

بررسی شیمی بلور کانی‌های میزبان عناصر طلا، تنگستن و نقره در کانسار چندفلزی آق‌درق (شمال اهر)

حیدر اصغرزاده اصل^{۱*}، بهزاد مهرابی^۲، ابراهیم طالع فاضل^۳

۱- دانشجوی دکتری زمین‌شناسی اقتصادی دانشگاه تبریز، Heydarasl@yahoo.com

۲- دانشیار گروه ژئوشیمی، دانشکده علوم، دانشگاه خوارزمی تهران

۳- استادیار گروه زمین‌شناسی دانشگاه بوعلی سینا، همدان

چکیده

منطقه فلززایی اهر-ارسباران (زون قره‌داغ) واقع در شمال غرب ایران، از نقطه نظر کانی‌سازی‌های طلا، مس و مولیبدن دارای اهمیت بالایی بوده که این کانی‌سازی‌ها اغلب هم‌زمان با رخداد ماگماتیسم در محدوده زمانی ائوسن-الیگوسن شکل گرفته است. کانی‌سازی‌های در این منطقه در سه بخش شامل چوپانلار، آبران گلی و گودال با حضور عناصر مس (طلا-تنگستن)، و کانی‌های کالکوپیریت، مگنتیت، روتیل، اسفالریت، شیلیت و طلا آزاد رخ داده است. به منظور تعیین ترکیب و بررسی شیمی بلور کانی‌های کمیاب از قبیل طلا، شیلیت و کانی‌های تتراهدريت نقره‌دار از تجزیه نقطه‌ای به روش ریزکاو الکترونی (EPMA) و تصاویر الکترونی برگشتی (BSE)، استفاده شد. طبق این مطالعات در تجزیه نقطه‌ای کانی شیلیت، میزان کلسیم تا حداکثر ۱۳ درصد وزنی و تنگستن تا ۶۱ درصد وزنی متغییر است. در تجزیه و ترکیب کانی تتراهدريت نقره‌دار نیز بیشترین حضور عنصر نقره تا حداکثر ۱۳ درصد وزنی مشاهده شد. در تجزیه طلا آزاد نیز مقادیری نقره وجود دارد.

کلیدواژه: شیمی بلور، کانی کمیاب، اسکارن، آق‌درق، اهر

مقدمه

منطقه‌ی اهر در شمال غرب استان آذربایجان شرقی، براساس تقسیم بندی واحدهای زمین‌ساختی ایران (نبوی، ۱۳۵۵) در زون البرز غربی- آذربایجان قرار گرفته و از نظر کانی‌سازی طلا، مس و مولیبدن دارای پتانسیل بالا است. اغلب کانی‌سازی‌های این زون با ماگماتیسم ترشیر در ارتباط است. محدوده مورد مطالعه به وسعت ۳۳ کیلومتر مربع در فاصله ۳۵ کیلومتری شمال اهر در برگه ۱:۵۰۰۰۰ آرپزان با مختصات UTM ۶۹۰۲۶۰-۶۸۴۲۱۶ طول شرقی و ۴۲۷۹۲۸۰-۴۲۷۳۸۵۵ عرض شمالی در جنوب غربی چهارگوش نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰۰ کلیبر قرار دارد. در پروژه پیجویی زون اکتشافی اهر- ارسباران، (ورقه ۱:۱۰۰۰۰۰۰ کلیبر نیز یکی از ده ورقه این زون اکتشافی است) ابتدا براساس مطالعات ژئوشیمیایی در محدوده آق‌درق- چوپانلار آنومالی‌های Au, Cu, W شناسایی شد (غلامی، ۱۳۸۳). هدف از این تحقیق بررسی ترکیب و شیمی کانی‌های کمیاب در منطقه آق‌درق است.

روش مطالعه

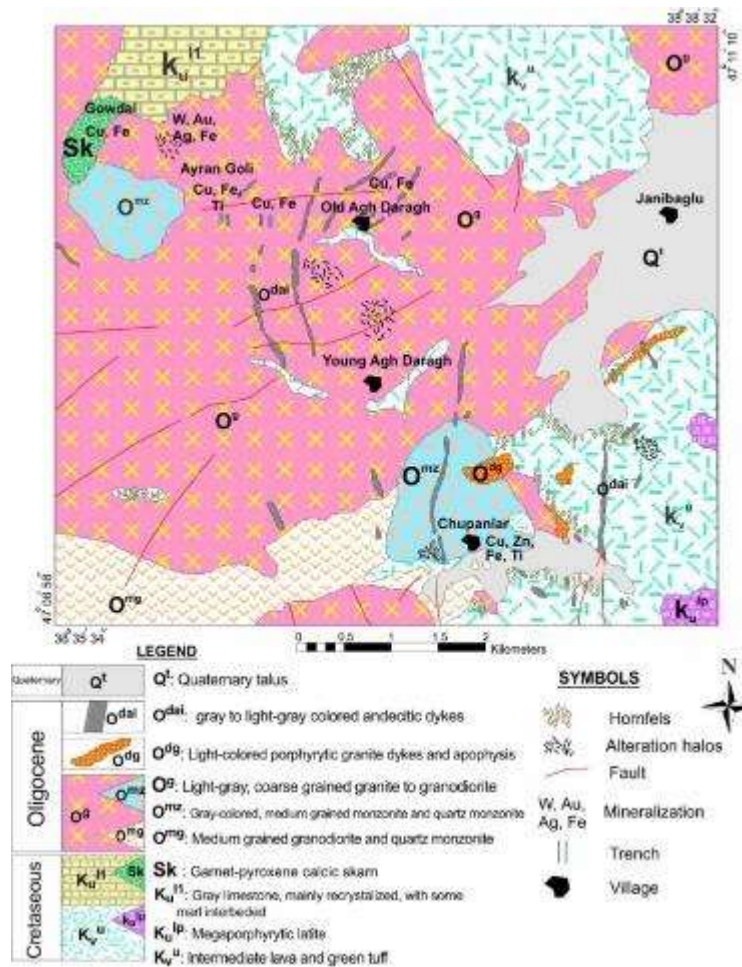


بر اساس مطالعات کانه‌زایی در منطقه، نمونه‌برداری در بخش کانه‌زایی ایران گلی از تعداد ۴ ترانسه بطول مجموع بیش از ۲۵۰ متر برداشت شد. مطالعات پتروگرافی، کانی‌شناسی، بافت و ساخت بر روی این واحدها با استفاده از ۴۵ مقطع نازک، نازک-صیقلی و صیقلی توسط میکروسکوپ نوری پلاریزان زایس (مدل Axioplan2) با نور عبوری و بازتابی در دانشگاه خوارزمی تهران انجام شد به منظور تعیین ترکیب، شناسایی کانی‌های کمیاب و تکمیل مطالعات میکروسکوپی نوری، به تعداد ۱۲ کانی و ۶۲ نقطه از تجزیه نقطه‌ای به روش ریزکاو الکترونی و تصاویر الکترونی برگشتی (BSE)، در مرکز تحقیقات فرآوری مواد معدنی ایران، انجام شد.

بحث

منطقه معدنی آق‌درق در بخش شرقی مجموعه نفوذی شیورداغ (باتولیت اهر) قرار گرفته است (شکل ۱). به طور کلی دو واحد سنگ‌شناسی اصلی شامل سنگ‌های رسوبی و آتشفشانی-رسوبی (کرتاسه بالایی-پالئوسن) و سنگ‌های آذرین نفوذی (ائوسن-الیگوسن) در منطقه کانه‌زایی آق‌درق رخنمون دارند. قدیمی‌ترین سنگ‌های منطقه متعلق به محدوده زمانی کرتاسه بالایی-پالئوسن بوده که عمدتاً شامل سنگ‌های نیمه نفوذی تا آتشفشانی-رسوبی زیر دریایی از قبیل توف سبز، گدازه‌های بازالتی، لاتیت پورفیری و تراکی آندزیت (افق زیرین) و مجموعه سنگ‌های رسوبی آهک‌های خاکستری-مارنی (افق بالایی)، هستند. این سنگ‌ها اغلب در شمال و جنوب شرق منطقه آق‌درق رخنمون دارند (شکل ۱). پس از آن، طی الیگوسن، توده نفوذی شیورداغ با جنس گرانیت، مونزودیوریت و کوارتز مونزونیت طی چند مرحله در این واحدها نفوذ کرده که بعدها، کل این مجموعه نیز توسط دایک‌هایی با ترکیب اسیدی تا حدواسط قطع شده است. سن توده نفوذی شیورداغ با استفاده از روش ایزوتوپی U/Pb بر روی زیرکن در حدود ۳۲-۲۴ میلیون سال (الیگوسن) تعیین شده است (Aghazadeh, 2009). در منطقه مورد مطالعه کانه‌زایی‌های چندفلزی مس-آهن-طلا در مناطق معدنی چوپانلار (با میزبان کوارتز مونزونیت)، ایران گلی (در میزبان گرانودیوریت) و کانی‌سازی اسکارن گودال در حد فاصل واحد نفوذی استوک کوارتز مونزونیت (الیگوسن) و سنگ‌های کربناته تبلور مجدد یافته (کرتاسه بالایی) در شمال غرب منطقه آق‌درق تشکیل شده است (شکل ۱).





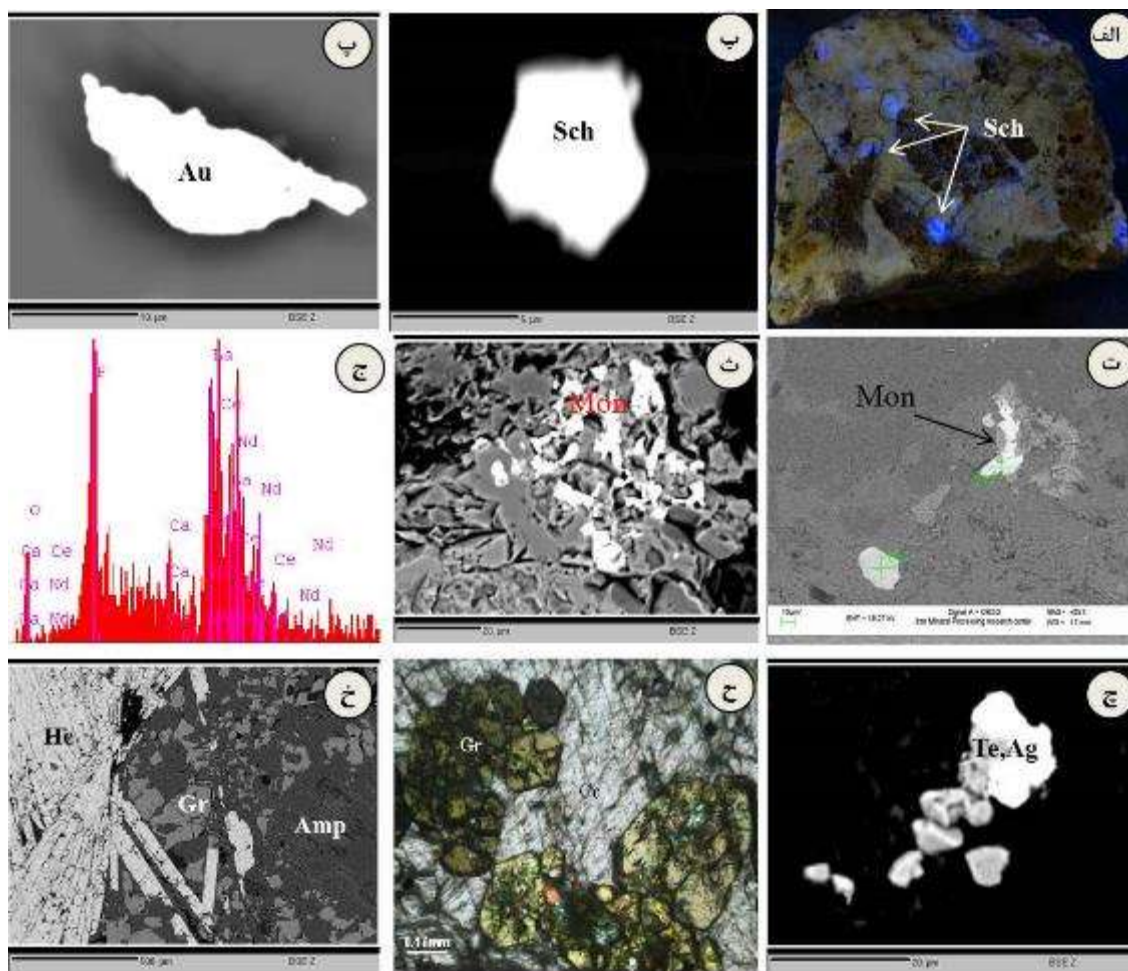
شکل ۱. نقشه زمین‌شناسی ساده شده منطقه کانه‌زایی آق‌درق در مقیاس ۱:۲۵۰۰۰ (با تغییرات از جمالی، ۱۳۹۱)

شیمی بلور

یکی از روش‌های مناسب برای دستیابی به خصوصیات ژئوشیمی کانسار و شرایط تشکیل کانسنگ، استفاده از شیمی کانی‌ها است که در این پژوهش انجام شده است. با استفاده از تجزیه‌های ریزکاو الکترونی (EMPA)، ترکیب شیمی کانی‌های کمیاب مونازیت، شیلیت، تتراهدريت نقره‌دار و طلاي آزاد در منطقه مورد بررسی قرار گرفته و شناسایی شدند (شکل ۲). در تجزیه نقطه ای کانی شیلیت، کلسیم تا ۱۳ درصد و تنگستن تا ۶۱ درصد متغییر است (جدول ۱). در تجزیه و ترکیب کانی تتراهدريت نقره دار هم بیشترین عنصر آنتیموان، سرب، کلسیم و نقره که تا ۱۳ درصد نشان می‌دهد و در تجزیه طلاي آزاد مقداری نقره هم وجود دارد. به منظور بررسی خصوصیات شیمیایی کانی‌ها در کانه‌زایی اسکارن گودال، از تجزیه نقطه‌ای کانی‌های گارنت و کلریت استفاده شد. در بررسی کلریت‌ها تغییرات مقدار سیلیس در فرمول کانی، محتوای آهن کل ($Fe^{2+}+Fe^{3+}$)، مقادیر Al^{VI} و Al^{IV} و همبستگی یون‌های مختلف با یکدیگر از اهمیت بالایی برخوردار است. با استفاده از نمودار دوتایی سیلیس در فرمول کانی (مقادیر بین ۴/۹۸ تا ۵/۸۴) در مقابل محتوای آهن کل ($Fe^{2+}+Fe^{3+}$)، کلریت‌های منطقه اغلب در حوزه رپیدولیت قرار گرفتند

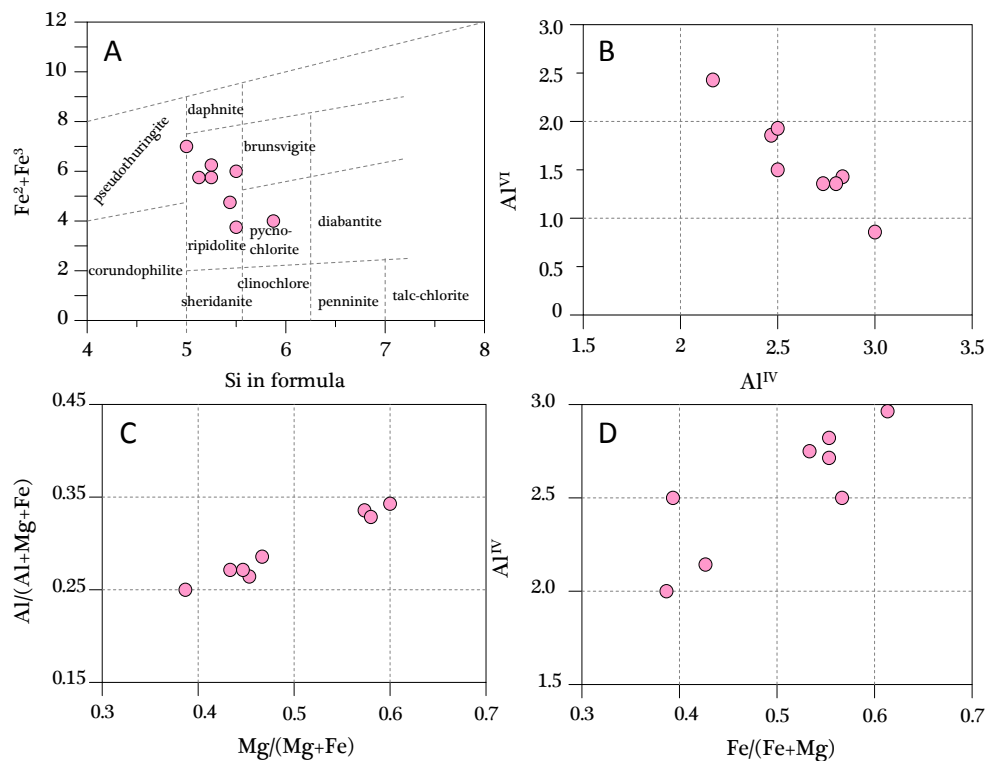


(شکل ۳A). همچنین در نمودار دوتایی Al^{VI} در مقابل Al^{IV} به واسطه عدم جانشینی این ظرفیت‌ها بجای یکدیگر، همبستگی منفی ظرفیت‌های مختلف آلومینیوم قابل مشاهده است (شکل ۳B). علاوه بر این، در نمودارهای $Al/(Al+Mg+Fe)$ در مقابل $Mg/(Mg+Fe)$ و نمودار Al^{IV} در مقابل $Fe/(Fe+Mg)$ ، همبستگی مثبتی میان یون‌های فلزی مختلف در ساختمان کلریت‌ها مشاهده می‌شود (شکل‌های C^۳ و D). همچنین در تجزیه‌های نقطه‌ای انجام شده بر روی کانی گارنت از اسکارن گودال، فرمول تجربی آنها مورد محاسبه قرار گرفت. بر این اساس، کانی‌های آلماندین، گراسولار و اسپسارتین از این گروه شناسایی شدند. لازم به ذکر است که به دلیل ترکیب شیمیایی یکنواخت و عدم مشاهده منطقه‌بندی در کانی‌های ذکر شده کلیه نقاط تجزیه از بخش مرکزی بلور انجام شده است.



شکل ۲- الف) نمونه دستی از رگه سیلیسی شیلیت دار، ب) تصویر کانی شیلیت زیر میکروسکوپ الکترونی، پ) تصویر طلای آزاد در زیر میکروسکوپ الکترونی، ت) کانی مونازیت به همراه روتیل، ث) کانی مونازیت به همراه مگنتیت، ج) پیک فاز مونازیت، چ) تصویر کانی تتراهدريت نقره دار در زیر میکروسکوپ الکترونی، ح) تصویر گارنت و کلسیت در زیر میکروسکوپ پلاریزان، خ) تصویر گارنت، هماتیت و آمفیبول در زیر میکروسکوپ الکترونی





شکل ۳. نتایج بدست آمده از تجزیه نقطه‌ای کلریت‌های اسکارن گودال شامل، A: موقعیت کلریت‌ها در محدوده ریپیدولیت در نمودار دوتایی سیلیس در فرمول کانی در مقابل مقادیر آهن کل، B: همبستگی منفی ظرفیت‌های مختلف آلومینیوم در نمودار دوتایی Al^{VI} نسبت به Al^{IV} ، C: همبستگی مثبت نسبت $Al/(Al+Mg+Fe)$ در مقابل نسبت $Mg/(Mg+Fe)$ و D: همبستگی مثبتی Al^{IV} در مقابل نسبت $Fe/(Fe+Mg)$ در کلریت‌ها.

جدول ۱. نتایج تجزیه نقطه‌ای ریزکوالکترونی (EMPA) از کانی کمیاب شیلیت

analysis				
Ca	11.33	12.75	12.16	10.88
Ti	0	0	0	0.01
Fe	0.3	0.33	1.53	0.75
W	59.09	58.75	60.84	60.21
Total	70.72	71.83	74.53	71.85

جدول ۲. نتایج تجزیه نقطه‌ای EMPA از تتراهدریت نقره دار

analysis											
Ag	Fe	Mo	Co	Ni	Zn	Pb	Ca	Ti	As	Sb	Total
12.96	0	0.01	0	0	0.01	15	3.39	0	0.87	54.39	86.63
14.39	0.7	0.02	0.01	0.02	0	16.97	4.46	0.04	1.49	50.17	88.27



جدول ۳. نتایج تجزیه نقطه‌ای EMPA از طلای آزاد در نمونه

analysis		
Ag	2.09	2.11
Au	85.66	84.38
Total	87.75	86.49

نتیجه‌گیری

صرفنظر از منشأ ماگمایی، دمای بالا و سیال شور غنی از کلر که به عنوان عوامل اصلی مهاجرت مس بصورت کمپلکس کلریدی CuCl_2 در سامانه گرمایی منطقه آق‌درق محسوب می‌شوند، می‌توان وجود یک شرایط اکسیداسیون متوسط با پایداری مگنتیت را برای تشکیل زون پتاسیک با حضور بیوتیت‌های نفوژمره تخمین زد. بر این اساس، شوره‌های غنی از نمک در شرایط خنثی تا کمی اسیدی ($\text{pH} \approx 6.5$) و محیط اکسیدی-احیایی مشابه آنچه در زون پتاسیک به وقوع می‌پیوندد، قادر است مقادیر بالایی مس (عیار بیش از ۰/۱ درصد) را در دمای 400°C انتقال دهد. علاوه بر این، طلا نیز در دمای مشابه ($>350^\circ\text{C}$) و محتوای بالای Cl^- انحلال پذیری بالایی خواهد داشت. ته نشست فلزات در چنین شرایطی مستلزم وقوع کاهش شوری و دمای سیال گرمایی است که بر مبنای آن کاهش مصرف کلر در سیال ناشی از رخداد اختلاط سیال با آب‌های جوی یا مصرف آن در ساختمان کانی‌های آمفیبول، بیوتیت، آپاتیت و اسکاپولیت صورت می‌گیرد. همچنین با بررسی شواهد میانبارهای سیال در منطقه، می‌توان نوعی فرآیند کاهش دمای تدریجی سیال در سامانه گرمایی منطقه مشاهده کرد، که ناشی از ورود سیال جوی رقیق همزمان با کاهش فشار ناگهانی طبقات سنگی (انتقال به شرایط هیدرواستاتیک) در منطقه است. با توجه به این شواهد، می‌توان گفت در سیستم گرمایی منطقه آق‌درق همزمان با کاهش تدریجی دما و انتقال شرایط از محلول‌های کلروری به سولفوروری رخداد کانه‌زایی مگنتیت (طی واکنش $12\text{FeO} + \text{H}_2\text{SO}_4 \leftrightarrow 4\text{Fe}_3\text{O}_4 + \text{H}_2\text{S}$) منجر به کاهش محتوای اکسیژن در محیط و تشکیل رگه-رگچه‌های سولفیدی طلادار در منطقه شده است.

منابع فارسی

- ۲- مهرپرتو و همکاران (۱۳۷۸) نقشه زمین شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ کلبر، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
- ۳- غلامی، ن.، ۱۳۸۳، نقشه ژئوشیمی ۱:۱۰۰۰۰۰ کلبر، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور، تهران.
- ۴- نقشه توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ آرپزان، (۱۳۳۴) سازمان جغرافیایی کشور.
- ۵- نبوی، ح.، (۱۳۵۵) دیباچه ای بر زمین شناسی ایران، سازمان زمین شناسی کشور.
- ۶- جمالی، ح.، (۱۳۹۱) گزارش نقشه زمین شناسی ۱:۲۵۰۰۰ آق‌درق-چوپانلر (جنوب کلبر)، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور.

References

- Aghazadeh, M., 2009. Petrology and geochemistry of the Anzan-Khan Kandi and Sheivier Dagh granitoids (north and east of Ahar, East of Azerbaijan). PhD thesis, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran, 493 pp. (in Persian with English abstract).
- Fournier, R.O., 1999. Hydrothermal processes related to movement of fluid from plastic to brittle rock in the magmatic-epithermal environment. *Economic Geology*, 94(8): 1193-1212.
- Hedenquist, J.W., Arribas, A. and Reynolds, T.J., 1998. Evolution of an intrusion-centered hydrothermal system: Far Southeast Lepanto porphyry and epithermal Cu-Au deposits, Philippines. *Economic Geology*, 93(4): 374-404.
- Liu, W. and McPhail, D.C., 2005. Thermodynamic properties of copper chloride complexes and copper transport in magmatic-hydrothermal solutions. *Chemical Geology*, 221(1): 21-39.
- Dilek, Y., Imamverdiyev, N. and Altunkaynak, S., 2010. Geochemistry and tectonics of Cenozoic volcanism in the Lesser Caucasus (Azerbaijan) and the peri-Arabian region: Collision-induced mantle dynamics and its magmatic fingerprint. *International Geology Review*, 52(4-6): 536-578.

