یونومتری جدیدترین روش در اکتشاف

نوشته: سلیمان کوثری *

چکیده

شاید روش اکتشافی یونومتری (Ionometric Method) آخرین پدیده اکتشافی باشد که امکان اکتشاف را در بسیاری از معادن پنهان (blind or hidden deposits) و یا پوشیده توسط لایه‌های ستبری از رسوبات آبرفتی و حتی سنگ‌های رسوبی که هیچ‌گونه ارتباط ژنتیکی با توده معدنی ندارند، پدید آورده است.

انتشار و یا انتقال یون‌ها از عناصر از ژرفای مختلف حتی تا بیش از ۱۰۰۰ متر قابل دریافت و جذب توسط گیرنده‌های الکترولیتی می‌باشند که در نهایت با آنالیز یون‌های دریافت شده در محلول الکترولیت توسط دستگاه‌های جذب اتمی، اسپکترومتری تابشی و یا پولارومتری امکان تشخیص و تعیین آنومالی‌هایی بر روی ذخایر معدنی پنهان را در محدوده ۲۵ سانتی‌متری سطح زمین فراهم ساخته است.

انتشار هاله‌های یونی در سطح زمین معروف به Atmogeochemical halos بازتابی از تمرکز و حضور ذخایری از عناصر در افق‌های زیرین سطح زمین است که با استفاده از روش یونومتری تا کنون موفق به کشف بسیاری از کانسارها نظیر، طلا، مس، نیکل، مس- پیریت، پلی‌متال، سولفورها و کیمبرلیت‌های الماس‌دار گردیده‌اند. روش یونومتری به طور مستقیم موفق به کشف ذخایر مذکور در ژرفای ۳۰۰ الی ۴۰۰ و حتی ۱۰۰۰ متری مدفون در زیر رسوبات عهد حاضر، نظیر رسوبات مخروط افکنه‌ای، حوضه‌های رسوبی بین کوهستانی و رسوبات کویری گردیده است.

کاربرد روش اکتشافی یونومتری دست‌یابی به مهم‌ترین اهداف اکتشافی را به شرح زیر قادر ساخته است:

۱- کشف کانسارهای پنهان که هیچ‌گونه تظاهری در سطح زمین ندارند.

۲- کشف کانسارهای پنهان که توسط سنگ‌ها و لایه‌های جوان‌تر پوشیده شده‌اند.

۳- کشف کانسارهای پنهان وقتی که سنگ‌های دربرگیرنده کانسار خود بدون هیچ‌گونه رابطه ژنتیکی توسط سنگ‌های جوان‌تر پوشیده شده باشد.

۱- مقدمه

مهم‌ترین تفاوت مکاتب اکتشافی شرق و غرب برپایهٔ تشخیص عناصر سنگ ساز (Rock forming elements) و کانسارساز (Ore forming elements) است. مکاتب اکتشافی غرب، بیش‌تر سعی در پیداکردن رابطه‌هایی بین عناصر تشکیل دهندهٔ سنگ و حضور احتمالی عناصر کانسارساز دارند، لذا بیش‌تر به پدیده‌هایی چون آلتراسیون، رابطهٔ عناصر Rb, Sr, K, Ba, Li و غیره در مناطق آلتراسیون، تعیین نسبت اکسیدهای تشکیل دهندهٔ سنگ‌ها، و رابطهٔ آن‌ها با تزریق ماگما توجه می‌شود، که در بسیاری از مناطق حضور آلتراسیون تائید می‌گردد، ولی اثری از کانی‌سازی دیده نمی‌شود.

در مکاتب اکتشافی شرق، که پیشتازان آن دانشمندان روسیه (شوروی سابق) هستند، توجه بیش‌تر به عناصر کانسارساز معطوف است، چه اعتقاد براین

"Ionometric" Latest Method in Mineral Deposits Exploration

By: S. Kousari *

Abstract

Ionometric method for mineral deposits exploration was introduced by S. V. Grigorian in 1985. The method is based on the detecting of the ions where is emitted above the buried deposits of ore bodies in the near- ground atmosphere,

The ionometric anomalies over the ore deposit, are detected by the concentration of ions in a receiver which is filled with electrolyte and closed by a special membrane .

Chemical elements concentrations in electrolyte are determined by different analytical methods such as polarographic, atomic - absorption and emission spectoral.

Despite the differences in geological conditions, most of ore bodies and their differing levels of hidling, or covering with sediments, varies in composition, age and thickness, These are detected by distinct ionometric anomalies of typomorphic indicator elements.

Several ore deposits such as gold, copper- nichel, copper- pyrite polymetalic, sulfur, diamond- beaning Kimberlite were investigated by this method.

The results of ionometric studies of the halos show that a direct correspondence exists between the ionometric anomaly compesitions and ore bodies in different Kinds of ore deposits. Thus, the investigation of ore deposits by the ionometric method gives us the opportunity to explore any hidden ore bodies without relating them to the covered sediments or even the host rocks.

It is possible to investigate the buried and blind depasits by the ionometric method at a depth of 300 to 400 m or even up to 1000 m, where ore is covered by alluvial deposits or independent sedimentary rocks.

Obviously there are many ore deposits where covered or buried by the Quaternary sediments and alluvial fans or peidmont alluvial plain in the internal mountain basins. These are specially in the desert environment which are not detectable by the usual methods, such as, geophysical or geochemical, methods but the ionometric method made them plausible

است که هر کانسار با آلتراسیون همراه است، ولی هر آلتراسیون با کانی‌سازی همراه نیست، لذا می‌توان به جای صرف وقت و هزینه جهت تعیین و شناخت آلتراسیون، مستقیماً عناصر کانسارساز را جست وجو کرد. براساس همین نظریه، سعی شده است راه‌های اکتشافی مستقیمی پیدا شود که در رابطه با عناصر کانسارساز و پاراژنزهای مربوط به آن باشند. اکتشافات ژئوشیمیایی در واقع از دهۀ ۱۹۳۰ در شوروی سابق شروع شده و در دهه‌های ۷۰ الی ۸۰ به اوج خود رسیده است؛ این پیشرفت‌ها مربوط به عامل اصلی اهداف اقتصادی بوده است، چه تنگناهای اقتصادی شوروی سابق کلیۀ امکانات را در جهت بهره‌برداری از متدهایی به کار گرفته است که کم‌ترین وابستگی را به تکنولژی پیشرفته داشته باشد. محصول چنین طرز فکری منجر به ابداع و دست یابی به روش‌ها و متدهایی شده که ضمن جلوگیری از هزینه‌های گزاف اکتشافی - چون ژئوفیزیک، حفاری، و غیره- بیش‌ترین نتایج را با ضریب اطمینان ارائه نمایند.

از جمله روش‌هایی که بیش‌ترین ضریب اعتماد را در مورد اهداف اکتشافی ارائه می‌کنند، روش‌های لیتوژئوشیمیایی Lithogeochemical methods یا Rock geochemical Exploration اند که معروف به منطقه‌بندی ژئوشیمیایی (Geochemical Zonality) و روش مطالعاتی Ionometry هستند. مبتکرین روش زونالیتی Solovov S. V. (1992,1987, 1983, 1982, 1977) Grigorian Barsukov, V. L., Grigorian S. V. Ovchnnikov. L. N. ,(1987) A.P. (1981)

و در مورد روش مطالعاتی یونومتری Ionometric Method، دکتر Grigorian S.V. (1985) است که آخرین پدیده در اکتشاف ژئوشیمیایی را با دید و روشی نو، با توان و قابلیتی غیرقابل تصور، ارائه کرده است.

نتایج حاصل از اعمال روش‌های ژئوشیمیایی، دست یابی به مهم‌ترین اهداف اکتشافی زیر را امکان پذیر می‌سازد.

۱- کشف کانسارهای پنهان که سنگ دربرگیرندهٔ آن هیچ‌گونه تظاهری در سطح زمین ندارد.

۲- کشف کانسارهای پنهان که سنگ دربرگیرندهٔ آن توسط لایه‌های جوان‌تر مثل رسوبات کواترنر شامل مخروط افکنه‌ها، پادگانه‌های آبرفتی، کنگلومراها، و غیره - پوشیده است.

۳- کشف کانسارهای پنهان، وقتی که سنگ‌های دربرگیرندهٔ کانسار خود توسط سنگ‌های جوان‌تر بدون رابطهٔ ژنتیکی پوشیده شده‌اند.

٤- تعیین سطح فرسایش کانسار که نشان دهندهٔموقعیت فضایی کانسار از نقطه‌نظر میزان فرسایش تودهٔمعدنی است.

یونومتری آخرین پدیده در امر اکتشاف است که درسال ۱۹۸۷ برای اولین بار در بیست و هفتمین کنگرهٔبین‌المللی زمین‌شناسی در واشنگتن توسط دکتر گریگوریان معرفی شده است. ✲

روش مذکور برمبنای جذب و اندازه‌گیری یون‌ها(Ions) ی متصاعد شده از ذخایر معدنی بنا شده است. با استفاده از این روش می‌توان نوع و احتمال وجود ذخایر معدنی پوشیده شده توسط سنگ‌های جوان‌تر را تا عمق بیش از ۱۰۰۰ متر تشخیص داد. علاوه بر کاربرد این روش در امر اکتشاف، می‌توان در علوم پزشکی، بیولوژی، کشاورزی، زلزله‌شناسی، و غیره نیز از روش مذکور استفاده کرد، زیرا هر عنصر یون ویژهٔخود را دارد که از دیگر یون‌های متصاعد شده از عناصر و مواد دیگر به وضوح قابل تشخیص است.

در این نوشتار اصول روش یونومتری به صورتی ساده ارائه و معرفی می‌شود؛

۲ - اساس روش یومتری

با استفاده از پدیدهٔانتقال یونی (Ionic tramps) می‌توان یون‌های منتشره از عناصر مختلف در اتمسفر را توسط دریافت کننده‌ای (Receiver) که نزدیک به سطح زمین (حداکثر تا ۲۵ سانتی‌متری آن) تعبیه شده باشد دریافت، و شدت و ضعف مقدار یون جذب شده را نیز ثبت کرد. در این صورت انتشار هاله‌های یونی در سطح زمین که به Atmogeochemical halos معروف‌اند، بازتابی از تجمع و تمرکز عناصر در افق‌های زیرزمین است. گیرنده‌های یونی شیشه‌های ویژه‌ای هستند که از یک نوع مایع پرشده و در نقاط موردنظر (ایستگاه‌های برداشت) در فاصلهٔحداکثر ۲۵ سانتی‌متری از سطح زمین قرار می‌گیرند و پس از مدت زمان معینی، مقدار و نوع عناصر شیمیایی جذب شده در محلول الکترولیت با روش جذب اتمی، یا پولاروگرافیک (Polarographic)، و یا اسپکترومتری انتشاری (Emission Spectoral) اندازه‌گیری می‌شوند. با اندازه‌گیری یون‌های جذب شده، عمق و نوع کانسار مدفون شده قابل تشخیص و تخمین است. تعیین عمق و نوع کانسارها با لیتولوژی سنگ‌هایی که تودهٔکانسار را پوشانیده‌اند، ساختمان زمین‌شناسی، تیپ و چگونگی تشکیل کانسار، و دیگر فاکتورهای کنترل کنندهٔکانی‌سازی هیچ‌گونه ارتباطی ندارند و فقط نوع یون منتشره، شدت و ضعف انتشار، و مادهٔمعدنی نقش اساسی را در تشخیص ایفا می‌کنند. کاربرد یونومتری در شناخت و کشف بسیاری از کانسارها مانند طلا، مس، نیکل، مس - پیریت، پلی‌متال، سولفورها، و کیمبرلیت‌های الماس دار به اثبات رسیده است. اگر چه کشف مستقیم طلا با روش یونومتری به علت عیار فوق‌العاده کم و همچنین ذخیرهٔناچیز آن در سنگ‌های دربرگیرنده با مشکلاتی همراه بوده، ولی کلیهٔ آنومالی‌های به دست آمدهٔطلا، بدون استثنا، بر روی ذخایر طلای پنهان قابل تشخیص و شناسایی بوده‌اند.

به طور کلی آنومالی‌های یونومتری (Atmogeochemical halos) در رابطه با توده‌های کانساری پنهان به مانند آنومالی‌های حاصل از اکتشاف لیتوژئوشیمیایی (آنومالی‌های اولیه) رابطهٔژنتیکی مستقیم با تودهٔکانساری دارند. به عبارت دیگر، آنومالی‌های یونومتری، مثل آنومالی‌های لیتو ژئوشیمیایی، انعکاسی مستقیم از تودهٔکانسار پنهان است، لذا همان توالی یا سکانس (Sequence) عناصر معرف (elements Indicator) در آنومالی‌های لیتو ژئوشیمیایی، در آنومالی‌های یونومتری نیز قابل تشخیص است. با توجه به حضور عناصر معرف در هاله‌های آنومالی مربوط به بخش‌های فوقانی تودهٔکانساری (Ore elements Supra) و تعیین نسبت عناصر معرف تحت کانسار (ore elements under) می‌توان موقعیت تودهٔکانساری را نسبت به سطح زمین تشخیص داد و در نهایت عمق حفاری را معلوم نمود. در بسیاری از کانسارهای پنهان، عدم حضور هاله‌های آنومالی مربوط به عناصر فوق کانسارتیپ مس - پیریت با منشأولکانیک - رسوبی (deposit Volcanic- Sedimentary) است که هاله‌های فوق کانساری آن فاقد

✲ دکتر گریگوریان (S. V. Grigorian)، آکادمیسین علوم روسیه، عضو اصلی انجمن ژئوشیمیست‌های روسیه (شوروی سابق)، پرفسور ژئوشیمی، و رییس و عضو آکادمی علوم ارمنستان است که طی بیش از ٤٠ سال تحقیقات اکتشافی موفق به ارائهدو روش اکتشافی ژئوشیمیایی شده است: روش Ionometry و Geochemical Zonality.

پرفسور گریگوریان به خاطر ارائه این دو روش تا کنون موفق به دریافت دو جایزهٔعلمی اکتشافی (Scientific discovery) بزرگ‌ترین جایزهٔعلمی در شوروی سابق شده است. مشارالیه تا کنون با اعمال متدهای فوق موفق به کشف کانسارهای بسیاری در اقصی نقاط دنیا، به ویژه در جمهوری‌های آسیای میانه، شده است. آخرین متد ارائه شدهٔوی روش یونومتری است که علاوه بر کاربرد در اکتشاف، در رشته‌های دیگر علوم چون زلزله‌شناسی، پزشکی، بیولوژی، کشاورزی، باستان شناسی، نجات موجودات زنده از زیر آوار، و ... نیز کاربرد دارد.

پرفسور گریگوریان در بهار سال ۱۳۷۰ مهمان سازمان زمین شناسی کشور بوده است.

عناصر معرف یا توالی عناصر معرف است؛ لذا در چنین شرایطی مطالعات لیتو ژئوشیمیایی از عهدهٔتشخیص حضور یا عدم حضور کانسارپنهان بر نمی‌آید، ولی با استفاده از روش اکتشافی یونومتری می‌توان آنومالی‌های یونومتری مربوط به بخش‌های فوق کانسارهای پنهان عمق ۳۰۰ الی ٤۰۰ متری را کشف و ثبت کرد؛ که کشف کانسار نیکل Elan یکی از نمونه‌های اکتشافی این روش است.

۳- نمونهٔاکتشافی Case history

کانسار مس - نیکل Elan واقع در منطقهٔ Voronezh Reyion روسیه یکی از نمونه‌های شاخص است که با استفاده از روش یونومتری توسط دکتر گریگوریان کشف شده است. تودهٔمعدنی مس - نیکل Elan در داخل سنگ‌های گابرونوریت تشکیل شده، لایه‌های ماسه سنگی، آهکی، و آهک‌های ماسه‌سنگی به ضخامت صدها متر آن را پوشانده است (شکل ۱- ب). حضور عناصر پاراژنز موجود در این کانسار شامل نیکل، مس، سرب، روی، و تعدادی دیگر از عناصر است که با استفاداز ثبت و تشخیص هاله‌های یونومتری در بخش فوقانی‌کانسار عملی شده با معلوم نمودن مشخصات هالهٔ آنومالی از نوع یونومتری مربوط به بخش فوقانی کانسار، و مقایسهٔ آن با هاله‌های آنومالی بخش فوقانی کانسارهای شناخته شده، می‌توان به حضور یا عدم حضور کانسار و یا آنومالی قوی در عمق پی برد.(رجوع شود به پاورقی **).

در منطقهٔمذکور پس از تعیین مناطق آنومالی به روش یونومتری در سطح کانسار، یک حلقه چاه اکتشافی در محدودهٔ آنومالی (آنومالی یونومتری) حفر شده که با موفقیت همراه بوده و به بخش پرعیار با ذخیرهٔقابل توجهی دست یافته‌اند. قبل از انجام اکتشاف به روش یونومتری، مطالعات اکتشافی متعددی صورت گرفته‌اند، که با توجه به نتایج حاصل از این مطالعات دو حلقه چاه در منطقهٔاکتشافی حفر شد (چاه‌های شمارهٔ۱ و ۲، شکل ۱) که هیچ یک با موفقیت همراه نبود؛ در صورتی که حفر چاه سوم که در رابطهٔمستقیم با هالهٔیونومتری بوده، به نتیجهٔمثبت رسیده است.

کاربرد روش یونومتری در اکتشاف به مانند کاربرد روش لیتو ژئوشیمیایی است، با این مزیت که بسیاری از کانسارهای پنهان در بخش فوقانی و نزدیک به سطح زمین فاقد هاله‌های آنومالی مربوط به هاله‌های فوق کانساری هستند و در نتیجه نمی‌توان موفق به کشف این نوع کانسارها با روش لیتو ژئوشیمیایی و حتی ژئوفیزیک شد. در صورتی که متد یونومتری مستقل از رسوبات و سنگ‌های پوشانندهٔتودهٔکانسار بوده و یون‌های انتشار یافته می‌توانند از سنگ‌های دربرگیرنده یا پوشانندهٔتوده معدنی عبور کنند، و مستقیماً در طبقات فوقانی نفوذ و به سطح زمین نشست می‌کنند به طور مثال، کانسارهایی که در زیر صدها متر رسوبات کواترنر و عهد حاضر - چون دشت‌های آبرفتی بین کوهستانی، رسوبات رودخانه‌ای، تراس‌های رودخانه‌ای، دشت‌های سیلابی و غیره- دفن شده‌اند، با هیچ روش اکتشافی، هرقدر با دقت و اعتماد قابل توجه، امکان پذیر نیست و در واقع هیچ گوشهٔچشمی به معادن و ذخایر موجود در زیر دشت‌های آبرفیت نمی‌شود و فقط به کانسارهای بیرون زده یا مناطق رخنمون‌دار توجه می‌شود.

شاید عمده‌ترین کاربرد روش یونومتری کشف کانسارهای مدفون در زیر دشت‌های آبرفتی باشد - نقاطی که در دشت‌های بین

** منطقه بندی ژئوشیمیایی (Geochemical Zonality):

عناصر و در نتیجه کانی‌ها پس از تزریق یک ماگما یا محلول گرمابی، تا جایی که شرایط فیزیکو شیمیایی ماگما یا محلول هیدروترمال برهم نخورد، تواماً به طبقات فوقانی نفوذ می‌نمایند و این حرکت تا شرایط ثابت ادامه می‌یابد؛ و در صورت پدید آمدن هرگونه تغییر در شرایط فیزیکو شیمیایی، شروع به تفریق و جدایش از ماگما یا محلول هیدروترمال می‌کنند. تفریق و جدایش عناصر از نظم و توالی (Sequence) ویژه‌ای برخوردار است که بستگی به نوع کانسار دارد (جدول ۱). به طور مثال، در کانسارهای مس پرفیری عناصر به ترتیب از عمق به سطح به صورت زیر شروع به نهشته‌شدن و جداشدن از ماگما یا محلول هیدروترمال می‌کنند:

B- W- Co- Sn- Mo- Cu- Bi- Au- Zn- Pb- Ag- Sb- As- Ba

درصورتی که در کانسارهای قلع توالی جدایش چنین است:

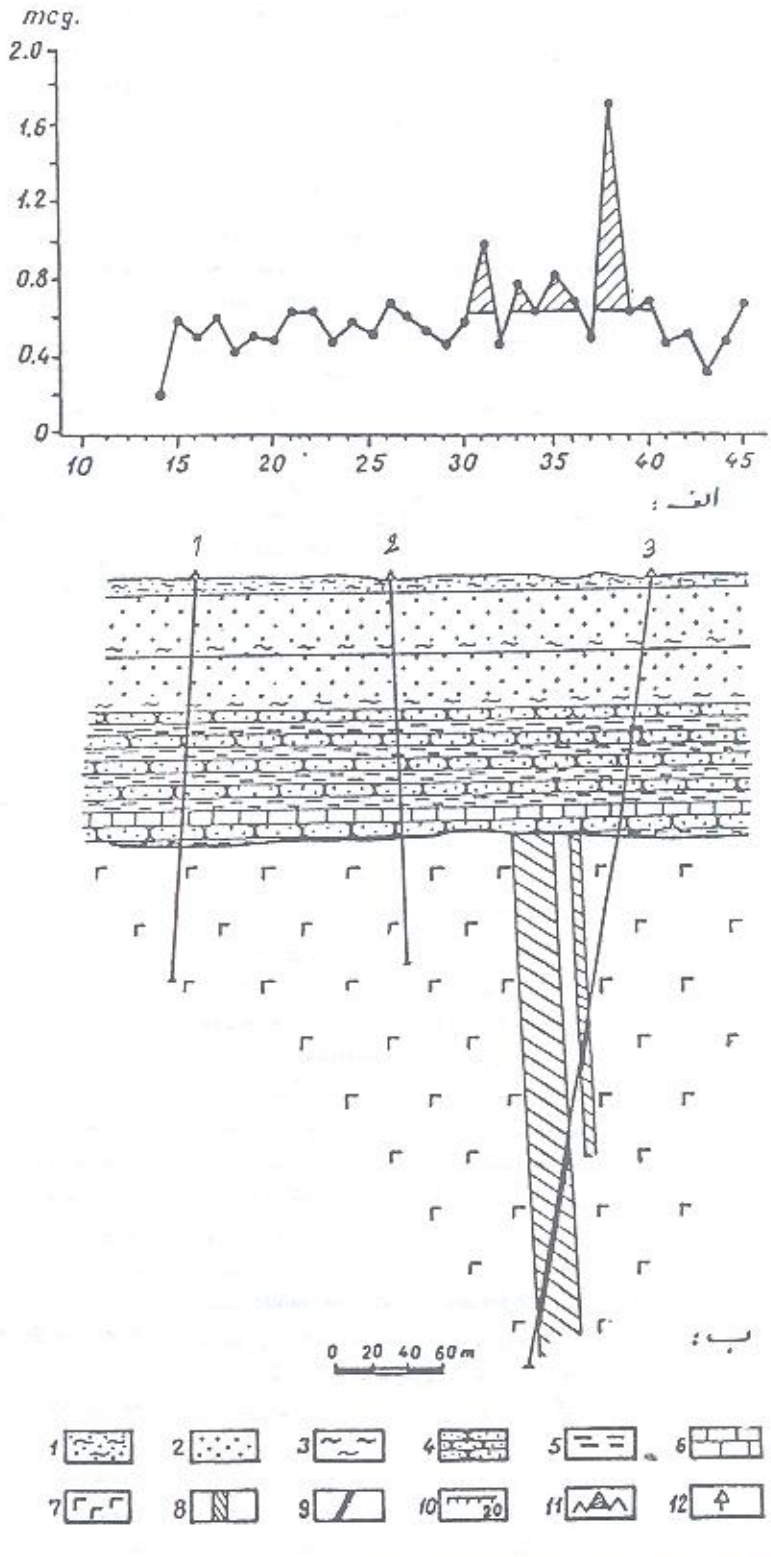
As- Be- W- B- Sn- Cu- Zn- Ag- Pb

ملاحظه می‌شود که نوع کانسار نقشی اساسی در توالی جدایش عناصر دارد.

گروهی از عناصر در شرایط فیزیکو شیمیایی ویژه همزمان از محلول هیدروترمال یا محلول کانسارساز جدا می‌شوند، که اصطلاحاً آنان را عناصر پاراژنز می‌گویند؛ مثل سرب و روی، مس و مولیبدن، روی و کادمیوم، سرب و نقره و....

تزریق و نهشته شدن عناصر و محلول‌های کانی‌ساز سبب تاثیر و تغییراتی در ترکیب شیمیایی و شرایط فیزیکی سنگ‌های دربرگیرندهٔخود می‌شود که به صورت اتمکاس یا هاله‌های اولیه ظاهر می‌شوند. مسلم است که عیار عناصر کانی‌ساز در محدودهٔهاله‌های اولیه عیار بالاتری از حد زمینه دارند، که قطعاً از حد کلارک سنگ‌های مشابه به مراتب بیش‌تر است. نسبت تمرکز عناصری که در مراحل پایانی حرکت و تزریق محلول‌های کانی‌ساز در بخش‌های فوقانی توده‌های اصلی کانسار تشکیل می‌شوند به مراتب از نسبت تمرکز عناصری که مربوط به کف یا ته کانسار هستند بیش‌تر است. عناصری که در بالای کانسار نهشته می‌شوند به عناصر معرف فوق کانساری (Supra ore Indicator elements) مشهورند، و عناصری که در ته کانسار نهشته می‌شوند به نام عناصر معرف ته کانسار(Under ore Indicator elements) شهرت دارند. واضح است که نسبت عناصر فوق کانسار به عناصر ته کانسار، به طور مثال مس پرفیری، نسبت $\frac{Pb.Zn}{Cu.Mo}$ (صورت کسر عیار عناصر فوق کانسار، و مخرج آن عیار عناصر ته کانسار است) در بخش فوقانی کانسار، ٦ الی ۷ برابر بزرگتر از همین نسبت در ته کانسار است.

با در دست داشتن این نسبت‌ها در یک کانسار شناخته شده می‌توان نتایج حاصل از نسبت همین عناصر را در بخش فوقانی یک کانسار ناشناخته با کانسار شناخته شده مقایسه و موقعیت آن را در عمق، با توجه به موقعیت مشابه کانسار شناخته شده، معلوم کرد (عمق احتمالی حضور کانسار پنهان در منطقهٔناشناخته).



شکل ۱: موقعیت مقطع زمین‌شناسی تودهٔ کانی‌ساز در معدن Elan.

۱ـ الف. مقطع اندازه‌گیری نیکل توسط دریافت‌کنندهٔ یونی در طول کانسار Elan.

۲ـ ب. مقطع زمین‌شناسی کانسار مس‌ـ نیکل Elan. شماره‌های ۱ تا ۷ سنگ‌های رسوبی جوان که رگه‌های اصلی کانسار را پوشانیده‌اند، شماره‌های ۸ و ۹ رگه‌های معدنی، شمارهٔ ۱۰ ایستگاه‌های اندازه‌گیری یون‌های منتشر شده، شمارهٔ ۱۱ گراف انتشار نیکل در طول مقطع، و شمارهٔ ۱۲ محل چاه‌های حفر شده است.

Table 1. Basic indicator elements for deposits of different types

Type of deposits	Zonal series of indicator elements
1.Copper-nickel deposits	Cr-Co-Ni-Cu-Zn-Pb-Ag-Ba
2 Rare-metallic pegmatites	W-Nb-Na-Sn-Cs-Rb-Li-As
3.Tangsten deposits	W-Ba-Sn-Bi-Mo-Zn-Pb-Ag
4.Tin deposits	As-Be-W-B-Sn-Cu-Zn-Ag-Pb
5.Copper pyrite deposits	Mo-Co-As-Cu-Zn-Pb-Ag-Ba
6.Polymetallic deposits	Sr-W-Mo-Co-Bi-Cu-Zn-Pb-Ag-Sb-As-Ba
7.Gold deposits	Be-W-Au-As-Ni-Co-Cu-Zn-Pb-Ag-Sb
8.Copper-porphyry deposits	B-W-Co-Sn-Mo-Cu-Bi-Au-Zn-Pb-Ag-Sb-As
9.Copper (vein) deposits	Ni-Co-Bi-Cu-Sn-Ag-Zn-Pb-Ba-I
10.Uranium deposits	Mo-Cu-Zn-Pb-Ag
11.Stratiform lead-zinc deposits	Be-Ni-Co-Zn-Pb-Ag-Cu-As-Ba
12.Mercury deposits	Bi-Mo-Cu-Zn-Pb-Ag-Hg-As-Sb
13.Antimony deposits	Ni-Co-W-Mo-Cu-Zn-Pb-Sn-Ag-Sb-As-Hg

کوهستانی به ویژه در ایران مرکزی به وفور دیده می‌شوند. بسیاری از کانسارها در ارتفاعات واقع در دوطرف دشت‌های بین کوهستان وجود دارند که مشخصات زمین‌شناسی و معدنی یکسانی دارند و فقط حضور دشت آبرفتی بین کوهستانی آنان را از یکدیگر جدا ساخته است. لذا می‌توان انتظار داشت که در بخش‌های مدفون شده در زیر دشت آبرفتی، ذخایر و عدسی‌هایی از نوع کانسارهای موجود در ارتفاعات طرفین حوضه وجود داشته باشند که فقط با روش یونومتری می‌توان موفق به کشف آن‌ها شد.

References:

Beus,A.A., and Grigorian, S. V.,1977- *Geochemical Exploration Methods for mineral Deposits.*

Grigorian, S.V.,1982- *Geochemical prospecting for hidden deposits,* Moscow.

Grigorian, S.V.1983- *Instruction on geochemical exploration methods for ore deposits,* Moscow.

Grigorian, S.V., 1987- *Primary geochmical halos in prospecting for mineral deposits.*

Grigorian,S.V., 1992,- *Mining geochemistry,* Moscow.

Barsudov, V. L., Grigorian, S. V.,and Ovchinnikov, L. N, 1981- *Geochemical methods of prospecting for ore deposits.*

Solovov,A. P.,1987- *Geochemical prospecting for mineral deposits.*

* سازمان زمین‌شناسی کشور

* Geological Survey of Iran