ژئوشیمی بخارات آتشفشان تفتان بعنوان نمونه ای از زون های سابداکشن کم شیب، قوس مکران، جنوب شرق ایران

مجری ایرانی طرح: دکتر بهزاد مهرابی، دانشگاه خوارزمی تهران
مجری روس طرح: دکتر مایکل زلنسکی، آکادمی علوم روسیه

مقدمه:

قوس مکران و آتشفشان تفتان (تنها آتشفشان فعال در قوس مکران) از دیدگاه مطالعات ژئوشیمیایی گازهای آتشفشانی و همچنین تعیین شار مواد فرار خروجی مورد مطالعات قرار نگرفته است. هدف اصلی این طرح، مطالعه جامع بر روی فومرولها و گازهای خارج شده از قله تفتان، تظاهرات هیدروترمال محلی مانند چشمههای آبگرم و سرد و ترکیب مواد فرار انکلوزیونهای مذاب به دام افتاده درون کانیها است. طیف گستردهای از دادههای ژئوشیمیایی و ایزوتوپی در طی این مطالعه بدست خواهد آمد که در نهایت مدل جامعی از گاززدایی قوس مکران ارائه خواهد شد.

1) آتشفشان تفتان یک آتشفشان فعال با مختصات جغرافیایی (28°36’ N, 61°07’ E, 3940 m asl) است که در استان سیستان و بلوچستان در جنوب شرق ایران قرار گرفته است. ویژگی اصلی این آتشفشان فعالیت فومرولی و هیدروترمالی آن است (Shakeri et al., 2008; Shakeri et al., 2015). زمین شناسی، زمین شناسی ساختاری و تکتونیک آتشفشان تفتان و دو آتشفشان خاموش بزمان و سلطان در پاکستان توسط بسیاری از محققین توصیف شده است (e.g., Biabangard and Moradian, 2008; Pang et al., 2014).

فعالیتهای ماگمایی و آتشفشانی قوس مکران در نتیجه فرورانش با جهت شمال پوسته اقیانوسی عمان به زیر صفحه اوراسیا است. منشورهای برافزایشی مکران با طول تقریبی 900 کیلومتر، تقریبا 2 درصد طول جهانی زونهای فرورانش را شامل می شوند. ویژگی های منحصربفرد زون فرورانش مکران شامل شیب کم زون بنیوف (8-2 درجه)، سرعت کم فرورانش (2 cm/a) و میزان رسوبگذاری زیاد با ضخامت 7-5 کیلومتر است که منجر به شکل گیری یکی از بزرگ ترین منشورهای برافزایشی دنیا شده است. تظاهرات آتشفشانی در امتداد قوس مکران شامل یک آتشفشان فعال تفتان، دو آتشفشان خاموش بزمان و سلطان و همچنین چشمههای آبگرم و سرد است.

سن سنگهای آتشفشان تفتان بین 7/0 تا 7 Ma است (Biabangard and Moradian, 2008) و یک آتشفشان عمدتا آندزیتی است درحالیکه ترکیب سنگهای آتشفشان بزمان بیشتر بازیک است. چندین مخروط کوچک با سن کواترنری تک ژنتیکی در اطراف آتشفشان استراتوولکانو بزمان با ترکیب الیوین بازالت با بیش از 6/8 درصد وزنی MgO وجود دارد (Saadat and Stern, 2011).

2) دو مقاله لاتین توسط Shakeri et al., 2008; Shakeri et al., 2015 انتشار یافته است که به بررسی ژئوشیمی چشمه های آب گرم در اطراف تفتان پرداخته اند. یک مقاله به زبان فارسی و چکیده انگلیسی نیز توسط مختاری و احمدی، 1391 نوشته شده است که در آن به بررسی کلی فومرولهای خروجی از قله تفتان پرداخته اند. شایان ذکر است که تاکنون مطالعه ای بر روی دما، ترکیب و نرخ خروج فومرول های قله تفتان انجام نشده است. موقعیت تکتونیکی و ویژگی های منحصربفرد این

آتشفشان، حضور ویژگی های ژئوشیمیایی و ایزوتوپی جالب و غیرمتداول علمی گازها و آب های قله تفتان و اطراف آن را محتمل می کند.
در این مطالعه، بررسی جامعی بر روی فومرول ها و تظاهرات هیدروترمالی آتشفشان تفتان و اطراف آن انجام خواهد شد. ویژگی های ژئوشیمیایی این منطقه (منطقه حاشیه قاره ای) با استفاده از تجزیه های شیمیایی و ایزوتوپی بروز دنیا بدست خواهد آمد. برنامه انجام این طرح شامل عملیات میدانی، مطالعات تجزیه ای، پردازش داده ها و ارائه مقالات بین المللی خواهد بود. عملیات میدانی با همکاری پژوهشگران ایرانی سازماندهی و انجام خواهد شد. آتشفشان تفتان و بزمان توسط ماشین تا ارتفاع 3000 متری قابل دسترس خواهند بود و بهترین زمان برای عملیات میدانی مارس تا آپریل با هوای گرم، آفتابی و آرام است.

روش ها:
روش نمونه برداری از فومرول ها و گازها در کارگاه های آموزشی آتشفشانی در مراکز علمی بسیار شناخته شده است و در این طرح نیز مورد استفاده قرار خواهند گرفت. این روش ها شامل 1) نمونه برداری مستقیم از گازها بر روی قله آتشفشان، 2) اندازه گیری ترکیب توده های فومرولی آتشفشان با استفاده از دستگاه تجزیه گر گازی (چندگازی) همراه با فیلترهای نمونه برداری، 3) اندازه گیری از راه دور شار SO_2 خروجی با استفاده از دستگاه اسپکتروسکوپی جذب نوری تفکیکی Differential Optic Absorption Spectrometry (DOAS) و 4) نمونه برداری از چشمه های آبگرم و سرد و گازهای محلول است. نمونه برداری مستقیم گازها درون شیشه های گیگنباخ (Giggenbach, 1975) یک روش علمی بسیار قوی برای بدست آوردن اطلاعات ژئوشیمیایی کامل در مورد ترکیبات گازی است.
گازهای خروجی جمع آوری شده درون شیشه های گیگنباخ برای تعیین ترکیبات اصلی شامل H_2O, CO_2, SO_2, H_2S, HCl, HF، گازهای فرعی و کمیاب مانند H_2, N_2، گازهای نجیب و هیدروکربن ها و همچنین ترکیبات ایزوتوپی $^{3}He/^{4}He$, $^{12}C/^{13}C$, $^{14}N/^{15}N$ آنالیز خواهند شد.

علاوه بر شیشه های گیگنباخ، کاندنسیت های گازهای فومرولی هم جمع آوری خواهد شد که برای تعیین ترکیبات ایزوتوپی δD-$\delta^{18}O$, $^{10}B/^{11}B$ و فلزات مورد تجزیه قرار خواهند گرفت. غلظت ترکیبات اصلی توده های فومرولی شامل H_2O, CO_2, SO_2, H_2S با استفاده از دستگاه تجزیه گر چند گازی نیز می تواند تعیین شود. اطلاعات دیگر بر روی آئروسل ها، HCL و HF توسط فیلترهای آغشته به محلول آلکالن بدست می آید. نرخ خروج همه ی گونه های گازی خارج شده و قابل اندازه گیری از آتشفشان با استفاده از اندازه گیری از راه دور شار SO_2 خروجی توسط DOAS همراه با نمونه برداری مستقیم یا اندازه گیری های چند گازی امکانپذیر خواهد بود.
4) مقدار قابل توجهی مواد فرار توسط آتشفشان ها در طی فوران شان آزاد می شود. اگرچه فوران های قدیمی قوس مکران ناشناخته است (یا مورد شک است). آزاد شدن مواد فرار در طی فوران های قدیمی می تواند با استفاده از ترکیب انکلوزیون های مذاب در کانی ها انجام شود. انکلوزیون های مذاب در الیوین ها (در مذاب های بازالتی اولیه) و در پلاژیوکلازها (بیشتر در سنگ های اسیدی) اطلاعاتی را در مورد غلظت مواد فرار در ماگما قبل از فوران ارائه می دهد. الیوین بازالت ها با ترکیب الیوین منیزیم دار (Fo90) در مخروط های تک ژنتیکی اطراف آتشفشان بزمان وجود دارد.

تنها انکلوزیون های مذاب از پیروکلاست های به سرعت سردشده برای اندازه گیری های مواد فرار مناسب هستند زیرا ترکیبات فرار از طریق فرآیند انتشاری در دماهای بالا آزاد می شوند. الیوین های دارای انکلوزیون های مذاب از اسکوری ها جدا و برای تعیین غلظت گونه های فرار اصلی از جمله H_2O–CO_2–S–Cl–F در ماگمای بزمان مورد مطالعه قرار خواهند گرفت.

غلظت گونه های فرار در ماگما تفتان می تواند از طریق انکلوزیون های مذاب در پلاژیوکلازها مورد بررسی قرار گیرد زیرا این کانی مانند کانی الیوین در بیشتر سنگ های اسیدی است. در پایان الیوین های بازالت های بزمان برای تعیین ایزوتوپ های هلیم ($^3He/^4He$) در سیالات ماگمایی مورد استفاده قرار خواهند گرفت.

5) آزاد شدن کلرید و سولفور محلول، CO_2 محلول و آزاد و گازهای نجیب (برخی مواقع بخش عمده ای از مواد فرار آزاد شده از قوس های آتشفشانی را شامل می شود) از جمله ترکیبات مهم در گاززدایی قوس های ماگمایی هستند. به ویژه، این موارد یک راه مهم برای جدایش مواد فرار نفوذی های در حال جامد شدن هستند. نمونه ها از آب ها و گازهای فرار از همه ی چشمه های آبگرم و سرد در قوس مکران ایران نیز برداشته خواهد شد. نمونه برداری از آب همهی آب های سطحی موجود و همچنین برف ها در ارتفاعات برای تعیین ترکیب ایزوتوپی آب های متئوریک محلی نیز انجام خواهد شد.

Geochemistry of volatiles in the shallow-dipping subduction zone: Makran arc, SE Iran

Iranian Research Leader: Dr. Behzad Mehrabi, Kharazmi University, Tehran

Russian Research Leader: Dr. Michael Zelenski, Russia Academy of Science

Introduction

The Makran arc in SE Iran and Taftan volcano, the only active volcano in this arc, are little studied objects in terms of volcanic degassing and volatile budget. The main aim of the proposal is an integrated study of Taftan gaseous emissions together with local hydrothermal manifestations, hot and cold water discharges, and volatile composition of melt inclusions trapped in minerals. A wide spectrum of geochemical and isotopic data is expected to obtain. An integrated model of Makran arc degassing will be developed as a result of the project.

1.Taftan volcano (28°36’ N, 61°07’ E, 3940 m asl) is an active volcano located in Sistan and Baluchestan Province, SE Iran. The volcano features fumarolic and hydrothermal activity (Shakeri et al., 2008; Shakeri et al., 2015). A number of works describes geology, structural geology and tectonics of Taftan and two other extinct volcanoes (Bazman and Soltan) belonging to Makran arc (e.g., Biabangard and Moradian, 2008; Pang et al., 2014).

The magmatic and volcanic activities of the Makran arc are driven by the subduction of the oceanic portion of the Arabian Plate toward the north beneath Eurasia. The Makran Trench is ~900 km long, which makes ~2% of the global length of the subduction zones. Distinctive features of the Makran subduction zone are an unusually shallow-dipping (2-8°) Benioff zone, low rate of subduction (2 cm/a), and high sediment input, with the thickness on the undergoing Arabian slab of up to 5-7 km, which results in one of the world’s largest accretionary prism. The corresponding volcanic manifestations are located

along the low-active Makran arc, which comprises one active Taftan volcano and two extinct Bazman and Soltan volcanoes as well as numerous hot and cold water discharges. Rocks of Taftan volcano were dated at 0.7 to 7 Ma (Biabangard and Moradian, 2008). Taftan is a predominantly andesitic volcano, although the adjacent Bazman volcano have more basic composition. Several small monogenetic Quaternary cones around Bazman stratovolcano are composed of olivine basalts wit up to 8.6 wt% MgO (Saadat and Stern, 2011).

2. Two articles in English (Shakeri et al., 2008; Shakeri et al., 2015) describe geochemistry of hydrothermal water discharges around Taftan. One more paper in Persian with English abstract (Mokhtari and Ahmadi, 2012) describes summit fumaroles in general terms. Temperatures, compositions and emission rates of the summit fumaroles of Taftan volcano have not been studied yet. The unique tectonic position of the volcano together with distinctive features of the Makran subduction zone suggest the existence of some unknown, but potentially unusual and interesting combination of geochemical and isotopic features in gaseous and water discharges on Taftan and around the volcano. We propose to make an integrated study of fumarolic and hydrothermal manifestations of Taftan volcano and its vicinities in order to obtain geochemical characteristics of this unusual continental margin using the up-to-date isotopic and geochemical analyses.

The project schedule includes field work, analytical studies, data processing and preparation of publications. Field works are expected to be organized with the assistance of Iranian colleagues.

Taftan and Basman volcanoes are accessible by car, with roads up to 3000 m above sea level. The best time for the expedition is March to April, with calm, sunny and warm weather.

Methods

3. Methods of fumarolic gas sampling are well known in volcanological practice and will be used in the course of the project implementation. These methods include: (1) direct gas sampling at fumarolic fields; (2) measuring of the plume composition using gas analyzer "Multigas" together with filter pack sampling; (3) remote measurements of SO2 flux by the method of Differential Optic Absorption Spectrometry (DOAS); (4) sampling of cold and hot springs and dissolved gases. Direct gas sampling into so-called Giggenbach bottles (Giggenbach, 1975) is the most vigorous method because it allows to obtain the most complete information about the gas composition.

Gas samples from Giggenbach bottles can be analyzed for major components (H2O, CO2, SO2, H2S, HCl, HF), minor and rare gases (H2, N2, noble gases, hydrocarbons) and isotopic compositions (3/4He, 12/13C, 14/15N). In addition to Giggenbach bottles, condensates of fumarolic gases are usually collected and subsequently analyzed for dD-d18O, 10/11B and metals. Major components in fumarolic plumes (H2O, CO2, SO2, H2S) can be detected using "Multigas"; additional information on aerosol, HCl and HF is obtained with the aid of filter packs impregnated with the alkaline solution. Remote measurements of SO2 fluxes by DOAS in conjunction with direct sampling or Multigas measurements provide emission rates of all measurable gas species from a volcano.

4. Significant amounts of volatiles are released by volcanoes in the course of eruptions. Although historical eruptions in Makran arc are not known (or doubtful), discharges of volatiles during the pre-historic eruptions can be performed using compositions of melt inclusions in minerals. Melt inclusions in olivines (in primitive basaltic melts) and in plagioclase (for more evolved felsic rocks) provide information on the pre-eruptive volatile contents in magma. Olivine basalts with magnesian olivines (up to Fo90) compose lateral monogenetic cones of Bazman volcano. Only inclusions from rapidly quenched pyroclastics are suitable for volatile measurements because volatile components are prone to escape melt

inclusions via diffusion at high temperatures. Olivines with melt inclusions will be separated from scoria, and such inclusions will be studied for concentrations of major volatile species (H2O–CO2–S–Cl–F) in Bazman magmas.

Concentrations of volatile species in Taftan magmas can be evaluated in melt inclusions from plagioclase, which is expected in more felsic rocks instead of olivine. Finally, olivines from Bazman basalts will be used to determine helium isotopes (3He/4He) in magmatic fluid.

5. Hydrothermal discharge of the dissolved chlorine and sulfur as well as dissolved and free CO2 and inert gases (sometimes comprises an important portion of the volatile flux from volcanic arcs) is an important way of degassing at volcanic arcs. In particular, this is an important channel for volatiles separating from solidifying intrusions. We will collect samples of water and free gas in all available hot and cold springs of the Makran arc within the Iranian territory. In order to determine isotopic compositions of local meteoric waters, water samples from all available streams as well as from snowfields at elevation will be taken.