Geochemistry
Vol.3, No.1 (Spring 2014)

بررسی توزیع ژئوشیمیایی طلا در رسوبات آبراهه‌ای ورقه ۱:۱۰۰۰۰۰ اهر با استفاده از روش BLEG

فاطمه جهانگیریار[۱]، وارطان سیمونز*[۲]، محسن مؤذن[۳]، مرتضی گل‌رسان[۱]، احمد رواقی[۴]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد ژئوشیمی، دانشکده علوم طبیعی، گروه علوم زمین، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران
۲- استادیار زمین‌شناسی اقتصادی، مرکز تحقیقات علوم پایه دانشگاه تبریز، تبریز، ایران
۳- استاد پترولوژی، دانشکده علوم طبیعی، گروه علوم زمین، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران
۴- کارشناسی ارشد، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی شمال باختری- تبریز، ایران
* عهده‌دار مکاتبات: simmonds_vartan@yahoo.co.uk

دریافت مقاله: ۹۲/۲/۲۶ پذیرش مقاله: ۹۲/۵/۲۵

چکیده

منطقه مورد مطالعه درشمال باختری ایران در محدوده ورقه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ اهر واقع است. واحدهای آتشفشانی ائوسن بخش وسیعی از منطقه را می‌پوشانند و توده‌های گرانیتی- گرانودیوریتی و گرانیت قلیایی اولیگوسن در آنها نفوذ کرده و دگرسانی‌های گرمابی و کانه‌زایی مس- طلا در آنها ایجاد شده است. با توجه به حساسیت بسیار بالای روش BLEG (۰/۱ ppb) برای طلا و امکان ردیابی سریع این عنصر در رسوبات آبراهه‌ای، این روش برای مطالعه توزیع ژئوشیمیایی طلا و زون‌های بی‌هنجار آن در ورقه اهر انتخاب شد. تعداد ۴۲۲ نمونه از رسوبات آبراهه‌ای برداشت و مقدار طلای آنها به روش Fire assay تجزیه شیمیایی شد. پس از پردازش داده‌ها، ۵ زون بی‌هنجاری طلا در نیمه شمالی و بخش مرکزی محدوده و گوشه جنوب‌شرقی ورقه اهر شناسایی شدند. مطالعات صحرایی نشان می‌دهد که این بی‌هنجاری‌ها در ارتباط با توده‌های نفوذی گرانیت قلیایی و گرانیت اولیگوسن و زون‌های دگرسان حاصل از سیال‌های گرمابی مربوطه هستند.

واژه‌های کلیدی: رسوبات آبراهه‌ای، روش BLEG، اهر، طلا، بی‌هنجاری

۱- مقدمه

یکی از روش‌های نوین برای شناخت کانسارهای طلا بویژه کانسارهای پنهان این فلز، روش BLEG (کل طلای استحصال‌شده با روش شستشوی شیمیایی) است. ابعاد نمونه‌های آن کمتر از ۲ میلی‌متر بوده و حجم نمونه آن بالاست. BLEG معمولاً در شناسایی حوضه‌های آبریز با مقادیر غیرعادی طلا و ردیابی سریع منشأ آن در مناطق فاقد داده‌های اکتشافی به‌کار می‌رود. این روش به منظور بهبود کیفیت داده‌های به‌دست آمده از نمونه‌های رسوب آبراهه‌ای و اندازه‌گیری دقیق محتوای طلای دانه‌ریز این نمونه‌ها توسط شرکت‌های استرالیایی و آمریکایی توسعه یافت و به طور وسیعی در اکتشاف ذخایر طلا استفاده شد (Radford, 1996). در این روش، محلول قلیایی سیانید سدیم برای استحصال طلا از نمونه‌های رسوب آبراهه‌ای و خاک به‌کار می‌رود. فرق این روش با روش سنتی مطالعه رسوب آبراهه‌ای، برداشت مقدار زیادی نمونه (معمولاً ۵-۲ کیلوگرم) به‌جای برداشت نمونه‌هایی با اندازه ذرات مشخص است. همچنین در این روش، تنها ذرات ریزدانه و آزاد طلا (۲< میلی‌متر) در محلول سیانید قابل انحلال هستند و ذرات محصور توسط کانی‌های دیگر حل نمی‌شوند (Liang et al., 1980).

از سوی دیگر، دانه‌های درشت طلا نیز تنها به‌صورت سطحی دچار انحلال می‌شوند (Bheemalingeswara, 2010) و بنابراین مقدار طلای به‌دست آمده توسط این روش، تا حدودی کمتر از روش سنتی مطالعه رسوبات آبراهه‌ای است. با این وجود، مزیت بزرگ BLEG در برابر روش سنتی، حساسیت بسیار بالای آن و امکان ردیابی مقادیر جزئی طلا (حتی در حد ppb ۰/۱) در فواصل بسیار دور از مرکز کانه‌زایی است، که این امر، روش BLEG را در پروژه‌های اکتشاف ناحیه‌ای به روشی بسیار سودمند تبدیل کرده است. نمونه معروف کاربرد مؤثر BLEG، اکتشاف ذخیره بزرگ مس- طلای پورفیری Batu Hijau در یک منطقه مرطوب جنگلی در اندونزی است (Meldrum et al., 1994).

Archive of SID
www.SID.ir

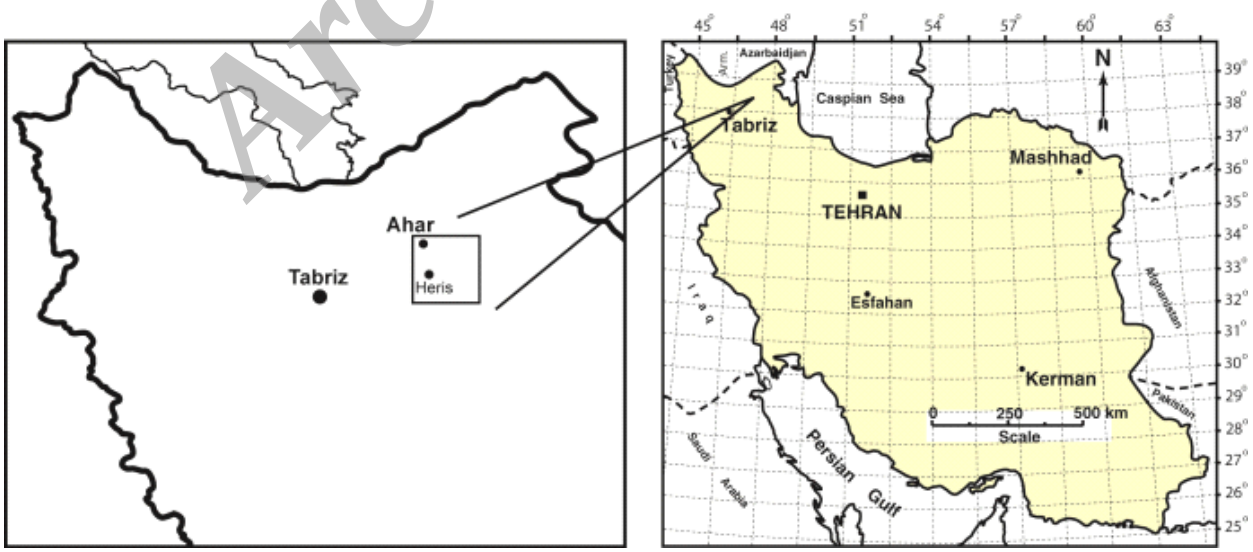
با توجه به قرارگیری منطقه مورد مطالعه در این تحقیق در زون فلززایی اهر- جلفا و رخداد فعالیت‌های آتشفشانی، پلوتونیسم و دگرسانی در این زون که منجر به تشکیل کانسارهای مهمی چون مس پورفیری سونگون (Calagari, 1997)، کانسار مس سوناجیل (حسین‌زاده، ۱۳۸۷)، اسکارن مزرعه (Mollaei et al., 2009) و بسیاری معادن و نشانه‌های معدنی دیگر در منطقه شده است، به نظر می‌رسدکه پتانسیل منطقه از نظر کانه‌زایی طلا نیز اهمیت دارد. بنابراین در این مقاله سعی شده است با بررسی توزیع ژئوشیمیایی طلا در رسوبات آبراهه‌ای نمونه‌برداری شده به روش BLEG و پردازش آماری داده‌های به‌دست آمده، مناطق دارای بی‌هنجاری طلا در ورقه ۱:۱۰۰۰۰۰ جهت اکتشافات تفصیلی، مطالعه و شناسایی شود.

۲- موقعیت جغرافیایی و زمین‌شناسی عمومی منطقه

منطقه مورد مطالعه در ۱۱۰ کیلومتری تبریز، مرکز استان آذربایجان شرقی، بین طول جغرافیایی °۴۷ تا ′۳۰ °۴۷ شرقی و عرض جغرافیایی ′۱۵ °۳۸ تا ′۳۰ شمالی قرار دارد و کل مساحت نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ اهر را شامل می‌شود (شکل ۱). این منطقه از نظر تقسیمات زمین‌شناسی- ساختاری ایران (نبوی، ۱۳۵۵)، در زون البرز- آذربایجان واقع شده است. راه دسترسی به ناحیه مورد مطالعه، جاده آسفالته تبریز- اهر است. جاده‌های بستان‌آباد- مهربان- اهر و اهر- مشگین‌شهر از دیگر راه‌های ارتباطی به این منطقه هستند. منطقه فلززایی اهر- جلفا از نظر زمین‌شناسی از جنوب و جنوب باختری به گسل تبریز- سلطانیه، از شرق به گسل اردبیل- میانه و از سمت شمال شرق، به فروافتادگی نزدیک گسل شرقی - غربی مغان محدود می‌شود (قربانی، ۱۳۸۶). ادامه این منطقه فلززایی در شمال به زون فلززایی قفقاز کوچک می‌رسد.

در ورقه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ اهر (شکل ۲)، (مهدوی و امینی فضل، ۱۳۶۷)، گسترده‌ترین واحد سنگی در محدوده مورد مطالعه، سنگ‌های آتشفشانی ائوسن با ترکیب آندزیتی، آندزیت پیروکسن‌دار، تراکی‌آندزیتی و گاه تراکیتی پورفیری، آندزیت‌بازالت با دگرسانی کائولینیتی و آلونیتی و به مقدار کمتر گدازه‌های اولیوین بازالتی همراه با توف‌های اسیدی به شدت سیلیسی و سریسیتی‌شده، ایگنمبریت با ترکیب داسیتی تا ریوداسیتی، و توفیت (E^v) هستند که در داخل آنها گاه عدسی‌های آهکی نازک‌لایه حاوی فسیل نومولیت (E^l) مشاهده می‌شود.

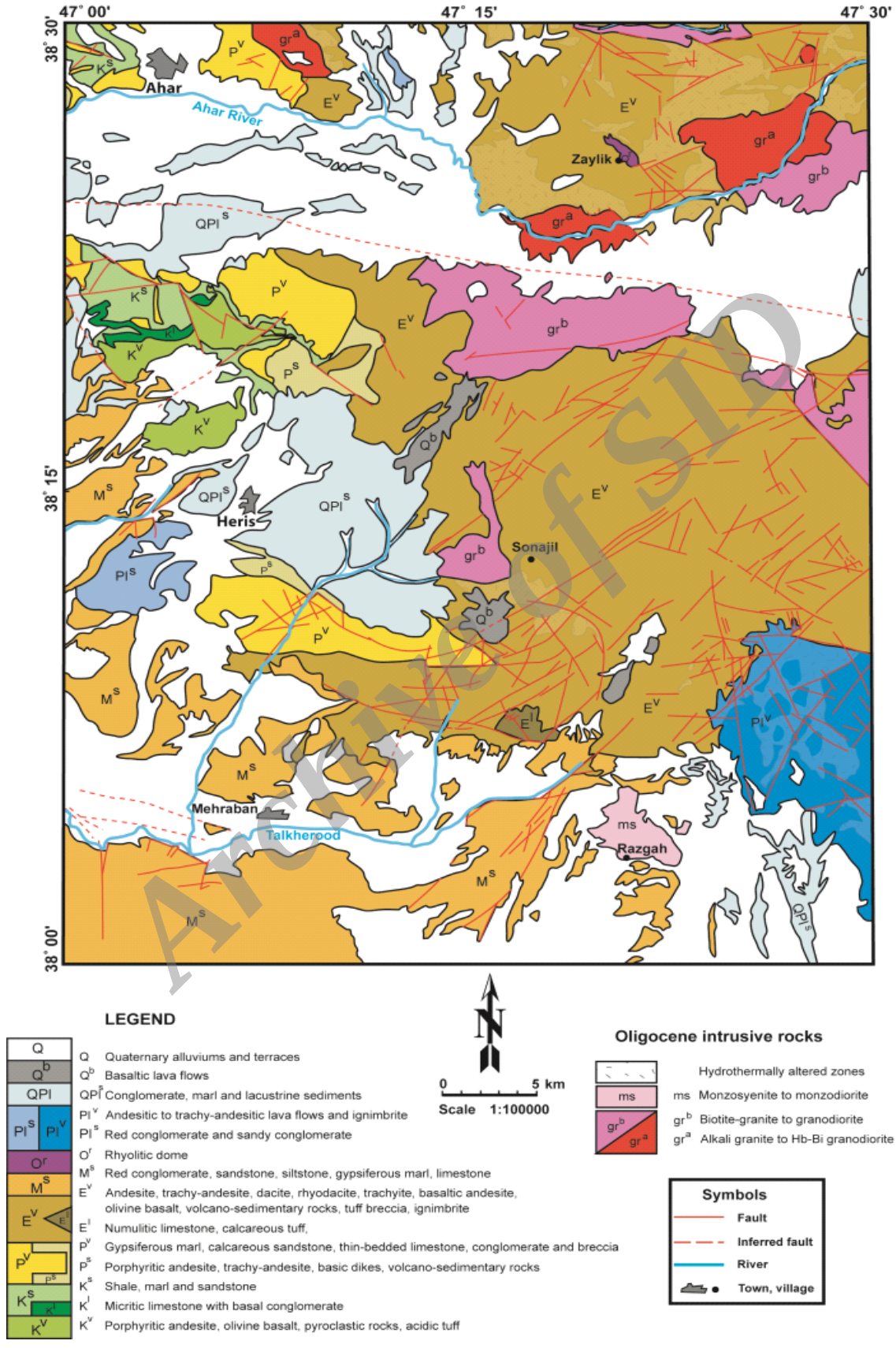
از نظر چینه‌شناسی، این واحدها بر روی سنگ‌های آتشفشانی (آندزیت تا تراکی‌آندزیت پورفیری و سنگ‌های آذرآواری مانند توف و آگلومرا؛ P^v) و رسوبی (مارن گچ‌دار، ماسه‌سنگ آهکی و آهک‌های خاکستری؛ P^s) پالئوسن و سنگ‌های آتشفشانی (آندزیت پورفیری، آندزیت بازالت و اولیوین بازالت همراه با برش آتشفشانی و توفیت؛ K^v) و رسوبی (کنگلومرای قاعده‌ای، ماسه‌سنگ، شیل و مارن K^s و سنگ آهک فسیل‌دار K^l) کرتاسه پسین، به‌عنوان قدیمی‌ترین واحدهای سنگی منطقه قرار می‌گیرند.



شکل ۱- موقعیت محدوده مورد مطالعه

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۲- نقشه زمین‌شناسی ساده‌شده ۱:۱۰۰۰۰۰ اهر، (برگرفته از مهدوی و امینی فضل، ۱۳۶۷)

Archive of SID

www.SID.ir

واحدهای اولیگوسن شامل گنبدهای ریولیتی (O^r)، برش و ایگنمبریت داسیتی و چندین توده نفوذی بزرگ با ترکیب گرانیتی تا گرانودیوریتی و بافت دانه‌ای هستند که براساس ویژگی‌های سنگ‌نگاری، به دو گروه بیوتیت- هورنبلند گرانیت (gr^b) و گرانیت قلیایی (gr^a) تقسیم می‌شوند. واحدهای میوسن رسوبی بوده (M^s) و شامل کنگلومرای قرمزرنگ با میان‌لایه‌هایی از مارن، تناوب مارن‌های ژیپس‌دار، آهک مارنی و ژیپس است که بویژه در بخش جنوبی و جنوب غربی ورقه اهر رخنمون دارند و لایه‌های چین‌خورده با ساختارهای تاقدیسی و ناودیسی مشخص تشکیل داده‌اند. واحدهای پلیوسن با کنگلومرای قرمزرنگ قاعده‌ای و کنگلومرای ماسه‌ای (Pl^s) مشخص می‌شوند و نهشته‌های پلیو- پلیستوسن نیز که در بخش غربی منطقه و به‌طور کلی در دشت اهر رخنمون دارند (QPl^s) شامل کنگلومرای با جورشدگی ضعیف و گردشدگی نه‌چندان خوب به همراه سیلتستون و افق‌هایی از ژیپس و توف‌های بنفش‌رنگ است.

در نهایت، واحدهای کواترنری شامل نهشته‌های آبرفتی متشکل از ریگ و ماسه‌های ریزدانه به‌صورت پادگانه‌های آبرفتی و مخروط‌افکنه نمود یافته‌اند و رخنمون‌های محدودی از گدازه‌های بازالتی و واحدهای پومیس مرتبط با آن (Q^v) در سطح محدوده یافت می‌شوند.

۳- روش تحقیق

طراحی شبکه نمونه‌برداری این پژوهش، با توجه به دگرسانی‌ها و اندیس‌های معدنی موجود و واحدهای زمین‌شناسی منطقه، گسل‌های موجود و در نهایت الگوی شبکه آبراهه‌ها انجام شد و در نهایت ۴۲۲ محل برای نمونه‌برداری به روش BLEG در سطح ورقه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ اهر انتخاب شدند. در ادامه، از هر محل نمونه‌برداری، از تقریباً ۴۰ نقطه با فواصل مشخص در طول و عرض آبراهه نمونه سیلت برداشته شد و پس از الک‌کردن با مش ۴۰، ۲/۵ کیلوگرم نمونه جمع‌آوری شد. پس از بسته‌بندی و کدگذاری، نمونه‌های BLEG به آزمایشگاه مرکز تحقیقات فراوری مواد معدنی ایران در کرج ارسال و محتوای طلای آنها به روش Fire Assay تجزیه شدند بعد از دریافت نتایج تجزیه، داده‌های به‌دست آمده پردازش و مناطق دارای بی‌هنجاری مشخص شدند.

۴- بحث و بررسی

۴-۱- بررسی داده‌های سنسورد و غیر سنسورد

در روش BLEG با توجه به تک متغیر بودن داده تجزیه (فقط عنصر طلا)، انجام محاسبات آماری در شناسایی زون‌های بی‌هنجار لازم نیست و جدایش جامعه بی‌هنجار از زمینه بدون محاسبه درصد فراوانی و صرفاً براساس مقایسه داده‌ها با یک مقدار ثابت (غالباً ppb ۳) صورت می‌گیرد. به همین دلیل نیاز به جایگزینی مقادیر سنسورد نیست چرا که این مقادیر خود به خود در محدوده زمینه قرار گرفته و حذف می‌شوند (Otterman and de San Miguel, 1995). در هر حال اگر هر پردازش دیگری انجام شود، صرفاً به‌منظور بررسی‌های جانبی روش بوده و در اصول روش، تغییری ایجاد نخواهد کرد. در این تحقیق، از ۴۲۲ نمونه‌ای که برای تجزیه به روش BLEG برداشت و تجزیه شد، ۵۵ نمونه دارای مقادیر کمتر از ppb ۱ (حد حساسیت دستگاه) بوده و ۱۵ نمونه نیز به علت پایین‌بودن وزن (کمتر از ۲۰۰۰ گرم) و سایر مشکلات، تجزیه نشدند.

۴-۲- پردازش‌های آماری متناسب با ماهیت داده‌ها

برای بررسی آماری داده‌های به‌دست آمده، جدول پارامترهای آماری عنصر طلا، هیستوگرام فراوانی و پراکندگی غلظت در کلّ جامعه آماری با استفاده از نرم‌افزار SPSS رسم شد (جدول ۱ و شکل ۳). در روش BLEG بر خلاف روش سنتی مطالعه ژئوشیمیایی رسوبات آبراهه‌ای، نیاز به جدایش مقادیر خارج از رده و بهنجارسازی داده‌ها و سایر پردازش‌های دیگر نیست و ملاک جدایش بی‌هنجاری از زمینه برای مشخص‌شدن محدوده‌های بی‌هنجار، مقدار ppb ۳ است چرا که اگر بخشی از غلظت‌ها به علت واقع‌شدن در محدوده خارج از رده، از فرایند پردازش آماری حذف شوند مستقیماً سبب حذف محدوده‌های بی‌هنجار خواهند شد.

۴-۳- معرفی مناطق دارای بی‌هنجاری طلا

با بررسی نتایج تجزیه نمونه‌های برداشت‌شده مشخص شد که ۷۰ نمونه از ۴۲۲ نمونه تجزیه شده، مقادیر بالای ppb ۳ دارند که طبق پردازش صورت گرفته به‌عنوان جامعه بی‌هنجاری لحاظ شده و معرف ۵ زون بی‌هنجاری در سطح منطقه می‌باشند (شکل۴). به منظور کنترل این بی‌هنجاری‌ها، بازدید صحرایی از موقعیت آنها انجام گرفت که مؤید وجود کانی‌سازی در این مناطق بود و ۸۵ نمونه سنگی و کانه‌زایی شده از این مناطق برداشته و مطالعه ماکروسکوپی و میکروسکوپی بر روی آنها انجام شد. موقعیت و مشخصات هر یک از این زون‌ها به شرح زیر است:

۴-۳-۱- زون اول

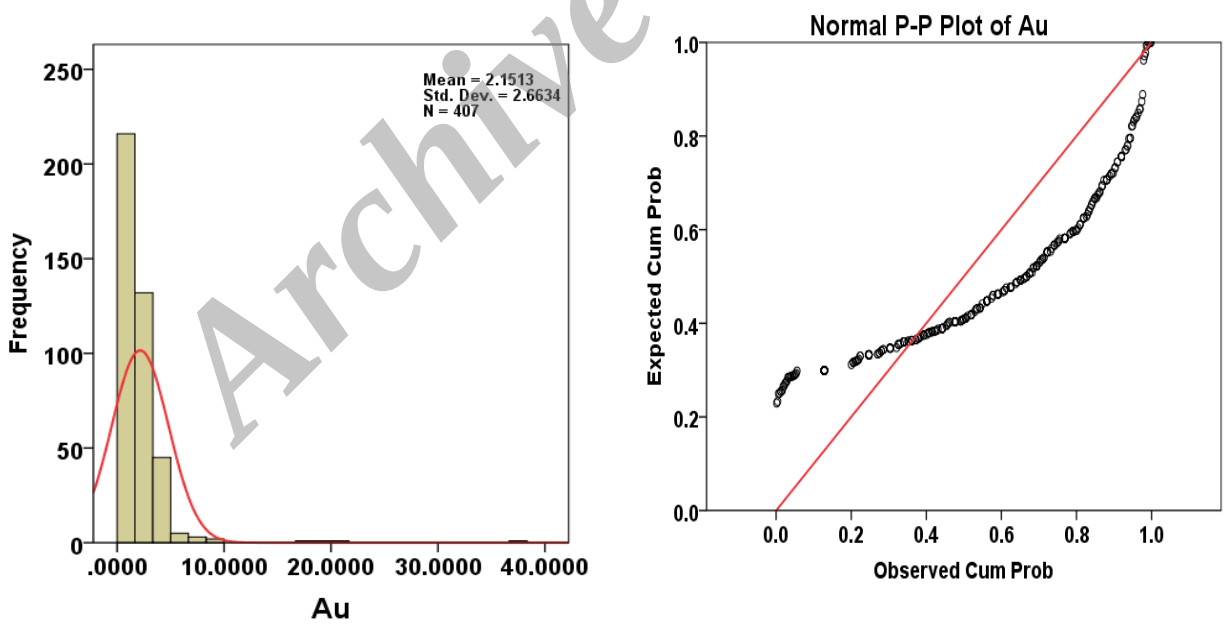
این بی‌هنجاری در ناحیه شرق و غرب شهرستان اهر واقع است. از نظر زمین‌شناسی، واحدهای تشکیل‌دهنده این محدوده شامل توده نفوذی گرانیت قلیایی به سن اولیگوسن، گدازه‌های بازالت آندزیتی سیلیسی‌شده، داسیتی و آندزیتی همراه با سنگ‌های آتشفشانی- رسوبی ائوسن و مارن، ماسه‌سنگ و آهک کرتاسه پسین است. البته بخش زیادی از این منطقه نیز توسط رسوبات آبرفتی کواترنری پوشیده شده است.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۱- محاسبه پارامترهای آماری داده‌های خام برای عنصر طلا بر حسب ppb

عنصر		Au
تعداد نمونه	تعداد کل	۴۰۷
	حذف شده	۰
میانگین		۲/۱۵۱۳
میانه		۱/۵۴
مد		۰/۷۵
انحراف معیار		۲/۶۶
واریانس		۷/۰۹
کج شدگی		۸/۲۲
خطای کج شدگی		۰/۱۲
کشیدگی		۹۲/۶۹
خطای کشیدگی		۰/۲۴
کمینه		۰/۱۸
بیشینه		۳۷/۹۰
مجموع		۸۷۵/۵۶

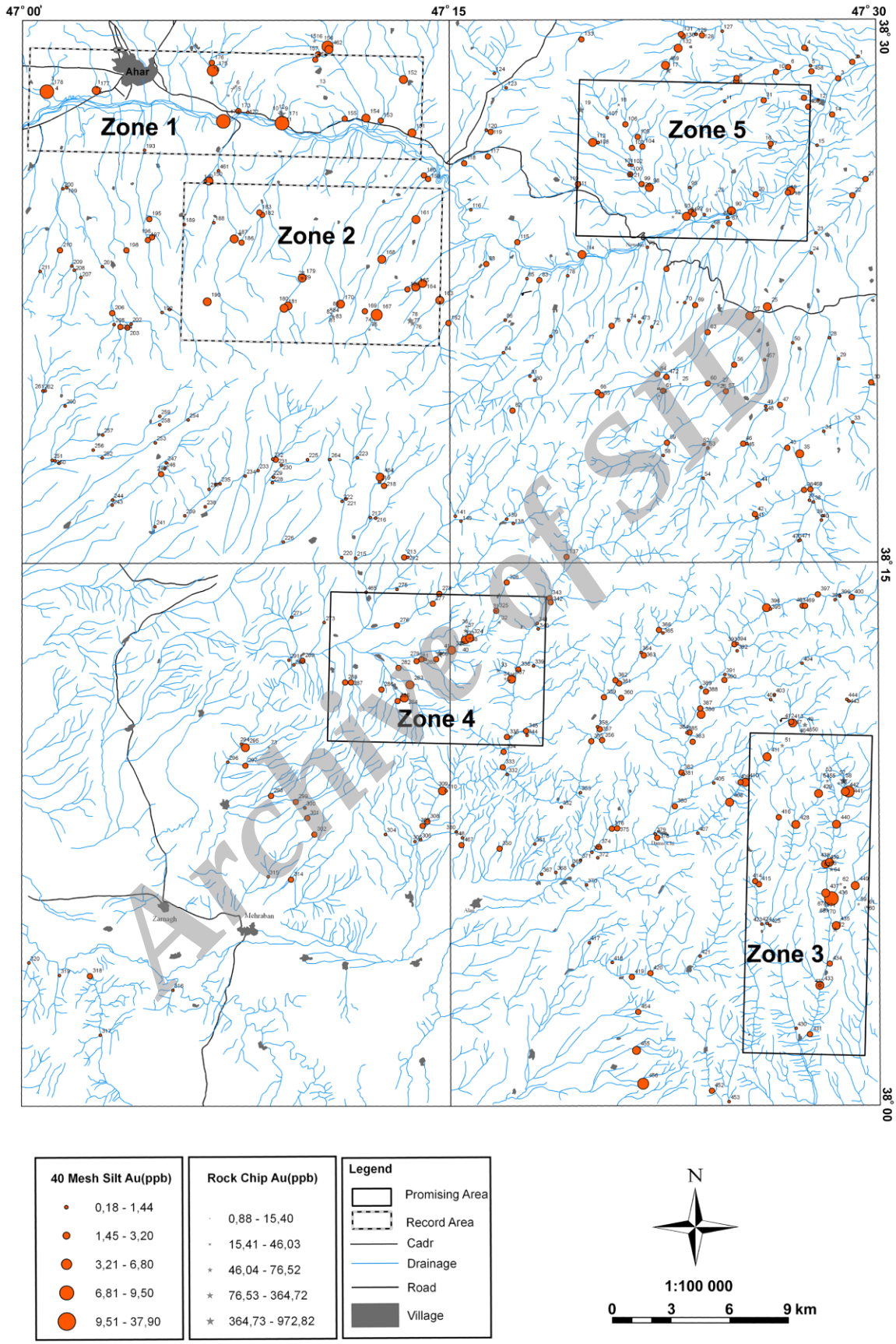


شکل ۳- هیستوگرام فراوانی طلا در منطقه اهر

در این زون یک رگه سیلیسی در مرز توده نفوذی گرانیت قلیایی اولیگوسن و سنگ‌های آتشفشانی ائوسن به ضخامت ۱/۵متر و به طول ۱ کیلومتر دیده شد که حاوی اکسید آهن و کانه‌زایی سرب، روی، مس و طلاست (شکل 5a). ۱۰ نمونه بی‌هنجار طلا در این منطقه واقع شده‌اند. مقدار حداکثر طلا در این نمونه ها ۱۹/۴۵ ppb است. بیشترین مقدار طلای به‌دست آمده از ۱۶ نمونه سنگی برداشته شده از این زون و رگه سیلیسی موجود در آن ۸۵۰ ppb است. با این توصیف، این زون یکی از مناطق امیدبخش بی‌هنجاری طلا معرفی می‌شود که به احتمال زیاد، توده نفوذی گرانیت قلیایی منشا این کانی‌سازی است.

Archive of SID

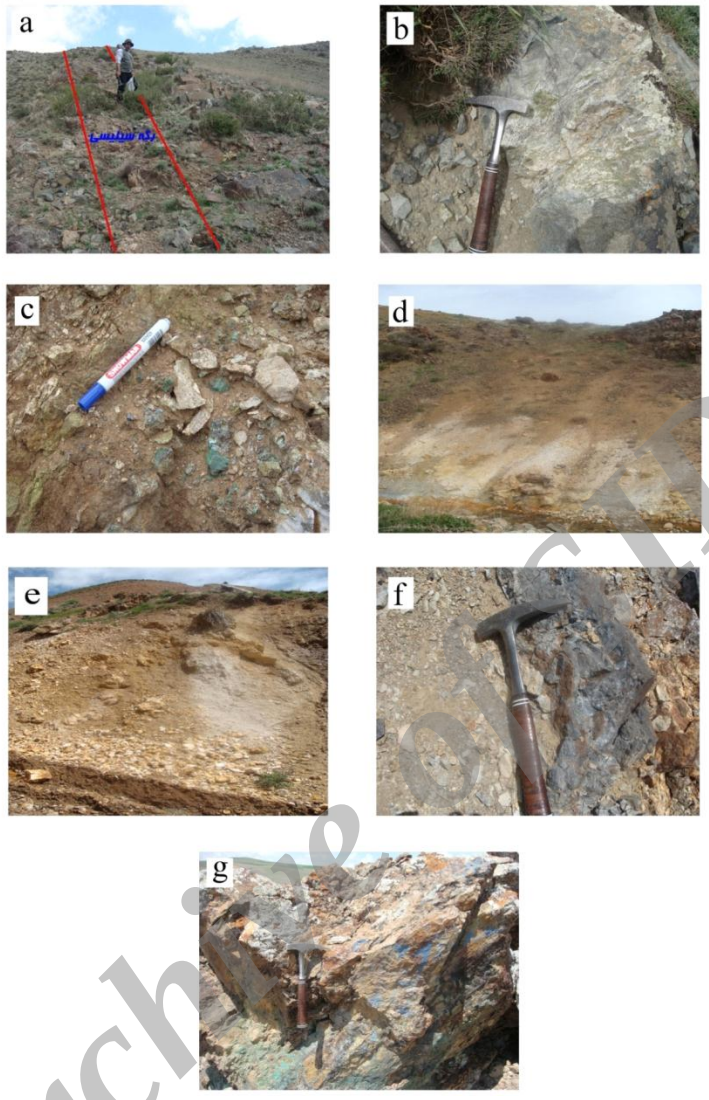
www.SID.ir



شکل ۴- موقعیت زون‌های بی‌هنجار شناسایی‌شده به روش BLEG برای عنصر طلا در برگه ۱:۱۰۰۰۰۰ اهر

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۵- عکس‌های صحرایی از آثار کانی‌سازی در محل زون‌های بی‌هنجار، در محدوده ورقه ۱:۱۰۰۰۰۰ اهر. a) نمایی از رگه سیلیسی دارای کانه‌زایی سرب، روی و طلا (دید به سمت شمال)، b) نمایی از زون اسکارنی دارای اپیدوت و سیلیس، c) نمایی از زون اسکارنی دارای کانه‌زایی مالاکیت و مس خالص، d) نمایی از رخنمون زون دگرسانی فیلیک در شمال روستای شیر مردان، e) نمایی از دگرسانی آرژیلیک در منطقه سوناجیل (دید به سمت شمال غرب)، f) نمایی از رگچه سیلیسی حاوی کانه‌زایی مس در منطقه، g) نمایی ازکانه‌زایی مالاکیت و آزوریت در محدوده ساریلار (دید به سمت غرب)

۴-۳-۲- زون دوم

این بی‌هنجاری منطبق بر شمال کوه قوشه‌داغ در شمال شرق هریس (جنوب شرق اهر) است. واحدهای زمین‌شناسی موجود در منطقه شامل حاشیه غربی یک توده نفوذی بزرگ بیوتیت گرانیتی به سن اولیگوسن، سنگ‌های آندزیتی- تراکی آندزیتی و داسیتی همراه با سنگ‌های آتشفشانی- رسوبی پالئوسن و ائوسن است. ۱۳ نمونه بی‌هنجار طلا در این زون قرار گرفته که بیشترین مقدار طلای به‌دست آمده از آنها ۶/۸۸ ppb است. در این زون، یک رگه سیلیسی در داخل سنگ‌های آتشفشانی با امتداد بیش از ۵۰ متر و عرض ۳ متر مشاهده شد. همچنین در نزدیکی این رگه، زون اسکارنی برشی حاوی کانی‌های اپیدوت، گارنت، کلسیت و سیلیس نیز مشاهده شد (شکل ۵b). برای کنترل بی‌هنجاری و یافتن آثار کانی‌سازی، ۱۳ نمونه سنگی نیز از این زون برداشت شده است. با توجه به وجود کانی‌های مالاکیت، کالکوپیریت و مس خالص، بیشترین مقدار مس برابر با ۷/۴ درصد در این زون مشاهده شد (شکل ۵c). در این نمونه‌ها بیشترین مقدار طلا ۲۳۵ ppb است.

۴-۳-۳- زون سوم

این بی‌هنجاری در حاشیه جنوب شرقی ورقه و جنوب کوه اوغلان داغ (حوالی روستای شیرمردان و شالو) واقع است. جنس واحدهای تشکیل‌دهنده این منطقه شامل گدازه‌های آندزیتی تا تراکی- آندزیتی ائوسن با آثار دگرسانی گرمابی در بخش سرمنشأ آبراهه‌ها و گدازه‌های آندزیتی و تراکی- آندزیتی پلیوسن با آثار دگرسانی گرمابی در خود محدوده بی‌هنجار است. در این منطقه ۱۹ نمونه بی‌هنجار قرار می‌گیرد. بیشترین مقدار طلا در نمونه‌های BLEG، ۳۷/۹ ppb است که منطبق بر دره منتهی به روستای شیرمردان است. همچنین بیشترین مقدار طلای به‌دست‌آمده از تجزیه ۲۴ نمونه سنگی و کانه‌زایی‌شده مربوط به این زون است که حدود ۹۷۳ ppb بوده و از رگه و رگچه‌های سیلیسی واقع در این زون به‌دست آمده است. با توجه به وجود

Archive of SID

www.SID.ir

دگرسانی‌های سیلیسی و آرژیلیک و آثار کانه‌زایی مس (شمال شالو)، این زون نیز یکی از نقاط بسیار امیدبخش برگه اهر است (شکل 5d).

۴-۳-۴- زون چهارم

این بی‌هنجاری منطبق بر محدوده روستاهای سوناجیل و اینجه در مرکز برگه اهر است. واحدهای تشکیل‌دهنده این منطقه شامل توده نفوذی هورنبلند بیوتیت گرانیتی تا گرانودیوریتی اولیگوسن، سنگ‌های آندزیتی پیروکسن‌دار همراه با توف برشی و ایگنمبریت به سن ائوسن هستند که زون‌های دگرسانی گرمابی در آنها به چشم می‌خورند. در این منطقه ۹ نمونه بی‌هنجار واقع شده که بیشترین مقدار طلا در آنها ppb ۴/۹ است. لازم به ذکر است که در این محدوده، کانه‌زایی مس پورفیری شناسایی شده و زون‌های دگرسانی‌های فیلیک و آرژیلیک و رگه- رگچه‌های سیلیسی در توده نفوذی و سنگ‌های میزبان شکل گرفته‌اند (شکل 5e و 5f). از این منطقه ۱۱ نمونه کانه‌زایی‌شده برداشت شده که بیشترین مقدار طلا در این نمونه‌ها ppb ۶۳۲ معرفی می‌شود.

۴-۳-۵- زون پنجم

این بی‌هنجاری در بخش شمال شرقی ورقه اهر، در حوالی روستای زیلیک و بویژه شرق آن واقع است. از نظر سنگ‌شناسی، این محدوده متشکل از سنگ‌های گرانیت قلیایی و بیوتیت گرانیتی اولیگوسن و سنگ‌های آندزیتی، تراکی آندزیتی و داسیتی ائوسن همراه با آثار دگرسانی‌های گرمابی شامل دگرسانی‌های سیلیسی، آرژیلیک و آلونیتی است. ۱۵ نمونه بی‌هنجار در این زون قرار می‌گیرند. بیشترین مقدار طلا در این نمونه‌ها ppb ۴/۷۵ است. براساس عملیات کنترل صحرایی، کانه‌زایی مس و طلا در این محدوده در ارتباط با رگه‌های سیلیسی است (شکل 5g) که خود حاکی از نقش توده‌های نفوذی گرانیتی در این محدوده به‌عنوان عامل کانه‌زایی است. مقدار طلا در ۱۱ نمونه کانه‌زایی‌شده برداشت شده از این زون به ppb ۳۶۵ نیز می‌رسد.

نتیجه‌گیری

در مبحث اکتشافات ژئوشیمیایی، پردازش داده‌های ژئوشیمیایی یکی از مهم‌ترین و پیچیده‌ترین بخش‌ها به‌شمار می‌رود، چرا که تعداد زیادی نمونه برای افزون بر ۴۰ عنصر تجزیه‌شده و بررسی‌های آماری آن جز با تکیه بر نرم‌افزارهای تخصصی و محاسبات پیچیده ریاضی امکان‌پذیر نیست. اما در روش BLEG، بخش عمده‌ای از این مباحث مطرح نبوده و کار ساده‌تر است. اولاً نمونه‌ها صرفاً برای عنصر طلا تجزیه شده و پردازش تک متغیره، بسیار ساده و بدون خطا انجام می‌شود. همچنین معیار کلی برای جدایش جامعه بی‌هنجاری از زمینه در روش BLEG به‌صورت مطلق بوده (غالباً ppb ۳) که خود موجب سادگی روش و کاهش خطا می‌شود. به هرحال اگر هر پردازش دیگری انجام گیرد صرفاً به منظور بررسی جانبی روش است و در اصول روش تغییری ایجاد نخواهد شد. با توجه به وجود شواهد دگرسانی‌های گرمابی و رگه- رگچه‌های سیلیسی در ورقه ۱:۱۰۰۰۰۰ اهر، و نیز جایگیری چندین توده نفوذی گرانیتی تا گرانودیوریتی با پتانسیل کانه‌زایی بالا برای فلزات پایه در این محدوده که کانسار مس- پورفیری سوناجیل مثال بارز آن است، پی‌جویی طلا در رسوبات آبراهه‌ای این محدوده به منظور شناسایی زون‌های بی‌هنجار مدنظر قرار گرفت و برای این منظور، روش BLEG به علت مزایای آن، از جمله سهولت تجزیه و شناسایی سریع‌تر زون‌های بی‌هنجار انتخاب شد. ۴۲۲ نمونه به این روش از شبکه آبراهه‌ای موجود برداشت شده و محتوای طلای آنها آنالیز شد. پس از پردازش نتایج به‌دست آمده، ۷۰ نمونه بی‌هنجار در قالب ۵ زون شناسایی شدند. بررسی نقشه زمین‌شناسی و کنترل صحرایی این زون‌ها نشان می‌دهد که بی‌هنجاری طلا در آنها ارتباط تنگاتنگی با توده‌های نفوذی گرانیت قلیایی- گرانیتی تا گرانودیوریتی اولیگوسن و دگرسانی‌های گرمابی و رگه- رگچه‌های سیلیسی مرتبط با آنها دارد که کانسار مس- پورفیری سوناجیل در بخش مرکزی ورقه، شاهدی بر این مدعاست.

تقدیر و تشکر

بخشی از این پژوهش توسط دانشگاه تبریز حمایت مالی شده است. از سردبیر و داوران علمی مجله برای راهنمایی‌ها و نظرات بسیار سازنده‌شان متشکریم.

مراجع

حسین‌زاده، ق.، ۱۳۸۷، "مطالعات زمین‌شناسی، ژئوشیمی، سیالات درگیر، کانی‌سازی، دگرسانی و ژنز کانسار مس پورفیری سوناجیل، شرق هریس (استان آذربایجان شرقی)" رساله دکتری، دانشگاه تبریز، ۲۱۴ صفحه.

مهدوی، م. ع. امینی فضل، ع.، ۱۳۶۷، "نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ اهر" انتشارات سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.

قربانی، م.، ۱۳۸۶، "زمین‌شناسی اقتصادی ذخایر معدنی و طبیعی ایران" نشر آرین زمین، ۵۱۵ صفحه.

نبوی، ح.، ۱۳۵۵، "دیباچه‌ای بر زمین‌شناسی ایران" سازمان زمین‌شناسی کشور، ۱۰۹ صفحه.

Bheemalingeswara, K., 2010, "Use of bulk sample and hot acids in stream sediment survey for gold", *Earth Science India, 3, P.115-123.*

Calagari, A.A., 1997, "Geochemical, stable isotope, noble gas and fluid inclusion studies of mineralization and alteration at Sungun porphyry copper deposit, East-Azarbaidjan, Iran: Implication for genesis", *Unpublished Ph.D. Thesis, Manchester University, Manchester, P.537.*

Liang Pan, K., Overstreet, W.C., Robbinson, K., Hubert, K.E., Crenshaw, G.L., 1980, "Equivalent uranium and selected minor elements in magnetic concentrates from the Candle Quadrangle, Soloman Quadrangle and elsewhere in Alaska", *United States Geological Survey Professional Papers, 1135, P.1-108.*

Meldrum SJ, Aquino RI, Burke RJ, Suyadi A, Irianto B, Clarke DS, 1994, "The Batu Hijau porphyry copper-gold deposit", *Sumbaua Island, Indonesia. J Geochem explor 50: P.203-220.*

Mollaei, H., Yaghubpur, *A.M*., Sharifiyan Attar, R., 2009. " Geology and Geochemistry of Skarn deposits in the northern part of Ahar batholith, East Azarbayjan, NW Iran", *Iranian Journal of Earth Science 1, P.15-34.*

Otterman, D.W., and de San Miguel, G.F., 1995, "The discovery and development of the Mt McClure gold deposits, *in* New Generation Gold Mines: Case Histories of Discovery", *Conference Proceedings 27-28 November, Perth, Western Australia, (Australian Mineral Foundation: Adelaide), 3.1-3.15.*

Radford, N. 1996, "BLEG sampling in gold exploration: an Australian view*", Explore, 92, P.8-10.*

Archive of SID

www.SID.ir