

اکتشافات ژئوشیمیایی (رسوبات رودخانه و سنگ) در شمال کلاته آهنی (کتاباد)

محمد حسن کریمپور و * احسان سلاطی
گروه زمین‌شناسی دانشگاه فردوسی مشهد
mhkarimpour@yahoo.com

چکیده

منطقه مطالعاتی در شرق ایران و در فاصله ۱۳ کیلومتری جنوب‌خاوری بیدخت واقع شده است. شیل ماسه سنگهای ژوراسیک ابتدا تحت تاثیر دگرگونی ناحیه‌ای درجه پایین (کوهزایی زمان ژوراسیک- کرتاسه) به اسلیت و کوارتزیت دگرگون شده‌اند. اسلیت در مجاورت با بیوتیت گرانودیوریت، به انواع شیست دگرگون شده است. گرانیتوئیدهای سری ایلمینیت و مگنتیت در منطقه شناسایی شدند. با تولید بیوتیت گرانودیوریت‌ها متعلق به سری ایلمینیت است. توده‌های مونزونیتی که از گرانودیوریت جوانتر هستند، به شکل استوک رخمون دارند. مونزونیت‌ها براساس ترکیب کانی شناختی به سری مگنتیت (نوع I) اختصاص دارند. زون‌های آلتراسیون سرسیتیک، پروپلیتیک، سیلیسی، آرژیلیک و تورمالین فقط در گرانودیوریت و سنگهای مجاور با آن شناسایی شدند.

رسوبات رودخانه‌ای (کانی سنگین) که از گرانودیوریت‌ها بخش شرقی منشا گرفته‌اند، بیشترین بی‌هنجاری عناصر Sn, Au, As, Pb, Zn, Cu را نشان می‌دهد. حداکثر میزان عناصر در این محدوده عبارتند از:
Sn = 445 ppm, Cu = 321 ppm, Au = 5 ppb, As = 399 ppm, W = 59 ppm, Pb = 980 ppm, Zn = 608 ppm.

نتایج تجزیه ۷۷ نمونه از توده‌های گرانودیوریتی و مونزونیتی (برداشت شده از مناطق دارای آلتراسیون و کانی‌سازی) نشان داد که بی‌هنجاری Sn-W-Au-Pb-Zn-Cu-As در ارتباط با گرانودیوریت است. بیشترین میزان بی‌هنجاری عناصر Sn-W-Au-Pb-Zn-Cu-As در گرانودیوریت‌ها که در بخش شرقی رخمون دارند شناسایی شد.

Stream Sediment and Lithogeochemical Exploration North of Klath Ahani, Ghonabad

Karimpour, M.H., & Salati, E.
Dept. of Geology, Ferdowsi University of Mashhad, Iran
mhkarimpour@yahoo.com

Abstract

The study area is located in Eastern Iran, 13 Km southeast of Bidokht. Low grade regional metamorphism (Jurassic-Cretaceous orogeny) has turned shale and sandstone of Jurassic into slate and quartzite. Slates are metamorphosed to different type of schist around the contact of granodiorite.

Both magnetite and ilmenite granitoids were identified. Biotite granodiorite batholith belongs to ilmenite series. Monzonitic subvolcanic forms as stock and they are younger than granodiorite. Based on mineralogy, therefore monzonite is classified as belonging to the magnetite-series of oxidant type granitoids (I-type granitoids).

Alteration zones associated with granodiorite are: sericite, propylitic, silicified, argillic and tourmaline.

Heavy minerals (stream sediment) originated from granodiorite of the eastern section shows anomalies of Sn, Au, As, Pb, Zn, Cu, W. The highest values of these elements are:

Sn = 445 ppm, Cu = 321 ppm, Au = 5 ppb, As = 399 ppm, W = 59 ppm, Pb = 980 ppm, Zn = 608 ppm.

Analytical results of 77 samples taken from granodiorite & monzonite (altered & mineralized) show high anomalies of Sn, Cu, Au, Pb, Zn, W within granodiorite outcrop in the eastern section of the study area.

مقدمه

منطقه مطالعاتی در شرق ایران و در فاصله ۱۵ کیلومتری جنوب‌خاوری گناباد در محدوده طول جغرافیایی ۶۶۳۲۰۰ تا ۶۷۵۲۰۰ و عرض جغرافیایی ۳۷۸۵۳۰۰ تا ۳۷۹۳۲۰۰ واقع شده است. پیشینه مطالعات شامل: تهیه نقشه‌های زمین‌شناسی ۱:۲۵۰۰۰۰ گناباد (امانوئل فوله، ۱۳۸۳) و نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰ گناباد فرخ قائمی (۱۳۸۴) را می‌توان نامبرد. هدف از این مطالعه شناسایی مناطق دارای کانی‌سازی بوده است. در این راستا داده‌های مناسب تولید شدند از جمله: تهیه نقشه‌های زمین‌شناسی و آلتراسیون-کانی‌سازی در مقیاس ۱:۵۰۰۰ به وسعت ۵۰ کیلومتر مربع، اکتشافات ژئوشیمیایی بر اساس رسوبات رودخانه‌ای و سنگ بوده است.

زمین‌شناسی منطقه

قدیمترین واحد که در منطقه مطالعاتی رخنمون دارد شیل ماسه سنگهای ژوراسیک است. این مجموعه حداقل در دو مقطع زمانی تحت تاثیر دگرگونی قرار گرفته‌اند. دگرگونی ناحیه‌ای در حد رخساره شیست سبز موجب تشکیل اسلیت و کوارتزیت شده است. در مرحله بعد اسلیت و کوارتزیت تحت تاثیر توده‌های گرانودیوریتی (دگرگونی همبری) و بر اساس موقعیت نسبت به توده به انواع شیست و اسلیت لکه‌ای دگرگون شده‌اند. سنگ آهک کرتاسه که در معرض دگرگونی ناحیه‌ای درجه پایین قرار گرفته رخنمون کوچکی در شرق محدوده دارد.

بیوتیت گرانودیوریت پورفیری به صورت باتولیت با روند تقریبی شرقی- غربی در اسلیت و کوارتزیت- های ژوراسیک نفوذ نموده است. بر اساس ترکیب کانی‌شناختی، بیوتیت گرانودیوریت پورفیری مربوط به سری ایلمینیت (نوع احیایی) و از گرانیتهای نوع S است (کریپور و دیگران ۱۳۸۸). چند توده نفوذی مونزونیتی (جوانتر از گرانودیوریت) در منطقه شناسایی شدند. با توجه به بیوتیت و هورنبلند مونزونیت‌ها به سه دسته تقسیم شدند. هورنبلند مونزونیت پورفیری، هورنبلند بیوتیت مونزونیت پورفیری و بیوتیت مونزونیت پورفیری. بر اساس ترکیب کانی‌شناختی، مونزونیت‌ها مربوط به سری مگنتیت (نوع اکسیدان) و از گرانیتهای نوع I هستند (Ishihara 1977).

منطقه مورد مطالعه به شدت گسلیده و چین خورده است. تشکیل طاق‌دیس‌ها و گسل‌های امتداد لغز نتیجه حرکت و چرخش بلوک لوت است. در منطقه حداقل دو مجموعه گسل شناسایی شدند (قائمی، ۱۳۸۴): ۱- گسل‌های اصلی موجود در منطقه از نوع راست‌الغز بوده و بیشتر دارای راستای شمال غرب- جنوب شرق هستند. ۲- گسل‌های چپ لغز (قدیمی‌تر) انواع شمال - جنوب و یا شمال شرقی- جنوب غربی می‌باشند.

آلتراسیون و کانی‌سازی

داده‌های ماهواره استر به منظور شناسایی کانی‌های معرف زون‌های آلتراسیون پردازش شدند (شکل ۱). در خصوص روش پردازش از تجربیات و روش‌های بکار گرفته شده استفاده شد (Hubbard et al., 2007; Rowan et al., 2003; Yamaguchi et al., 1996; Rowan and Mars 2003). زون‌های آلتراسیون مهم که در محدوده بیوتیت گرانودیوریت شناسایی شدند عبارتند از: زون سرسیتیک، زون پروپلیتیک، زون سیلیسی، زون آرژیلیک و زون تورمالین. زون سرسیتیک نسبتاً گسترده است و موجب آلتزه شدن گرانودیوریت و سنگ‌های مجاور شده است (شکل ۱). توده‌های مونزونیتی خیلی جزئی کلریتی شده‌اند.

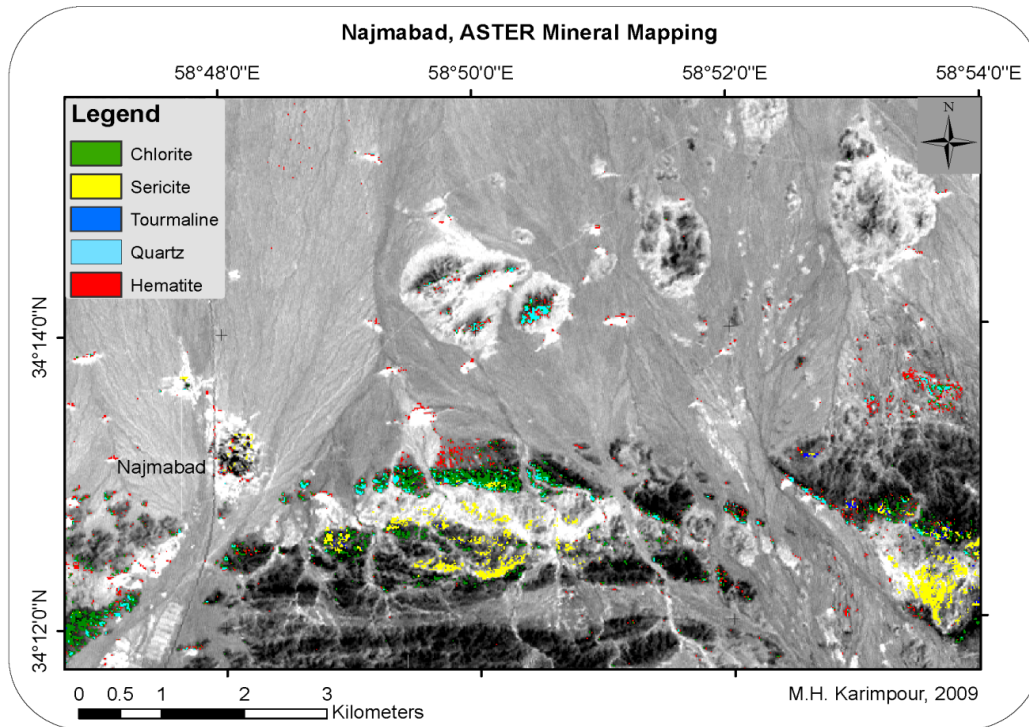
اکتشافات ژئوشیمیایی

آلتراسیون و کانی‌سازی در محدوده مطالعاتی در ارتباط با توده‌های گرانودیوریتی (سری ایلمینیت و از گرانیتهای نوع S) تشخیص داده شد. از آنجاییکه گرانیتهای سری ایلمینیت (گرانیتهای نوع S) برای کانی‌سازی W-Sn-Au پتانسیل دارند (Heinrich, et al.; Henley, et al. 1992, 1999; Audétat, 2000) بنابراین اکتشافات ژئوشیمیایی در منطقه بر این اساس برنامه‌ریزی شد.

اکتشاف ژئوشیمیایی رسوبات رودخانه‌ای

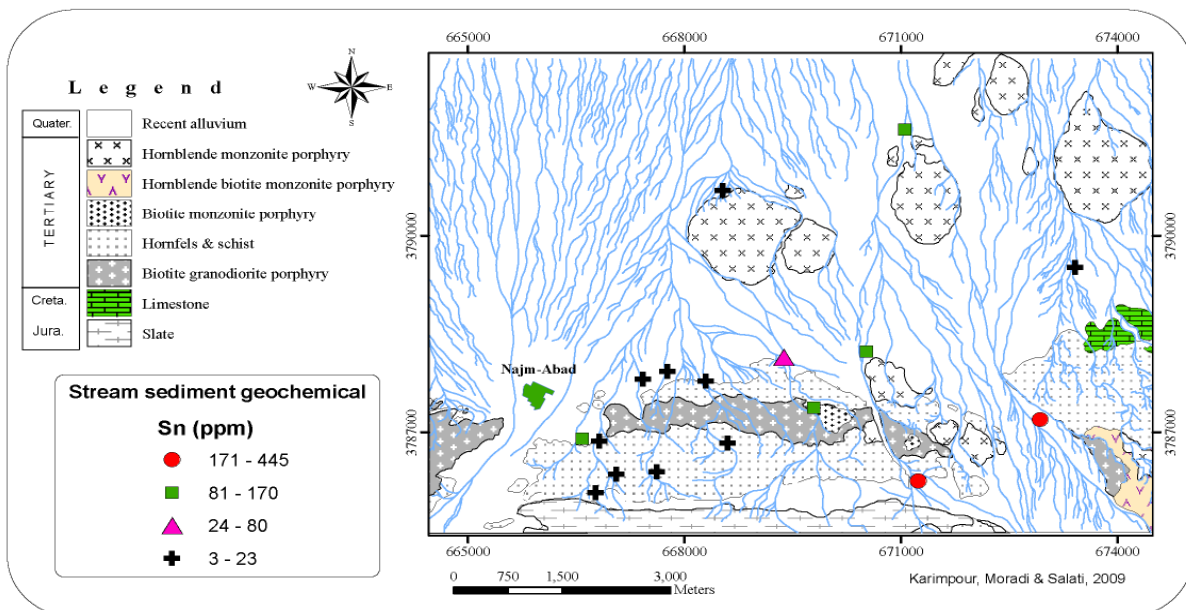
با در نظر گرفتن رخنمون توده‌های نفوذی، نقشه آلتراسیون- کانی‌سازی و شبکه‌بندی آبراه‌های تصاویر گوگل (مقیاس ۱:۱۵۰۰) ۱۸ مکان جهت برداشت رسوبات رودخانه‌ای انتخاب گردید. تعداد ۱۸ نمونه کانی‌سنگین جهت مطالعه برداشت شد. سائز آنها در صحرا ۴۰ مش بود. این نمونه‌ها به طریقه‌ی لاوک‌شویی آماده گردیدند. این نمونه‌ها (حاوی کانی‌های سنگین) بعد از نرمایش و رساندن سائز آنها به #۲۰۰ مش برای تجزیه شیمیایی به مجموعه آزمایشگاه‌های ACME کشور کانادا ارسال گردیدند. در آزمایشگاه، نمونه به دو روش آماده‌سازی و

تجزیه شدند: (۱) ذوب قلیایی و (۲) محلول سازی در ۴ اسید. این نمونه‌ها برای ۴۵ عنصر با دستگاه ICP-MS تجزیه شدند. نتایج تجزیه کانی سنگین رسوبات رودخانه‌ای تعدادی از عناصر در جدول (۱) گزارش شده است.



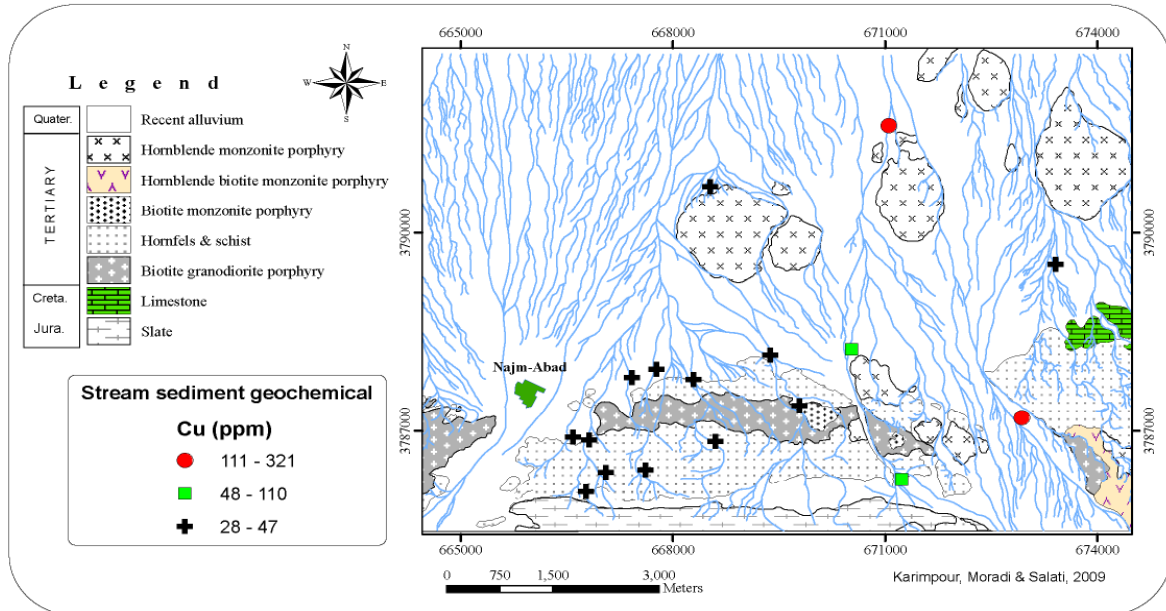
شکل ۱. نقشه کانیهای آلتراسیون با استفاده از پردازش داده‌های ماهواره استر.

میزان فراوانی قلع در رسوبات رودخانه‌ای (کانی سنگین) بین ۳ تا ۴۴۵ گرم در تن تغییر می‌کند (شکل ۲). در دو نمونه میزان قلع بیش از ۱۷۰ گرم در تن است که میزان بی‌هنجاری نسبتاً زیاد است (حد عادی قلع معمولاً کمتر از ۳ گرم در تن است). بی‌هنجاری در آبراهه اصلی (بخش شرقی) و در محدوده گرانودیوریت که آلتراسیون آرژلیک - سرسیتیک- سیلیسی نسبتاً شدید است، واقع شده است.



شکل ۲. نقشه ژئوشیمی قلع در رسوبات رودخانه‌ای.

میزان تنگستن در رسوبات رودخانه‌ای (کانی سنگین) بین ۲ تا ۱۶ گرم در تن تغییر می‌کند. بیشترین میزان (۱۶ ppm) W در نمونه آبراهه‌ای واقع در بخش شمالی توده گرانودیوریتی است. میزان مس در رسوبات رودخانه‌ای (کانی سنگین) بین ۲۸ تا ۳۲۱ گرم در تن تغییر می‌کند (شکل ۳). بیشترین میزان مس در رسوباتی مشاهده می‌شود که منشأ آنها از توده گرانودیوریتی نمی‌باشد بلکه از آبراهه جنوبی آورده شده است (شکل ۳).



شکل ۳. نقشه ژئوشیمی مس در رسوبات رودخانه‌ای

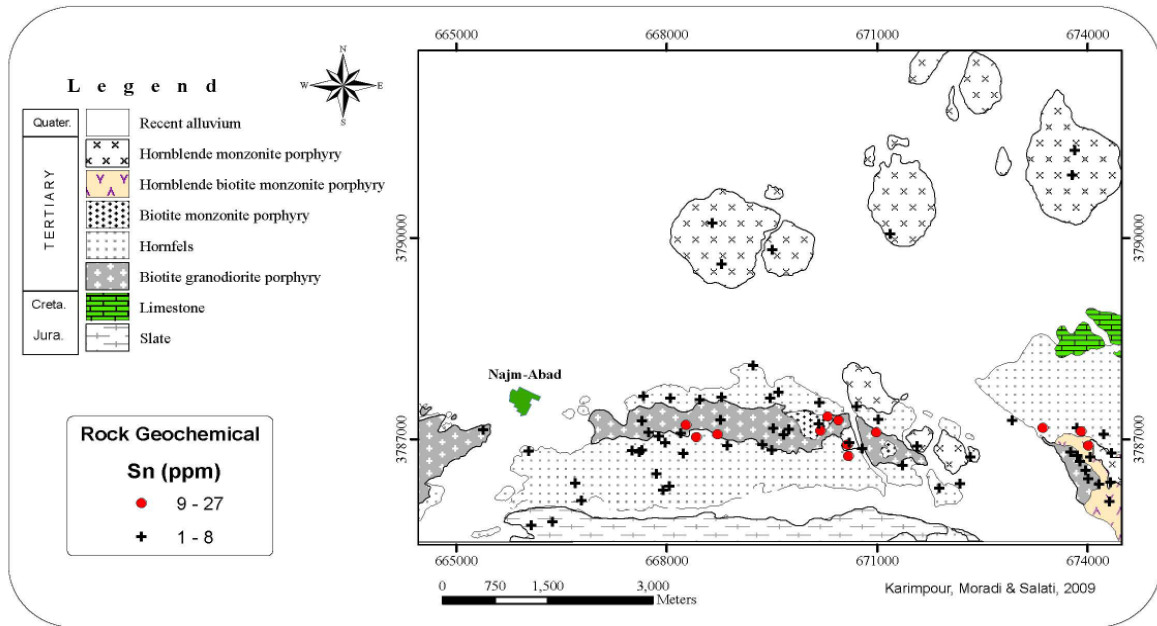
میزان سرب در رسوبات رودخانه‌ای (کانی سنگین) بین ۳۰ تا ۲۵۰۰ گرم در تن تغییر می‌کند. بیشترین میزان سرب و مس در رسوباتی مشاهده می‌شود که منشأ آنها از توده گرانودیوریتی نمی‌باشد بلکه از آبراهه جنوبی آورده شده است. میزان آرسنیک در رسوبات رودخانه‌ای (کانی سنگین) بین ۲۷ تا ۳۹۹ گرم در تن تغییر می‌کند. بیشترین میزان As در نمونه با بیشترین میزان مس همراه است. میزان روی در رسوبات رودخانه‌ای (کانی سنگین) در محدوده غربی بین ۷۰ تا ۶۰۸ گرم در تن تغییر می‌کند. بیشترین بی‌هنجاری روی با مس، آرسنیک و سرب همراه است. میزان باریم در رسوبات رودخانه‌ای (کانی سنگین) بین ۲۴۹ تا ۶۹۴۰ گرم در تن تغییر می‌کند. بیشترین میزان باریم در نمونه‌ها با بیشترین میزان مس، آرسنیک و سرب همراه است. میزان زیرکونیوم در رسوبات رودخانه‌ای (کانی سنگین) بین ۲۰۱ تا ۲۱۶۶ گرم در تن تغییر می‌کند. بیشترین میزان زیرکونیوم در رسوبات اطراف توده گرانودیوریتی مشاهده می‌شود.

اکتشاف ژئوشیمیایی واحدهای سنگی

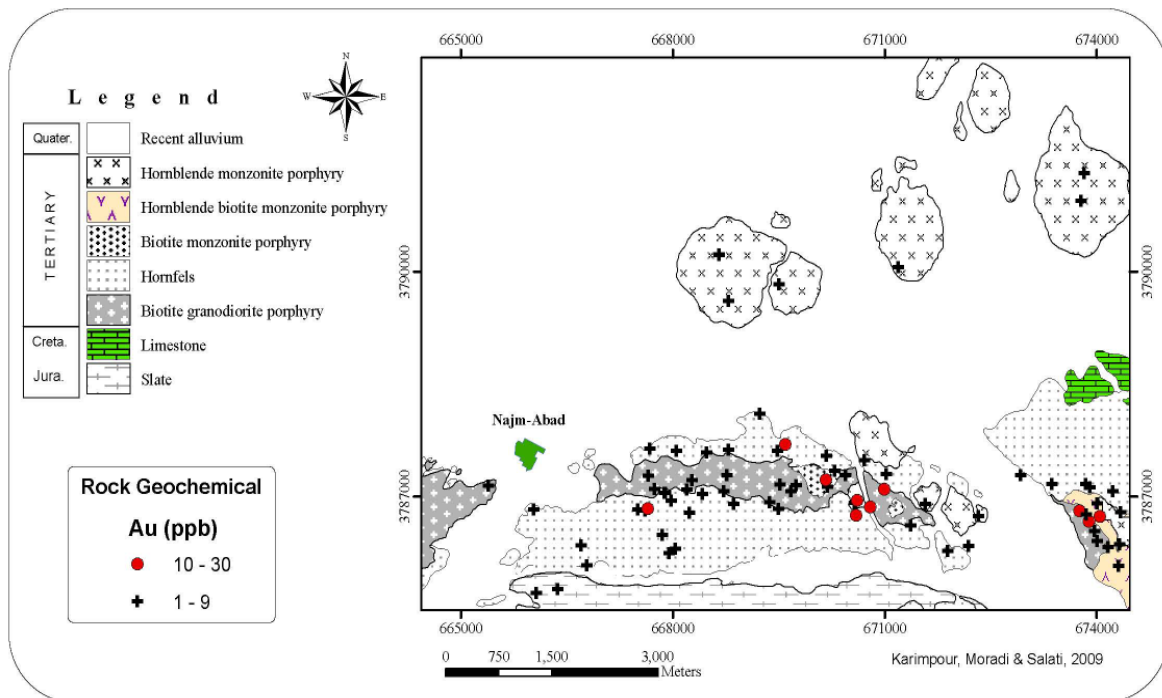
با استفاده از نقشه‌های زمین‌شناسی، آلتراسیون و کانی‌سازی ۷۷ محل جهت برداشت نمونه سنگی انتخاب شدند. نمونه‌برداری به روش خرده‌سنگی (Chip Composite) انجام شد. وزن هر نمونه با توجه به نوع واحد سنگی تا ۲ کیلوگرم بود. نمونه‌ها بعد از خردایش و نرمایش و رساندن سایز آنها به #۲۰۰ مش برای تجزیه شیمیایی به مجموعه آزمایشگاه‌های ACME کشور کانادا فرستاده شدند. در آزمایشگاه، نمونه به دو روش آماده‌سازی شدند: (۱) ذوب قلیایی و (۲) محلول‌سازی در ۴ اسید. این نمونه‌ها برای ۴۵ عنصر با دستگاه ICP-MS تجزیه شدند. میزان قلع در سنگهای رسوبی و آذرین بطور عادی کمتر از ۳ گرم در تن است. میزان قلع در نمونه‌های سنگی بین ۱ تا ۲۷ گرم در تن تغییر می‌کند (شکل ۴). بیشترین میزان قلع در توده گرانودیوریتی و کمترین میزان در توده مونزونیتی دیده می‌شود (شکل ۴). بیشترین بی‌هنجاری قلع به میزان ۱۲ تا ۲۷ گرم بر تن در نمونه‌های گرانودیوریتی بخش شرقی قرار دارد (شکل ۴). میزان قلع در توده‌های مونزونیتی کمتر از ۴ گرم در تن است (شکل ۴).

میزان تنگستن در سنگهای آذرین و رسوبی به طور عادی کمتر از ۲ گرم در تن است. بی‌هنجاری تنگستن با توده‌های گرانودیوریتی مرتبط است. میزان تنگستن در توده‌های گرانودیوریتی بین ۳ تا ۲۱ گرم در تن تغییر می‌کند. میزان تنگستن در توده‌های مونزونیتی منطقه کمتر از ۲ گرم در تن است.

میزان طلا در حالت عادی در سنگهای آذرین کمتر از ۴ میلی گرم در تن است. در توده‌های مونزونیتی میزان طلا در حد عادی است (شکل ۵). میزان طلا در چند منطقه واقع در توده‌های گرانودیوریتی بی‌هنجاری نشان می‌دهد (شکل ۴). این بی‌هنجاری (۸ تا ۳۰ میلی گرم در تن) عمدتاً با بی‌هنجاری قلع همراه است.



شکل ۴. نقشه ژئوشیمی قلع در نمونه سنگی



شکل ۵. نقشه ژئوشیمی طلا در نمونه سنگی

میزان مس در سنگهای آذرین در حالت عادی بین ۱۰ تا ۸۰ گرم در تن تغییر می‌کند. میزان مس در توده‌های مونزونیتی کمتر از ۳۰ گرم در تن است. میزان مس در اکثر نمونه‌های گرانودیوریت کمتر از ۳۰ گرم در تن است. در ۲ نمونه گرانودیوریت میزان مس تا ۱۹۹ گرم در تن افزایش یافته است. میزان روی بین ۳۰ تا ۵۰ گرم در تن متغیر است. در توده مونزونیتی شمال شرق میزان روی تا ۱۰۲ گرم در تن افزایش یافته است. در توده‌های گرانودیوریتی در چند منطقه میزان روی افزایش یافته است. در دو

منطقه میزان روی تا ۲۰۰ گرم در تن افزایش پیدا کرده است. میزان آرسنیک توده‌های مونزونیتی در حد عادی و کمتر از ۱۰ گرم در تن است. در گرانودیوریت میزان آرسنیک بین کمتر از ۱۰ تا ۴۰۳ گرم در تن تغییر می‌کند. بی‌هنجاری بالای آرسنیک با بی‌هنجاری قلع و بعضاً طلا همراه است. میزان سرب در توده‌های مونزونیتی در حالت عادی است. در بعضی از توده‌های گرانودیوریتی میزان سرب تا ۸۶ گرم در تن افزایش یافته است. در محدوده شرقی بی‌هنجاری سرب با قلع، طلا و آرسنیک همراه است. در توده‌های مونزونیتی میزان اورانیوم در حالت عادی است. در توده گرانودیوریتی در محدوده شرقی میزان اورانیوم تا ۱۴ گرم در تن افزایش یافته است. این بی‌هنجاری با قلع، طلا، آرسنیک و سرب همراه است.

نتیجه‌گیری

دو مجموعه توده نفوذی در منطقه شناسایی شدند. گرانودیوریت از نوع گرانیت‌های سری ایلمینیت و مونزونیت-ها از سری مگنتیت هستند. محلول‌های ماگمایی که با گرانودیوریت همراه بوده موجب تشکیل زون‌های آلتراسیون در گرانودیوریت و سنگ‌های اطراف آن شده است. زون‌های مهم آلتراسیون عبارتند از: زون تورمالین، زون سیلیسی، زون سرستیک، زون پروپلیتیک، زون آرژیلیک و زون اکسیدهای آهن ثانویه نتایج حاصل از اکتشاف رسوبات رودخانه‌ای (کانی سنگین) در منطقه مطالعاتی بی‌هنجاری عناصر Sn-W-Au-Pb-Zn-Cu-As شناسایی شدند. رسوبات رودخانه‌ای منطقه گرانودیوریت‌ها در بخش شرقی محدوده مطالعاتی بیشترین بی‌هنجاری عناصر Sn, Au, As, Pb, Zn, Cu را نشان می‌دهد. نتایج تجزیه ۷۷ نمونه از توده‌های گرانودیوریتی و مونزونیتی (برداشت شده از مناطق دارای آلتراسیون و کانی‌سازی) نشان داد که کانی‌سازی در ارتباط با گرانودیوریت است. بی‌هنجاری عناصر Sn-W-Au-Pb-Zn-Cu-As در بخش شرقی گرانودیوریت‌ها شناسایی شد.

منابع

- امانوئل فوله (۱۳۸۳). نقشه زمین‌شناسی ۱:۲۵۰۰۰۰ گناباد. سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی ایران. قائمی فرخ (۱۳۸۴). نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ گناباد. سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی ایران. کریمپور محمد حسن، مرادی م. و سلاطی احسان (۱۳۸۸). زمین‌شناسی پترولوژی توده‌های نفوذی شرق محدوده نجم آباد (گناباد).
- Audétat, A., Günther, D. & Heinrich, C.A. (2000). Magmatic-hydrothermal evolution in a fractionating granite: a microchemical study of the Sn-W mineralized Mole Granite (Australia), *Geochim. Cosmochim. Acta* **64** (2000), pp. 3373–339.
- Heinrich, C.A., Ryan, C.G., Mernagh, T.P. & Eadington, P.J. (1992). Segregation of ore metals between magmatic brine and vapor: a fluid inclusion study using PIXE microanalysis, *Econ. Geol.* **87** (1992), pp. 1566–1583.
- Heinrich, C.A., Günther, D., Audétat, A. Ulrich, Th. & Frischknecht, R. (1999). Metal fractionation between magmatic brine and vapor, determined by micro-analysis of fluid inclusions, *Geology* **27** (1999), pp. 755–758.
- Henley, H.F., Brown, R.E. & Stroud, W.J. (1999). The Mole Granite-extent of mineralisation and exploration potential. In: P.G. Flood, Editor, *Regional Geology, Tectonics and Metallogensis of the New England Orogen*, Univ. of New England, Armidale, Australia (1999), pp. 3385–3392.
- Hubbard, B.E., Rowan, L.C., Dusel-Bacon, C. & Eppinger, R.G. (2007). Geologic Mapping and Mineral Resource Assessment of the Healy and Talkeetna Mountains Quadrangles, Alaska Using Minimal Cloud- and Snow-Cover ASTER Data. USGS Open-File Report 2007–1046, 2007.
- Ishihara S., (1977). "The magnetite-series and ilmenite-series granitic rocks", *Mining geology, Japan*, **27**, (1977) p. 43- 300.
- Rowan, L.C., Hook, S.J., Abrams, M.J. & Mars, J.C. (2003). Mapping hydrothermally altered rocks at Cuprite, Nevada, using the Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer (ASTER), A new satellite imaging system. *Economic Geology*, August 2003, v. 98, no. 5, p. 1019-1027, 2003. DOI: 10.2113/98.5.1019.
- Rowan, L.C. & Mars, J.C. (2003). Lithologic mapping in the Mountain Pass, California, area using Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer (ASTER) data: *Remote Sensing of Environment*, v. 84, no. 3, p. 350–366, 2003. DOI: 10.1016/S0034-4257(02)00127-X.
- Yamaguchi, Y., Rowan, L.C., Tsu, H. & Kahle, A.B. (1996). Application of ASTER data to geological studies. *Proceedings of the Eleventh thematic conference on geologic remote sensing; practical solutions for real world problems*: 11: I.77-I.86, 1996.