دهنده گل‌فشان‌های مورد مطالعه را کوارتز، کلسیت و آلبیت و کانی‌های فرعی‌شان را کلریت، هالیت و مسکوویت و کانی‌های اصلی نمونه‌های برداشته شده از سه نقطه بستر حاشیه دریا (گمیشان، خواجه نفس و میان آن دو که موقعیت هر یک پیش‌تر گفته شده است). کوارتز و کلسیت و کانی‌های فرعی شان را عمدتاً آلبیت و کانی‌های مختلف رس نظیر ساپونیت، ناترولیت و مسکوویت تشکیل می‌دهد (جدول‌های ۱ و۲). وجود کانی ژیپس در گل‌فشان‌های نفتلیچه واینچه برون و پیریت در گل‌فشان‌های قارنیاریق و نفتلیچه نشانگر محیط احیایی هستند.

بر اساس داده‌های آزمایش XRF اندازه درصد اکسیدهای SiO_2, P_2O_5, CaO گل‌فشان قارنیاریق نسبت به دو گل‌فشان دیگر زیادتر و از نظر اکسیدهای Na_2O, K_2O, Fe_2O_3 کمتر است. در مقابل اندازه درصد اکسیدهای $MnO_2, TiO_2, K_2O,$ MgO گل فشان اینچه برون نسبت به گل‌فشان نفتلیچه غنی و از نظر اکسیدهای SiO_2, P_2O_5 فقیر است (جدول ۳).

نتایج XRF نمونه N1 بستر دریا از نظر Zn نسبت به دو نمونه غنی و از نظر Sr, Cl, S فقیر است. نمونه N2 از نظر Cl نسبت به نمونهN1 غنی، ولی نسبت به نمونه N3 فقیر است. نمونه N3 از نظرعناصرSr,Cl,S نسبت به دو نمونه غنی و از نظر Zn نسبت به نمونه N2 غنی، ولی نسبت به نمونه N1 فقیر است (جدول ۵).

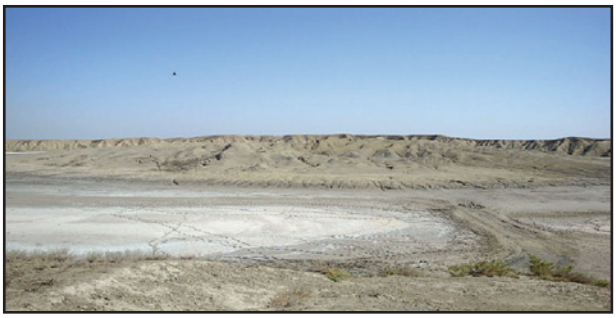
بنابر نتایج آزمایش آنیون‌ها کلراید در گل‌فشان اینچه برون بیشتر از دو گل‌فشان دیگر است. برامید در گل‌فشان قارنیاریق بیشتر از دوتای دیگر است. نیترات در گل‌فشان اینچه برون بیشتر از دوگل‌فشان است. سولفات در گل‌فشان اینچه برون بیشتر از قارنیاریق و نفتلیچه است. به طور کلی میزان برامید و نیترات در گل‌فشان قارنیاریق و کلراید و سولفات در گل‌فشان اینچه برون زیاد است (جدول ۶).

با توجه به نتایج آزمایش XRF نمونه‌ها در مقایسه با میزان عناصر Al , Cl, Fe ,Pb, Na, K موجود در دریای خزر (Planke et al., 2003) و گل‌فشان داش‌گیل (Mazzini, 2009) می‌توان چنین تفسیر کرد که میزان Cl گل‌فشان نفتلیچه ppm ۱۴۴۶۰-۷۲۲۳ نسبت به میزان Cl دریای خزر ppm ۱۹۳۵۴-۵۶۵۰ و گریفون گل‌فشان داش‌گیل کم و نسبت به گودال و چشمه آن زیاد است (جدول۴). میزان Na گل‌فشان‌های منطقه مورد مطالعه ppm ۲۰۹۰۰ -۲۶۱۰۰ است که نسبت به میزان Na دریای خزر ppm ۱۰۷۶۳ و چشمه وگودال داش‌گیل ppm ۵۰۸۴۲-۷۸۷۶ بیشتر و نسبت به گریفون آن کم است. میزان عنصر K در گل‌فشان‌های مورد مطالعه ppm ۱۶۰۰۰-۱۸۰۰۰ که نسبت به میزان K دریای خزر ppm ۳۹۹ و گودال داش‌گیل ppm ۹۰ و گریفون ppm ۳۴۱ و چشمه آن ppm ۱۷۵ زیاد است. میزان عنصر Ca سه گل‌شان ppm ۸۷۲۰۰-۱۱۰۲۰۰ است که نسبت به میزان Ca دریای خزر

ppm ۴۱۱ و چشمه ppm ۱۹۸، گریفون ppm ۱۸۴ و گودال ppm ۱۸۹ زیاد است. میزان Al گل‌فشان‌های منطقه ppm ۳۰۰۲۵-۵۳۶۰۰ است که نسبت به میزان Al دریای خزر ۰/۰۱ و گودال ppm ۸۶ ،گریفون ppm ۸۹ و چشمه ppm ۶۶ گل‌فشان داش‌گیل بسیار زیاد است. میزان عنصر Fe گل‌شان‌های منطقه حداقل ۲۰۴۰۰ و حداکثر ppm۳۶۰۰۰ است که نسبت به میزان Fe دریای خزر ppm ۰/۰۱ و گودال ppm۳۲۴، گریفون ppm۲۹۹ و چشمه ppm۲۹۵ زیاد است (جدول۴؛ شکل ۱۸).

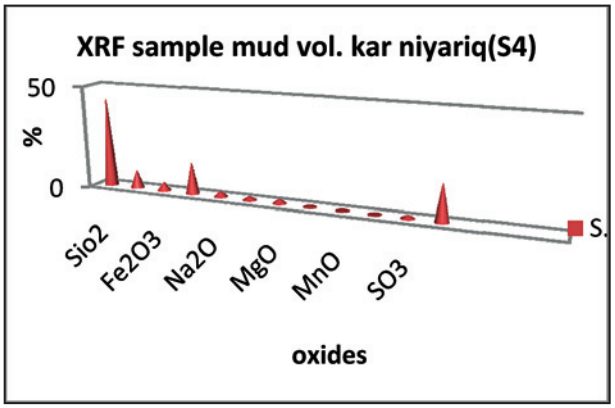
نتایج داده‌های ژئوشیمی نشان می‌دهد که به دلیل مشترک بودن کانی‌های اصلی در سه گل‌فشان و تغییر کانی‌های فرعی که عمدتاً به محیط رسوبی بستگی دارند و اندازه دانه‌های موجود در گل‌فشان‌ها در حد رس و سیلت است. از سوی دیگر میزان درصد اکسیده، عناصر در نمونه‌ها خاستگاه مشترکی را نشان می‌دهند و چه بسا هسته دیاپیری مشترکی داشته باشند که بر اثر فشارهای زمین‌ساختی از شکاف‌ها و درزهای ناشی از آنها با فاصله در سطح به صورت گل‌فشان ظاهر شده‌اند. دلیل دیگری که به این فرضیه قوت می‌دهد، در یک راستا بودن گل‌فشان‌ها است که احتمالاً در راس یکی از تاقدیس‌های زیر سطح زمین قرار گرفته است (شکل ۱۹).

شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه و علامت محل نمونه‌برداری از گل‌فشان‌ها و بستر حاشیه دریا را نشان می‌دهد.

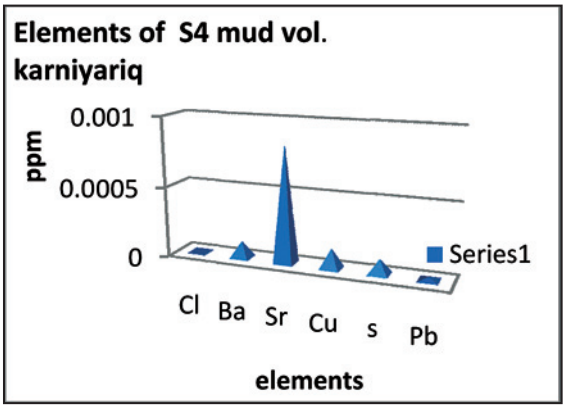


شکل ۲- نمای دوکراتر گل‌فشان قارنیاریق و مقایسه دو بازدید (سال‌های ۱۳۸۸ و ۱۳۹۱).

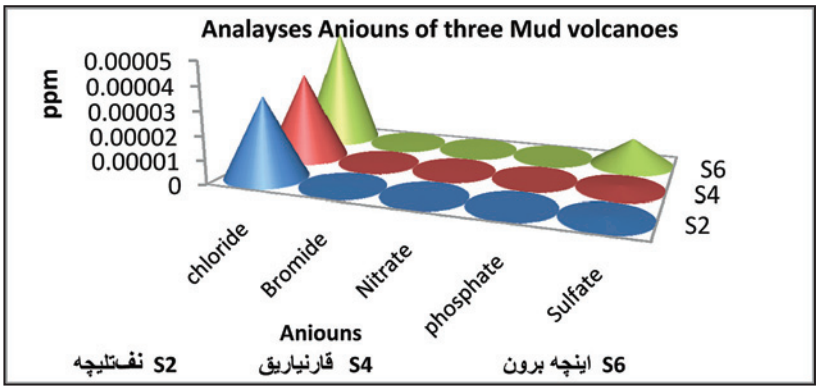
شکل ۳- گودال گل حاشیه کراتر بیرونی.



شکل ۴- اندازه اکسیدهای اصلی به روش XR F گل‌فشان قارنیاریق.

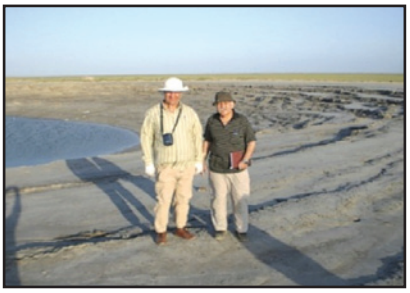


شکل ۵- اندازه برخی از عناصر گل‌فشان قارنیاریق به روش .XRF

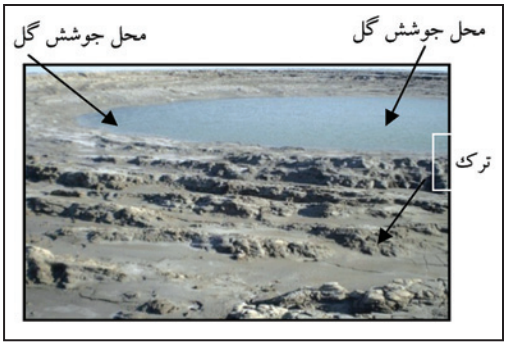


شکل ۶- نتایج آنیون‌های سه گل فشان.

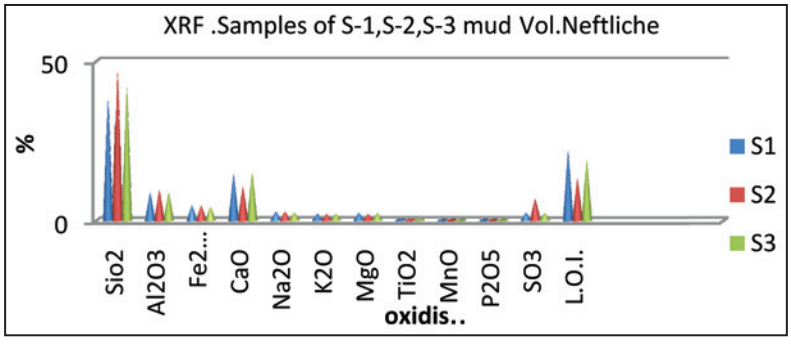
شکل ۷- نمای گل‌فشان در سال ۱۳۸۸.



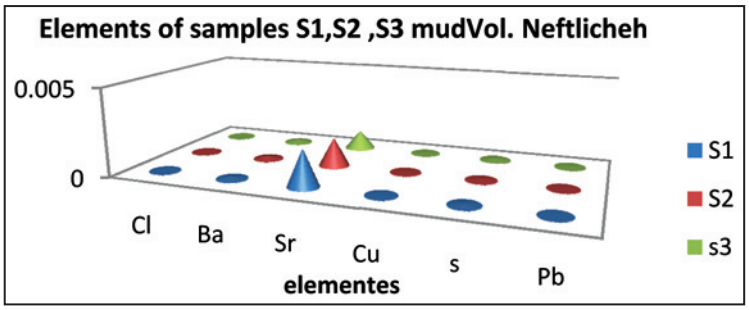
شکل ۸- نمای گل‌فشان در سال ۱۳۹۱.



شکل ۹- دهانه و مورفولوژی قیف پلکانی گل‌فشان نفتلیچه در سال ۱۳۹۱.

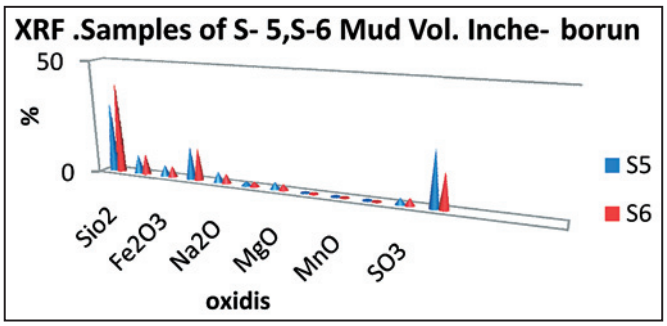


شکل ۱۰- اندازه اکسیدهای اصلی گل فشان نفتلیچه.

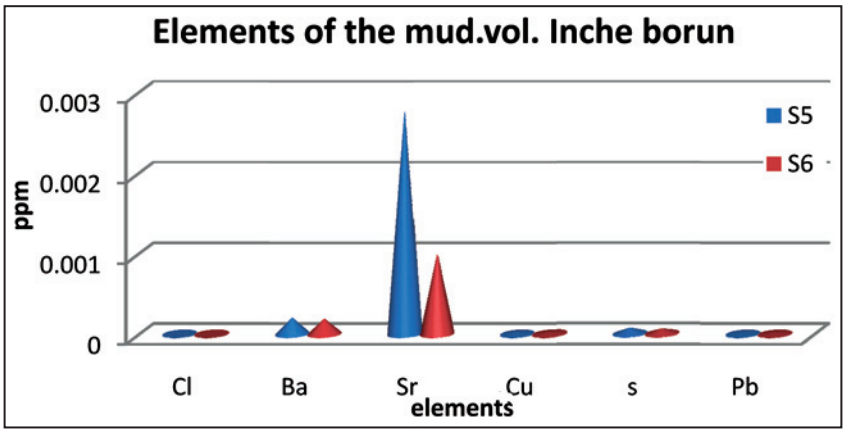


شکل ۱۱- اندازه برخی از عناصر گل فشان نفتلیچه.

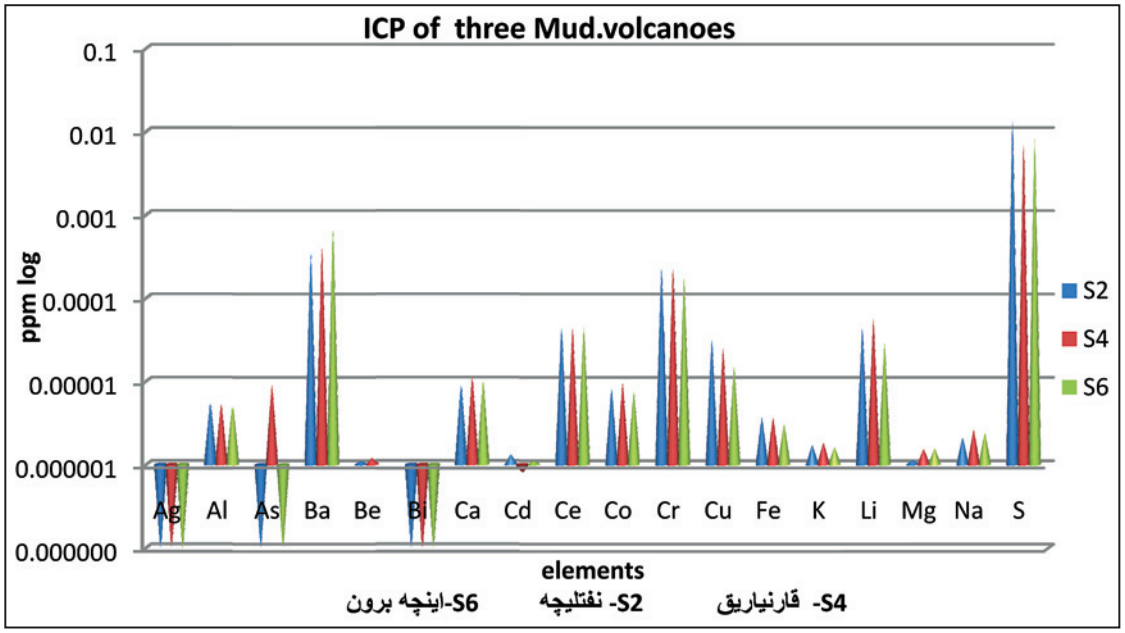
شکل ۱۲-گل‌فشان اینچه برون، مقایسه مورفولوژی در دو بازدید (سال های ۱۳۸۸و۱۳۹۱).



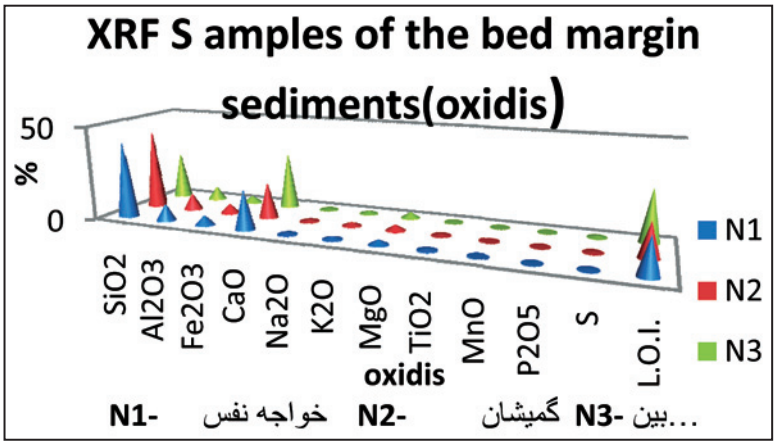
شکل ۱۳- اندازه اکسیدهای اصلی گل فشان اینچه برون .



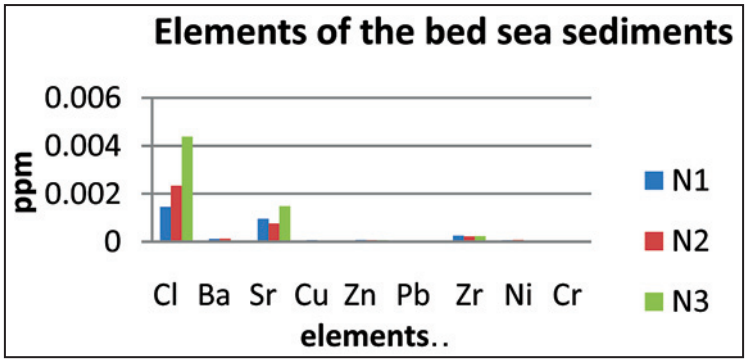
شکل ۱۴- اندازه برخی از عناصر گل فشان اینچه برون.



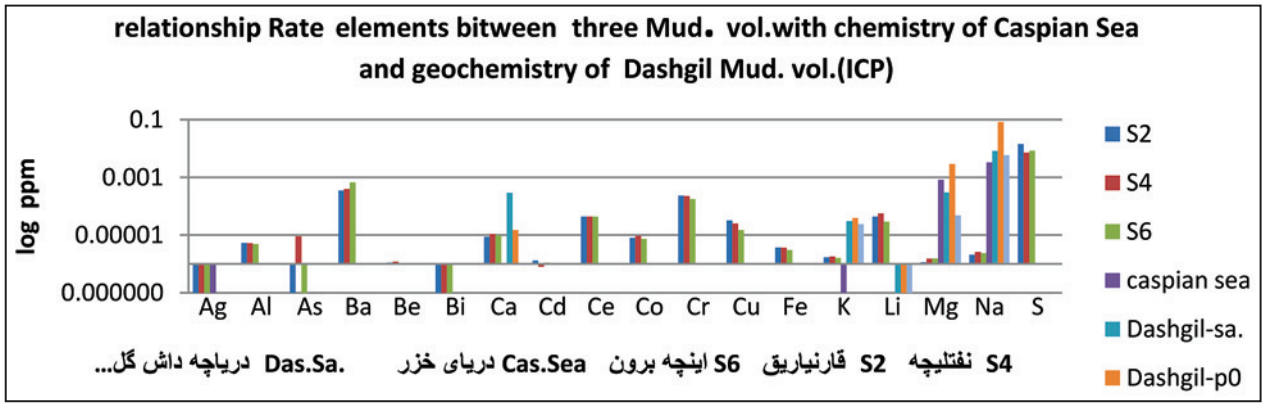
شکل ۱۵- اندازه عناصرسه گل‌فشان به روش ICP.



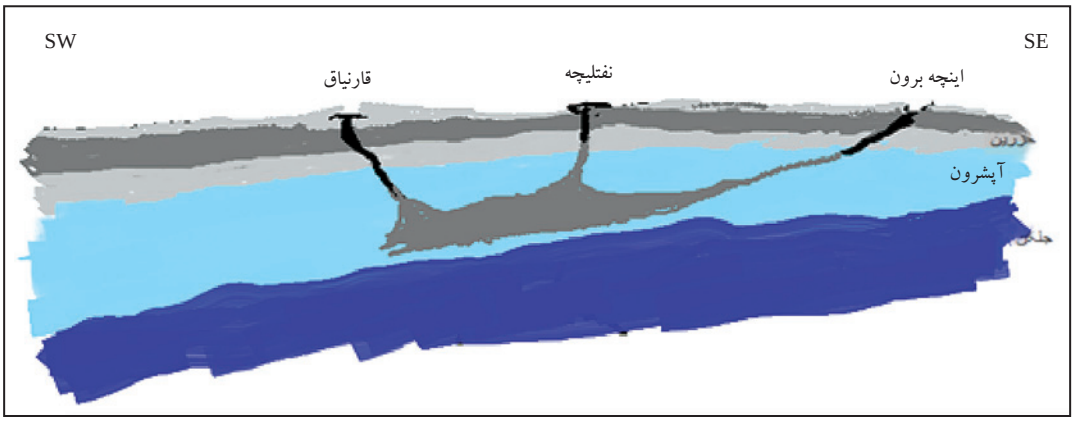
شکل ۱۶- اندازه اکسیدهای اصلی سه نمونه از بستر دریا به روش XRF.



شکل ۱۷- اندازه برخی از عناصر در نمونه‌های برداشته‌شده از بستر دریا باروش XRF..



شکل ۱۸- مقایسه عناصر با روش ICP بین سه گل‌فشان و ترکیب شیمیایی دریای خزر و ژئوشیمی مواد گل‌فشان داش گیل.



شکل ۱۹- نمایش انباره گل و موقعیت گل‌فشان روی سطح.

جدول ۱- نتایج کانی‌شناسی گل‌فشان‌های منطقه به روش XRD.

کد نمونه	قارنیاریق		نفتلیچه		اینچه برون	
	فرعی	اصلی	فرعی	اصلی	فرعی	اصلی
S1			هالیت ،کلریت ، مسکوویت ، ایلیت ، پیریت ، ارتوکلاز	کوارتز،کلسیت ،آلبیت		
S2			هالیت ،کلریت ،مسکوویت ، ایلیت ، ژیپس ، ارتوکلاز	کوارتز،کلسیت ،آلبیت		
S3			هالیت ،کلریت ، مسکوویت ، ایلیت ، پیریت	کوارتز،کلسیت ،آلبیت ، ارتوکلاز		
S4	آلبیت ، ارتوکلاز ، هورنبلند،کلریت ، مسکوویت ، ایلیت هالیت	کوارتز،کلسیت				
S5					آلبیت ،ارتوکلاز ، ایلیت،ژیپس،کلریت ، مسکوویت	کوارتز،کلسیت هالیت
S6					ارتوکلاز ، ژیپس،کلریت، مسکوویت ،ایلیت ، هالیت	کوارتز،کلسیت آلبیت

جدول ۲ - نتایج کانی‌شناسی نمونه‌های برداشته شده از بستر حاشیه دریا به روش XRD؛ N1 خواجه نفس، N2 گمیشان، N3 بین گمیشان و خواجه نفس.

کد نمونه	کانی‌های فرعی	کانی‌های اصلی
N1	دولومیت ، آلبیت ، ساپونیت ،دولومیت آهن دار	کوارتز،کلسیت
N2	دولومیت ، آلبیت ،کلینوکلرو ، ناترونیت	کوارتز،کلسیت
N3	دولومیت ، مسکوویت	کوارتز،کلسیت

جدول ۳ - اندازه اکسیدهای اصلی نمونه‌های برداشته‌شده از گل فشان‌ها برروش XRF؛ نفتلیچه- S1,S2,S3، قارنیاریق- S4 ، اینچه برون- S5, S6.

No.cod	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	Na_2O	K_2O	MgO	TiO_2	MnO	P_2O_5	SO_3	L.O.I.
S1	37.78	8.87	4.79	14.53	2.75	2.04	2.32	0.544	0.057	0.12	2.388	21.85
S2	46.66	9.64	4.67	10.61	2.61	1.92	1.93	0.525	0.056	0.119	6.648	13.21
S3	42.12	8.84	4.28	15	2.38	1.98	2.22	0.525	0.06	0.118	2.2	18.99
S4	43.53	8.54	4.11	15.16	2.85	1.87	2.23	0.516	0.059	0.127	1.615	17.61
S5	30.7	8.16	4.81	14.22	4.6	1.89	3.07	0.389	0.109	0.094	2.713	23.79
S6	39.94	8.68	4.68	14.19	4.11	2.21	2.6	0.649	0.098	0.098	3.088	15.16

جدول ۴- اندازه اکسیدهای اصلی نمونه‌های برداشته‌شده از بستر دریا به روش XRD؛N1 - خواچه نفس،N2 -گمیشان،N3 - بین گمیشان و خواجه نفس.

No.Cod	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	Na_2O	K_2O	MgO	TiO_2	MnO	P_2O_5	S	L.O.I.
N1	40.21	8.78	4.92	20.45	0.8	1.49	2.48	0.726	0.044	0.147	0.455	18.82
N2	42.45	8.45	4.92	18.52	0.91	1.77	2.96	0.698	0.057	0.123	0.415	17.96
N3	25.04	6.84	3.67	29.83	0.79	1.4	2.93	0.457	0.032	0.107	0.966	26.96

جدول ۵- برخی از عناصر در نمونه‌های برداشته‌شده از بستر دریا؛N1 - خواچه نفس، N2 -گمیشان،N3 - بین گمیشان و خواجه نفس.

No cod	Cl	Ba	Sr	Cu	Zn	Pb	Zr	Ni	Cr
N1	1451	115	955	65	77	39	254	59	37
N2	2340	125	766	22	70	30	214	72	38
N3	4383	12	1487	36	61	26	237	53	20

جدول ۶ - نتایج آزمایش آنیون‌های نمونه‌های برداشته‌شده از گل‌فشان‌ها.

No cod	chloride	Bromide	Nitrate	Phosphate	Sulfate
S2	33.6	0.17	0.06	N.d	0.9
S4	36.1	0.18	0.08	N,d	1.3
S6	49.6	0.16	0.02	N.d	11.2

جدول۷- نتایج آزمایش ژئوشیمیایی نمونه‌های سه گل‌فشان و بستر دریا به روش XRF ، در مقایسه آنها با ترکیب شیمیایی دریای خزر (Planke et al., 2003) و گودال، چشمه و گریفون گل‌فشان داش‌گیل (Mazzini et al., 2009) (مقادیر بر حسب ppm است.)

نفتلیچه- S1, S2, S3، قارنیاریق- S4 ، اینچه برون- S5, S6؛ N1 - خواچه نفس، N2 -گمیشان،N3 - بین گمیشان و خواجه نفس.

No	Li	B	Na	Mg	Al	K	Ca	Cr	Fe	Mn	Ni	Cu	Zn	As	Sr	Cd	Ba	Pb	U	Cl	Br	No3	SO4
S1	-	-	-	-	-	-	-	47	-	-	69	28	79	1	2041	-	107	13	-1	14460	-		-
S2	44	-	20900	11300	53600	17000	87200	33	36700	516	58	29	74	2	1608	1.3	155	15	1	7723	0.17	0.06	0.9
S3	-	-	-	-	-	-	-	39	-	-	62	27	72	2	1024	-	141	26	1	9619	-	-	No3
S4	57	-	26100	15200	30025	18000	110200	28	36000	557	62	139	103	1	825	0.8	117	23	-	12381	0.18	0.08	-
S5	-	-	-	-	-	-	-	44	-	-	67	26	69	1	2762	-	201	18	-1	53270	-	-	-
S6	29		23800	15500	48500	16000	97400	32	20400	508	55	23	60	2	985	1.1	189	17	1	38280	0.16	0.02	11.2
N1	-	-	-	-	-	-	-	37	-	-	59	65	77	2	955	-	115	39	1	1451	-	-	-
N2	-	-	-	-	-	-	-	38	-	-	72	22	70	4	766	-	125	30	3	2340	-	-	-
N3	-	-	-	-	-	-	-	20	-	-	53	36	61	3	1487	-	12	26	4	4383	-	-	-
Casp.sea	0.18	4.5	10.763	1.292	0.01	399	411	5E-05	0.01	0.002	0.002	0.003	0.001	0.003	8.0	0.0001	0.03	3E-05	0,003	19.3545650	67	0.5	2.710
Dash.sal.	0.2	<2	5.842	160	86	90	189	10 2	324	42	91	84	1.6	17	0.9	0.02	0.3	0.004	0,09	11.457	58	<2	2
Dash.G.	0.26	125	14.010	270	89	341	184	102	299	42	95	100	62	17	1.4	0.07	0.1	0.015	14383	23.938	150	252	2.985
Dash.pol.	0.2	<2	7.876	306	66	175	198	102	295	42	93	92	61	19	2.9	0.08	0.2	0.03	0.37	13.895	59	<2	832

جدول ۸- نتایج ICP نمونه‌های برداشته‌شده از گل‌فشان‌ها.

No.	Ag	Al	As	Ba	Be	Bi	Ca	Cd	Ce	Co	Cr	Cu	Fe	K	Li	Mg	Na	S
*S	0.1	5.36	1>	350	1.1	1>	8.75	1.3	44	8	230	32	3.67	1.7	44	1.13	2.09	14212
**S	0.1	5.23	9	400	1.1	1>	11.02	0.8	44	9.4	226	25	3.6	1.8	57	1.52	2.61	7177
***S	0.1	4.85	1>	667	1.1	1>	9.79	1.1	44	7.4	177	15	3.04	1.6	29	1.55	2.38	8372

کتابنگاری

فصل بهار، ج.، پورکرمانی، م.، فصل بهار، ش.، ۱۳۹۰ الف- بررسی زمین‌شناسی گل‌فشان‌های جنوب خاوری دریای خزر، فصلنامه علوم‌زمین، سازمان زمین‌شناسی و تحقیقات معدنی ایران ، ۲۰، شماره. ۷۲

فصل بهار، ج.، پورکرمانی، م.، فصل بهار، ش.، ۱۳۹۰ب– زمین‌ساخت گل‌فشان‌های جنوب خاوری دریای خزر، علوم زمین،دانشگاه آزاد واحد تهران شمال، دانشکده علوم پایه.

فصل بهار، ج.، ۱۳۹۱- گل‌فشان، انتشارات آرین زمین، شماره. ۲۳ .

موسوی روح بخش، س. م.، ۱۳۸۰- زمین‌شناسی دریای خزر، انتشارات سازمان زمین‌شناسی، شماره ۸۰.

References

Alaoui Mhammedi, N., El Moumni, B., El Hmaidi, A., Raissouni, A. & ElArrim, A., 2008- Mineralogical and geochemistry study of mud volcanoes in north Moroccan atlantic margin African journal of Environmental science and technology,Vol.2(11),pp.387-396.

Aliyev, A, Guliyev, I. S. & Belov, I. S., 2002- Catalogue of recorded eruptions of mud volcanoes of Azerbaijan. Nafta Press, Baku.

Allen, M. B., Jones, S., Ismail-Zadeh, A., Simmons, M. & Andersen, L., 2002- Onset of subduction as the cause of rapid Pliocene-Quaternary subsidence in the South Caspian basin Geology, Geological Society of America, v.30, N9, p.775-778.

Cooper, C., 2001- Mud volcanoes of Azerbaijan visualized using 3D seismic depth cubes the importance of overpressured fluid and gas instead of non extant diapirs .In Abstr. Vol. Subsurfaace Sediment Mobilization Conf. 10-13 September ,Ghent, Belgium, p71.

Dia, A. N., Castrec- Rouelle, M., Boulegue, J. & Comeau, P., 1999-Trinidad mud volcanoes ;Where do the expelled fluids come from? Geochimica et cosmochimca Acta 63(7-8),1023-1038.

Eliope, G. & Milkov, A., 2004- A new estimate of global methane flux from onshore and shallow submarine mud volcanoes to the atmosphere ,Environmental Geology 46,997-1002

Guliyev, I. S., 2002- South-Caspian depression—an intensive area of hydrocarbon fluid formation and migration. In: Abstr Vol 7thInt Conf Gas in Marine Sediments, 7–12 October 2002,Baku,Azerbaijan. Nafta Press, Baku, pp 66–69 .

Inan, S., Naamik Yalein, M., Guliev, I. S., Kuliev, K. & Feizullayyev, A. A.,1997- Deep Petroleum occurrence in the Lower Kura Depression ,South Caspian Basin.Azerbaijan an organic geochemical and basin modeling study. Mar. Petrol Geo.14;731-762.

Mazzini, A., Svensen, H., Planke, S., Guliyev, I., Akhmanov, G. G., Fallik, T. & Banks, D., 2009- When mud volcanoes sleep ;insight from seep geochemistry at the Dash gill mud volcanoes Azerbaijan, Elsevier, Marine and petroleum geology,P.1704-1715.

Mellors, R., Kilb, D., Aliyev, A., Gasanov, A. & Yetirmishli, G., 2007-Correlation belween earthquakes and large mud volcanoes eruptions journal of geologysical Research 112,BO4304.

Planke, S., Svensen, H., Hovland, M. & Banks, D. A., 2003- Mud an fluid migra tion in active mud volcanoes in Azerbaijan, Geo. Mar let. No.23,P.258-268,Dol 10-1007/SOO 367-003-0152-z .

Study of Mineralogy & Geochemistry of Mud Volcanoes in Southeast of Caspian Sea and Sediments of Caspian Sea Bed in its SE Margin

M. A. Arian [1*] & J. Faslebahar [2]

[1] Assistant Professor, Department of Geology, Faculty of Basic Sciences, Islamic Azad University, North Tehran Branch, Tehran, Iran
[2] Instructor, Department of Geology, Faculty of Basic Sciences, Islamic Azad University, North Tehran Branch, Tehran, Iran

Received: 2013 May 19 Accepted: 2013 October 26

Abstract

Geochemistry, mineralogy and mechanism of the mud volcanoes located in the southwestof the Caspian Sea (Azerbaijan country) have already been studiedwith aim of finding out theirorigin, but mud volcanoes of The Gomishanhaven't been studied from thesepoints of view yet. In this research, mudof mud volcanoes and sea floor sediments forthe first time weresampled and studied to discover their origin. The results of mineralogical and geochemical studies, which carried out byXRD, XRF, ICP methodsshow that main minerals of the Qarnyaryq, Naftlycheh and Incheborun mud volcanoes and of sea floor sediments are quarts,calcite and albite and sub ordinaryminerals are mainly halite and clay minerals such assaponite,natrolite and muscovite.Therefore,it can be resulted that the three mud volcanoes have a common origin. The obtained results compared with present data from Dashgil mud volcano(Azerbaijan) and chemical characteristics of the Caspian Sea water.This comparison revealed that the elements of Na,K, Ca, and Al in these three mud volcanoes are richerand Cl element is poorerthan the Dashgil mud volcanoand the Caspian Sea.

Keywords: Geochemistry, Mineralogy, Mud Volcanoes, the Southeast of the Caspian Sea, Gomishan.

For Persian Version see pages 383 to 392

*Corresponding author: M. A. Arian; E-mail: Maa1361@yahoo.com

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