

کاربرد سیالات درگیر (Fluid Inclusions) در بررسی ژنز کان سارها و اکتشاف آن‌ها

به عنوان نمونه کان سار مس و مولیبدن پورفیری سونگون اهر - آذربایجان خاوری

نوشته: دکتر هاشم اطمینان *

Abstract

Fluid inclusion studies, especially in the last 20 years, have provided, invaluable data in constraining the physicochemical conditions of formation of ore deposits.

Some examples of fluid inclusion studies on carbonate-hosted Pb-Zn deposits of Mississippi Valley type, epithermal gold, Uranium vein deposits in granites, tin-tungsten vein deposits and Cu-Mo porphyry deposits are briefly discussed in this paper. Parallel with these ore-genesis studies significant attention has also been focussed on the application of fluid inclusions as a prospecting tool.

It is shown that the integration of field observations and laboratory investigations (petrography, alteration and fluid inclusions) has led to the discovery of Cu-Mo porphyry style mineralization, near Sungun village (northwest of Ahar), Azarbayjan.

چکیده

بررسی سیالات درگیر، به ویژه در ۲۰ سال اخیر، کمک بزرگی به شناسایی شرایط فیزیکی شیمیایی تشکیل کان سارها کرده است. در این جا به اختصار نمونه‌هایی از این کوشش‌ها را که برای شناسایی ژنز کان سارهای سرب و روی در سنگ‌های کربناته Mississippi Valley type Deposits، کان سارهای طلای اپی-ترمال، کان سارهای رگدای اورانیوم، کان سارهای رگدای تنگستن و قلع، و کان سارهای مس و مولیبدن پورفیری به کار رفته ارائه می‌نماییم. همزمان با پژوهش بر روی سیالات درگیر کوشش‌های فراوانی نیز برای کاربرد این اطلاعات جهت پی‌جویی و اکتشاف این کان سارها به عمل آمده است. در این نوشتار نشان داده می‌شود که چگونه تلفیق مشاهدات صحرایی و بررسی‌های آزمایشگاهی (سنگ شناسی، آنالیز، سیالات درگیر) منجر به کشف کانی‌سازی مس و مولیبدن از نوع پورفیری در کنار قریه سونگون اهر شده است.

Application of fluid inclusions in ore genesis studies and mineral prospecting, The Sungun porphyry Copper- Molybdenum deposit, (northwest of Ahar), Azarbayjan, as an example.

by: Dr. H. Etminan *

مقدمه

مختصری در باره چند نمونه کاربرد سیالات در گیر در بررسی ژنز کانسارها

الف: کانسارهای سرب و روی در سنگهای آهکی Mississippi Valley type Deposits

بررسی این نوع کانسارها در آمریکا (Roeder, 1976) و استرالیا (Etminan, et al, 1984) نشان می دهد که شوری سیالات بسیار بالاست و تا حدود ۲۵ درصد وزنی کلرورسیدیم می رسد. درجه حرارت تشکیل آنها حدود ۸۵-۱۵۰ درجه سانتی گراد است. معمولاً مقدار قابل توجهی مواد آلی به صورت قطره های نفت یا گاز متان و نظایر آن همراه سیالات در گیر دیده می شود که اهمیت زیادی در بررسی ژنز آنها دارد (Etminan and Hoffmann, 1989). براساس این دانسته ها اکثر پژوهشگران در حال حاضر معتقدند که مشابه این سیالات آب های ژرف حوضه های رسوبی هستند که در طول مهاجرت طولانی خود به سمت حاشیه فلزات سرب و روی را در مسیر خود حل کرده و سپس در شرایط مناسب آنها را رسوب داده اند (Anderson, 1983).

پ: کانسارهای طلای اپی ترمال در سنگهای آتشفشانی

بررسی سیالات در گیر نشان می دهد که در بیشترین کانسارها شوری بین ۰/۱ تا ۳/۵ درصد معادل وزنی کلرورسیدیم است و درجه حرارت آنها بین ۲۵۰ تا ۳۰۰ درجه سانتی گراد تغییر می کند. بررسی سیالات در گیر، نوع یافت (Texture) کوآرتز و دگرسانی گرمایی راهنمای بسیار مفیدی برای اکتشاف این کانسارها ارائه داده است (Begen and Bethke, 1985, Etminan et al, 1988).

ذخایر معدنی قابل مشاهده در سطح یا نزدیک به سطح زمین روز به روز محدودتر می شوند. به همین سبب، برای یافتن منابع جدید شرکت های معدنی هرچه بیش تر به استفاده از تکنیک های اکتشافی جدید و همچنین تئوری های مدرن ژنز کانسارها رو می آورند. استفاده از سیالات در گیر به عنوان ابزاری جدید در بررسی ژنز کانسارها به ویژه در ۲۰ سال اخیر بسیار متداول بوده و در بسیاری از موارد به طور کلی اساس تئوری های موجود در این مورد (ژنز کانسارها) را دگرگون ساخته است. به منظور دست یابی به دانسته های بیش تر در زمینه سیالات در گیر و روش های مورد استفاده به نوشتارهای زیر رجوع شود:

(Holleotr and Crawford, 1981, Roedder, 1984, ۱۳۶۵). همزمان با این بررسی ها کوشش های فراوانی صورت گرفت تا از دانسته های به دست آمده از این بررسی ها در پی جویی و اکتشاف کانسارها استفاده شود.

کانسارهای مس و مولیبدن پورفیری از جمله کانسارهایی هستند که نقش سیالات در مکانیسم دگرسانی و کانی سازی در آنها مورد بررسی دقیق قرار گرفته است،

(Roeder, 1971, Nosh, 1971, Etminan, 1977, Eantoe, 1975, Poty and Weislised, 1976 و ۱۳۶۰). اطمینان ۱۳۵۵ و اطمینان ۱۳۶۰ در این تحقیقات نشان داده شده است که داده های به دست آمده از این بررسی ها می تواند کمک بزرگی به تشخیص پورفیری های سترون از پورفیرهای بارور کند و از این راه هزینه های سنگین اکتشافی این نوع کانسارها را تقلیل دهد.

ب: کان سارهای اورانیوم رگه‌ای در گرانیت‌ها

سیالات درگیر که در داخل کوارتز همراه پیچ‌بلند (Pitchblend) و پیریت اولیه در پهنه‌ماسیف سانتال فرانسه مطالعه شده‌اند از سه فاز انیدرید کربنیک مایع، فاز بخار، و فاز محلول تشکیل شده است (Leroy, 1978, Cuney, 1978). شوری فاز محلول بین ۲-۵ درصد معادل وزن کلرورسیدیم بوده و درجه حرارت آنها بین ۷۰ (در کان‌سار Boiss Noire) و ۳۵۰ درجه سانتی‌گراد در کان‌سار (Masganc) تغییر می‌کند.

این پژوهشگران عنوان کرده‌اند که عامل رسوب اورانیوم احیای UO_2^{+2} است که محلول به هم خوردن تعادل همبافت (Complex) کربنات اورانیوم بر اثر جدایش فاز CO_2 است.

ت: کان سارهای قلع و تنگستن رگه‌ای در گرانیت‌ها

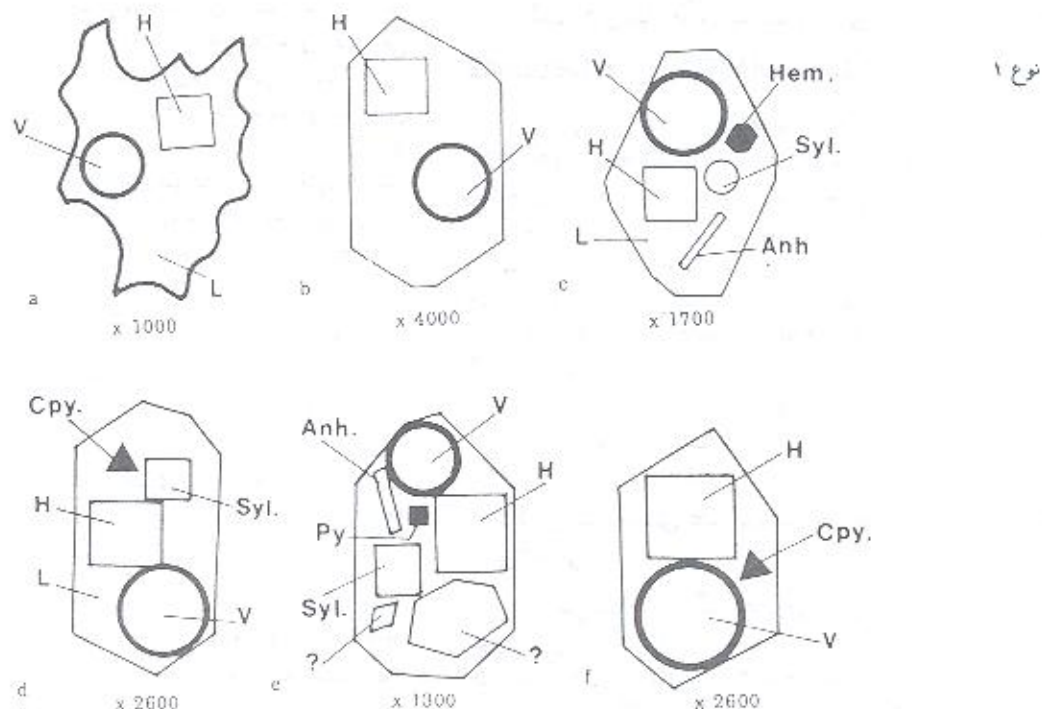
داده‌های قابل توجهی در باره سیالات درگیر کان‌سارهای قلع و تنگستن رگه‌ای موجود است. در رگه‌های اولیه کوارتز و کاسیتريت در کان‌سارهای شمال باختری بولیوی شرایط جوش بین حرارت ۴۰۰-۵۰۰ درجه دیده می‌شود. شوری محلول‌ها بین ۲/۸ تا ۱۰/۳ درصد معادل وزنی کلرورسیدیم است (Kelly and Turneure 1970).

در کان‌سار قلع و تنگستن رگه‌ای Mouat Paynter در ایالت نیوساوت ویلز استرالیا (Etrminan and Higgius, 1986)، سیالات درگیر در رگه‌های کوارتز، کاسیتريت، و شلیت شرایط جوش را بین ۳۱۰ تا ۳۵۰ درجه سانتی‌گراد نشان می‌دهند و میانگین ترکیب سیالات درگیر با فاز مایع بارز برحسب درصد مولکول گرم به شرح زیر تخمین زده می‌شود:

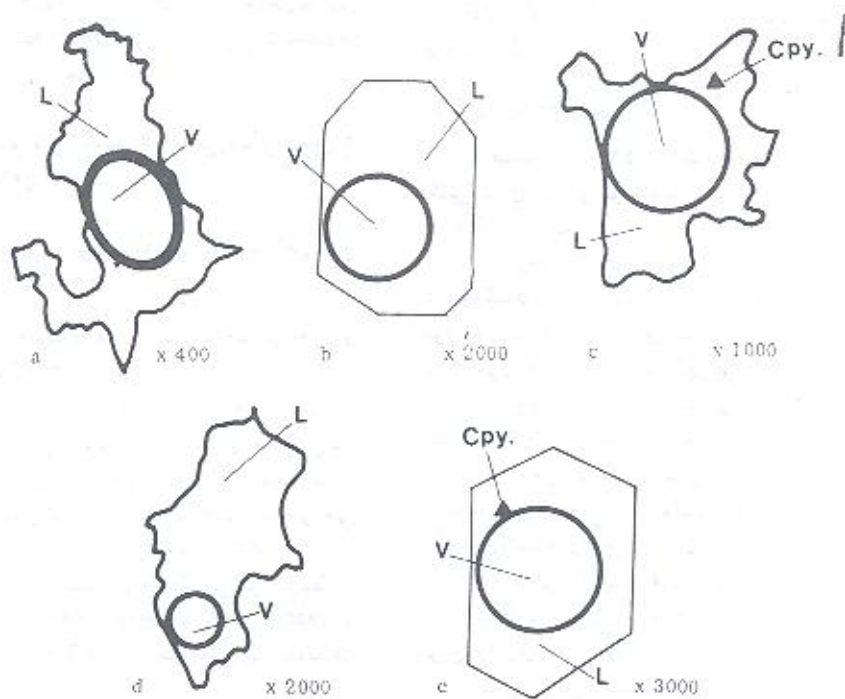
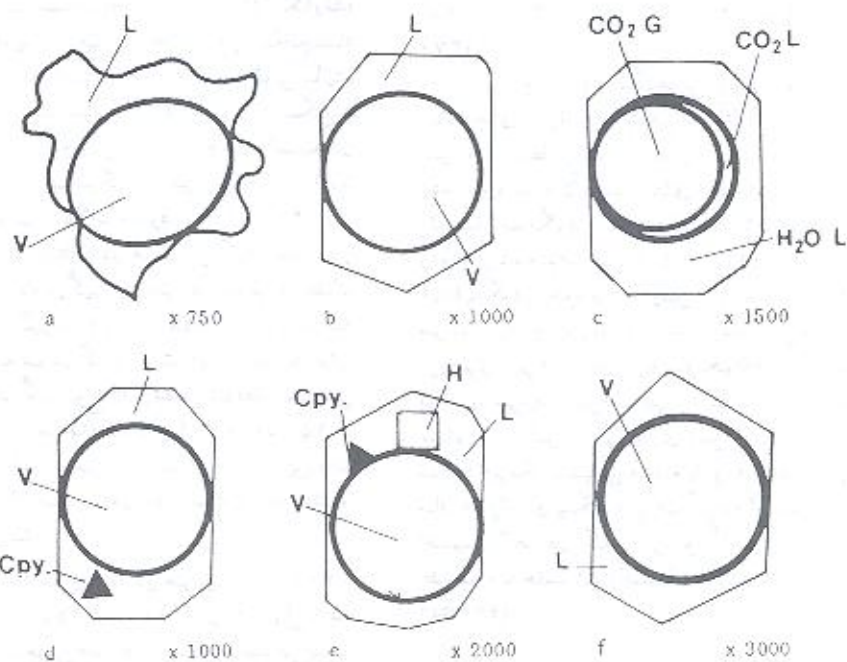
$H_2O = 92.37$, $NaCl = 7.30$, $Co_2 = 0.30$, $CH_4 = 0.03$

ث: کان سارهای مس و مولیدن پورفیری

همان گونه که در مقدمه اشاره شد، اطلاعات گسترده‌ای در مورد سیالات درگیر در کان‌سارهای مس و مولیدن پورفیری موجود است. از ویژگی سیالات درگیر در این کان‌سارها همراهی دونوع سیالات درگیر با فاز مایع و شوری بارز (سیالات درگیر نوع ۱) و سیالات درگیر با فاز گاز بارز و شوری کم (سیالات درگیر نوع ۲، شکل ۱) است. سیالات درگیر نوع ۱ به ویژه با حضور بلورهای کلرور سدید، کلرور پتاسیم، انیدرید، و همچنین در پاره‌ای موارد کالکوپریت و پیریت و چند فاز ناشناخته دیگر مشخص می‌شوند. پژوهش‌گران برای باورند که همراهی این دو نوع سیالات (۱ و ۲) مبین حبس شدن سیالات در نقطه جوش آنهاست؛ و به عبارت دیگر،



شکل ۱- سیالات درگیر نوع ۱ و نوع ۲ و ۳ در کان‌سار مس و مولیدن پورفیری سرچشمه



زمین‌شناسی کشور انجام شده است (Lahussen and Malakpour, 1970; Movahhed Aval, Broquin and Malakpour, 1974) و ثوق زاده و تدین اسلامی ۱۳۵۳، باباخانی و همکاران ۱۳۶۹، مهرپرتو و همکاران (۱۳۷۰).

به طور کلی سنگ‌هایی که در این ناحیه دیده می‌شوند شامل سازندهای دوران دوم یا قبل از آن است که با توده سنگ‌های نفوذی اسید تا متوسط و نیمه ژرف ترسیر قطع شده است. از نقطه نظر ژنز و رده‌بندی، که مالا فعالیت‌های اکتشافی بر مبنای آن متمرکز بوده، کانسار سونگون تا تابستان سال ۱۳۵۶ جزو کانسارهای اسکارن رده‌بندی شده بود. اطمینان ۱-۱۳۵۶) با تلفیق مشاهدات صحرایی و آزمایشگاهی خود برای اولین بار ثابت کرد که علاوه بر کانی‌سازی سرب، روی و مس از نوع اسکارن، کانی‌سازی مس و مولیبدن از نوع پورفیری نیز در کنار قریه سونگون موجود است، و اعلام نمود که با توجه به شرایط زمین‌شناسی، آلتراسیون و گسترش آن و مشخصات سیالات در گیر، کانی‌سازی مس و مولیبدن پورفیری در سونگون در شرایط فیزیکوشیمیایی مشابه با پورفیرهای بزرگ دنیا مثل سرچشمه، سان مانوئل، و بینگام صورت گرفته است. بر همین مبنا توجه همگان به اهمیت اقتصادی کانسار سونگون از دیدگاه جدید و مناطق آلترو اطراف آن جلب شد (اطمینان ۲ و ۱-۱۳۵۶؛ 1977 b, c, 1978, 1980; Etmiran).

ب: مراحل کلی که به کشف و ارزش‌یابی مجدد کانسار سونگون منتهی شد

مرحله اول: کشف کانی‌سازی مس و مولیبدن از نوع پورفیری در کنار قریه سونگون

بررسی‌های صحرایی:

اطمینان (۱-۱۳۵۶) شواهد صحرایی زیر را برای اثبات وجود کانی‌سازی مس و مولیبدن از نوع پورفیری در کنار قریه سونگون ارائه کرده است.

۱- وجود یک توده نفوذی نیمه ژرف پورفیری به شدت دگرسان شده (شکل ۵) و کانی‌سازی نوع اسکارن در حاشیه آن. در توده پورفیری رگه‌های کوارتز شیری رنگ دیده می‌شود که ترک خوردگی‌های نامنظم را پر کرده است (شکل ۶).

۲- وجود برشهای انفجاری هیدروترمال، که معلول وجود فشار سیالات در مراحل انتهایی انجماد ماگماست.

۳- وجود ترک خوردگی بسیار شدید (Shattering) در داخل و حاشیه توده پورفیری، که معلول فشارهای هیدرولیکی است و بعداً با رگه‌های تیپ A و B پر شده‌اند (شکل ۷).

۴- وجود کربنات‌های مس (به صورت ملاکیت و آزوریت) در ارتباط با سری رگه‌های کوارتز (رگه‌های تیپ A) در داخل توده پورفیری (شکل ۸).

۵- وجود پیریتیزاسیون بسیار شدید در داخل توده نفوذی پورفیری و حاشیه آن و دگرسانی سیرستیک بسیار شدید همراه آن. در بعضی نقاط رگه‌های پیریت همراه کوارتز با هاله سیرستی شدید دیده می‌شود (رگه‌های تیپ B)، شکل ۷.

شرایط ترمودینامیکی که در نقطه جوش حاکم بوده مبین شرایط تشکیل رگه‌های سیالات در گیر است. این نوع سیالات در گیر به ویژه در منطقه آلتراسیون پتاسیک شناخته شده‌اند (Etmiran, 1977a). نگارنده نشان داده است که آلتراسیون پتاسیک در آخرین مرحله انجماد ماگمای گرانودیوریتی به وجود آمده است و قسمت اعظم کانی‌سازی مس و مولیبدن پورفیری در این مرحله صورت گرفته است. در شکل ۲ شرایط حبس شدن سیالات در نقطه جوش نشان داده شده است. در کانسار مس سرچشمه دگرسانی پتاسیک در حرارت ۳۵۰-۶۵۰ درجه سانتی‌گراد و فشار ماکزیمم سیالات حدود ۱۱۰۰-۱۲۰۰ بار تشکیل شده است (Etmiran 1977a). در همین کانسار، در مرحله دگرسانی سیرستیک سیالات در گیر نیز شرایط جوش را نشان می‌دهند، ولی شوری سیالات در گیر به مراتب کم‌تر است و درجه حرارت آن‌ها ۳۰۰-۳۵۰ درجه سانتی‌گراد است. در این جا به جای سیالات در گیر نوع I، سیالات در گیر نوع III دیده می‌شوند (همراهی نوع II و III). فشار سیالات در این مرحله بسیار کم و حدود ۱۵۰ تا ۲۰۰ بار تخمین زده می‌شود. آلتراسیون سیرستیک در واقع مبین یک متاسوماتیسم هیدروژن است که سبب تجزیه فلدسپات پتاسیک و بیوتیت ثانوی به سیرستیت شده است.

آلتراسیون پروپیلیتیک در کانسار سرچشمه در حرارتی بین ۳۰۰-۴۰۰ درجه و فشار سیالی در حدود بالاتر از ۱۰۰۰ بار تشکیل شده است. در این مرحله، مقدار قابل توجهی CO₂ در سیالات دیده می‌شود. این نوع اطلاعات برای بررسی ژنز کانسارهای مس و مولیبدن پورفیری و در نتیجه اکتشاف آن‌ها بی‌نهایت با ارزش است، و همان‌طور که در سطور بعد خواهیم دید، با به کار بردن صحیح این اطلاعات می‌توان در هزینه‌های اکتشافی پی‌جویی این نوع کانسارها در سطح قابل ملاحظه‌ای صرفه‌جویی نمود.

۴- کاربرد سیالات در گیر در اکتشاف کانسار مس و مولیبدن پورفیری سونگون اهر

الف: تاریخچه فعالیت‌های زمین‌شناسی و اکتشافی در سونگون تا قبل از تابستان ۱۳۵۶

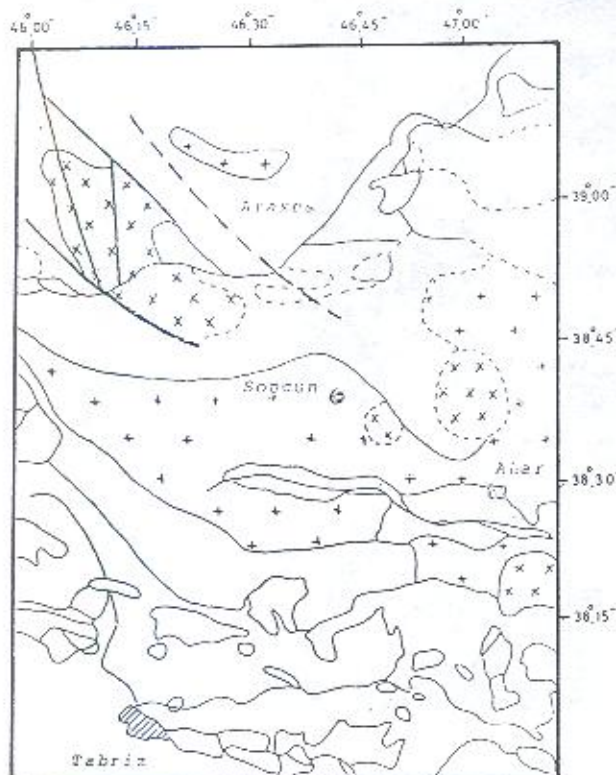
کانسار مس - مولیبدن سونگون در شمال باختری اهر در آذربایجان خاوری جای دارد (شکل ۳).

فعالیت‌های اکتشافی و استخراجی در معدن سونگون و اطراف آن سابقه‌ای کم و بیش طولانی دارد. پاره‌ای از فعالیت‌های معدنی در دامنه‌های دره سونگون به اواخر قرن نوزدهم نسبت داده شده است. فعالیت‌های معدنی جدیدتر به صورت تونل‌ها و حفیره‌های استخراجی در نقاط متعدد در دو طرف دره به چشم می‌خورند (شکل ۴).

زمین‌شناسی این ناحیه به طور مقدماتی توسط (Stahl, 1911; Vache, 1968, Ladame, 1945; Unterhossel, 1934; Bazin & Hubner, 1969) مطالعه شده و نقشه‌های مقدماتی یا شماتیک نیز ارائه داده‌اند.

مطالعات زمین‌شناسی اکتشافی، کانی‌شناسی، و ژئوشیمی گستره جنوب قره‌داغ و ورزقان- سونگون و همچنین نقشه‌های زمین‌شناسی 1:250,000 و 1:100,000 گستره اهر و ورزقان توسط سازمان





شکل ۳- موقعیت جغرافیایی سونگون

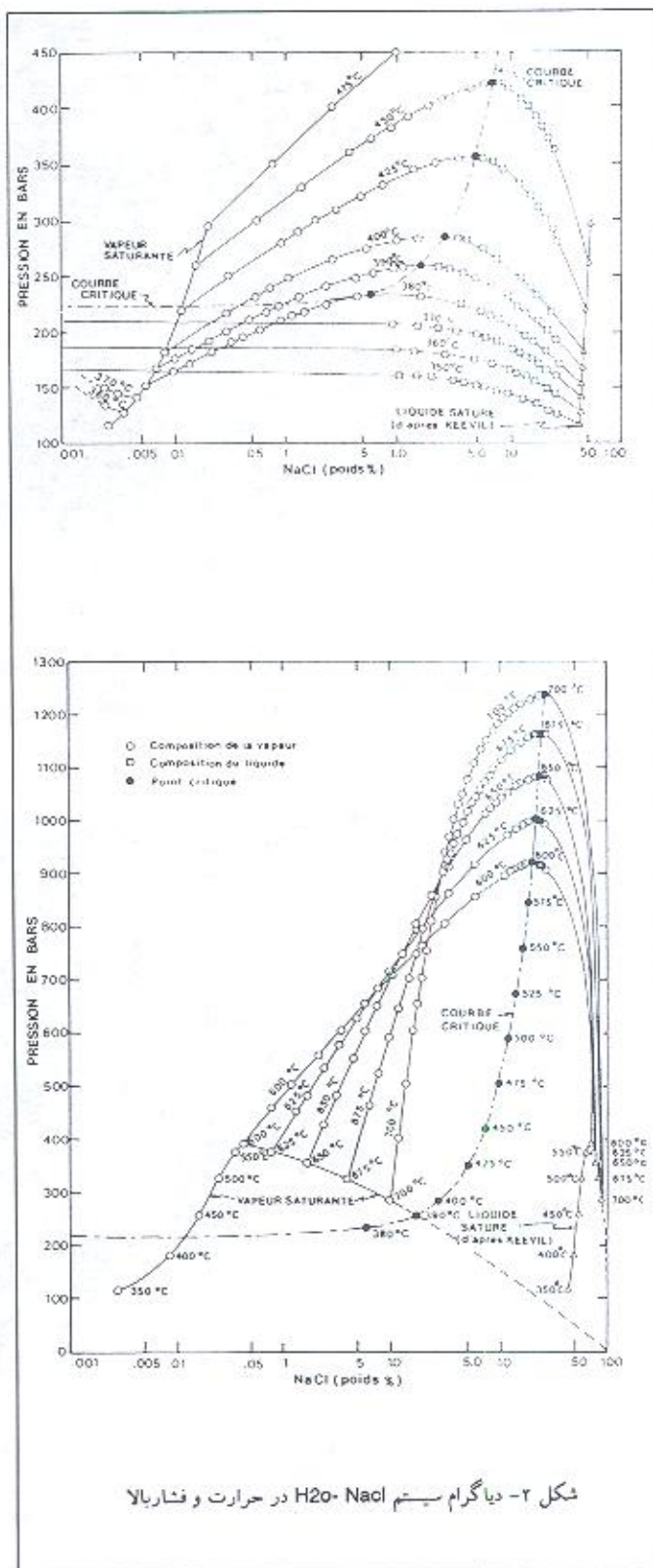
۶- وجود یک کلاهک با رنگ قهوه‌ای مایل به قرمز متشکل از اکسیدهای آهن (لیمونیت و هماتیت)، سیلیس و کانی‌های رسی که نشانه‌منشأ اثر یک کانی‌سازی از نوع سولفورهای آهن‌دار و احتمالاً مس‌دار است که بعداً تحت تأثیر آب‌های جوی قرار گرفته است.

۷- وجود شواهد زمین‌شناسی ساختمانی از قبیل تقاطع سیستم‌های گسله‌ها و ارتباط جای‌گزین شده پورفیری دگرسان مربوطه باین گسله‌ها.

۸- وجود جوبیارهایی که از توده پورفیری عبور می‌کنند و در مسیر آن‌ها رسوباتی با رنگ آبی و سبز خاص کربنات‌های مس (مالاکیت و آزوریت) دیده می‌شود (شکل ۹).

بررسی‌های آزمایشگاهی

واحدهای سنگ‌شناسی و آلتراسیون هیدروترمال اطمینان (۱۳۵۶-۱) توده پورفیری به شدت دگرسان شده را، که قسمت اعظم سیستم هیدروترمال با قرارگیری آن همراه بوده، سونگون پورفیری نام نهاده است (شکل‌های ۵ و ۱۰). براساس همین بررسی‌ها، سایر واحدهای سنگ‌شناسی را پلاژیوکلاز، هورنبلند، بیوتیت، پورفیری، و دایک‌های پلاژیوکلاز پورفیری نام نهاده است.



شکل ۲- دیاگرام سیستم $H_2O-NaCl$ در حرارت و فشار بالا



شکل ۴- تونل‌ها و حفره‌های قدیمی در اطراف سونگون



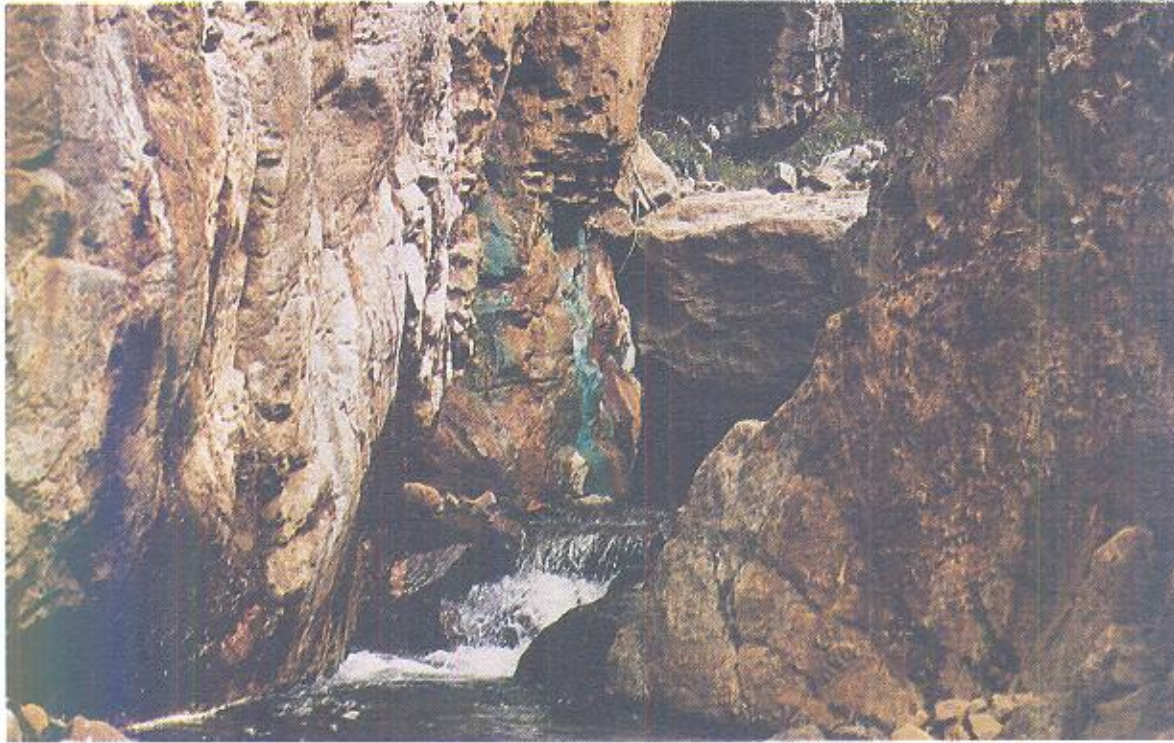
شکل ۵- منظره عمومی پورفیر آتزه سونگون



شکل ۶- سونگون پورفیری در سطح زمین همراه با رگه‌های تیپ A



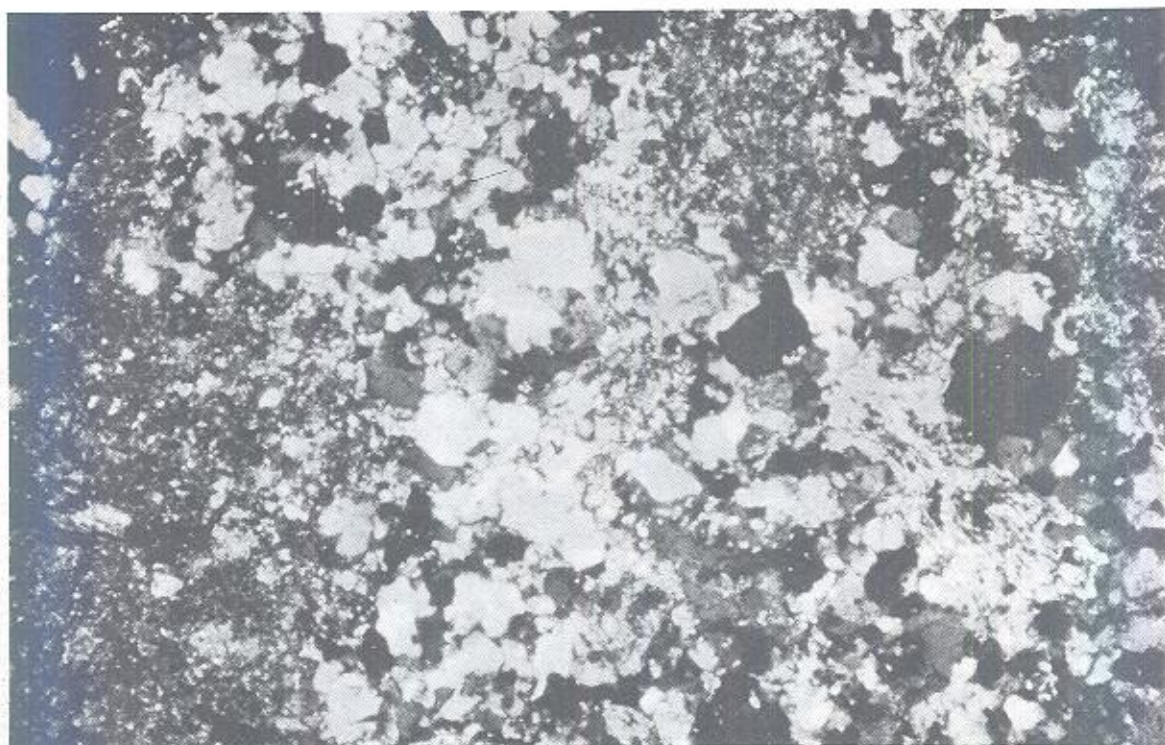
شکل ۷- خوردشدگی شدید Shattering مملول فشارهای هیدرولیکی که بعداً توسط رگه‌های تیپ A و B پر شده است.



شکل ۸- کربنات‌های مس در رگه‌های تیپ A



شکل ۹- جویبارهای بارسوب ملاکیت و آزوریت که از داخل سونگون پورفیری در سطح زمین عبور می‌نمایند



شکل ۱۰- سونگون پورفیری در زیر میکروسکوپ

درگیر موجود در کانسارهای بزرگ مس و مولیبدن پورفیری - مثل سرچشمه، سان مانوئل، بینگام، و سایر پورفیرهای بزرگ دنیا - نشان می‌دهد در سطور آینده نشان خواهیم داد که چگونه تلفیق این اطلاعات با اطلاعات صحرایی سبب تشخیص کانی‌سازی مس و مولیبدن از نوع پورفیری شد.

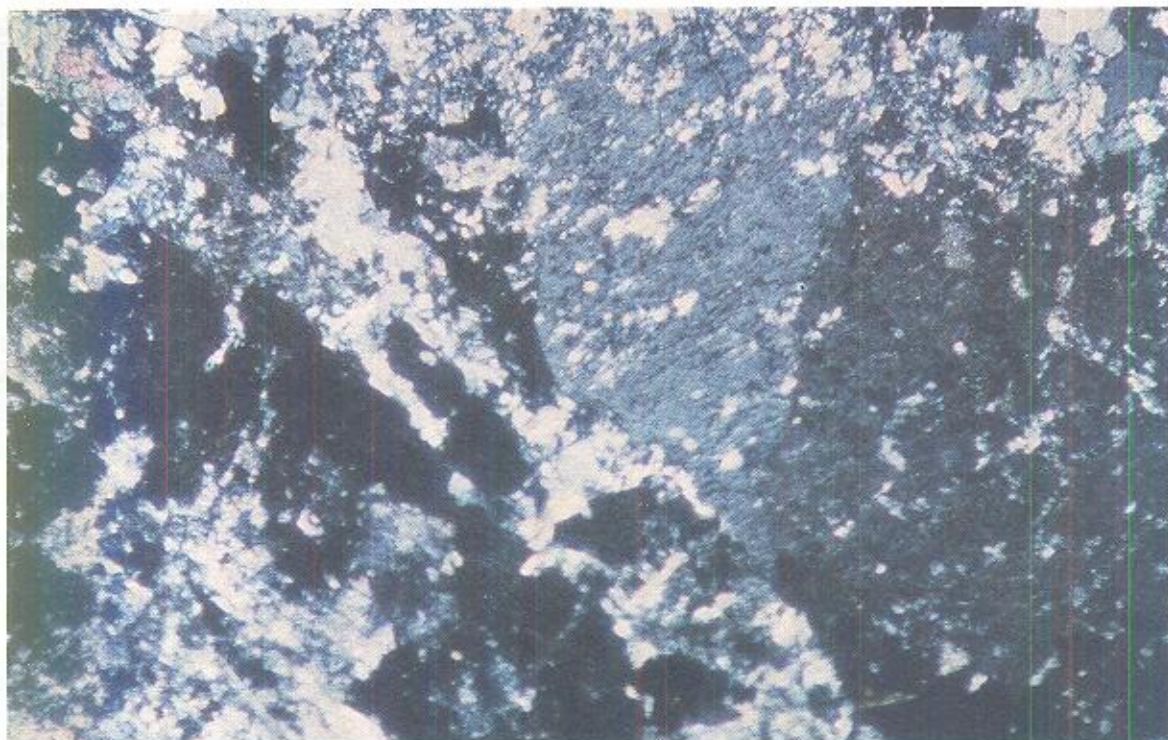
مدل ژئو و ارائه پیشنهادها برای عملیات اکتشافی تفصیلی

مراحل زیر برای تکوین کانسار مس و مولیبدن پورفیری سونگون پیشنهاد شدند (اطمینان ۱-۱۳۵۶).
۱- جای‌گزینی توده پورفیری سونگون در محل تقاطع گسله‌ها و تریق آن در سری‌های آهکی کرتاسه (تشکیل اسکارن).
درجه اهمیت اقتصادی کانسارهای پورفیری نسبت به کانی‌سازی اسکارن در شکل ۱۵ مقایسه شده است. چنانچه از روی مقطع شکل ۱۵ دیده می‌شود، کانی‌سازی از نوع اسکارن که در حاشیه توده پورفیری تشکیل شده، در مقایسه با کانی‌سازی در خود توده پورفیری معمولاً بسیار کوچک است (در عمل کانی‌سازی در توده پورفیری از آنچه که توسط این مقطع شماتیک نشان داده شده بسیار وسیع‌تر است).

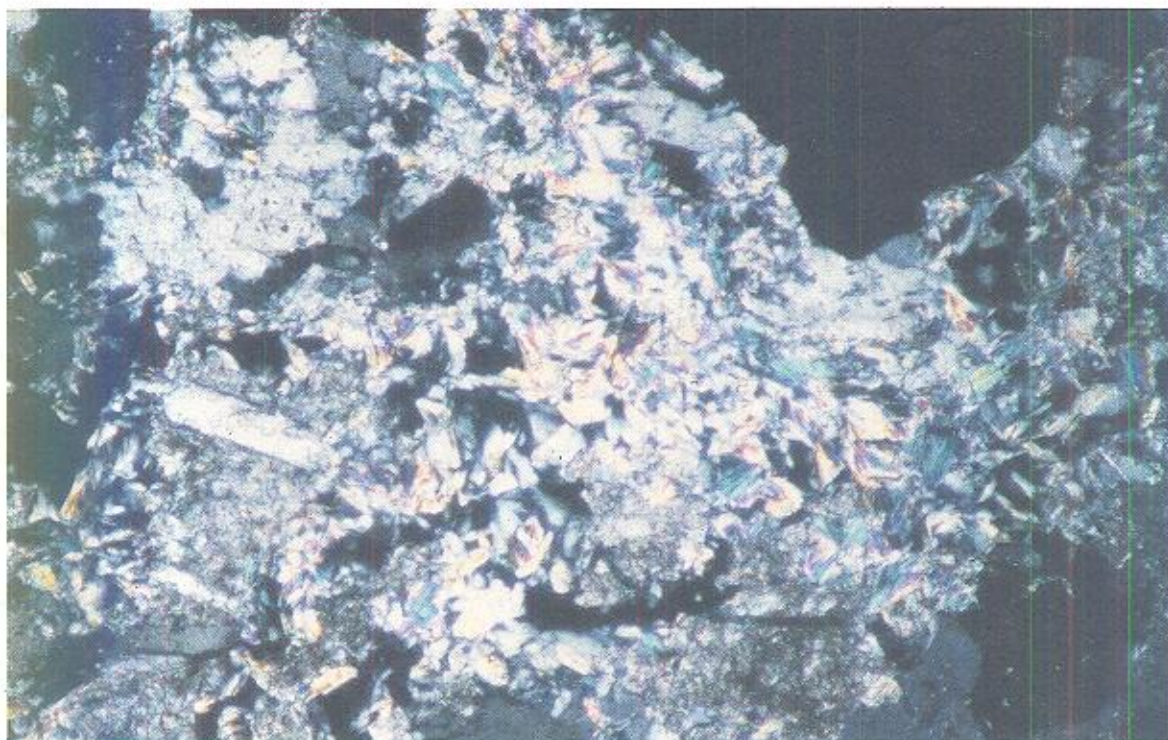
برپایه بررسی‌های میکروسکوپی سه نوع اصلی دگرسانی پتاسیک، سربستیک، و پرویلی تیک تشخیص داده شد (اطمینان ۱-۱۳۵۶). بررسی‌های میکروسکوپی نشان می‌دهد که دگرسانی پتاسیک، که از فلدسپات پتاسیم‌دار و بیوتیت ثانوی تشکیل شده (شکل ۱۱) از دگرسانی سربستیک قدیمی‌تر بوده است، به طوری که دگرسانی سربستیک بخشی، یا تمام، دگرسانی پتاسیک را در بر می‌گیرد (شکل ۱۲). دگرسانی پرویلی تیک بیش‌تر در حاشیه دیده می‌شود (شکل ۱۳). دگرسانی برون‌زاد (supergene) در سونگون در مقایسه با پورفیرهای دیگر خیلی محدود و کم‌ضخامت است و ضمناً در بعضی نقاط از گدازه‌های بازالتی جوان پوشیده شده است. این وضعیت، به ویژه موقعیت مناسبی برای دست‌یابی به مناطق کانی‌سازی برون‌زایی حفاظت شده به وجود می‌آورد (اطمینان ۱-۱۳۵۶).

سیالات درگیر

در رگه‌های کوارتز مینرالیزه‌تیپ A در سونگون پورفیری دو نوع سیالات درگیر، یکی با فاز مایع و شوری بارز (نوع I) و دیگری سیالات درگیر با فاز بخار بارز (نوع II) مشاهده شد (شکل ۱۴). همزیستی این دو نوع سیالات، همان‌طور که شرح داده شد، مبین حبس شدن آن‌ها در نقطه جوش است و شباهت آن‌ها را با سیالات



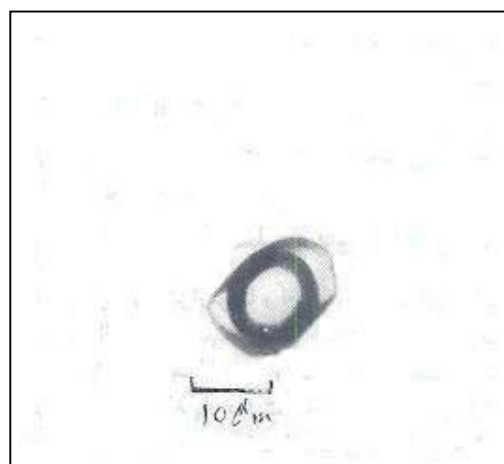
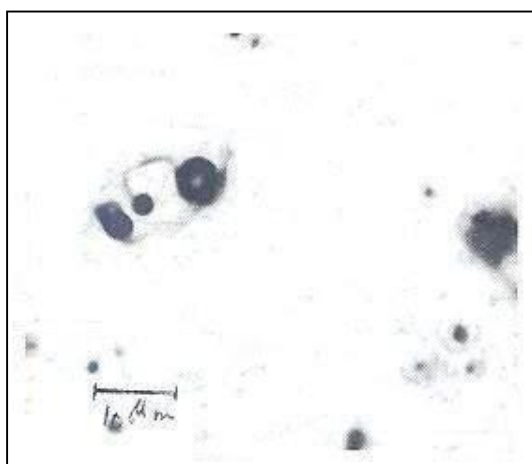
شکل ۱۱- آلتراسیون پتاسیک در سونگون پورفیری



شکل ۱۲- آلتراسیون سربستیک در سونگون پورفیری



شکل ۱۳- آلتراسیون پروپیلی تیک



شکل ۱۴- سیالات درگیر نوع ۱ و ۲ در سونگون

GEOLOGICAL SETTING

LEGEND

SUPERGENE ZONES AND ORE TYPES

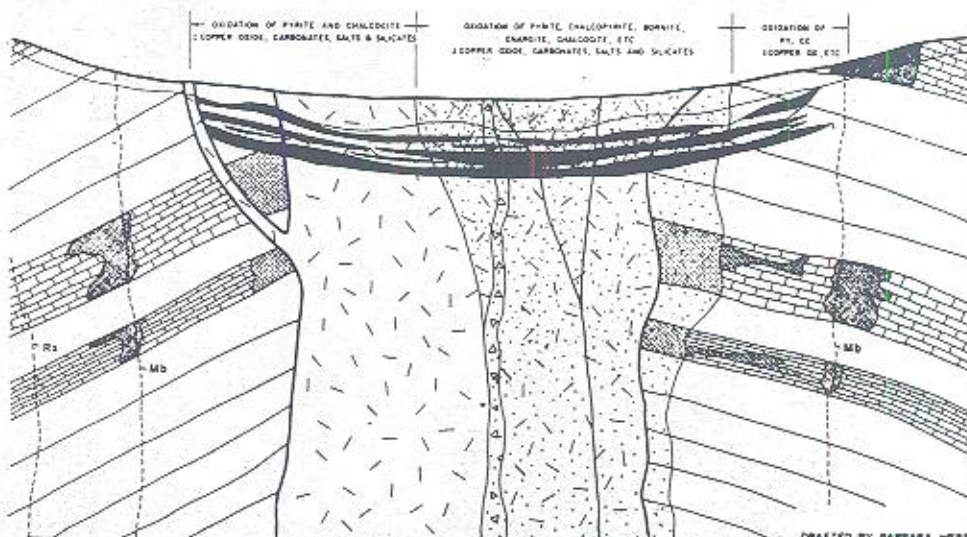
- OXIDATION AND LEACHED CLIPPING
- UNOxidized COPPER ORE
- SECONDARY COPPER ORE (INNER PORTIONS SURROUND)

HYPOGENIC ORE TYPES

- COPPER ORE IN SILICIFIED ZONE
- COPPER ORE IN VENTS AND BRECCIA PIPE
- COPPER ORE (DISSEMINATED AND IN STOCKWORK)
- ZINC-LEAD ORE
- MACHETE ORE

ROCK TYPES

- MAFIC LITE
- LINE OF RECRYSTALLIZATION
- BRECCIA PIPE IN INTRUSIVE
- INTRUSIVE
- CARBONATE ROCK
- SHALES, SANDSTONES, ETC.



شکل ۱۵- مقطع شماتیک یک کانسار مس پورفیری و اسکارن در حاشیه آن (از Titley and Hick 1966)

اساس این برنامه و تاکید آن بر شناسایی ژئومتری سیستم هیدروترمال بین ناحیه سونگون کفقال مبتنی شد و برای رسیدن به این اهداف پیشنهاد شد که نقشه بزرگ مقیاس ۱:۲۰,۰۰۰ تهیه شود و سپس نقشه ۱:۵,۰۰۰ از مناطقی که از همه جالب ترند تهیه گردد. توصیه شد که در هنگام تهیه این نقشه ها به تکنیک منطقه مینرالیزه، و به ویژه به جدایش فازهای مختلف پورفیری که معمولاً به صورت Composite هستند، نحوه انتشار خردشدگی شدید هیدرولیکی Shattering، پرش های هیدروترمال و فازهای دگرسانی درون ز (hypogene) و چگونگی گسترش آنها توجه مخصوص بشود تا پس از کسب اطلاعاتی که ژئومتری سیستم هیدروترمال را مشخص می کند، و پس از انجام روش های سنتی اکتشافی، به حفاری های سیستماتیک دست زده شود.

مرحله دوم: اکتشافات تفصیلی و تعیین ذخیره مقدماتی

پس از بررسی گزارش ها و اظهار نظرهای مختلف در باره مدل های ارائه شده جهت کانی سازی در سونگون شرکت کانساران (۱۳۶۵) به عنوان مشاور شرکت ملی صنایع مس ایران نظر خود را ابراز کرد و اظهار داشت که با توجه به دلایل ارائه شده از سوی اطمینان (۱-۱۳۵۶) مبتنی بر اثبات وجود کانی سازی مس و مولیدن پورفیری در کنار قریه سونگون، انجام برنامه های اکتشافی تفصیلی در این نقطه ضروری است.

مطالعات تفصیلی زمین شناسی، ژئوشیمی، ژئوفیزیک، و حفاری، که تا به امروز انجام پذیرفته، در گزارش های زیر منعکس شده اند:

مؤمن زاده و همکاران (۱۳۵۷ و ۱۳۶۰)، سهیلی (۱۳۵۸)،

در توده سونگون پورفیری، در آخرین مراحل انجماد ماگما، و هنگام جایگزینی نهایی خود، به سبب چیره شدن فشارهای هیدروستاتیک بر فشارهای لیئوستاتیک خردشدگی شدید (Shattering) ایجاد شده (شکل ۷) که در نتیجه سبب پایین آمدن فشار سیالات و جوشیدن آنها شده است. در این مرحله عمل جدایش در سیالات صورت گرفته و دوفاز مایع و بخار از یکدیگر جدا می شوند (همراهی دو نوع سیالات در گیر نوع ۱ و نوع ۲) در داخل بلورهای کوارتز، در داخل رگه های نوع A (شکل ۸)، دگرسانی پتاسیک (تشکیل فلدسپات پتاسیم دار ثانوی و بیوتیت ثانوی) که همراه با فاز اصلی کانی سازی مس و مولیدن به صورت پراکنده و در داخل رگچه های موئین و رگه های کوارتز نوع A است در این مرحله صورت می گیرد (شکل ۱۱).

۲- تشکیل یک سیستم همرفتی (convective) که بر اثر گرم شدن آب های جوی در مجاورت توده نفوذی به وجود آمده و سبب تجزیه فلدسپات پتاسیم دار و بیوتیت ثانوی به سرسیت می شود (متاسوماتیسم هیدرژن). در این مرحله مقدار زیادی پیریت تشکیل می شود (رگه های تیپ B، شکل ۷). نمونه ای از واکنش تشکیل سرسیت (میکای سفید میکروسکوپی) در زیر نشان داده شده است.

(۳) ارتوز + (۲) هیدرژن = میکای سفید + (۶) کوارتز + (۲) پتاسیم + به احتمال زیاد دگرسانی پروپیلی تیک از نظر زمانی همزمان با دگرسانی پتاسیک ولی در قسمت حاشیه خارجی تر منطقه پتاسیک به وجود آمده است.

بر اساس این اطلاعات و تعبیر و تفسیرها، یک برنامه اکتشافی تفصیلی برای سونگون پیشنهاد شد (اطمینان ۱-۱۳۵۶).

سنگ‌شناسی، گسترش دگرسانی برون زاد در زمان و در فضا و بررسی سیالات درگیر می‌تواند به عنوان ابزاری سریع و کم‌هزینه برای پی‌جویی کان‌سارهای مس و مولیبدن پورفیری، به ویژه در مراحل اولیه اکتشافی، مورد استفاده قرار گیرد.

این بررسی‌ها و پژوهش‌های مشابه آن بیانگر این حقیقت است که امروزه در کشف کان‌سارهای جدید، کم‌تر باید به امید یاری بخت و اقبال بود؛ به عبارت دیگر، این کاربرد صحیح و دقیق از اطلاعات جدید علمی (مدل‌های ژنز) و تکنیک‌های مختلف است که می‌تواند منجر به کشف کان‌سارهای جدید در مناطق مستعد شود.

سیاس‌گزازی

به این وسیله از سازمان زمین‌شناسی کشور، شرکت ملی صنایع مس ایران، مرکز تحقیقات پتروگرافی و ژئوشیمی نانی-فرانسه، و سازمان زمین‌شناسی فدرال استرالیا که امکانات تحقیق و بررسی بر روی زمین و در آزمایشگاه را برای اینجانب فراهم نموده‌اند سپاس‌گزاری می‌شود.

هرچند در این مختصر نمی‌توانم از کلیه کسانی که به نحوی در به ثمر رساندن تحقیقات اینجانب مؤثر بوده‌اند قدردانی نمایم، ولی لازم می‌دانم به ویژه مراتب سپاس خود را نسبت به آقایان زیر ابراز نمایم؛ از استاد ارجمندم آقای دکتر سیروس زرعیان به خاطر استفاده از معاصر پربار و شیرین درس سنگ‌شناسی و رهنمودهای سودمند ایشان.

از اساتید ارجمندم آقایان مهندس نصراله خادم و دکتر عبدالرحیم هوشمندزاده که مشوق و راه‌گشای اینجانب برای شروع تحقیقاتم بر روی سیالات درگیر و مطالعه ژنز کان‌سار مس سرچشمه بودند، و همچنین از آقای دکتر جمشید افتخارنژاد که با ابراز علاقه به کاربرد نتایج تحقیقاتم، مشوق اینجانب شدند. یاد همکاران عزیزم در سازمان زمین‌شناسی کشور و دلم‌گرمی‌های ایشان همیشه برایم جاودانه است.

کان‌ساران (۱۳۶۵، ۳۵۶۹)، کریسی (۱۳۶۸، ۱۳۷۰)، فارسی‌نیا (۱۳۶۸)، پورلطیفی و همکاران (۱۳۶۷)، مهرپرتو و همکاران (۱۳۷۰)؛ اسکویی و کریسی (۱۳۶۸)، یوسنی و کیمیاقلم (۱۳۷۰). بر مبنای اکتشافات تفصیلی ذخیره‌کانی‌سازی مس و مولیبدن از نوع پورفیری، تنها در بخشی از ناحیه سونگون که در حال حاضر به نام سونگون ۲ نامیده می‌شود، حداقل ۱۵۰ میلیون تن کان‌سنگ با عیار متوسط ۱ درصد بر اساس (۰/۱۲ درصد Cut Off) تخمین زده شده است، عیار مولیبدن به چند صد گرم در تن می‌رسد و طلا و نقره نیز به مقدار کم موجود است (خاکزاد و قادری ۱۳۷۲).

با توجه به وضع توپوگرافی کان‌سار سونگون، که بین کف دره (محلی که دگرسانی پتاسیک و سیالات درگیر نوع ۱ و ۱۱ و کانی‌سازی پورفیری را نشان می‌دهد) (اطمینان ۱-۱۳۵۶) با قله تپه (قریه سونگون که بیش‌تر گمانه‌های حفاری در حوالی آن حفر شده است) اختلاف ارتفاع زیادی وجود دارد، پیشنهاد شد که چند گمانه در قعر دره حفر شود تا ژرفای کانی‌سازی درون را نسبت به سطح زمین تعیین شود (اطمینان ۱۳۷۱، مذاکرات شفاهی). به عبارت دیگر، به این وسیله می‌توان تخمین صحیح‌تری از کانی‌سازی در ژرفا به دست آورد از طرفی، با توجه به وسعت منطقه آلتزه تخمین نهایی ذخیره نیاز به شبکه حفاری گسترده‌ای دارد (اطمینان ۱-۱۳۵۶). با توجه به این که در تخمین ذخیره باید برای دو نکته فوق اهمیت زیادی قایل شد، نگارنده معتقد است باید انتظار داشت که میزان ذخیره در کان‌سار مس و مولیبدن پورفیری سونگون به میزان قابل ملاحظه‌ای از آنچه در فوق اشاره شده افزون‌تر باشد.

ت - نتیجه‌گیری

با بررسی سیالات درگیر دانسته‌های گران‌بهایی در باره شرایط تشکیل کان‌سارها به دست می‌آید که در پی‌جویی آن‌ها به کار می‌آیند تلفیق بررسی‌های صحرایی (زمین‌شناسی ناحیه‌ای، ساختمانی، شکستگی‌های هیدرولیکی، سنگ‌شناسی، دگرسانی در سطح زمین و شواهد کانی‌سازی) و آزمایشگاهی (مطالعات

کتاب‌نگاری

- اسکویی، رسول و اکبر کریسی، ۱۳۶۸- گزارش مطالعات مقدماتی ژئوفیزیکی حوزه اکتشافی اهر (سونگون- کیکال- آستمال)، شرکت ملی صنایع مس ایران.
- اطمینان، هاشم، ۱۳۵۵- کان‌سار مس سرچشمه، سمپوزیوم انجمن نفت ایران.
- اطمینان، هاشم، ۱-۱۳۵۶- کشف کانی‌سازی مس و مولیبدن از نوع پورفیری در کنار قریه سونگون اهر و برنامه پیشنهادی برای عملیات اکتشافی آن، سازمان زمین‌شناسی کشور (گزارش داخلی).
- اطمینان، هاشم، ۲-۱۳۵۶- گزارش مأموریت آذربایجان؛ اهمیت کانی‌سازی مس و مولیبدن پورفیری در جنوب دودخانه ارس در آذربایجان شمالی و برنامه پیشنهادی برای بررسی‌ها و عملیات اکتشافی تفصیلی در این ناحیه، سازمان زمین‌شناسی کشور (گزارش داخلی).
- اطمینان، هاشم، ۱۳۶۰- کان‌سار مس سرچشمه، نقش سیالات در مکانیسم کانی‌سازی و دگرسانی، گزارش شماره ۴۸، سازمان زمین‌شناسی کشور (به زبان فرانسه، با خلاصه به زبان فارسی).
- باباخانی، علیرضا؛ لسکویه، ج. ل؛ ریو، ر. با نظارت عمیدی، م، ۱۳۶۹- شرح نقشه زمین‌شناسی چهار گوش اهر، سازمان زمین‌شناسی کشور.
- پورلطیفی، علی، ۱۳۶۷- گزارش زمین‌شناسی معدن سونگون (منطقه اهر) به انضمام نقشه منطقه به مقیاس ۱:۵۰۰۰، سازمان زمین‌شناسی کشور.

خاکزاد، احمد، قادری، مجید ۱۳۷۲- «بررسی زمین‌شناسی اقتصادی کانسار مس سونگون اهر»، فصلنامه معادن و فلزات، شماره ۴۸-۴۹، ۱۳۷۲.

سپیلی، حسین، قوچانی، ناصر، سیدزاده، جمال، مرجعی، فرشید و نیک سیرت، محمدرضا، ۱۳۵۸- گزارش از منطقه اکتشافی سونگون واقع در شمال غربی شهرستان اهر، شرکت ملی صنایع مس ایران.

شرکت ملی صنایع مس ایران، امور اکتشافات: ۱۳۶۹، نگاهی اجمالی به عملیات اکتشافی در کانسار مس سونگون (شمال غرب اهر).

فارسی نیا مرج، عباس، ۱۳۶۸- گزارش مقدماتی پژوهش‌های ژئوفیزیکی در ناحیه سونگون، امور اکتشافات شرکت ملی صنایع مس ایران.

کانساران (مهندسین مشاور)، ۱۳۶۵- بررسی گزارش‌ها و نوشته‌های معدنی پیرامون کانسار مس سونگون (آذربایجان خاوری) کریمی، اکبر، ۱۳۶۸- جمع‌بندی مطالعات بر روی کانسارهای مس در شمال آذربایجان خاوری، امور اکتشافات شرکت ملی صنایع مس ایران.

کریمی، اکبر: ۱۳۷۰، گزارش بررسی عملیات اکتشافی در کانسار مس سونگون اهر، شرکت ملی صنایع مس ایران.

مؤمن زاده، مرتضی؛ اکرمی، منوچهر؛ عربیه، حمید و بندعلی، علی اکبر، ۱۳۵۷- با تجدید نظر مرتضی مؤمن زاده در آذر ۱۳۶۰، شناسایی منطقه آکراسیون کیتال- سونگون از نظر منابع معدنی. سازمان زمین‌شناسی کشور.

مؤمن زاده، مرتضی، رشیدنژاد عمران، نعمت‌اله، ۱۳۶۷- گزارش برداشت زمین‌شناسی و مطالعات اکتشافی کانسار سونگون در مقیاس ۱:۵۰۰۰، سازمان زمین‌شناسی کشور.

مهرپرست، م با همکاری امینی فضل، ع و رادفر، ج؛ با نظارت امامی. ه. ۱۳۷۲- زمین‌شناسی ناحیه ورزقان چهار گوش شماره ۵۳۶۷ به مقیاس ۱:۱۰۰،۰۰۰.

وئوق زاده، غلامحسین، تدین اسلامی، ابوالحسن، ۱۳۵۳- گزارش اکتشافی و ژئوشیمیایی تفصیلی و نیمه تفصیلی مناطق شمال غربی اهر (بارملک- کیتال- سونگون و بلوچه)، سازمان زمین‌شناسی کشور.

یوسفی، امامقلی و کیمیاقلی، جعفر، ۱۳۷۰- گزارش مطالعات ژئوفیزیک در منطقه سونگون اهر.

References

- Anderson, G. M. 1983 Some geochemical aspects of sulfide precipitation in carbonate rocks, in Kisvarsanayi, G., Grant, S. R., Pratt, W. P. and Koeing, J. W. eds., International conference On Mississippi Valley Type lead-zinc deposits, proceedings volume: Rolla, univ. Missouri, Rolla Pres, P.61-76.
- Bazin, D., and Hubner, H., 1969- *Copper deposits in Iran*, Geological Survey of Iran, report no 13, 232p.
- Berger, B.R., and Bethke, P. M., 1985: Geology and geochemistry of epithermal systems, Reviews in Econ Geol, vol2, Society of Econ Geologists.
- Cuney, M., 1978- Geologic environment, mineralogy, and fluid inclusions of the Bois Noire- Limouzat Uranium vein, Forez, France. Econ Geol. 73, 1567-1610.
- Eastoe, C. J., 1978- A fluid inclusion study of the Panguna Porphyry Copper deposit, Bougainville, Papua New Guinea. Econ Geol. 73. 721- 748.
- Etminan, H., 1971- Fluid inclusion studies of samples from Zaca project, Alpine county, California, USA. Report to Penarroya Pty Ltd (France & USA).
- Etminan, H., 1974- Distribution des Inclusions Fluides dans les porphyres cupriferes de Sar Cheshmeh et Darreh Zar (Iran). 2 eme Reunion Annuelle des sciences de la terre- Pont a Mousson- Nancy- France..
- Etminan, H., 1975- Fluid inclusion studies in quartz keratophyres and granitic rocks from the Huelva area (Spain). Report to the Geological Foundation, Polytechnique of Lorraine, Nancy- France.
- Etminan, H., 1977 a- *Le Porphyre Cuprifere de Sarcheshmeh. Role des phases fluides dans les mecanismes d'alteration et de mineralisation*. Science de la Terre, France. Memoire No. 34, 242 pp.
- Etminan, H., 1977 b- *The Discovery of porphyry Copper- Molybdenum mineralization adjacent to Sungun village in the northwes of Ahar (Eastern Azarbaijan, Iran) and a proposed program for its detailed exploration*. Geological Survey of Iran (Internal report).
- Etminan, H., 1977 c- Copper Porphyry mineralisation in Iran, CENTO Copper Symposium, Ankara, 23- 27 October 1977, pp8 & 9.

- Etminan, H., 1978- Fluid Inclusion studies of the Porphyry Copper ore bodies at Sar Cheshmeh, Darreh Zar and Meiduk (Kerman Region, South Eastern Iran), and Porphyry Copper Discoveries at Songun, Gozan and Kighal (Azarbayjan region, north- western Iran). 5th Symposium of the international Association on the Genesis of Ore Deposits (I. A. G. O. D), August 1978, Utah- Salt Lake City, U. S. A.
- Etminan, H., 1980- Distribution of Cu- Mo Porphyry deposits in Iran, characteristic features of alteration and mineralisation in different deposits. 26th International Geological Congress July 1980- Paris, France,
- Etminan, H., Lambert, I. B., Buchhorn, I., Chaku, S. and Murphy, G. C., 1984- Research into diagenetic and mineralising processes, Lennard Shelf reef complexes, W. A. In: Purcel, P. G., (Ed), 1984, the Canning Basin, W. A.: Proceedings of Geol. Soc. Aust./Pet. Exp. Soc. Aust. Sympposium, Perth., pp 447-454.
- Etminan, H., and Higgins, N, 1986- The composition of ore forming fluids in the Mt Paynter tin/tungstendeposit, NSW, Extended Abstract, IGCP project 220, symposium, correlation and resource evaluation of tin/tungsten granite in SE Asia and the Western Pacific Region.
- Etminan, H., Porter, R., Hoffmann, C.F., Sun, S.S., and Henley, R. W., 1988- Initial studies of hydrothermal alteration, fluid inclusions, and stable isotopes at pajingo gold deposit, QLD. Extended abstract, Bicentennial Gold 88, pp. 434- 435., Proceedings of Geological Societies of Austiala Inc. Melbourne, May 1988.
- Etminan, H., and Hoffmann, C.F. 1989- Biomarkers in fluid inclusions, A new tool in constraining source regimes and its implications for the genesis of MVT deposits. *Geology*, Vol 17, pp.19-22,
- Hollister, L. S and Crawford, M. .L., 1981- *Short course in fluid inclusions: Applications to petrology*. Mineralogical Association of Canada. V6, May 1981.
- Kelly, W.C. and Turneure, F. S., 1970- Mineralogy, Paragenesis and geothermometry of the tin and tungsten deposits of the eastern Andes, Bolivia, *Econ Geol.* 65, 600- 680.
- Ladame, G., 1943- Les Ressources Metalliferes de l'Iran: *Schweitz. minr. Petrog. Mitt.* V. 25. No 1, p 165- 208.
- Lahusen, L. C., and Mallakpour, M. A., 1970- *Geological, Mineralogical Reconnaissance in southern Gharadag region, Azarbaijan, NW Iran*. Geological Survey of Iran, Tehran (Internal report).
- Leroy, J., 1978- The Margnac and Fanay Uranium deposits of the La Crouzille district (Western Massif Central, France): geologic and fluid inclusion studies, *Econ. Geol.*, v. 73, 1611- 1634.
- Movahhed Aval, M., Broquin, M., and Mallakpour, M. A., 1974- Regional geochemical stream Prospecting in Varzeghan- Songun- Balujeh area, Azarbayjan, NW Iran.
- Nash, J. T., 1971- Fluid inclusions as guide to porphyry type mineralization, *Econ. Geol.* 66, p. 1268.
- Poty, B., et Weisbrod, A., 1976- Les Inclusion fluides comme guides pour la prospection des gites metalliferes. *Annales des Mines*, Feb. 1976, 1-7.
- Roedder, E., 1971- Fluid inclusion studies on the Porphyry- type ore deposits at Bingham, Utah, Butte and Climax, Colorado, *Econ Geol.*, 66, 98- 120.
- Roedder, E., 1976- Fluid inclusion evidence on the genesis of ores in sedimentary and volcanic rocks. in: *Handbook of stratabound and stratiform ore deposits* (K. H. Wolf, editor), Elsevier, Amsterdam, 2,67-110.
- Roedder, E., 1984- *Fluid inclusions, Reviews in Mineralogy*, v. 12., 644p. Mineralogical Society of America.
- Sourirajan, S., and Kennedy, F. C., 1962- The system H₂O- NaCl at elevated temperature, and pressures, *Amer. J. Sci.*, 260, pp. 115- 141.
- Stahl, A. F., 1911- Die Ertz des Karadag in Persian: *Chem- Zeitung*, v. XVII, 1964 (Persien Handb. region geologie, 11, Heideberg 1911). p 58-etp. pp. 85-86.
- Unterhossel, F., 1934- Die Wichtigeren Erzvorkommen des Perischen Karadag- Gebirges: *Metal und Erz*, 7, pp. 237-243. pp. 237-242.
- Vache, R., 1968- Abriss der Geologie und Erzlagerstätten von Aserbeidschan (Iran): *Erzmetall*, H. 9pp. 425-420.