



دانشگاه شهید باهنر کرمان
دانشکده فنی و مهندسی
بخش مهندسی معدن

درس ژئوشیمی کاربردی
مبانی اکتشاف معدنی

اکتشافات ژئوشیمیایی

محمد رضا شایسته فر

- ژئوشیمی به معنای وسیع آن **علم شیمی کره زمین** است و مانند سایر علوم شعبات زیادی دارد از جمله آنها:

• ژئوشیمی نظری، ژئوشیمی کاربردی، ژئوشیمی اکتشافی، ژئوشیمی جامدات، ژئوشیمی رسوبی، ژئوشیمی ایزوتوپ های پایدار، ژئوشیمی هسته ای، ژئوشیمی آلی، ژئوشیمی عناصر کمیاب، ژئوشیمی محیطی،

- **ژئوشیمی نظری** مادر **ژئوشیمی کاربردی** است و **ژئوشیمی اکتشافی** بخشی از **ژئوشیمی کاربردی** به شمار می آید که نسبتاً جوان بوده و مراحل اولیه رشد خود را طی می کند (Levinson 1980)

- تمام تحقیقاتی که در مورد شاخه های مختلف ژئوشیمی صورت می گیرد در یک نقطه نظر مشترک هستند و آن کوشش در حل بعضی از مسائل کره زمین با استفاده از روش های شیمیایی است.

- پیشرفت های سریع ژئوشیمی، در سال های اخیر مرهون سه عامل اصلی زیر است.

- ۱- توسعه فنون آزمایشگاهی در اندازه گیری سریع، ارزان و دقیق تقریباً تمام عناصر جدول تناوبی.
- ۲- دستیابی بر بسیاری از قوانین اصلی ژئوشیمی موثر در فرآیندهای با شرایط ترمودینامیکی مختلف زمین.
- ۳- توسعه بسیار زیاد روش های ریاضی در ژئوشیمی که در خود وسیله ای برای هضم انبوه اطلاعات رقمی ژئوشیمیایی گردید.

- هدف اصلی در شالوده ژئوشیمی بوجود آوردن **مدل های ریاضی** اثبات شده برای سیستم های ژئوشیمیایی مختلف زمین است.

- **ژئوشیمی کاربردی** دارای کاربردهای متنوعی در رشته های مختلف علوم زمین است که از مهمترین آن **اکتشاف معادن، بررسی های محیطی، محیط زیست، پیش بینی زلزله، سنگ شناختی و سنگ زدائی، رسوب شناسی و محیط رسوبی، زمین ساخت و چینه نگاری و کشاورزی و غیره** می باشند.

فصل اول:

اصطلاحات

اصطلاحات متداول مورد استفاده در همه روش های اکتشافات ژئوشیمیایی عبارتند از:

۱-۱- زمینه

غلظت اولیه یک **عنصر** در یک محدوده اکتشافی را **زمینه** می گویند. از روش های متداول تعیین مقدار زمینه، آنست که **مجموع مقدار میانگین و پراش** ($\bar{X}+S$) **غلظت عنصر** در یک مجموعه اکتشافی را در نظر می گیرند (\bar{X} : میانگین، S : پراش). در برخی روش های محاسباتی دیگر فقط **مقدار میانگین غلظت** یک عنصر در یک محدوده اکتشافی به عنوان مقدار زمینه فرض می شود.

۱-۲- آستانه

حداقل مقدار ناهنجاری در یک محدوده اکتشافی را **آستانه** می نامند. روش مرسوم برای محاسبه این مقدار معمولاً به صورت **مجموع مقدار میانگین و دو برابر پراش غلظت عنصر** در یک محدوده اکتشافی است ($\bar{X}+2S$). در برخی روش ها **مقدار حاصل از مجموع مقدار میانگین و پراش** ($\bar{X}+S$) به عنوان **مقدار آستانه** فرض می شود.

۱-۳- ناهنجاری

ناهنجاری (آنومالی) **مقداری از غلظت عنصر** است که **پیش از حد آستانه محلی یا ناحیه ای** است. روش مرسوم در محاسبه این مقدار بدین صورت است که **مقادیر بیش از مجموع مقدار میانگین و دو برابر پراش غلظت عنصر** در یک محدوده اکتشافی را در نظر می گیرند ($\bar{X}+2S$). گاهی در بیان ناهنجاری از آن تحت عنوان **ناهنجاری زیاد یا کم نمونه ها نام برده می شود که مقیاسی نسبی** است. در تمامی اکتشافات ژئوشیمیایی، ناهنجاری کم یا زیاد زمانی معنی می یابد که از نظر زمین شناسی دارای **الگوی معنی دار** باشد.

۱-۳-۱- ناهنجاری برجا

ناهنجاری برجا، جایی تشکیل می شود که سنگ ها به صورت **درجا** هوازده شوند و فرآیند های **انحلال** نتوانند عناصر مورد نظر را **انتقال** دهند.

۱-۳-۲- ناهنجاری حمل شده مکانیکی

این نوع ناهنجاری در مکان هایی دیده می شوند که اجزای آواری سنگ های منبع یا کانی ها را، فرآیندهای **مکانیکی** انتقال دهند.

۱-۳-۳- ناهنجاری هیدرومورفیک

این نوع ناهنجاری بر اثر **فرآیند های انحلال آبی** تشکیل می شود و ناهنجاری تشکیل شده با **آب** نیز نامیده می شود.

۱-۳-۴- ناهنجاری زیستی

تمرکز زیاد برخی از **عناصر در گیاهان** را ناهنجاری زیستی می گویند که در واقع نشان دهنده ناهنجاری این عناصر در **محیط رشد گیاه** است.

۳-۵- ناهنجاری کاذب

این نوع ناهنجاری بر اثر عواملی مانند آلودگی، اشتباه در تجزیه شیمیایی، اشتباه در محاسبات، نمونه برداری و ... در تفسیر داده ها به وجود می آید.

۱-۴- محیط ژئوشیمیایی اولیه

به محیطی گفته می شود که در آن فرآیند های عمقی نظیر تفریق ماگمایی و دگرگونی باعث تشکیل کانسارها می شود. در این محیط میزان فشار و حرارت موثر در فرآیند های زمین شناسی بالاست.

۱-۵- محیط های ژئوشیمیایی ثانویه

به محیطی گفته می شود که در آن فرآیند های سطحی نظیر هوازدگی، تشکیل خاک و رسوب، باعث آزادی عناصر تشکیل دهنده کانسارها در محیط خاک و آب می شود. در این محیط میزان فشار و حرارت موثر در فرآیندهای زمین شناسی کم است.

۱-۶- هاله ژئوشیمیایی

تغییرات غلظت عنصر در اطراف یک کانسار را تا حد مقدار زمینه و یا اثر ژئوشیمیایی ای که یک کانسار از خود برجای می گذارد را هاله ژئوشیمیایی می گویند. معمولاً شکل یک هاله ژئوشیمیایی از شکل یک کانسار پیروی می کند.

۱-۶-۱- هاله ژئوشیمیایی اولیه

هاله ژئوشیمیایی اطراف کانسارهای درونزاد (هیپوژن - آندوژن) را هاله ژئوشیمیایی اولیه می گویند. این نوع هاله از طریق انتشار عناصر از کانسار به سنگ های دیواره در هنگام تشکیل کانسار و فعالیت گرمایی ایجاد می شود. هاله های ژئوشیمیایی اولیه معمولاً تغییرات سیستماتیکی از خود نشان می دهند و حاصل یک یا چند فرآیند زمین شناسی اند. هاله ژئوشیمیایی primary Aureoles یا Endogenic Halos نامیده می شود.

۱-۶-۲- هاله ژئوشیمیایی ثانویه

به هاله ژئوشیمیایی اطراف کانسار های برونزاد (رسوبی)، هاله ژئوشیمیایی ثانویه گویند. در واقع هاله ژئوشیمیایی ثانویه از مهاجرت عناصر از محیط اولیه کانسار و جایگزینی آن ها در محیط دیگر صورت می گیرد.

۱-۷- شاخص ژئوشیمیایی

توزیع ویژه یک یا چند عنصر (به خصوص عناصر کمیاب) در سنگ ها را شاخص ژئوشیمیایی می گویند. مثلاً پتاسیم یک عنصر شاخص است که براساس آن سنگ ها را به پتاسیک و غیر پتاسیک تقسیم می کنند. یا اینکه می توان برلیوم (Be) را به عنوان عنصر شاخصی برای اکتشاف گرانیت های قلع دار نام برد.

۱-۸- پراکندگی اولیه

انتشار اولیه ژئوشیمیایی عناصر را در محیط اولیه (هیپوژن) ماگمایی یا رسوبی (به صورت سین ژنتیک) پراکندگی اولیه گویند.

۱-۹- پراکندگی ثانویه

تمرکز بعدی و ثانویه (سوپرژن) عناصر تحت فرآیندهای هوازدگی، شستشو و ... را پراکندگی ثانویه می گویند.

۱۰- جوامع عنصری

جوامع عنصری، یک گروه از عناصر مشخص را می گویند که تمایل دارند در مجموعه شرایطی ویژه بر اساس یک سری خواص شیمیایی مشابه (نظیر تحرک نسبی مشابه) مانند عناصر گروه پلاتین کنار هم قرار گیرند. با توجه به این مجموعه ها، می توان برای کانسارها عناصر شاخص یا ردیاب ویژه تعریف کرد.

۱-۱۱- عنصر ردیاب

عناصر ردیاب به عناصر نسبتاً متحرکی می گویند که با کانسار مورد اکتشاف ارتباط نزدیکی داشته باشند. این عناصر که عناصر شاخص نیز نامیده می شوند، دارای هاله بزرگی در اطراف کانسارند و به آسانی می توان آن را اندازه گیری کرد. مانند عنصر آرسنیک (As) که به عنوان عنصر ردیاب برای اکتشاف طلا مورد استفاده قرار می گیرد.

۱-۱۲- ضریب کانی سازی

نسبت تعداد کل نمونه ها (با ناهنجاری و بدون ناهنجاری) را به تعداد نمونه های دارای عیار ناهنجاری ، ضریب کانی سازی می گویند.

۱-۱۳- میانگین عیار عنصر در محدوده ناهنجاری

نسبت میانگین یک عنصر را در محدوده یک منطقه اکتشافی به میانگین همان عنصر در محدوده ناهنجاری، میانگین عیار عنصر در محدوده ناهنجاری (C) می نامند.

۱-۱۴- ضریب تولید

حاصلضرب مقدار ضریب کانی سازی (K) در میانگین عیار عنصر (X) در محدوده ناهنجاری (C) را ضریب تولید می گویند.

۱-۱۵- ایالت ژئوشیمیایی

ایالت ژئوشیمیایی به بخشی از پوسته زمین گفته می شود که ترکیب شیمیایی آن با میزان میانگین ترکیب شیمیایی کل پوسته فرق می کند، یعنی این ایالت از طریق اختلاف میانگین ترکیب آن با ترکیب پوسته زمین مشخص می شود. به عبارت دیگر، یک واحد سنگی نسبت به عناصر، غنی شدگی یا تهی شدگی نشان می دهد (Rose et al, 1979).

۱-۱۶- مقادیر سنسورد

مقادیر حد حساسیت روش های تجزیه عناصر را مقادیر سنسورد می گویند. معمولاً حد حساسیت یک روش آزمایشگاهی برای یک عنصر در ارتباط با مقادیر زمینه آن تعیین می شود و مقدار آن باید کمتر از مقدار زمینه باشد.

۱-۱۷- شاخص غنی شدگی

شاخص غنی شدگی عبارتست از نسبت فراوانی غلظت یک عنصر به میانگین فراوانی غلظت همان عنصر در جامعه ای که نمونه به آن تعلق دارد و معمولاً به صورت فرمول زیر نشان داده می شود:

$$EI = C/X$$

در فرمول فوق گاهی به جای میانگین از مقدار میانه نیز استفاده می شود، زیرا مقادیر میانه مستقل از مقادیر دامنه و داده های آنومال است.

فصل دوم:

نمونه برداری، آنالیز

و

پردازش نمونه ها

۱-۱- مقدمه

- **نمونه برداری** را بعنوان انتخاب بهینه و برداشت **جزء معرف از یک جامعه**، معرفی کرده اند. طبیعی است که در پروژه های اکتشافی واقعیت یک پدیده کانی سازی را تا برداشت آخرین قطعه کانی سازی نمی توان با قاطعیت کامل ابراز نمود. بنابراین نمونه بردای نیز بعنوان یک پدیده احتمال پذیر همراه با **ضریبی از خطا** و **سطحی از اعتبار** معرفی می شود. توجه کارشناسان چه در مرحله طراحی نمونه برداری و چه در مرحله انجام آن باید معطوف به **پرهیز از خطا** باشد زیرا بروز خطا در این مراحل داده پردازی و نتایج نهایی را تحت تأثیر قرار می دهد.

- اختلاف عمده **نمونه برداری** و **سرشماری**، در آن است که در **سرشماری** تمامی اعضای جامعه مورد مطالعه، تحت سوال و آنالیز قرار می گیرند که در مجموع می توان با قطعیت در مورد جامعه نظر داد اما در نمونه برداری با توجه به نمونه معرف به داوری در مورد آن جامعه پرداخته می شود، که این امر انتخاب صحیح نمونه را جهت معرف بودن نمایان می سازد.

- عملیات نمونه برداری به عنوان اولین گام در راه کسب اطلاعات از پهنه زمین می باشد. این اطلاعات پس از انجام آنالیز ژئوشیمیایی نمونه ها بصورت **داده** در می آید. مراحل مختلفی از جمله **مراحل آماده سازی صحرایی (انتخاب قطر بهینه ذرات، انتخاب وزن بهینه نمونه، خشک کردن احتمالی در صورت خیس بودن نمونه) آزمایشگاهی (آسیاب کردن، پودر کردن، همگن سازی، تقسیم کردن، انتخاب نمونه مورد آزمایش و نمونه بایگانی و...)** بر روی نمونه ها انجام شده تا نمونه از **حالت خام به حالت پرورده درآید** و نتایج آن بعد از سیر روند آنالیز بصورت کمی یا نیمه کمی و گاه کیفی در اختیار کارشناسان داده پرداز قرار گیرد. همه این مراحل در برگیرنده خطا می باشند که در مجموعه خطای کلی نقش خواهند داشت. اما نتایج آنالیز با روشهای گوناگونی تحت کنترل درآمده و سعی بر آن است که با تکیه بر توانایی ها و محدودیت های دستگاهی در انتخاب بهترین روش آنالیز گام برداشت.

- یکی از ویژگی های اکتشافات ژئوشیمیایی بخصوص در مقیاس ناحیه ای، تعداد نمونه های زیاد و متغیرهای (نتایج آنالیز عناصر) فراوان است.
- مرحله داده پردازی هم در حقیقت تحلیل نتایج آنالیز عناصر می باشد.
- زیربنای تمامی گزارشاتی که بر مبنای داده های کمی استوار شده اند، اطمینان به صحت نتایج است و روشهای داده پردازی در واقع به مثل دست افزارهایی است که راه رسیدن به اهداف اکتشافی را هموار می سازند.
- با توسعه روشهای آماری پیوند آمار و احتمال با علومی که بنحوی با آنها سروکار دارند هر روز مستحکم تر شده و راههای دسترسی به نتایج بهتر هر روز بهبود می یابد.
- روشهای آماری (تک متغیره و چند متغیره) کاربرد بسیار گسترده ای در علوم مختلف بویژه علوم اجتماعی، پزشکی و فیزیکی دارند و نرم افزارهای آماری موجود، بیشتر بر این اساس نوشته شده اند.
- داده های این علوم بنا به خصلت وجودی خود و براساس کثرت جامعه آماری تحت پرسش، اکثراً دارای توزیع نرمال می باشند. اما در مورد مطالعات ژئوشیمیایی به علت رفتار نوع داده ها و توزیع های آنها انجام یکسری کارهای دیگر در مورد آنها ضروری است که بعضی اوقات تأثیر نامطلوبی بر ساختار داده ها می گذارد.
- همچنین خطای آنالیز و میزان آن در امر داده پردازی بحث مهمی می باشد و در سطح دنیا امروزه برای همه بررسی هایی که به نوعی با داده های منتج از آزمایشگاه سر و کار دارند مبنای خطای حداکثر ۱۰٪ را بعنوان معیار در نظر می گیرند.
- در مبحث کارهای نیمه تفصیلی و تفصیلی و ... دقت و صحت آنالیزها بطور همزمان مورد نظر می باشد.

۲-۲- انتخاب محیط نمونه برداری

- هدف کلی از اکتشافات ژئوشیمیایی ناحیه ای با مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰ نمونه برداری از رسوبات آبراهه ای است. اما قبل از عملیات صحرایی ابتدا بایستی محیط مناسب نمونه برداری بررسی و سپس شبکه بهینه نمونه برداری طراحی گردد.
- انتخاب محیط مناسب نمونه برداری نقش مهمی دارد و همانطوریکه می دانیم در اکتشافات ژئوشیمیایی ناحیه ای بهترین مکان نمونه برداری رسوبات آبراهه ای می باشد که خود تابع شرایط مختلف آب و هوایی، وضعیت زمین شناسی، توپوگرافی، کانی سازی و همچنین شیب آبراهه ها و شیب کلی منطقه می باشد.
- میزان بارندگی در محیط مختلف سبب درجات متفاوتی از انواع فرسایش مکانیکی، شیمیایی و در نهایت میزان انتقال رسوبات می باشد.
- شدت و نوع فرسایش و انتقال رسوبات حاصل از آن بسته به ارتفاع مناطق متفاوت است. با بررسی کامل حوضه های آبریز، طراحی و برداشت نمونه ها، امکان بررسی نهایی و دستیابی به اطلاعات حوضه های بالا دست فراهم می آید که می تواند راهنمایی جهت رسیدن به آنومالی های احتمالی باشد.
- بدیهی است که مناطق دارای پتانسیل احتمالی در شرایطی بوجود می آیند که کانی سازی (هاله های اولیه) در محیطی که رسوبات از آن منشاء گرفته اند، رخ داده باشد. در غیر این صورت ممکن است رسوبات حمل شده از مناطق فاقد کانی سازی، محیطی را بپوشاند که کانی سازی در آن صورت گرفته است، یعنی در نمونه برداشت شده از رسوبات سطحی جدید کانی سازی نداشته باشیم که این امر سبب خطا در ارزیابی آنومالی می شود.

در رابطه با مسئله حمل و نقل رسوبات از یک بخش یا محیط حوضه آبریز وسیع به بخش یا محیط دیگر، می توان چهار حالت زیر را فرض نمود:

۱- انتقال از یک بخش کانی سازی شده به بخش دیگر کانی سازی شده، در این حالت هم رسوبات سطحی و هم رسوبات و لایه های زیرین همراه با پتانسیل کانی سازی بوده و از خود آنومالی نشان می دهند.

۲- انتقال از بخش کانی سازی شده به بخش کانی سازی نشده، در این صورت فقط لایه رسوبات سطحی در بر دارنده پتانسیل و آنومالی است .

۳- انتقال از یک بخش کانی سازی نشده به بخش دیگر کانی سازی شده، این نقل و انتقالات سبب پوشش سطحی لایه کانی سازی شده و در صورت نمونه برداری از سطح منطقه را از نظر کانی سازی عقیم نشان می دهد.

۴- انتقال از یک بخش کانی سازی نشده به بخش دیگر کانی سازی نشده، که در این حالت لایه سطحی و زیرین بدون پتانسیل و آنومالی است.

- در مورد حالت اول و چهارم به تقریب وضعیت روشن است. اما در مورد دوم و سوم بایستی تمهیداتی جهت جلوگیری از خطا و رفع آن اندیشید.

- تشخیص اینکه فقط لایه سطحی در بردارنده پتانسیل و آنومالی است و یا عکس آن، امر مهمی است که نیاز به این دارد که لایه پوششی حوضه آبراهه ها به دقت شناسایی شود.

۲-۳- طراحی محل نمونه ها

- یکی از مراحل مهم و اساسی هر فاز اکتشافی طراحی نقاط نمونه برداری است که بایستی این مرحله بدون خطا و یا با حداقل خطا انجام شود.

- طراحی نمونه برداری با بررسی و شناخت حوضه های آبریز و شبکه آبراهه ای و با هدف نمونه برداری از رسوبات رودخانه ای انجام می گیرد. اما عوامل مختلفی نظیر عدم گستردگی رخنمون سنگی، محدوده های وسیع پوشش گیاهی، وجود دریا یا دریاچه، مزارع گسترده و مناطق کشاورزی می تواند در طراحی محل نمونه ها نقش داشته باشند.

- برای طراحی ابتدا با بررسی نقشه های توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ منطقه محدوده حوضه های آبریز بررسی و سیستم آبراهه ها تکمیل می شود.

- سپس با استفاده از نقشه زمین شناسی منطقه و با در نظر گرفتن واحدهای سنگی مستعد از نظر کانی سازی، توده های نفوذی، مهم، سیستم های گسلی، معادن فعال و قدیمی و همچنین با استفاده از نقشه ژئومغناطیس هوایی و بررسی شواهد موجود در آن از جمله وضعیت توده های نفوذی نیمه عمیق (Shallow Magnetic Bodies) و در نهایت بررسی وضعیت جغرافیایی منطقه، راههای دسترسی و توجه به زمان و بودجه پروژه طراحی نمونه ها انجام می شود.

برای طراحی بهینه نمونه ها و انتخاب مناسب ترین نقاط علاوه بر زمان و بودجه معیارهای زیر را نیز باید در نظر گرفت:

- ۱- دستیابی به حداکثر توزیع یکنواخت نمونه ها در کل نقشه
- ۲- رعایت چگالی نمونه برداری ژئوشیمیایی بر اساس استانداردهای جهانی و ویژگی های هر نقشه.
- ۳- توزیع همگن، حتی الامکان یکنواخت نمونه ها متناسب با سطح حوضه آبریز و تعداد انشعابات آن.
- ۴- اولویت به رسوبات رودخانه ای که سنگ بستر خود را قطع می کنند.
- ۵- بطور کلی در اکتشافات ژئوشیمیایی آبراهه ای در مقیاس ناحیه ای چگالی نمونه برداری ۱ نمونه برای هر ۲/۵ کیلومتر مربع می باشد. که خود چگالی نمونه برداری همانطور که گفتیم تابع شرایط منطقه نیز می باشد.

۲-۴- عملیات صحرائی نمونه برداری

- گروه های نمونه بردار با استفاده از نقشه توپوگرافی و دستگاه های موقعیت یاب جهانی (GPS) که مختصات محل نمونه ها در آن ذخیره شده است، نمونه ها را برداشت می کنند. پس از برداشت و آماده سازی صحرائی نمونه آنها را در کیسه ها مناسب ریخته و شماره هر نمونه را روی آن ثبت می کنند. و بعد از کنترل نهایی آن را روی نقشه پیش رفت وارد می کنند

- نمونه های ژئوشیمی از بستر آبراهه ها و با استفاده از جزء زیر الک ۸۰ مش برداشت شده است که این مرحله آماده سازی مقدماتی تلقی می گردد.

- وزن نمونه برداشت شده حدود ۱۵۰ گرم است.

- همچنین شواهد قابل توجه در صحرا نظیر دگرسانی، کانی سازی، گسله های بزرگ، معادن فعال و قدیمی که در نقشه های زمین شناسی و توپوگرافی ثبت نشده اند در حین عملیات نمونه برداری بصورت شرح مختصری از آنها یادداشت و در نقشه علامت گذاری می شود تا بتوان از آن در مرحله تجزیه و تحلیل نهایی استفاده کرد.

۲-۵- آماده سازی و آنالیز نمونه ها

- در واقع بخشی از مرحله آماده سازی نمونه ها با انتخاب قطر بهینه ذرات بوسیله الک ۸۰ مش در صحرا انجام می گیرد.

- با توجه به موارد عدیده ای که در نمونه برداری مورد دقت واقع می شود یکی از بهترین اندازه ها جهت نمونه ژئوشیمی است، مگر در موارد و با اهداف خاص که از الک های با درجات مختلف و بویژه ۴۰ مش استفاده می گردد.

- سپس آماده سازی نمونه ها با خردایش آغاز و با پودر کردن نمونه ها با قطر ۲۰۰ مش ادامه می یابد.

- پس از همگن سازی اولیه حدود ۲۵ سانتیمتر مکعب جهت آنالیز جدا و بقیه نمونه جهت بایگانی ذخیره می شود.

- در این مرحله پس از هر بار خردایش باید دستگاه کاملاً تمیز شود تا از هر نوع آلودگی احتمالی جلوگیری بعمل آید.

۲-۶- تحلیل دقت آنالیز ژئوشیمیایی

- یکی از راه های کنترل دقت آنالیزها و پی بردن به کیفیت تکرارپذیری آنها، آنالیز نمونه های تکراری است.
- روش بررسی دقت آنالیز دستگاهی در مطالعات ناحیه ای از جمله روش های است که کارایی خود را نشان داده است و بعنوان تنها سیستم کنترلی دقت آنالیزها در راه بکارگیری داده ها است.
- بعد از گذر از این مرحله، کارشناسان داده پرداز با قطعیت بیشتری می توانند مسئله اطمینان به داده ها را مورد بررسی قرار دهند.
- در کنترل دقت (**precision**) آنالیزها، حساسیت بر روی تکرار آزمایش با نتایج یکسان است.
- حال اگر این تکرار آزمایش با واقعیت مقدار هر عنصر در نمونه هم همراه باشد، کیفیت کار آزمایشگاه بسیار بالا قلمداد خواهد شد.
- در صورتیکه در مبحث کنترل صحت (**Accuracy**) میزان، اندازه گیری مقدار واقعی (مقدار حقیقی) عناصر است که با کنترل نمونه های استاندارد همراه خواهد بود.
- خطای آزمایشگاهی ناشی از خطای سیستماتیک یا تصادفی دستگاه است، منشأ خطای سیستماتیک عامل ثابتی است که موجب انحراف مقادیر بسمت مقادیر بالاتر یا پائین تر می شود. ولی خطای تصادفی به مجموعه خطاهایی اطلاق می شود که می توان آنها را تعبیر کرد ولی نمی توان آنها را به صفر رساند .

۲-۷- فایل بندی داده های خام

- اولین گام در مرحله پردازش، وارد کردن داده های خام دریافتی از آزمایشگاه در یک محیط مناسب نرم افزاری برای انجام کارهای بعدی است.
- برای ویرایش این داده ها پس از وارد کردن آنها در محیط نرم افزاری Excel در مقابل هر نمونه مختصات آنرا نیز که از دیجیت نقشه های توپوگرافی محل و توسط نرم افزار اتوکد و در سیستم (**UTM (Hayford 1909)** بدست آمده است، وارد می کنیم و با فرمت **XLS** ذخیره می کنیم.

۲-۸- داده های سنسورد و نحوه جایگزینی آنها

- داده های سنسورد به داده هایی گفته می شود که بصورت مقادیر کمتر و یا بیشتر ($<$, $>$) گزارش می شوند. هر دستگاه آنالیزی با توجه به حد تشخیص (Detection Limit) خودش، داده های با عیار کمتر از حد تشخیص را با نماد کوچکتر ($<$) و داده های با عیار بزرگتر را بصورت نماد بزرگتر ($>$) نشان می دهد.
- در مورد داده های ژئوشیمیایی نقطه سنسورد در مرز حد تشخیص آنالیزها قرار دارد.
- داده های سنسورد به حساسیت دستگاه بستگی دارد.
- برای دستگاه های مختلف و روشهای مختلف حد قابل ثبت متفاوت می باشد.
- مثلاً اگر دستگاه برای ثبت مقادیر کم طراحی شده باشد در مورد آنالیز عناصر با غلظت بالا مشکل دارد و آنها را بصورت نماد بزرگتر نشان می دهد و برعکس.
- در مورد داده های ژئوشیمیایی بیشتر حالت دوم صدق می کند.
- از آنجا که عمده روشهای آماری نیازمند مجموعه ای کامل از داده های عددی می باشند و چون داده های سنسورد ماهیت عددی ندارند، لذا بایستی آنها را بوسیله داده هایی جایگزین نمود که بصورت کمیته باشند. البته این نکته را باید در نظر داشت که جایگزینی داده های سنسورد به شرطی انجام می گیرد که تعداد آنها از یک حدی بالاتر نرود در غیر این صورت باید آن متغیر را از جریان داده پردازی حذف نمود.

روشهای مختلفی برای جایگزینی داده های سنسورد وجود دارند که عبارتند از:

۱- روش بیشترین احتمال پذیری کوهن (Cohen Maximum Likelihood)

- ۲- روش نصف مقدار سنسورد برای داده های با نماد < و $1/5$ برابر برای مقادیر با نماد >.
- ۳- روش جایگزینی $3/4$ حد سنسورد با نماد کوچکتر (<) و $3/4$ حد سنسورد برای نماد بزرگتر (>).

- با بررسی داده های سنسورد و روشهای مختلف جایگزینی آنها در اینجا از روش سوم استفاده شده است. این روش به روش جایگزینی ساده مشهور است و در الگوریتم برنامه STATPAC سازمان زمین شناسی آمریکا قرار دارد (Vantrump ۱۹۷۷)

- هرچند این روش در مورد داده های با نماد کوچکتر مقادیری بیش از مقدار حقیقی را جایگزین می کند که خود این امر موجب بالا رفتن میانگین و کم رنگ شدن حدود آستانه ای و آنومالی می شود، ولی در مورد داده های سنسورد کمتر از ۱۰٪ این روش با سایر روشهای جایگزینی تفاوت چندانی ندارد.

فضل سوچ

اكتشاف و تنظيمي
سنگھ

۳-۱- اکتشافات

- اکتشافات معدنی روشهای متعددی است که به منظور حل یک یا چند شکل اکتشافی، ابداع شده و توسعه یافته است.
- این روش ها شامل اکتشافات چکشی ، اکتشافات ژئوفیزیکی، دور سنجی و است.
- هر یک از این روش ها مزایا و معایبی دارد که با توجه به نوع اکتشاف ، دقت اکتشاف ، محدودیت مکانی و زمانی ، کسب حداکثر بازدهی با کمترین هزینه مورد استفاده قرار می گیرند.
- ژئوشیمی اکتشافی بخشی از زمین شناسی اکتشافی نوین است که دارای سه بخش اساسی نمونه برداری ، تجزیه نمونه ها و پردازش ، ارائه تفسیر داده ای بدست آمده از تجزیه شیمیایی نمونه های سنگ ، خاک ، آب ، گیاه و هوا است.
- امروز روشهای اکتشافات ژئوشیمیایی بطور گسترده به عنوان ابزاری کار آمد در اکتشافات ناحیه ای و محلی بکار گرفته می شوند.
- این روش ها به علت صرفه اقتصادی، سرعت در عمل و گستردگی مناطق تحت پوشش از اهمیت زیادی برخوردارند.
- ژئوشیمی اکتشافی و پی جویی های ژئوشیمیایی در واقع کاربرد عملی قوانین ژئوشیمی محض روش های تجزیه مواد برای پیدا کردن کانساری منابع نفت و گاز است .

- در کتاب های روسی روش لیتوژئوشیمیایی شامل اکتشافات سنگ و خاک و ر سوبات آبراهه ای است، در حالی که در کتاب های انگلیسی زبان این عنوان فقط برای اکتشافات سنگ بکار می رود ، بدین جهت در متون انگلیسی از این روش تحت عنوان **Rock Survy**، **Rock metallometry** ، **Bedrock geochemical**، **Lithogeochemical** ، **Lithogeochemical exploration** نام برده می شود.
- قدیمی ترین کاربرد اکتشافات ژئوشیمیایی سنگی برای اکتشاف قلع در سنگ های گرانیتی و پگماتیتی گزارش شده است.
- در ایران نیز برای اکتشاف کانساری مختلف از این روش، بخصوص در سالهای اخیر، استفاده شده است.
- اصولاً ژئوشیمی اکتشافی در یک محیط سنگی، یک روش اکتشافاتی است که برای اکتشاف کانسارهای پنهان بخصوص در مناطق کوهستانی بکار می رود.
- همچنین این شیوه برای شناسایی توده های آذرین کانی ساز و در پی جویی ها، برای شناسایی ایالت های ژئوشیمیایی و متالوژی نیز مفید است.
- گاهی استفاده از این روش برای شناسایی های اولیه کانسارها حتی تا فاصله زیاد از محل کانسار در تشخیص منطقه بندی عناصر در اطراف کانسار و تفسیر عمق فرسایش بسیار سودمند است.
- از کاربردهای دیگر این روش، اکتشاف در محیط توده های آذرین پورفیری، گرانیت های قلع دار، کانسارهای ماسیوسولفید، کانسارهای اسکارنی، کانسارهای رگه ای، کانسارهای طلای اپی ترمال، شناسایی کانسارهای گرمابی و حتی کانسارهای ماسیو سولفید استراتیوم رسوبی **SEDEX** و کانسارهای سرب و روی نوع دره می سی سی پی (**MVT**) است.

- اصولا اکتشافات ژئوشیمیایی سنگی برمبنای نمونه برداری از سنگ بستر و تجزیه شیمیایی کل سنگ قرارداد.

- دراین روش علاوه بر تجزیه کل نمونه سنگ از تجزیه کانی های بخصوص، مثل بیوتیت و تورمالین در اکتشافات کانساری های پورفیری و گرانیت های قلع دار نیز استفاده می شود.

- نمونه های سنگ را معمولا از رخنمون واحدهای سنگی در سطح زمین و تونل ها یا از مغزهای حفاری برداشت می کنند.

- بزرگ ترین نقطه مثبت این روش آن است که نمونه برداری مستقیم از سنگ ها و از محل توزیع ژئوشیمیایی آنها انجام می شود و کمترین اثر آلودگی را دربردارد .

- دومین امتیاز این روش ثابت بودن شکل هندسی هاله ژئوشیمی بدست آمده از تجزیه نمونه نسبت به کانساراست .

- سومین امتیاز این روش نمونه برداری آسان از محل کانسار است .

- از جمله نقاط ضعف نمونه برداری از یک محیط سنگی آن است که هاله در زیر توده گسترش می یابد نمونه ها از سطح زمین گرفته می شوند .

- نقطه ضعف بزرگ دیگر این روش آن است که نمونه برداشت شده از هر نقطه فقط همان نقطه است .

- بنابراین در کاربرد این روش باید بدین مسئله توجه کرد که نتایج تجزیه شیمیایی یک نمونه را نمی توان به یک بخش گسترده از یک منطقه اکتشافی چه سطحی و چه عمقی تعمیم داد.

- از معایب دیگر این روش آن است که غنی و تهی شدگی عناصر در بخش های مختلف یک واحد سنگی ممکن است تفاوت کند. بنابراین روش مناسبی برای پی جویی های عمومی نمی تواند باشد .

۳-۲- نمونه برداری

- اولین اصل قابل توجه در نمونه برداری ژئوشیمیایی از یک محیط سنگی آن است که نمونه ها نشان دهنده واقعیت زمین شناسی منطقه باشد.
- بنابراین با توجه به نوع سنگ بستر، نظیر سنگ های دگرگونی، رسوبی و یا آذرین (اسیدی یا بازی) و نحوه تقاطع توده های آذرین با لایه های رسوبی، مسیر حرکت محلول های گرمابی، انواع رخساره ای دگرگونی، شدت های متفاوت دگرگونی و..... می توان شبکه نمونه برداری مناسب را طراحی کرد.
- با توجه به مسائل فوق، ابتدا زمین شناسی عمومی و اقتصادی منطقه را مطالعه می کنند و اگر نمونه هایی از سنگ های محل قبلا تجزیه شده باشند، آنها را بررسی می کنند.
- برای دسترسی به اطلاعات اولیه نیز مراجعه به گزارش های موجود، نقشه های زمین شناختی، عکس های هوایی و ماهواره ای و حتی بازدیدهای صحرایی اولیه ضروری است.
- سپس بر مبنای این اطلاعات و مقیاس مطالعات به طراحی شبکه نمونه برداری در منطقه می پردازند.
- با توجه به نوع کانسار مورد اکتشاف، نحوه نمونه برداری آنها ممکن است با هم تفاوت داشته باشد. بنابر این تعیین نوع کانسار اکتشافی نیز در نحوه نمونه برداری مهم است.

- شبکه نمونه برداری باید طوری طراحی شود که از همه قسمت‌های توده آذرین نمونه برداری به عمل آید.
- در مناطق تکتونیزه بدیهی است طراحی شبکه نمونه برداری طوری انجام می شود که محل گسل ها را نیز پوشش دهد.
- اصولا بهتر است شبکه نمونه برداری به صورتی طراحی گردد که حداکثر تغییر پذیری در سنگ های منطقه مورد مطالعه را در برگیرد.
- نیم رخ ها باید طوری باشند که در برگیرنده همه نوع سنگ و سازنده های موجود در منطقه ، انواع دگر سانی در رگه ها نیز باشد.
- محیط های سنگی معمولا شامل سنگ درونگیر، سنگ دیواره و سنگ بستر عمدتا هوازده شده در سطح است که در نمونه برداری باید از این سه بخش نمونه برداشت کرد.
- در توده های آذرین نفوذی تفریق یافته از هر قسمت تفریق شده باید نمونه برداری نمود تا بتوان روند تفریق را معدوم کرد.
- مثلا در اکتشاف قلع موجود در گرانیت ها از بخش های تفریق یافته که محل تمرکز کانی های قلع دار است، نمونه برداری می شود.

فصل چهارم:

معرفی برخی از کانسارها

۱- کانسار سرب و روی

۴-۱-۱- مقدمه

اکثر فعالیت های قدیمی در معادن سرب یا سرب و روی ایران برای استخراج سرب بوده است. از کارهای استخراجی قدیمی آثار بسیاری به صورت تونل و چاه و ابزار قدیمی و سرباره ها بجا مانده است. وجود ابزار سنگی، قدمت این فن را در این معادن مشخص می سازد و تقریباً در تمامی کانسارها و معادن سرب یا سرب و روی فعلی ایران، آثار شدادی ملاحظه می شود. کارهای استخراج قدیمی اغلب به صورت حفره هایی است که مواد فلزی آنها استخراج شده و بهره برداری با شمع شدن رگه، رسیدن به سطح ایستابی و یا افزایش عمق متوقف شده است. به ندرت عمق حفاری های قدیمی به ۹۰ متر می رسد. تهویه در این معادن به صورت طبیعی انجام می شده و باربری در داخل معادن با دوشکشی، در چاه ها با سبد و سیمان و در خارج معدن به وسیله چهارپایان صورت می پذیرفته است. کانه آرائی به وسیله سنگجوری دستی و استفاده از دلو و لاوک انجام می شده است.

سرب در ایران از اواخر هزاره سوم شناخته شده و چون ذوب کربنات های سرب آسان بوده، بهره برداری از معادن کربناته سرب صورت گرفته است، به گونه ای که در معادنی که سولفور و کربنات، توأمأ وجود داشته اند تنها از سنگهای کربناتی بهره برداری می شده است. در دوره پیش از اسلام از سرب به عنوان ملات در کارهای ساختمانی، سدسازی و پلسازی استفاده می شده و افزون براین برخی از ظروف در آن زمان از سرب ساخته می شده است. کریشمن، شرق شناس معروف می نویسد : در ایران دوره سلوکیان، استخراج آهن، سرب و مس زیر نظر صاحب منصبان شاهی فزونی گرفت، و صادر هم می شده است. سرب موارد استعمال زیادی در علم کیمیاگری داشته است، به طوریکه کیمیاگران برای آن ۳۷ نام نهاده اند. از ترکیبات سرب برای ساخت رنگه ای نقاشی و مواد داروئی استفاده می شده است. در دوره بعد از اسلام بهره برداری از معادن سرب بیشتر به منظور به دست آوردن نقره بوده و در اغلب کتب، کانسار سرب را معادل کانسار نقره در نظر گرفته اند. در کشور ما تاکنون حدود ۶۰۰ کانسار و نشانه معدنی سرب شناخته شده است که بعضی از این کانسارها در شمار بزرگترین کانسارهای سرب جهان هستند، به عنوان مثال کانسار سرب و روی انگوران از نظر عیار نخستین و از نظر ذخیره سومین کانسار سرب و روی جهان است. کانسارهای مهدی آباد، کوشک و ایران کوه نیز از کانسارهای بزرگ این ماده معدنی در جهان محسوب می شوند.

روی در اغلب کارهای هنری برنزی مربوط به ۵۰۰۰ سال پیش یافت شده و برای مدت ۲۰۰۰ سال به عنوان یکی از اجزاء آلیاژ برنج در اروپا و آسیا مصرف می شده است. چند اثر هنری که سن کانه ها به ۵۰۰۰ سال پیش از میلاد مسیح بر می گردد، در اروپا یافت شده است. حدود ۲۰۰ سال پیش از میلاد مسیح، رومیها که تبحر چشمگیری در ساختن آلیاژهای روی داشتند، از این فلز و آلیاژهای آن سکه می زدند.

۴-۱-۲- کانی های سرب و روی

در طبیعت دو عنصر سرب و روی، اغلب با هم همراهند. نزدیک به ۷۰ درصد سرب معدنی از کانه های مخلوط سرب و روی که به طور معمول مقادیر روی آنها بیشتر از سرب است، تولید می شود. نزدیک به ۲۰ درصد از تولید سرب مربوط به کانه های مخلوطی است که مقدار سرب در آنها از روی بیشتر است و ۱۰ درصد بقیه تولید سرب در رابطه با کانی های مس دار است.

۴-۱-۲-۱- سرب

تاکنون ۱۳۰ نوع کانه سرب شناخته شده است که در میان آنها سولفور سرب (گالن PbS) مهمترین و اقتصادی ترین است و ۹۰ درصد از تولید فلز سرب از این کانه است. دیگر کانه با اهمیت سرب سرروزیت یا کربنات سرب ($PbCO_3$) است. سرب در طبیعت به صورت سولفید، سولفات، کربنات و نمک های سرب یافت می شود. تاکنون ۱۳۰ نوع کانه سرب شناخته شده است که در میان آنها سولفور سرب (گالن PbS) مهمترین و اقتصادی ترین نوع آنهاست و ۹۰ درصد از تولید فلز سرب از این کانی است.

۴-۱-۲-۲- روی

روی تاکنون نزدیک به ۶۰ نوع کانی روی شناخته شده است روی عنصری بطور طبیعی وجود ندارد. روی در طبیعت به صورت سولفید، اکسید، کربنات و سیلیکات یافت می شود. از این شمار سولفور روی با نام اسفالریت یا بلند (ZnS) شناخته شده، مهمترین کانی است. از دیگر کانی های با اهمیت روی می توان به اسمیت زونیت ($ZnCO_3$ ، همی مورفیت $Zn_4Si_2O_7(OH$) و زنسیت (ZnO) اشاره کرد.

۴-۱-۳- زمین شناسی سرب و روی

کانی های سرب و روی غالباً بصورت پاراژنز در کانسار دیده می شوند. کانسارهای اصلی این دو فلز از نوع گرمابی بصورت اپی ترمال، مزوترمال و تله ترمال هستند. قسمت اعظم توده های سرب در حوزه حرارتی متوسط تا ضعیف تشکیل می شوند، بدین جهت در عموم کانسارهای سرب مقدار روی با افزایش عمق افزایش می یابد. تقسیم بندی کانسارها می تواند بر پایه های مختلف صورت گیرد اما تقسیم بندی مورد قبول زمین شناسان می باشد که براساس منشاء ژنز کانسارها صورت گیرد. بر این اساس کانسارهای سرب و روی به گروه های زیر تقسیم بندی می شود: کانسارهای اسکارن، کانسارهای ماسیو - سولفاید، کانسارهای هیدروترمال، کانسارهای تیپ دره می سی سی پی و کانسارهای سرب و روی استراتیباند - استراتیفرم رسوبی.

سرب از نظر فراوانی در پوسته زمین پایینتر از مس و روی و در رده سی و چهارمین عنصر پوسته جای دارد. مقدار آن در سنگهای آذرین از ۵ است. بیشتر ذخایر سرب از نوع سولفور سرب یا گالن است که به طور معمول با اسفالریت، پیریت، کالکوپیریت و دیگر سولفورها ppm تا ۲۰ و سولفات ها همراه است. ممکن است بخشی از ذخیره سولفور سرب یا گالن که در نزدیکی سطح زمین قرار دارد در اثر هوازدگی به سروزیت، آنگلیت و دیگر کانی های سرب تبدیل شود، ولی به طور کلی گالن عموماً در مقابل هوازدگی تا اندازه ای مقاوم است. زیرا قسمت اکسیده سطحی بقیه آن را محافظت می کند و در رخنمون ها به صورت غیرهوازده نیز دیده می شود.

انواع انباشته‌هایی که در آن سرب جزء اصلی است عبارتند از: انباشته‌های استراتاباند، انباشته‌های آتش‌نشانی-رسوبی، انباشته‌های حاصل از عمل جانشینی، رگه‌ای و انباشته‌های تشکیل شده در همبری‌های دگرگونی می‌باشند. متداولترین سنگ میزبان سرب، برای انباشت آن تیپ چینه‌کران، آهک و یا دولومیت است. عناصر رسوبی-ساختاری مثل ریف‌ها، تغییرات رخسارهای، زون‌های درزه‌دار یا برش‌های فرو ریزش به همراه کارست‌های قدیمی مکان‌هایی شایسته برای تمرکز ماده معدنی سرب شناخته شده‌اند. نمونه‌نهایی از نوع انباشته‌چینه‌کران در نواحی جنوب خاوری اکلاه‌ما-کانزاس، دره بالای می‌سی‌سی‌پی، منطقه متالین فالز در ایالت واشنگتن و نواحی پایین پوینت در کانادا همچنین در اروپا، به ویژه در آلپ شرقی، ایرلند و غیره وجود دارند.

انباشته‌آتشفشانی-رسوبی دربردارنده مواد معدنی از نوع سولفورهای توده‌های مسیو سولفید هستند که به طور معمول به صورت بین‌لایه‌ای در سنگ‌های ولکانیک و رسوبی جای دارند. بیشتر این انباشته‌ها در کمربندهای فعال و چین‌خورده قدیمی که به شدت دگرگون شده‌اند، یافت می‌شوند. اندازه این انباشته‌ها از عدسی‌های کوچک تا توده‌های بسیار بزرگ متغیر است. توده‌های بزرگتر که معادن بزرگ دنیا را شامل می‌شود، کانسنگ آنها، به طور معمول، ترکیبی ریزدانه از پیریت یا پیروتیت، اسفالریت، گالن و کالکوپیریت همراه با مقادیر کمتری کانی‌های غیرفلزی و کربناتی است. از انباشته‌سولفورهای توده‌ای می‌توان به نمونه‌هایی در برانزویک، باتورست، کیدکریک در اونتاریو، سولیوان در کیمبرلی (همگی در کانادا هستند) اشاره کرد.

ذخایری از نوع آتشفشانزایی چینه کران در آلاسکا، مثل ردلاگ و گرینزگریک وجود دارد که کنترل و تمرکز ماده معدنی در آنها به درجه دگرگونی مربوط به چین خوردگی و رورانندگی وابسته است. انباشته های سرب و روی که به طور جانشینی پدید می آید، به طور معمول در پیکر انباشته های نامنظم گرمابی در سنگهای کربناتی یافت می شوند. ولی برخی از این انباشته ها در سنگهای کوارتزیتی و دگرگونی نیز جای می گیرند. مشکل و گسترش این نوع انباشته ها توسط عوامل چینه شناسی و ساختاری که عمل جانشینی محلول های کانه دار در آنها انجام می گیرد کنترل می شود. این انباشته ها عبارتند از توده های معدنی به شکل تخت یا استوانه افقی به نام مانتوس، ساختارهای لوله ای شکل که طبقات را قطع می کنند و انباشته های لایه ای که در پیکر انباشته های نامنظم منشعب شده با رگه ها همراهند.

نمونه هایی بارز از این نوع انباشته ها در منطقه تین تیک در ایالت یوتا، منطقه لورکا در ایالت نوادا و در بخش هایی از ایگل ماین در گیلمن دیده می شوند. شکل رگه ای شناخته شده ترین نوع انباشته های سرب است. این انباشته ها بسیار واضح و مشخص، و بیشترشان پرعیار هستند و به همین دلیل نخستین انباشتگی هایی بودند که توسط معدنکاران قدیمی شناخته و بهره برداری شده اند. این انباشته ها در برگیرنده آمیزه ای نامنظم از گانگ، کانی ها و تمرکز موضعی کانه ها است که بیشترشان شکل کشیده ای دارند.

انباشته های سرب موجود در همبری های دگرگونی در نزدیکی توده های نفوذی آذرینی یافت می شوند که یا محلول ها و گازهای کانه ساز را تولید کرده اند و یا باعث دگرسانی و تحرک دوباره جایگزینی تازه ماده معدنی موجود شده اند. اندازه این انباشته ها از رگه های کوچک تا رگه های چند صد فوتی متغیر است.

۴-۱-۴- راهنمای ژئوشیمیایی

آنومالی عناصر Mn, Cu, Zn, Pb, Co, Ag, C, S, Bi, Sb, As, Sn, Mo, Ba در اکتشاف به طریقه ژئوشیمیایی اینگونه عناصر قابل ثبت است. منطقه بندی عرضی از داخل به خارج کانسار شامل Zn, Pb, Cu و Ba است و منطقه بندی قائم از پائین به بالا شامل Pb, Zn, Cu و Ba است و منطقه بندی قائم از پایین به بالا شامل Zn, Pb, Cu و Ba است. چرت اگزالاتیو همراه با سولفید و سولفات استراتیفرم وجود دارد. در منطقه پیرامون کانسار هماتیت و چرت توأمأ یافت می شوند. مقدار زمینه Cu, Zn, Pb و Ba در شیل ها و کربنات های مربوطه بسیار متفاوت است. در شیل ها این مقادیر چندین برابر کربنات ها است. روش های اکتشاف ژئوشیمیایی برای کشف این تیپ ذخایر با اهمیت تلقی می شوند. این روش ها هم در مرحله اکتشافات ناحیه ای و هم در مقیاس محلی و به خصوص برای ارزیابی پتانسیل معدنی گوسن ها به کار گرفته می شوند.

روش معمول در مقیاس ناحیه ای، برداشت رسوبات آبراهه ای و اندازه گیری عناصر Ag, Cu, Zn و Pb به انضمام ردیاب های دیگر است. در مقیاس نیمه تفصیلی، برداشت نمونه از خاک های برجا معمول است. یک شبکه نمونه برداری ۳۰*۱۲۰ متر (طول بزرگتر باید در امتداد ساختمان های زمین شناسی موجود در محدوده تحت پوشش باشد) می تواند برای رسم نقشه هایی که قادر به تعیین مناسب ترین نقاط حفاری باشند مؤثر باشند واقع شود. در چنین حالتی اگر تعداد نمونه ها زیاد باشد توصیه می شود آنالیز شیمیایی برای تعداد محدودی از عناصر صورت گیرد.

پس از اخذ نتایج این فاز و محدود کردن منطقه تحت پوشش، می توان به آنالیز تعداد بیشتری از نمونه های پرداخت. در مواردی که گوسن ها رخنمون دارند برداشت نمونه برای بررسی های کانی شناسی و فاز پیدایش عناصر می تواند در ارزیابی امیدبخشی آنها مفید واقع شود.

روش لیتوژئوشیمیایی در اکتشاف این ذخایر پس از محدود شدن منطقه تحت پوشش توجیه دارد. به کارگیری این روش بخصوص در مناطق گوسنی بسیار سودمند است، زیرا قادر است از طریق تحلیل آماری چند متغیر، به تفکیک گوسن های مرتبط با کانی سازی از گوسن های عقیم بپردازد.

در این زمینه سرب نقشی اساسی دارد، وجود کانی های ثانوی این عنصر در بخش اکسیده منطقه هوازده نیز با اهمیت است. بدین لحاظ لزوماً می بایست به موازات برداشت های ژئوشیمیایی، به بررسی کانی شناسی به منظور تعیین فاز پیدایش این عنصر اقدام کرد. همی مورفیت برغم پیدایش در بخش اکسیدی منطقه هوازده بعضی از این تیپ کانسارها، به دلیل تحرک بیشتر، ارزش کمتری نسبت به سرب دارد.

آنالیز آماری چند متغیره از نوع آنالیز تفریقی بر روی متغیرهای Zn و $Ba, Mn, Pb, Sb, S, Co, As, P$ برای تفکیک گوسن های واقع در روی ذخایر اقتصادی از انواع عقیم توصیه شده است.

راهنماهای دیگر اکتشافی

وجود مواد شبه گوسنی مرتبط با اغلب کانیزاسی های از این تیپ و انعکاس آنها در عکس های هوایی رنگی موجب می گردد که روش سنجش از دور در تشخیص مناطق امیدبخش برای آنها مفید واقع شود.

کانسارهای وابسته

کانی وابسته به کانسارهای سرب- روی رسوبی اگزالاتیو، کانسار باریت لایه ای می باشد.

4-1-4-1- کانسارهای تیپ سرب و روی دره می سی سی پی

این ذخایر در سنگهای کربناتی (دولومیت، آهکی) واقع در پلاتفرم بدون تغییر شکل که در قسمت رو به خشکی حوضه های مرتبط با کوهزایی تشکیل می شوند، یافت می شوند. سن اغلب آنها کامبرین- اردوئین، دونین- کربونیفر و تریاس می باشد. علاوه برخاستگاه فوق، گاهی این ذخایر در مکان های کربناتی موجود در سمت رو به خشکی کمربندهای تراستی تشکیل می شوند. از مهمترین عوامل کنترل کننده کانی سازی در این تیپ ذخایر می توان به حاشیه واحد شیلی، منطقه انتقالی از آهک به دولومیت، کمپلکس های ریفی، برش فرو ریزشی، گسل ها و توپوگرافی سطح پیسنگ اشاره کرد. هر یک از آنها در یک میدان کانی سازی (دریک منطقه جغرافیایی) می توانند نقش کنترل کننده اصلی و بقیه نقش کنترل کننده فرعی داشته باشند.

بارزترین ویژگی این تیپ ذخایر در زیر آورده می شوند.

۱- سنگ درونگیر دولومیتی

۲- استراتاباند

۳- عدم ارتباط با فعالیت های ماگمایی

۴- اپی ژنتیک

۵- وجود رسوبات کم عمقی که در بخش پهلوی حوضه رسوب کرده باشند.

۶- وجود سکانس کربناتی پلاتفرمی که نسبتاً تغییر شکل نیافته، مگر آنکه در ارتباط با کمربندهای تراستی باشد.

۷- گسترش خواص فوق در محدوده هایی وسیع با وسعت بیش از چند صدکیلومتر مربع ح-دمای تشکیل بین ۵۰ تا ۲۰۰ درجه سانتیگراد

۸- فعال بودن پدیده های دگرسانی تیپ دولومیتی همراه با برشی شدن و انحلال کربنات های میزبان.

نام دیگر این تیپ کانسارها، کانسارهای جنوب شرق می سوری است و کانسارهای استراتا باند اسفالریت و گالن در حفرات اولیه و یا ثانویه موجود در لایه های آهکی- دولومیتی و یا آهکی ناحیه سکوی قاره ای قرار می گیرند.

سنگ درونگیر این کانسارها آهک دولومیتی است و محیط مساعد تشکیل آنها نیز آبهای کم عمق در محیط دریایی است. محیط سکوی قاره ای پایدار و درون قاره ای، خاستگاه تکتونیکی مناسبی برای این دسته از کانسارها می باشد. از نظر کانی شناسی، اسفالریت کانی اصلی بوده ولی گالن نیز به طور فرعی در این کانسارها وجود دارد. البته احتمال وجود مقادیر متغیری از پیریت و گاهی مارکاسیت، باریت، فلئوریت، ژیپس و ایندریت وجود دارد.

راهنمای اکتشافی:

به عوامل زیر به عنوان راهنماهای اصلی اکتشاف این نوع ذخایر سرب و روی می توان اشاره کرد :

۱- دگرسانی

از منظر دگرسانی در اطراف این کانسارها دولومیتی شدن وسیع (دانه ریز) رخ می دهد. دولومیت های دانه درشت نیز نزدیک به توده کانسار یافت می شوند. همچنین سیلیسی شدن نیز به طور تنگاتنگی با توده کانسار مرتبط است. در ضمن انحلال وسیع سنگ آهک و تکیل کارست در این تیپ کانسارها عمومیت دارد.

۲- عوامل کنترل کننده

کانی سازی عمدتاً در زون هایی با درجه انحلال بالا و برش هایی که در نتیجه تخریب کارست ها ایجاد می شوند، توسعه می یابد. چنین مناطقی ممکن است در امتداد کانال جریان آب در سفره های آبدار قدیمی توسعه یابند. مکان این کانال ها از طریق چگالی شکستگی ها و یا چین خوردگی ها در سنگ آهک اولیه، مشخص شود.

۳- هوازدگی

در نتیجه هوازدگی این کانسارها، ممکن است کربنات ها و سیلیکات های روی ممکن است در زون هوازدگی و اکسیداسیون تشکیل شوند.

۴-۱-۴-۲ کانسارهای تیپ سرب و روی با میزبان ماسه سنگی

این کانسارها حاصل تمرکز گالن و اسفالریت استراتاباند تا استراتیفرم به صورت تکراری از توده های صفحه ای شکل (چندگانه)، در سنگهای رسوبی ماسه سنگی می باشند. سنگ درونگیر مناسب این کانسارها، ماسه سنگ آרקوزی و کوارتزیتی، کنگلومرا و سیلتستون با رخساره های قاره ای و یا دریایی است. همچنین ممکن است رسوبات تبخیری با گسترش محلی وجود داشته باشند. دامنه سن این کانسارهای پروتروزوئیک تا کرتاسه است. از نظر محیط مناسب تشکیل، سنگهای میزبانی که در محیط های مختلط قاره ای و دریایی مانند محیط های کوهپایه ای، آبرفتی، لاگون دریاچه ای، لاگون دلتایی، لاگون ساحلی و کانال های جزر و مدی تشکیل یافته اند برای تشکیل این کانسارها مناسب هستند. همچنین محیط های تکتونیکی پایدار با هوازگی عمیق که متعاقباً تا حدی تحت تأثیر فعالیت های کوهزایی قرار گرفته و بالآمدگی در آنها رخ داده است محیط مناسبی را از نظر خاستگاه تکتونیکی تشکیل می دهند. پی سنگ مناسب آنها سیالیک، اساساً گرانیتی و یا گنایس های گرانیتی است. از نظر کانی شناسی، این کانسارها شامل گالن دانه متوسط تا دانه ریز به همراه مقادیر کمی از اسفالریت، پیریت، باریت و فلئوریت می باشند. همچنین مقادیر جزئی از کالکوپیریت، مارکاسیت، پیروتیت، تتراهیدریت، تنانتیت، کالکوسیت و برنیت ممکن است موجود باشد. معمولاً کوارتز و کلسیت نیز گانگ کانسار را تشکیل می دهند.

راهنماهای اکتشافی

از عمدهترین و کاراترین راهنماهای اکتشافی این نوع کانسار به عوامل زیر می توان اشاره کرد:

در مواردی که ساختمان های رسوبی بوده و شکستگی ها موجب افزایش تخلخل شوند ممکن است کانسنگ به طور توده ای یافت شود.

۳- هوازگی

اکسیداسیون سطحی گالن تولید سرروزیت می کند. انگلیزیت و پیرومورفیت به مقدار کمتر یافت می شوند. کالکوپیریت ممکن است به ملاکیت، آزوریت، کولین و کالکوسیت تبدیل شود. همچنین اسفالریت میتواند به اسمیت زونیت، همیمرفیت و هیدروزنیت تبدیل شود.

4- راهنمای ژئوشیمیایی

آنومالی عناصر $F, Ag, Zn, Pb, C, Ba, Bi, Sb, As, Ni$ در سنگهای میزبان و خاک های مشتق شده از آنها قابل ثبت است. آنومالی عناصر Ag, F, Ba در تحتانی ترین بخش این تیپ کانسارها توسعه می یابد. مقدار روی در کانسار به سمت بالا افزایش می یابد. پیسنگ سیالیک آنها ممکن است نسبت به سرب آنومالی نشان دهد. مقدار زمینه سرب در سنگ میزبان ماسه سنگی 7 ppm و مقدار زمینه روی در آنها 16 ppm است.

سندسپاتی حاصل شده باشند. آن که نتیجه بهطور آرام و ریتمیک ماگمایی در حال سکون باشد. فرآیندی که باعث به وجود آمدن لایه های غنی از مگنتیت گردیده است، هنوز به درستی مشخص نیست. محتوای TiO_2 و V_2O_5 موجود در لایه های مگنتیت از نقطه نظر صنایع متالورژی مسئله ساز می باشد. لیکن روش های تغلیظ برای آن ها در حال پیشرفت است.

۱- چشمه هایی با خاستگاه ماگمایی از آتش فشان های زیر دریایی اکسیدهای آهن و سیلیس را به درون آب ریخته اند.
۲- آهن و سیلیس فرآورده فرسایش و انحلال از سنگهای ماگمایی نزدیک و پیرامون ساحل است. انباشتگی آهن در نتیجه افزایش مقدار Fe در آب به انجام رسیده است

۳- آهن از توفهای آهن دار و رسوبات دیگر پر مایه از آهن به دریا وارد شده است.

۴- سازندهای نواری بخشهای پایانی و یا فرآورده پایانی چرخه های رسوبی اند.

۵- سازندهای آهن از بالا آمدن آب سرد ژرف و جای گرفتن بر روی فلات قاره محکم پدید آمده است.

۶- ذخیره سازی آهن در نتیجه زیاد شدن غلظت آهن در دریا حادث شده است.

الف- رخساره اکسیدی : این رخساره از مهمترین رخساره های BIF بوده و به نسبت فراوانی اکسیدهای آهن به ۲ زیر رخساره هماتیت و مگنتیت تقسیم می شود که حد تدریجی نیز بین آن دو وجود دارد .

• زیر رخساره هماتیت : این رخساره دارای حداقل دگرسانی و به شکل اسپیکولاریت ریز دانه (سوزی شکل)، خاکستری تا آبی رنگ ظاهر می شود و در بعضی نمونه ها بافت الیتی از خود نشان می دهد که نشانگر منشأ گرفتن آنها از محیط آبی کم عمق است. در این زیر رخساره، چرت به صورت نهان بلور تا بلورهای رشد کرده می تواند به همراه کربنات شرکت داشته باشد .

• زیر رخساره مگنتیت : لایه های مگنتیت به طور متناوب با لایه های چرت و کربنات همراه هستند. در این رخساره کربنات از انواع کلسیت، دولومیت، آنکریت و سیدریت نیز یافت می شوند و چرت به صورت بلورهای ریزدانه تا موزائیکی کوارتز قابل مشاهده است. میانگین آهن در این رخساره بین ۳۵-۳۰٪ متغیر است که با پر عیارسازی آن به روش مغناطیسی قابل بهره برداری است .

ب- رخساره کربناته : این رخساره شامل میان لایه هایی از چرت و سیدریت است که بر حسب افزایش مگنتیت و پیریت به تدریج می تواند به رخساره های اکسیدی و سولفیدی تبدیل

سازندهای آهن نواری پرکامبرین به ۲ گروه نوع آلگوما (Algoma type) و نوع سوپریور (Superior type) تقسیم می شود :

۴-۲-۱-۱ - ۴-۱ - نوع الگوما

سازند آهن نواری نوع الگوما غالباً در آرکئن و ندرتاً در فانروزوئیک کشف شده اند و از نوع سوپریور کوچکتر هستند. منشأ آهن در این تیپ می تواند فعالیت آتشفشان زیردریایی باشد و مجموعه سنگهای همراه آتشفشانی اسیدی تا حدواسط زیردریایی ماسه سنگ و گریواک می باشد و در یک حوضه ژئوسنکلینالی (زمین ناودیسی) شکل می گیرند. به علت ارتباط تنگاتنگ با سنگ های ولکانیکی احتمالاً منشأ ولکانیکی آنها دور از ذهن نیست. این نوع سازند گاهی در حاشیه و با فاصله از ذخایر ماسیوسولفید گزارش شده است .

در این نوع سازند اکسیدها، کربنات ها و سولفیدهای آهن با چرت و به صورت لایه ای یافت می شوند . میزان ذخیره آنها ۱۱ تا ۳۰۰۰ میلیون تن با عیار ۳۰ تا ۶۵٪ می باشد که این ذخایر در مجموعه سنگ های گرینستون آرکئن در بخش سنگ های آتشفشانی متمرکز گردیده اند . از نظر محیط تکتونیکی این سازند در جزایر قوسی و سنگ های کلاستیک عمیق دریا تشکیل می شوند .

گاهی به طور محدود سولفیدهای آهن همراه با چرت و به صورت لایه ای (نازک لایه) با بافت نواری دیده می شود .

از نظر سنی این سازند در محدوده زمانی ۸/۱ تا ۵/۲ میلیارد سال تشکیل شده اند. غالباً در اوایل پروتروزوئیک و به میزان محدود در اواسط و اواخر پروتروزوئیک می باشند. محیط تشکیل آنها در بخش پایدار سواحل قاره ای و حوضه های درون قاره ای است .

میزان ذخیره آن غالباً از ۱۱ تا ۳۰۰۰ میلیون تن و گاهی تا ۲۵۰۰۰ میلیون تن و بیشتر وجود دارد. ضخامت آهن در این سازند از چند متر تا ۱۰۰۰ متر بوده و به صورت لایه ای دیده می شود. در این سازند آنومالی Mn منگنز نیز دیده می شود. عیار آهن ۳۰ تا ۴۰٪ و در حالت های هوازده تا ۶۰٪ نیز می رسد .

دریاچه سوپریور-لابرادور در امریکای جنوبی و حوضه هامونسکی در استرالیا و ترانسوال افریقای جنوبی مناطقی هستند که ذخایر آهن نوع سوپریور در آنها کشف شده است .

۴-۲-۲-۱-۲-۱-۲-۱- کانای شناسی نوع سوپریور و آگوما

انچه امروزه در محیطهای دریایی در محل ابهای گرمابی تشکیل می شود

این نوع کانسار در تعیین جغرافیای دیرین و تعیین مرز حوضه های آرکئن بکار می روند. در خصوص نوع سوپریور به دلیل محدودیت زمانی و گسترش منطقه ای منشأ آهن مورد بحث بوده است.

۴-۲-۱-۱-۳- کانسارهای آهن رسوبی نوع الیتی

کانسارهای آهن نوع سنگ آهنی به نوع اوولیتی و یا براساس موقعیت مکانی به نام کلینتون (امریکای شمالی شناخته می شوند. این کانسارها در محدوده زمانی فانروزوئیک تشکیل شده اند

جریان آب رودخانه توانایی حمل مقادیری فراوان از آهن را دارد. در روند از جای کنده شدن و یا حمل، فرآورده های آلی می توانند نقشی بزرگ داشته باشند. این گونه از ترکیبات و یا کمپلکس ها به صورت یک سل عمل می کنند و آنگاه که به آب یونیزه برخورد کنند، سل های درشت آهن را بر جای می نهند. الیت ها در ترکیب گوناگونند و ماده آهن دار آنها می تواند هماتیت، لیمونیت، سیدریت و شاموزیت باشد. مشهورترین کانسار الیتی جهان کانسار کلینتون است، که از شمال ایالت نیویورک بسوی جنوب رخنمون دارد. این کانسارها در مجموع انباشتگی های بزرگ و یا غنی نمی سازند.

۳- غالب بودن اکسیدهای آهن

۴- عمق تشکیل زیر منطقه Subtidal و حداکثر تا عمق 100 متر

۴-۲-۲-۲- کانسارهای ماگمایی (مافیک و اولترامافیک لایه ای)

باور این است که انباشته های ذخایر توده ای منیتیت (که گاه همراه با هماتیت است) دارای خاستگاه آذرین اند. این کانسارها خود ناشی از تفکیک ماگمایی اند و گاهی لایه بندی نشان می دهند (مانند کرومیت‌های نوع بوشولد) ولی عمدتاً به شکل خاصی نیستند و بصورت تزریق از سیالهای غنی از منیتیت، در سنگهای دیواره اند.

این منابع معمولاً در آنورتوزیت ها دارای درصد بالایی از آهن و عمدتاً غنی از تیتان می باشند. این گونه کانسارها که زایش آنها مستقیماً وابسته به ماگماست، به نام کانسارهای اورتوماگمایی نیز نامیده می شوند.

کانسارهای ماگمایی در مقایسه با کانسارهای رسوبی، تا اندازه ای کمیاب ترند و بیشتر در پیوند با سنگهای سینیتی اند و همراه با آنها یافت

می شوند. نمونه ای برجسته از این کانسارها، میدان معدنی

ایران را نام برد. بخشی از کانی سازی آهن شهرک گفتنی است اسکارن می تواند بصورت آهنی و منیزیمی باشد که نوع منیزیمی آن بسیار کمیاب تر است. این اسکارن ها علاوه بر آهن، حاوی کبالت و نیکل نیز می باشند و ذخیره آنها بین چند صدمتر تا چند کیلومتر گسترش دارد. در فاصله بین توده نفوذی و سنگ های کربناته اطراف آن واقع شده اند.

ترکیب توده نفوذی بین گابرو-دیوریت تا گرانودیوریت-کوارتزموونزونیت متغیر است. سنگ های کربناته نیز ترکیبی آهنی تا دولومیتی دارند.

کانیهای مهم کالک سیلیکات این اسکارن ها عبارتند از:

گارنت (با ترکیب آندرادیت-گروسولار)، پیروکسن (با ترکیب هدرنرژیت-دیوپسید)، اپیدوت، کوارتز، کلسیت، کلریت و کانی های ذخیره منیتیت و بندرت هماتیت می باشند. ذخیره این کانسارها معمولاً بین ۱۰۰۰ - ۵ میلیون تن و عیار آهن ۵۵-۳۳٪ است. معادن مهم آهن اسکارن در کشورهای شوروی سابق، کوبا، فیلیپین و ژاپن واقع شده اند. اسکارن های آهن تاکنون، در زون فرورانش حاشیه قاره ها و جزایر قوسی و ریفت های حاشیه قاره ها کشف شده اند.

۴-۲-۲-۳-۱ اسکارن های آهن زون فرورانش جزایر

۲-۲-۱-۳-۱- اسکارن های آهن زون فرورانش حاشیه قاره ها از نوع منیزیم دار

۴-۲-۲-۳-۱-۱- ویژگیهای زمین شناسی

اسکارن های آهن زون فرورانش حاشیه قاره ها از نوع منیزیم دار می باشند. محلولهای ماگمایی غنی از آهن که از ماگمای گرانودیوریتی-کوارتز مونزونیتی منشاء گرفته، ضمن نفوذ در سنگهای دولومیتی به تشکیل اسکارن های آهن منیزیم دار منجر می شوند. برخلاف نوع کلسیک، زون اندواسکارن در این گروه تشکیل نشده است. شرط اساسی و مهم در تشکیل این کانسارها وجود سنگ دولومیتی و محلول غنی از آهن است. به دلیل پایین بودن میزان منیزیم محلول ماگمایی (گرانودیوریت-کوارتز مونزونیت)، میزان منیزیم سنگ میزبان باید بالا باشد تا از ورود آهن به داخل شبکه سیلیکات ها جلوگیری کند. در صورتی که محلول وارد سنگ آهک شود، آهن وارد شبکه گارنت و پیروکسن شده و ذخیره مگنتیت تشکیل نمی شود به عنوان مثال آهن شوروی، نیومکزیکو و کالیفرنیا.

۴-۲-۲-۳-۱-۲- کانی شناسی ذخیره اسکارن آهن نوع منیزیم دار :

مگنتیت ± کالکوپیریت ± بورنیت ± پیریت ± پیروتیت ±

اسفالریت ± مولیبـدـنیت

دارند. اینگونه کانسارها دارای اهمیتی کمی هستند

۴-۲-۲-۴ - کانسارهای دگرگون زاد

این کانسارها که به دو بخش تغییرشکل و دگرگونی تقسیم می شوند و به انباشته هایی از آهن گفته می شوند که در فرآیندهای متامورفیزم، ناحیه ای یا همبری، متمرکز شده باشند. از آنجا که در بیشتر این کانسارها، دگرگونی تنها به تغییر ساختمان بلورین ماده می انجامد، بنابراین بیشتر این پدیده ها از نوع تغییر شکل می باشند تا دگرگونی. کانسارهای تغییر شکل ناحیه ای در قاره های زمین، در سنگهای پرکامبرین و بخشی نیز در پالئوزوئیک پیشین پراکنده اند. این گونه کانسارها انباشته هایی بزرگ را پدید آورده اند که در اقتصاد جهانی آهن نقش بزرگی داشته اند. در این کانسارها دو گونه کانسنگ بچشم می خورد، کوارتزیت‌های آهن دار و ایتابیریت ها . عیار و مقدار آهن در کوارتزیت‌های آهن دار وابسته به تناوب آشکوب های نازک کوارتز و هماتیت یا منیتیت همراه با میکاشیست های آمفیبول - کلریت دار است. چنین ترکیب و کانی شناسی آنها به رخساره های دگرگونی شیستهای سبز رنگ، وابسته به دماهای نسبتا کم، پیوند داده می شود. این گونه کانسارها در روسیه، لابرادور کانادا، کره شمالی، هند، استرالیا و آفریقای جنوبی وجود دارند .

گدازه های حاوی آهن ال لکو عمدتاً حاوی مگنتیت می باشند و هماتیت و آپاتیت نیز بطور فرعی وجود دارند. باطله ها شامل اکتینولیت و اسکاپولیت می باشند .

اگر چه مالینین و همکاران (۱۹۷۷) برای کانسار آهن میشدوان واقع در شمال شرقی به افق منشأ متاسوماتیسم قائلند ولیکن فورستر و نیتل (1979) برای این کانسار منشاء آتشفشانی پیشنهاد نموده اند .
در ذیل مشاهدات ایشان به اختصار ذکر شده است:

۱- کانسنگ مگنتیت در کانسار میشدوان همیشه در بالای یک توالی ریولیتی واقع شده است.

۲- عدم حضور بافت جانشینی

۳- شکل توده معدنی به صورت عدسی های تخت می باشد.

۴- توده معدنی توسط یک لایه رسوبی حاوی قطعات ریولیتی از سنگ های دولومیتی جدا می شود.

۵- وجود بلورهای شکل دار مگنتیت در حاشیه حباب هایی در درون سنگ معدن .

۶- عدم هم رشدی بلورهای مگنتیت و چسبیده بودن بلورهای

همراهی می شود.

در خلال هوازگی کانیهای مانند فلدسپارهای پتاسیم دار، پلاژیوکلازها، مسکوویت و بیوتیت، باریم به صورت ترکیبی از حالت برجامانده (باقیمانده (Residual) و رسوبی حضور می یابد. گاهی اوقات باریت به شکل توده ای در نهشته های هماتیتی و ذخایر آن دیده می شود.

نهشته های باریت منشأ گرمایی دارند و ممکن است که ورود سیالات گرمایی غنی از باریم به آب دریایی غنی از سولفات، باعث تشکیل باریت شود.

شکل غالب باریت به صورت رگه ای و پر شدگی شکافهاست، چنانچه در ماسه سنگها و سنگهای آهکی، گاه رگه های مشخصی را تشکیل می دهد که بخشی از سازندهای آن، علاوه بر کلسیت و سلسیتین، باریت می باشد و بیشتر با کانه های مس همراهی می شود. باریت گاهی سیمان ذرات را در ماسه سنگها تشکیل داده و نیز توده های خاکی را در لایه های مارنی بوجود می آورد. در برخی موارد به مثابه مواد سنگ کننده فسیلها عمل نموده و فضاهای خالی اطراف آنها را پر می نماید. باریت در قشر زمین گسترش زیادی داشته و همراه کانیهای مختلف فلزات یا همراه با سنگهای آهکی، هم به صورت بلورین

شکل (Amorphous)

حالت این رگه ها بوجود می آورد، شناخته می شوند.

عامل اصلی رسوب این کانی بر دیواره سنگی آن، کاهش مقدار حرارت محلول، کاهش فشار و واکنش بین محلول گرمابی و سنگ میزبان است، اگرچه این آخری در تشکیل ذخایر غیرفلزی از نقش بسیار کم اهمیت تری برخوردار است و اثر شیمیایی رگه های گرمابی باریت و فلئورین بر دیواره های سنگی بسیار کم اهمیت تر از اثر فیزیکی محلول می باشد.

ویژگی خردشدگی در مناطق برشی زونهای گسله و مقاومت سنگ در جلوگیری از بسته شدن شکستگی ها در برابر فشارهای طولانی و حتی تورم (باد کردگی) آن در اثر همبری پیوسته با سیال گرمابی، بسیار قابل توجه است.

انواع رگه ای ذخایر باریت معمولاً توسط فلئورین و سولفیدهای همراهی می شود و به سمت (سرب، روی، مس و آهن) پیریت اعماق، اغلب گانگ آن را کوارتز عقیم، کلسیت و سیدریت در شرایط بخصوصی، واکنش بین محلول و تشکیل می دهد سنگ میزبان چنان شدید بوده که ترکیب تمام سنگ میزبان را دستخوش تغییر می سازد و این عمل توسط جانشینی یا خارج کردن یک کانی و جایگزینی همزمان توسط کانی دیگر انجام می گیرد. چگونگی این فرایند بدرستی مشخص نمی باشد ولی شاید بتوان تبادل مولکولی یا اتمی را در فاصله زمانی کوتاه و در ابتدای جبهه پیشرونده سیال با پخش یکنواخت و جریان ثابت در نظر گرفت. این شرایط بویژه در سنگهای کربناتی (که

ذخایر باریت در ایران از این نوع می باشند مانند معدن باریت لیت، معدن باریت دشت ده، معدن باریت نیوک و غیره . معدن باریت کوتایسی (Kutaisi) واقع در جمهوری گرجستان شوروی و معدن مگنت کا و (Magnet Cove) در ایالت آرکانزاس آمریکا و بسیاری از دیگر نهشته های باریت آمریکا از این دسته اند. در معدن کوتایسی، رگه های باریت با ضخامت ۱-۳/۰ متر و طول بیش از ۲۰۰۰ متر در توفهای پورفیری ژوراسیک و تا عمق ۲۵۰ متر ردیابی شده اند. این رگه ها، کلسیت، به مقدار کمتر کوارتز، پیریت، کالکوپیریت و گالن دربردارند. محتوای سولفات باریم از ۶/۹۸-۶/۸۱٪ تغییر می نماید. در کوهستان سالر (Salair) ضخامت بخش های عدسی شکل رگه های باریت در کواتوفیرها و پورفیرها به بیشتر از ۵۰ متر می رسد .

در عمق ۱۰۰ متری، این رگه ها ۵۸٪ باریت، ۱۶٪ کوارتز، ۱۲٪ اسفالریت و ۱۳٪ گالن دارند (کاریاکین Karyakin, 1969) . ذخیره مگنت کاو از منشأ جانشینی متاسوماتیک

شیلها (به سن اشکوبهای پنسیلوانین- می سی سی پی که در مجاورت با یک توده نفلین سینیتی به سن کرتاسه به فرم ناودیس گونه ای تغییر شکل داده، حاصل شده و محتوای اکسید باریم آن 3/0 درصد می باشد. ضخامت این توده باریت علاوه

بر بقایای جانگزیب نشده شیلها، در بالا ۱۵-۱۰ متر در هسته

وقتی با چکش به آنها ضربه زده می شود، بطور مشخصی بوی را می دهند. عقیده براین است که (H₂S) سولفید ئیدروژن سولفید ئیدروژن محصول فساد مواد آلی و احیای سولفات توسط دانشمندان برای ژنز لایه های باریت .باکتریهای بی هوازی است سیاه بدبو آرکانزاس، مدلی را ارائه داده اند که برمبنای آن شورابها از رسوبهای سکوی قاره ای تراوش کرده و در گودیهای کف حوزه رسوبی با آب دریا مخلوط شده و سبب ته نشین شدن باریت می گردند. یونهای باریم جذب ذرات رس شده، با سولفاتهای موجود در آب دریا ترکیب و سولفات باریم می گردند. یونهای باریم جذب ذرات رس شده، با سولفاتهای موجود در آب دریا ترکیب و سولفات باریم تشکیل می دهند. منشاء باریم در آب دریا می تواند در رابطه با فعالیتهای زیستی (شوه و دیگران .و یا بازیافت از سنگهای از پیش تشکیل شده باشند (1969 محتوای باریت در این ذخایر متجاوز از ۹۵٪ باشد ولی گاهی به حدود ۵۰٪ و یا کمتر رسیده و با مقادیری از کوارتز دانه ریز، رس، پیریت، چرت یا سیلت همراهی می شود. کانیهای کربناتی در این نهشته ها نادر هستند و احتمال دارد هیدروکربورها و اسیدهای چرب درصدی از سنگ را تشکیل دهند. نهشته ها و ذخایر لایه ای باریت به عنوان پراهمیت ترین و اقتصادی ترین نوع ذخایر باریت مطرح می باشند و ذخایر وسیع و متعددی را شامل می شوند که به تنهایی برای فنون معدنکاری جدید در مقیاس وسیع مساعد هستند. مثالهایی از اینگونه ذخایر در ایالات نوادا و آرکانزاس آمریکا، شیلی، فرانسه و ایالت آندراپرادش هند وجود دارند (Andhra pradesh)

صورت طولی و ذخایر تجمع یافته از توده ها گرد تقریب دایره ای مشاهده می شوند .

این کانسارها بدین طریق تشکیل می شوند که سنگ و یا رگه حاوی باریت در سطح زمین هوازده شده، باریت به دلیل وزن مخصوص زیاد و مقاومت شیمیایی در محل باقی می ماند و تشکیل کانسار باریت بر جای مانده را می دهد .

این نوع ذخایر باریت، بر اساس پایداری شیمیایی مولکول آن تشکیل می شود. فرآیند هوازدهگی می تواند باریت را از جایگاه رگه ای خود آزاد نموده و به صورت پرشدگی در رگه های باریک متمرکز نماید که این رگه ها به تنهایی برای معدنکاری مناسب نمی باشند. می توان از ذخایر اقتصادی باریت باقیمانده (حاصل هوازدهگی نهشته های سطحی) که در آن باریت به صورت درون لایه ای در رسهای با اجزا آزاد وجود دارد، بهره برداری نمود. در این حالت، قطعات و خرده هایی از باریت در مجموعه وجود دارند که حتی اگر محتوای آنها از ۲۰-۱۰ درصد تجاوز ننماید می توان با شست و شوی تفاله (ته مانده) آن، باریت بدست آورد. بزرگترین این قطعات در قاعده ذخیره پس مانده تمرکز می یابند

در این نوع ذخایر، هم باریت و هم رس از هوازدهگی سنگهای سطحی و عموماً دولومیتی مشتق می شوند. ابعاد قطعات باریت از اندازه ماسه تا کلوخه ای (Lump) که تا ۱۰۰ کیلوگرم و

بارگا (Barega) در ساردینیا را نیز در این رده جای داد.

۴-۲-۲-۵- ذخایر مرتبط با تکتونیک صفحه ای

پس از پایان یافتن فعالیت های آتش فشانی پالئوزوئیک در حوزه آلپین، در دورانهای مزوزوئیک و سنوزوئیک در حاشیه پلت فورم ها (Platforms) در ارتباط با سیستم شکستگی، کانی سازی رخ داده و کانسارهای منگنز و باریت را باعث شده است. در میوسن، در اثر پدیده جداشدگی در دریای سرخ و در کناره های شکستگی، کانه های سرب و روی، منگنز، فلئورین و باریت به صورت رگه ای و اشباعی در داخل توده های کناری گرابن و بخشی به صورت تجمعات (Aggregate) رسوبی و در داخ لایه ها بوجود آمده اند. در تشکیل انواع گرابنی این نوع ذخایر، ابتدا یونهای باریم و منگنز آبهای گرم بالارو حاصل از ماگمای بازالتی کف حوزه، به صورت نمک حوزه، به صورت نمک ته نشین می شوند و در اثر فرآیندهای بعدی به ذخایر باریت و منگنز تبدیل می شوند

از این رده می توان از کانسارهای منگنز و باریم جزایر یونان که در ادامه فعالیت های ماگمایی پلیوسن بوجود آمده اند نام برد . کانسارهای فلئورین و باریت الجزایر و تونس نیز که بر اثر فعالیت های گرمایی ضعیف دوره کرتاسه و دوران سنوزوئیک

فصل پنجم:

مطالعه موردی

خط مرزی استرالیا قرار دارد. نزدیک ترین ایستگاه های هواشناسی که متوسط سالانه خاک شویی و داده های تبخیر را گزارش می دهند، کدونا (mm day ۲/۶) در ۱۶۰ کیلومتری شرق و وومرا (mm day ۱/۸) در ۱۶۰ کیلومتری شمال غرب آکرمان هستند. داده های هواشناسی برای بیش از چهار ایستگاه هواشناسی نشان می دهد که در این منطقه، هوای خشک با پتانسیل تبخیر بالا از میزان بارش سالانه پیشی می گیرد. قسمت اعظم بارش در اواخر پاییز تا اوایل بهار انجام می شود. بارش در این منطقه برای دامداری مناسب است و محدوده منطقه موردنظر تقریباً از مناطق جنگلی به راحتی قابل تشخیص هستند.

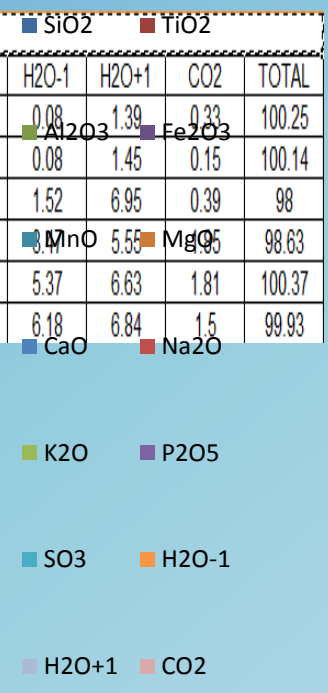
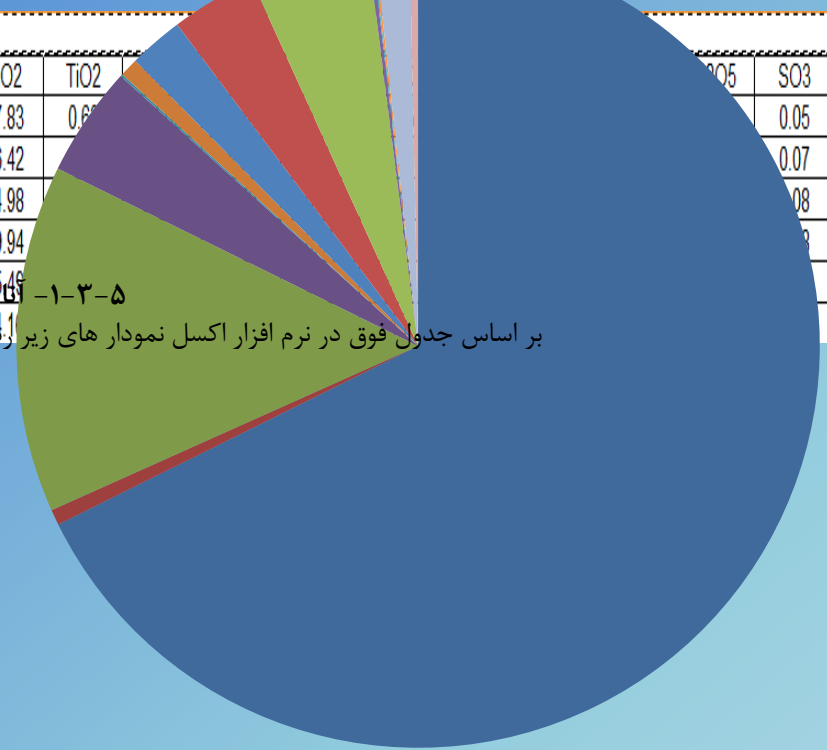
۵-۲- زمین شناسی

نمک طعام و گچ دار رسوبات دریاچه دریاچه آکرمان در اثر سایت برخورد شهاب سنگ تجمع یافته اند. (ویلیامز ، ۱۹۸۶ ، ۱۹۸۷) ساختار فشرده آکرمان تحت اثر بزرگترین شهاب سنگ قابلیت تاثیر در استرالیا می باشد. کشف آنومالی غلظت بالا از ایندیم و دیگر پلائیونوژیدها در افق اجکتا در تعدادی از نقاط در داخل ژئوسنکلینال آدلاید نسبت به هر دو میزبان شیل سازند ساختار بونیرو (600 Ma BP-) و داسیت یاردا (سنگ

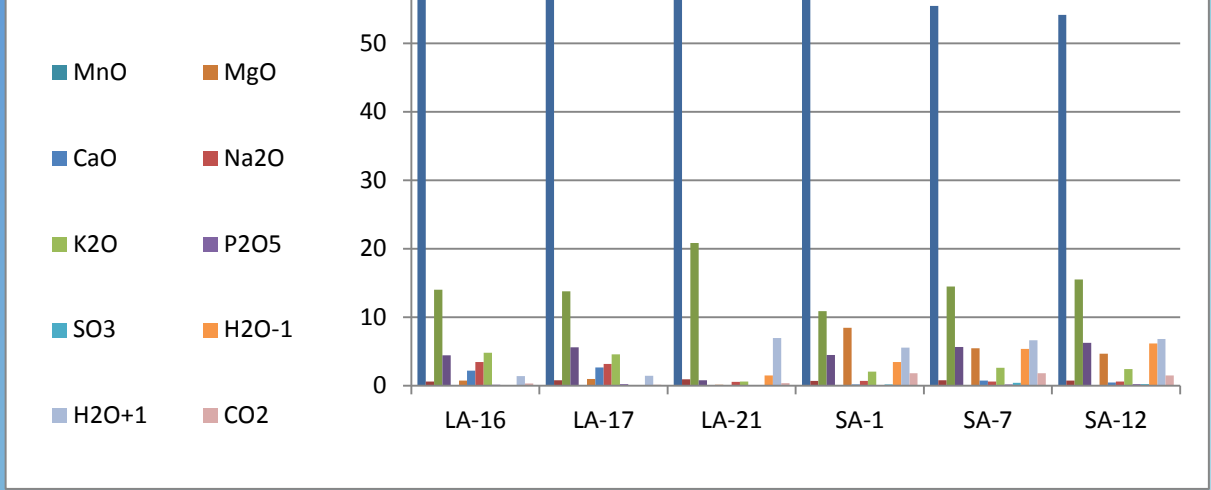
بر اساس اکسیدهای موجود در منطقه (جدول ۱-۵) آنالیزهای ژئوشیمیایی انجام شدند.

جدول ۱-۵: اکسیدهای منطقه آکرمان

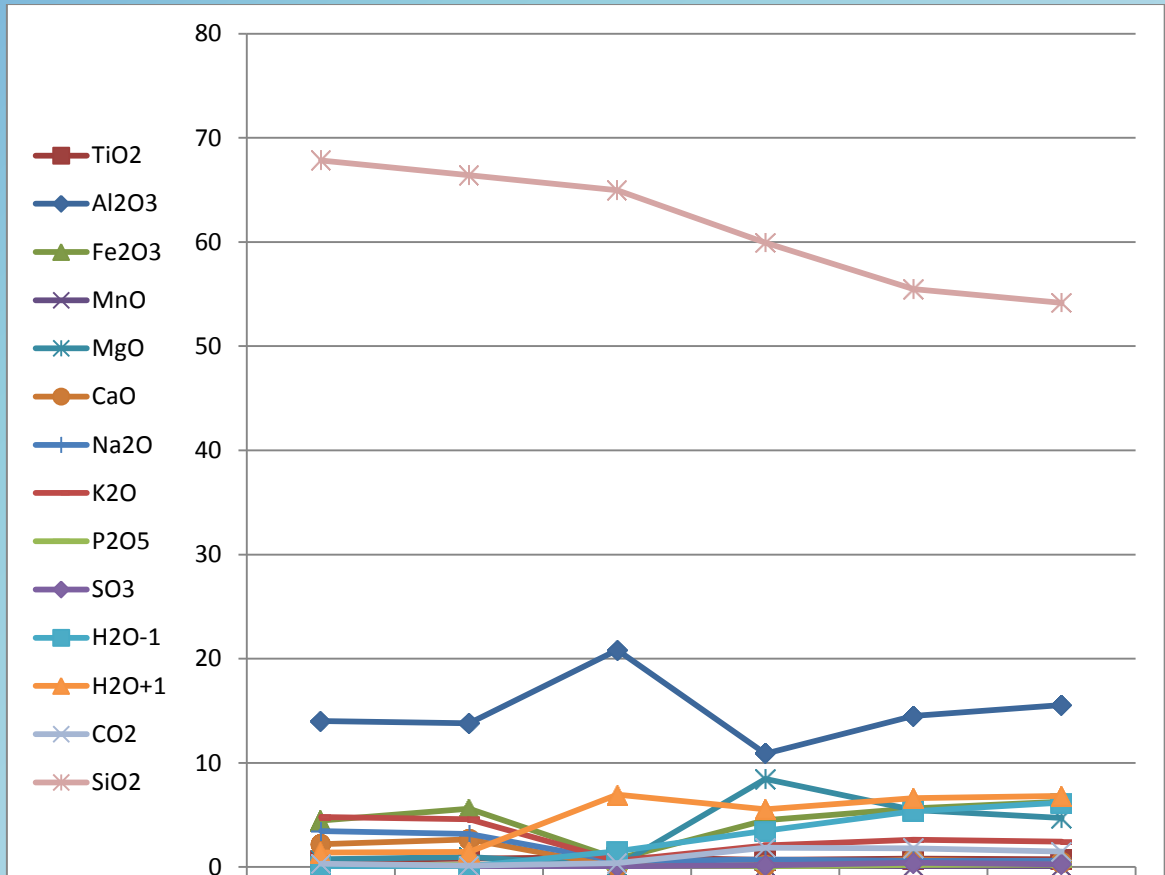
	SiO2	TiO2	Al2O3	Fe2O3	CaO	Na2O	K2O	P2O5	SO3	H2O-1	H2O+1	CO2	TOTAL
LA-16	67.83	0.66	0.05	0.08	1.39	0.33	0.05	0.07	1.52	6.95	0.39	0.08	100.25
LA-17	66.42		0.07	0.08	1.45	0.15	0.08	0.08	1.52	6.95	0.39	0.08	100.14
LA-21	64.98		0.08	1.52	6.95	0.39	0.08	0.08	1.52	6.95	0.39	0.08	98
SA-1	59.94		0.08	1.52	6.95	0.39	0.08	0.08	1.52	6.95	0.39	0.08	98.63
SA-7	55.46		5.37	6.63	1.81				6.18	6.84	1.5		100.37
SA-12	54.1		6.18	6.84	1.5				6.18	6.84	1.5		99.93

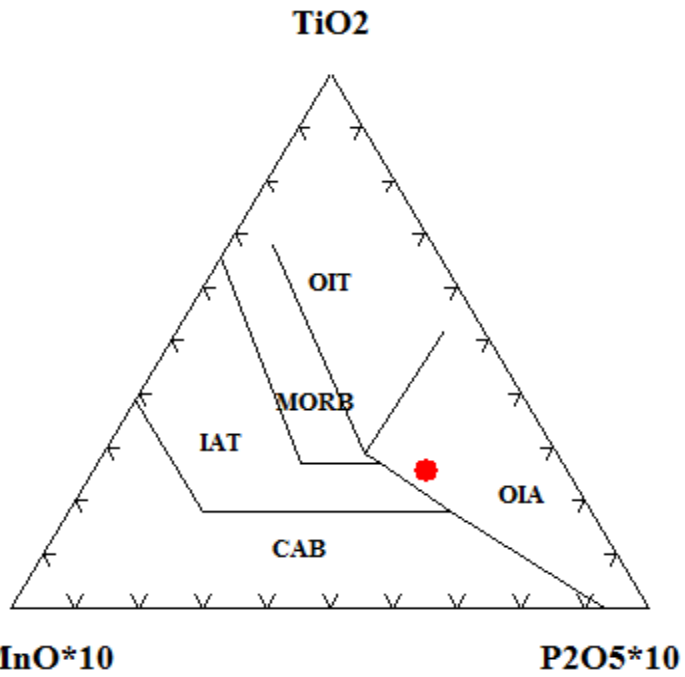


شکل ۱-۵: نمودار دایره ای عناصر منطقه



شکل ۵-۲: هیستوگرام اکسیدهای منطقه آکرمان





شکل ۵-۵- تعیین سنگ بر اساس TiO_2, MnO, P_2O_5

