

# اکتشافات ژئوشیمیایی: تعریف ها و روش های گوناگون آن

## مقدمه

بدون شک، یکی از اساسی ترین روش های اکتشافات در زمینه ی مواد معدنی و مسائل زیست محیطی، اکتشاف ژئوشیمیایی است که با طراحی توسط کارشناسان آغاز می شود و پس از نمونه برداری از محیط های متفاوت و آنالیز نمونه ها، داده های حاصله با روش های گوناگون پردازش می شوند و در پایان، گزارش اکتشاف تهیه می شود.

هر ساله میلیون ها نمونه ی ژئوشیمی از محیط هایی متفاوت (رسوبات آبراهه ای، خاک، آب، سنگ، بخارات و گازها، گیاهان) برداشت و به منظور دستیابی به هدف های گوناگون آنالیز می شوند. به جرأت می توان اظهار داشت که در سراسر دنیا، هیچ پروژه ی اکتشافی وجود ندارد که در آن، مبحث اکتشافات ژئوشیمیایی جایگاه ویژه ی خود را نداشته باشد. در کشور ما ژئوشیمی اکتشافی از اواسط دهه ی ۱۳۴۰ هجری شمسی، به عنوان روشی برای کشف توده های کانساری (فلزی و غیر فلزی) در سازمان های دولتی و بخش های خصوصی به کار رفته است.

رضا اصفهانی پور\*

بنابراین، روند اکتشافات به سمت توسعه ی مکانیزم هایی است که با تکیه بر آن ها بتوان، نهشته های پنهان در اعماق زمین را شناسایی و برآورد کرد. نحوه ی توزیع ذخایر معدنی بیانگر آن است که شناس ما در کشف ذخایر کوچک بسیار بیش تر از ذخایر بزرگ است و متأسفانه، استخراج بسیاری از ذخایر کوچک صرفه ی اقتصادی ندارد. از این رو بیش تر اکتشافات، موفقیت های زمین شناسی، و در عین حال شکست های اقتصادی به شمار می آیند. هر چند برنامه های اکتشافی برای هر پروژه به صورت خاص تعریف می شوند، اما به طور عمده، اغلب پروژه های اکتشافی حول سه محور اساسی شکل می گیرند:

- انتخاب ناحیه
- جمع آوری اطلاعات
- پردازش و ارزیابی داده ها.

## اکتشاف ژئوشیمیایی چیست؟

امروزه، احتمال کشف نهشته های معدنی اقتصادی در سطح یا نزدیک سطح زمین در بسیاری از کشورهای دنیا وجود ندارد.

تشکیل کانسار (هاله‌های اولیه) و یا در اثر فرایندهای پس از تشکیل کانسار (هاله‌های ثانویه) حاصل خواهد شد. ژئوشیمی می‌تواند با تکیه بر نمونه برداری سیستماتیک و آنالیز شیمیایی نمونه‌های برداشت شده از محیط‌های متفاوت، به شناسایی و تعیین جایگاه هاله‌های ژئوشیمیایی کمک کند. دلایل توسعه‌ی سریع ژئوشیمی در دهه‌های اخیر را می‌توان به شرح زیر دانست:

- پیشرفت تکنیک‌ها و روش‌های آزمایشگاهی؛
- توسعه و گسترش تکنیک‌های تجربی برای شناخت پارامترهای فیزیکو-شیمیایی سیستم‌های ماگماتیک و هیدروترمال؛
- توسعه و پیشرفت مستمر روش‌های ریاضی و آمار.

### اکتشافات ژئوشیمیایی

کوشش اصلی ژئوشیمی اکتشافی، یافتن نهشته‌های جدید فلزی و غیر فلزی و ذخایر نفت و گاز طبیعی است. در تمام این موارد، انگیزه‌ی این تلاش‌ها یکسان است و آن یافتن تمرکزهایی غیر عادی از یک یا چند عنصر یا ترکیبات آن‌هاست.

یک برنامه‌ی اکتشافی ژئوشیمیایی به صورت سیستماتیک از اکتشافات ناحیه‌ای و کوچک مقیاس (به طور معدل در مقیاس ۱:۱۰۰/۰۰۰) شروع می‌شود و در مسیر خود، با استفاده از روش‌های گوناگون، به محدود ساختن منطقه‌ی اکتشافی و تعیین جایگاه احتمالی نهشته‌ی معدنی منتهی می‌شود. انتخاب و اجرای یک پروژه‌ی اکتشافی ژئوشیمیایی به پارامترهایی همچون وضعیت فعالیت‌های اکتشافی انجام شده، زمین‌شناسی منطقه‌ی مورد نظر، زمان و بودجه، و عوامل گوناگون دیگری بستگی دارد. در ادامه، انواع روش‌های اکتشافی ژئوشیمیایی را به طور خلاصه می‌آوریم.

فرایند انتخاب ناحیه و بررسی مقدماتی آن، با توجه به زمین‌شناسی نهشته‌های شناخته شده تعریف می‌شود. حتی بزرگ‌ترین نهشته‌ها در مقایسه با ناحیه‌ای که ابتدا تحت اکتشاف قرار گرفته است، بسیار کوچک و ناچیز می‌نماید.

جمع‌آوری اطلاعات در فاز مقدماتی را می‌توان با تکیه بر روش‌های سنجش از دور، پردازش داده‌های حاصله از آن و اکتشاف ژئوفیزیک هوایی سازماندهی کرد. در صورت امید بخش بودن نتایج، فاز برداشت اطلاعات از پهنه‌ی زمین در قالب نقشه‌های زمین‌شناسی و اکتشافات ژئوشیمیایی ژئوفیزیکی ادامه خواهد یافت. هدف از اجرای این فاز، محدود کردن منطقه‌ی اکتشافی و تعیین مناسب‌ترین منطقه برای عملیات احتمالی حفاری است.

در مرحله‌ی پردازش و ارزیابی داده‌ها، زمین‌شناسان و کارشناسان اکتشافی زبده در هر مرحله، با بررسی داده‌ها و پردازش آن‌ها، به ادامه‌ی عملیات اکتشافی یا توقف آن نظر می‌دهند. از هر یک هزار پروژه‌ی اکتشافی، تنها ده پروژه به مرحله‌ی حفاری عمیق رسیده‌اند و از بین این ده پروژه، تنها یک پروژه موفق به کشف یک معدن بزرگ خواهد شد.

### ژئوشیمی چیست؟

واژه‌ی ژئوشیمی از تلفیق علوم زمین‌شناسی و شیمی حاصل شده است. ارتباط این دو علم را می‌توان در استفاده از ابزار علم شیمی برای حل مسائل زمین‌شناسی دانست.

هنگام تشکیل یک نهشته‌ی معدنی، بخشی از عناصر در سنگ‌های درو نگیر نهشته‌ی معدنی پراکنده می‌شوند. ترکیب شیمیایی سنگ‌های درونگیر کان و تابع مشخصات کانسار، ماده‌ی معدنی و چند عامل دیگر است. فرایند تمرکز عناصر یا ترکیبات شیمیایی در سنگ‌های اطراف کانسار را به عنوان هاله‌های ژئوشیمیایی تعریف کرده‌اند که می‌تواند راهنمای مفیدی در مسیر اکتشافی کانسار باشد. این تمرکز در نتیجه‌ی فرایندهای اولیه‌ی

## ۱. روش نمونه برداری از رسوبات آبراهه‌ای

این روش با توجه به مزایای فراوان آن، به صورت گسترده‌ای در مراحل اولیه‌ی اکتشافات ژئوشیمیایی (کوچک مقیاس تا میان مقیاس) کاربرد دارد. این مزایا شامل صرفه‌ی اقتصادی، نمونه برداری، به نسبت آسان، و در صورت رعایت اصول نمونه برداری، معرف بودن نمونه‌ها نسبت به حوضه‌ی فرادست است. این روش بیش از هفتاد سال در سراسر جهان و در مناطقی که آبراهه‌ها به خوبی گسترده شده‌اند، به کار گرفته می‌شود.

در این روش، با توجه به عرض بستر آبراهه یا رودخانه و با عنایت به روش‌های اصولی نمونه برداری، نمونه‌ای از رسوبات آبراهه‌ای به وزن ۲۵۰ گرم تا چند کیلوگرم (بر مبنای هدف‌های اکتشافی) در اندازه‌ی مناسب برداشت می‌شود. در امر نمونه برداری، پارامترهای را باید در نظر داشت تا بتوان نمونه‌ی مذکور را به عنوان نمونه‌ی معرف حوضه‌ی بالادست خویش، تلقی کرد. برای تعیین اندازه‌ی مناسب، شناسایی سیمای ژئوشیمیایی منطقه و تعریف دانسته‌ی نمونه برداری، می‌توان از عملیات نمونه برداری توجیهی<sup>(۱)</sup> استفاده کرد.

تعداد نمونه‌ها در واحد سطح با توجه به مقیاس پروژه، بودجه‌ی در نظر گرفته شده، وضعیت زمین‌شناسی و ... تعریف خواهد شد.

## ۲. روش نمونه برداری از کانی‌های سنگین

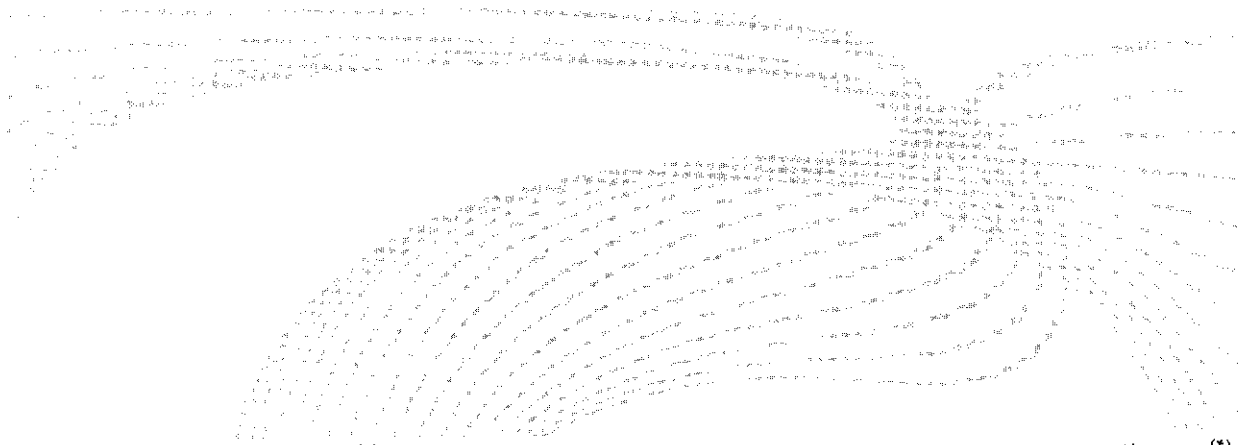
کانی‌های سنگین<sup>(۲)</sup> به بخشی از رسوبات تخریبی از حوضه‌های رسوبی اطلاق می‌شود که وزن مخصوص آن‌ها بیش از ۲/۹ گرم بر سانتی متر مکعب باشد. این کانی‌ها ویژگی‌هایی فیزیکی و شیمیایی خاصی دارند. نمونه‌های کانی سنگین را به طور معمول در محدوده‌ی بعضی از ناهنجاری‌های ژئوشیمیایی برداشت می‌کنند و به عنوان یک روش مکمل، در مطالعات ژئوشیمیایی رسوبات آبراهه‌ای در نظر گرفته می‌شود. نمونه برداری، با شناخت مناطق مستعد آبراهه‌ها در ته

نشست این کانی‌ها و رعایت دستورالعمل‌های ویژه انجام می‌شود، به نحوی که حدود ۴ لیتر نمونه از زیر الک mesh ۲۰ به عنوان نمونه‌ی کانی سنگین برداشت شود. این نمونه‌ها پس از آماده سازی (گل شویی، لاک شویی، حجم سنجی، تقسیم، جدایش ثقلی و جدایش مغناطیسی) توسط کارشناسان زبده با میکروسکوپ دو چشمی (بینوکولار) مطالعه می‌شوند. بعضی از ویژگی‌های منحصر به فرد این روش عبارتند از:

- بررسی مستقیم و عینی کانی‌ها و مشاهده‌ی گروه عمده‌ی کانی‌های اقتصادی؛
- قرار گرفتن قریب به اتفاق کانی‌های ارزشمند در گروه کانی‌های سنگین؛
- شناخت فاز شکل‌گیری کانی‌ها و به کارگیری این اطلاعات در زمینه‌ی مطالعات فنی اقتصادی و برآورد استحصال ماده‌ی معدنی؛
- کسب اطلاعات ارزشمند از شکل، اندازه و فرم کانی‌های سنگین در تخمین فاصله از منشأ، نحوه‌ی فرسایش و ...

## ۳. روش نمونه برداری از خاک

نمونه برداری از خاک یکی از روش‌های اکتشافی بسیار مفید است که در مراحل نیمه تفصیلی و تفصیلی اکتشافات ژئوشیمیایی کاربرد فراوانی دارد. اهمیت بررسی خاک بر این حقیقت استوار است که در خلال فرایندهای هوازدگی، دگرسانی و شست و شوی شیمیایی، عناصر می‌توانند از بخش کانی سازی شده‌ی سنگ بستر وارد آب و خاک شوند و ناهنجاری‌هایی را تشکیل بدهند که از نظر مساحت، به مراتب وسیع‌تر از ناهنجاری سنگ بستر باشد. علاوه بر این، در بررسی‌های محیط‌های مورد نظر برای اکتشاف عناصر، محیط خاک از جمله محیط‌هایی است که از طریق مطالعه‌ی فراوانی و پراکندگی عناصر کانسازي مدنظر در آن، می‌توان به بیش‌ترین اختلاف بین مقدار زمینه<sup>(۳)</sup> و مقدار ناهنجاری



وزن نمونه و تعداد چپ<sup>(۷)</sup>، نیازمند بررسی‌های اولیه و شناخت پارامترهای زمین‌شناسی است.

\* کارشناس ارشد سازمان صنایع مس  
زیرنویس:

1. Orientation survey
2. Heavy minerals
3. Back ground
4. Anomaly
5. Average effect
6. Rock chip
7. Chip

منابع:

۱. کسلر، استفن. منابع معدنی از دیدگاه اقتصادی و زیست محیطی. ترجمه‌ی فریدفر، احمد هرمزی و عبدالمجید یعقوب پور.
۲. حسنی پاک، علی اصغر. اصول اکتشافات ژئوشیمیایی.
۳. مدنی، حسن. اصول پی‌جویی اکتشاف و ارزیابی ذخایر معدنی.
۴. بونیک، ولگانگ. واکاوی کانی‌های سنگین. ترجمه‌ی فریدون مهرایی.
۵. حسنی پاک، علی اصغر. نمونه برداری معدنی (اکتشاف، استخراج و فرآوری).
6. Geochemistry W.M.White
7. The Exploration council of the chamber of mines and energy of the western Australia.
8. Geochemistry of the Lithosphere. A.A.Beus
9. Stream sediment Geochemistry W.K.Fletcher
10. Hand book of Exploration Geochemistry, Drainage Geochemistry, G.J.S.Govett

<sup>(۴)</sup> دست یافت.

نمونه برداری از خاک با مطالعه‌ی نمونه‌های توجیهی آغاز می‌شود که طی آن، علاوه بر اطلاعاتی که در بخش نمونه‌های رسوب آبراهه‌ای ذکر شد، می‌توان افق مناسب برای نمونه برداری را نیز معرفی کرد. نمونه برداری از خاک در مناطقی توصیه می‌شود که پرونده‌های سنگی درصد کم‌تری در بردارند و بخش عمده‌ای از منطقه زیر پوششی از خاک قرار گرفته است. در این صورت، نمونه‌ها از شبکه‌های منظم برداشت خواهند شد. طول و عرض شبکه و تعداد نمونه‌ها معمولاً تابع شرایط خاص کانی‌سازی و ابعاد احتمالی آن، وضعیت زمین‌شناسی توپوگرافی، ابعاد ناحیه‌ی مورد بررسی، فاز مطالعاتی اکتشاف و بودجه‌ی در نظر گرفته شده خواهد بود. وزن نمونه نیز حدود ۲۵۰ گرم در نظر گرفته می‌شود.

#### ۴. روش نمونه برداری از سنگ

شناخت هاله‌های ژئوشیمیایی همراه با بعضی از کانسارها، از طریق برداشت و آنالیز سنگ‌های بر جا مانده، عملی خواهد شد. این هاله‌ها بیش از نهشته‌ی معدنی گسترش دارند و بنابراین می‌توانند محیط مناسبی را برای شناسایی تمرکز ماده‌ی معدنی فراهم آورند.

با این‌که بررسی‌های اکتشافی ژئوشیمیایی روی سنگ‌ها، از آسان‌ترین و عملی‌ترین روش‌های اکتشاف ژئوشیمیایی محسوب می‌شوند، ولی با برخی مشکلات عملی نیز همراه هستند. از جمله می‌توان به چگالی و تعداد زیاد نمونه‌ها، عدم وجود هاله‌های ژئوشیمیایی در مورد کانسارهای اورتوماگما تیک و کم بودن اثر سرشکن شدگی<sup>(۵)</sup> در سنگ اشاره کرد. بنابراین، در اکتشافات ژئوشیمیایی باید به پهنه‌ی سنگ به عنوان محیطی با ناهمگنی بالا و ریسک زیاد نگریت.

برداشت نمونه‌های سنگی به صورت شبکه‌ای، یا در راستای یک پروفیل با روش لیپری<sup>(۶)</sup> انجام می‌شود و تعیین ابعاد شبکه،