# منشاء کانسارهای سرب و روی لایه‌ای‌شکل(۱)

نوشته :

**گرژوسکی و کوزرنکو(۲)**

ترجمه :

**مرتضی مؤمن‌زاده** (مهندس معدن)

مقدمه از : کریم یوسفی استادیار دانشکده‌فنی تهران

**مقدمه :**

از اوایل نیمه دوم سده حاضر ، تحولات جدید وعمیقی در متالوژنی بوقوع پیوسته که منجر به‌رهاشدن آن از قید اسارت هیدروترمالیسم(۳) وپیشرفت سریع آن گردیده است. برای آنکه چگونگی این تحول‌رادریابیم لازم است کمی به گذشته برگشته تا بتوانیم بابررسی عوامل مؤثر دراین تحول ، موضع وموقعیت کانسارهای لایه‌ای‌شکل ، موضوع بحث این مقاله را ، بهتر از دیدگاه امروزی علم متالوژنی روشن نمائیم.

اکتشافات و بهره‌برداری اصولی ازکانسارها ، بخصوص کانسارهای پنهان اجباراً مسئله منشاء و چگونگی تشکیل آنها را مطرح میسازد. تازمانیکه‌انسان درمرحله بهره‌برداری ازکانسارهای نمایان وپرعیار سیر میکرد ، توجه او بیشتر وبامنحصراً بخودکانه بود وشناخت چگونگی تشکیل و تحولات سریهای‌میزبان وهم‌چنین مسائل دقیق زمین‌شناسی عمومی چندان موردنظر نبود وآنچه دراین‌باب جسته گریخته میشدبیشتر جنبه ارضاء حس کنجکاوی داشت تاجنبه اقتصادی. دراین زمال برمبنای اطلاعات بسیار مبهم از ژئوشیمی محلولهای کانه‌ساز وهم‌چنین اطلاعات ناقص و مبهم از سریهای میزبان مدلهائی ازنظر ژنتیکی بنامیشد که درآن اغلب جنبه‌های تخیلی ونظری نقش بیشتری داشت تا اطلاعات و برداشت‌های عینی علمی. طبیعتاً چنین نظریه‌هائی ، که اغلب با واقعیت تطابقی نداشت ، نمی‌توانست پایدار بماند.

در این موقع درحالیکه کانسارهای نمایان و پرعیار بتدریج تحلیل میرفت و کمیابتر میشد ، احتیاج انسان بمواد اولیه روزبروز بالا میگرفت وبحران کمبود آن انسانرا تهدید مینمود. درچنین وضعی جستجوی کانسارهای کم عیار ولی بزرگ ذخیره روزبروز ارزش خود را بیشتر نمایان میساخت . در این سیر تحولی

---

۱ – Stratiform

۲ – D.I. GORZHEVSKI and V.N. KOZERENKO (1972) International Geology Review, Vol. 14; n° 5, pp. 515-523

۳ – Hydrothermalism.

پیشرفت‌های تکنولوژیکی نیز با ارائه راههای جدید اقتصادی دراکتشاف ، استخراج و تغلیظ مواد، راه را برای بهره‌برداری ازکانسارهای کم‌عیار هموار می‌نمود. توجه بکانسارهای کم‌عیار ، زمین‌شناس معدنی را ناچار میساخت تا زاویه دید خودرا وسیعتر نموده وآنرا از سلطه‌انحصاری ماده معدنی رها وچگونگی‌تشکیل مواد معدنی را درجمع پدیده‌های زمین‌شناسی ، بخصوص در زمینه تحولات پترولوژیکی وتکتونیکی ناحیه ، بررسی نماید . در چنین زمینه فکری بود که ارزش واقعی زمین‌شناسی دراکتشاف معادن تجلی میکرد.

درهمین زمان علم پترولوژی درزمینه‌شناخت‌مکانیسم‌تشکیل‌سنگهای‌آذرین‌ودگرگونی؛ سدیمانتولوژی درموردسنگهای رسوبی وتکتونیک وزاده آن میکروتکتونیک‌پیشرفتهای زیادی نموده بودند که متالوژنی‌ازآنها بی‌ثمر بود. چون‌اصولا پترولوژی نمی‌توانست اهمیت خودرا درزمینه نظریه‌های هیدروترمالیسم آشکارسازد. وقتی قرار بود همه چیز ازعمق و از ماگما بیاید لزومی دراین نبود که بسطح وعوامل سطحی توجه شود . در چنین احوالی‌علم‌متالوژنی‌چون فرزندی‌بود که زادگاه ووالدین خود راگم کرده وفراموش کرده است. ولی جبر اقتصادی ونتیجتاً اجبار توجه بکانسارهای کم‌عیار با وسعت زیاد متالوژنیست را مجبورمیکرد که‌بمسائل عینی‌علوم پایه خود یعنی پترولوژی وتکتونیک توجهی آنچنان که شایسته است داشته باشد و همین توجه سبب میشد تابتدریج سستی‌پایه‌های نظریات هیدروترمالیسم آشکار شود. درهمین موقع در شناخت‌چگونگی تشکیل رسوبات و تحولات بعدی آنها نیز تحولی عظیم بوقوع پیوسته بود ، بدین معنی که بحکم احتیاج ، بخصوص درمسائل مربوط‌به‌اکتشافات نفتی ، ازعلم‌استاتیک[1] سنگ‌شناسی رسوبی[2] علم جوان‌وپرتحرکی بنام سدیمانتولوژی مشتق شده بود. پیشرفتهای سریع این علم ، بکمک قدرتهای مالی‌عظیم مؤسسات‌نفتی ، اطلاعات فراوان و جدیدی از چگونگی و مکانیسم تشکیل رسوبات امروزی دراختیار زمین شناسان اهل فن قرار میداد تابتوانند باحربه‌ای‌تازه‌بگذشته رسوخ نموده ورسوبات‌قدیمی ومکانیسم تشکیل آنهارابهتربشناسند.

برخورد این دومسیر تحولی، یعنی توجه‌اجباری متالوژنیست به‌پترولوژی وبدست‌آمدن اطلاعات‌جدید ازکارهای آزمایشگاهی وصحرائی مربوط به‌چگونگی تشکیل و تحولات رسوبات ، باعرضه افق و دیدگاهی روشنتر بمتالوژنیست ، توانست‌اورادرمسیری‌جدید راهنمائی‌سازد ازچنین دیدگاهی بود که‌متالوژنیست‌دریافت که امکان دارد عده‌ای ازعناصر منحصراً از طریق رسوب‌گذاری وعده‌ای دیگرازطریق رسوب گذاری وتجمع وتمرکز دیاژنتیک تشکیل شوند . در چنین مرحله تحولی بود که نظریه‌های هیدروترمالیسم ؛ درمورد عده زیادی ازکانسارها و بخصوص کانسارهای لایه‌ای‌شکل ، روربروز ناموافقتر با داده‌های عینی علمی جلوه‌گر میشد و بناچار پایگاهش درمقابل سن‌ژنتیسم[3] بیش ازپیش سست‌تر میشد. ازاین دیدگاه وموضع جدیدبود که متالوژنی توانست نیروی محرکه تازه‌ای برای جبران عقب‌ماندگی‌های علمی خود کسب‌نماید.

مقاله زیر نوشته آقای گرژوسکی و کوزرنکو که سنتز جالبی است ازکلیه اطلاعات جدید درمورد کانسارهای سرب وروی لایه‌ای شکل و توسط آقای مهندس‌مؤمن‌زاده ترجمه شده است ، بعلاقمندان‌این‌علم عرضه میشود.

---

۱ - Static ۲ – Sedimentary petrography ۳ – Syngenetism

## منشاء کانسارهای سرب وروی لایه‌ی‌شکل

کانسارهای لایه‌ای شکل ، گروه بخصوص ازکانسارهای سرب و روی را تشکیل میدهند که در بسیاری از خصوصیت‌ها بادیگر معادن سرب و روی متفاوتند . از اختصاصی‌های این کانسارها این است که:

اولاً ـ ماده معدنی اغلب به‌لایه های سنگهای کربناته بخصوص دولومیتی وابسته است؛

ثانیاً ـ ماده معدنی در اغلب موارد حالت لایه‌ای داشته وکانه درآن بصورت پراکنده و از نظر تعداد عناصر فلزی محدود واغلب سرب بیشتر از روی میباشد (گاهی‌نیز برعکس)؛

ثالثاً ـ توده‌های‌های نفوذی هم‌سن مینرالیزاسیون در نزدیکی ماده معدنی وجود ندارد؛

رابعاً ـ کانگ اصلی ماده‌معدنی دررگه‌ها عبارتست ازکربناتها ، باریت وفلوئورین واغلب دراین نوع کانسارها مقادیر ژرمانیم و تالیم بالا است (بیش ازکانسارهای نوع گرمابی است ازمترجم) .

از جمله کانسارهائیکه دراین گروه قرارمیگیرند میتوان کانسارهای منطقه Tri-State وکانسارهای ایالات ایلینوی وکنتاکی و غیره را در امریکا ، کانسارهای منطقه Pine Point درکانادا ، کانسارهای Silesian درلهستان ، کانسارهای Uch-Kulach, Sumsar, Achisay, Mirgalimsay وغیره‌را دراتحادجماهیر شوروی را نام برد .

این نوع کانسارهای سرب و روی ازنظر اقتصادی دارای اهمیت بسیار است. درحدود ۳۰درصد عناصر سرب و روی که درکشورهای غیرکمونیستی استخراج میشود از این‌نوع معادن بدست میآید.

منشاء وطرز تشکیل این کانسارها مسئله‌ایست بسیار موردبحث‌واختلاف‌نظر. گروهی از محققین (ماخذهای ۵ ، ۱۰ ، ۳٤ وغیره) آنها راکانسارهای گرمابی با درجه حرارت کم میدانند که از توده‌های ماگمائی کانه‌دار دور هستند و L. Greyton آنها را تله‌ترمال (Telethermal) نامیده‌است. این گروه ، شکل لایه‌ای ماده معدنی را معلول تأثیر خاصیت لیتولوژیکی میدانند. کنترل نحوه جایگزینی ماده‌معدنی کانسار سرب وروی لایه‌ای‌شکل‌مطابق‌نظریه گروهی دیگر از محققین (ماخذهای ۳، ۱۱، ۱۵، ۲۳ وغیره) همزمان با رسوب سنگ درون‌گیر تشکیل شده است وجابجاشدن ورسوب مجدد آن معلول تحولات بعدی دیاژنتیک، اپی‌ژنتیک ودگرگونی خفیف‌سنگ درون‌گیر است. این نظریه که‌برای نخستین بار در اتحاد جماهیرشوروی توسط کونستانتینوف (M.M. konstantinov) و سپس پوپف (V.M. Popov) مطرح شد بعدها توسط استراخوف[1](۲۲-۲۱-N.M. Strakhov) تکمیل گردید. نظراستراخوف براین است که کنترل استراتیگرافی‌در

---

۱ـ شماره‌هائیکه جلوی اسامی است نمودار شماره مؤخذ است که درآخرمقاله آمده است.

تشکیل این نوع مینرالیزاسیونها تنها بخاصیت لیتولوژیکی سنگ درون‌گیر بستگی نداشته و تشکیل این کانسارها علاوه برآنکه بگروه لیتولوژیکی معینی مربوطمیشود، بگروه‌های‌رخساره‌ای خاص که درشرایط آب وهوائی خشک مناسب برای رسوب سرب و روی و مس تشکیل‌شده‌اند، واین عناصر محلهای بخصوصی را دربین رسوبات‌آنها اشغال میکند، نیز مربوط میشود.

ولی نتیجه‌گیریهائیکه توسط اغلب طرفداران فرضیه رسوبی بودن کانسارهای لایه‌ای‌شکل بعمل آمده مثلاً اینکه میگویند گسترش توده‌های مواد معدنی بخصوصیات ساختمانهای چین‌خورده ویاشکسته‌شده مربوط نیست و این کانسارها هیچ‌نوع آثار التراسیون را دراطراف ماده معدنی نشان نمیدهند بسختی‌میتواند مورد قبول واقع شود. رساله‌هائیکه درسالهای اخیر منتشر شده وبخصوص تحقیقات تفصیلی که در معادن و درخود توده‌های ماده معدنی صورت گرفته خلاف‌نظریه‌فوق‌رانشان میدهد. بنابراین بایک تضاد غیرقابل حلی روبروهستیم.

باید گفت که دونوع تعبیر فوق از منشاء کانسارهای لایه‌ای‌شکل زیاد ازیکدیگر بیگانه نیستند. همانطورکه بحث سمپوزیوم بین‌المللی سال ۱۹۶۶ درباره طرز تشکیل کانسارهای‌سرب و روی‌لایه‌ای‌شکل نشان داد نظریه طرفداران فرضیه رسوبی بودن وگرمابی بودن این کانسارها بهمدیگر نزدیک شده است.

اسمیرنوف (V.I. Smiranov-19) میگوید که طرفداران فرضیه رسوبی بودن کانسارهای لایه‌ای شکل ساختمان و ترکیب شیمیائی کانسار را در وضع فعلی نتیجهٔ یک دوره طولانی شامل رسوب‌گذاری، دیاژنزواپی‌ژنز میدانند یعنی رسوبات اولیه محتوی کانه تحت تاثیر عوامل دیاژنتیک اولیه وآلتراسیونهای بعدی قرارگرفته ومحلولهای فعال[1] توانسته‌اند در ترکیب شیمیائی وشکل فیزیکی آنها تغییر داده وباعث رسوب مجدد در امتداد عناصر ساختمانی موازی لایه‌ها و یا متقاطع با لایه‌ها گردند. این فرضیه تاحائی پیشرفت نموده که میگویند برحسب ضعف و شدت تغییرات بعد از رسوب میتوان تمام حالات مختلفه را از توده ماده معدنی که فقط کمی دگرسان شده و تمام علائم رسوبی بودن را حفظ نموده تا توده ماده معدنی که شدیداً دگرسان شده وکلیه‌علائم رسوبی بودن خود را ازدست‌داده و شبیه محصول یک‌فعالیت گرمابی شده ملاحظه نمود.

ازسوی دیگر اسمیرنوف میگوید بیشتر طرفداران فرضیه گرمابی بودن کانسارهای لایه‌ای شکل از نظریه قبلی خود که ماگماتنها سرچشمه محلولهای فلزدار است عدول نموده‌اند و تشکیل کانسارهای لایه‌ای شکل را به‌این صورت نیز قبول میکنند که آبهای زیرزمینی جاری بین لایه‌ها دراثر ازدیاد گرما با عمق ازنظر شیمیائی فعال میشوند ومثل محلولهای شیمیائی میتواند عناصر کانه‌ساز ازجمله فلزات را که در

---

۱ – Agressive

سنگ مادر بصورت خیلی کم‌عیار وجود دارد درخود حل نموده ومجدداً رسوب دهد .

می‌بینیم که اسمیرنوف بطرز جالبی کانسارهای لایه‌ای‌شکل را از نظر طرز تشکیل در بین دوفرضیه قرار میدهد ومیگوید که امکان دارد کانسار لایه‌ای‌شکل درعین حال شامل کانه بامنشاءاولیه(Syngenetic) یعنی رسوبی وکانه بامنشاء ثانویه (Epigenetic) یعنی گرمابی باشد . ازنظر تلفیق این دوفرضیه زوفاردی (P. Zuffardi-۳۰) مطالعات ارزنده‌ای روی کانسارهای لایه‌ای‌شکل جزیره ساردنی انجام داده. مطابق‌این مطالعات عده‌ای از کانسارهای سرب که جوانتر از سنگ درون گیرند بصورت زونه (Zonal) پیرامون یک هسته گرانیتی هرسینین وعده‌ای کانسار بدون حالت زونه پیرامون بعضی دیگر ازهسته های گرانیتی‌وهمچنین عده‌ای کانسار سن‌ژنتیک درسنگ‌های کامبرین‌وگوتلاندین وبالاخره بنابه گزارش لوورینگ (T. Lovering) عده‌ای کانسار با منشاء رسوبی که در اثر عوامل بعدی‌مجدداً حل شده و رسوب نموده‌اند در این جزیره وجود دارند.

درسالهای اخیر در اتحاد جماهیرشوروی تحقیقات دامنه‌داری درباره تحولات بعدی کانسارهای سرب و روی لایه‌ای‌شکل پس از رسوب بعمل آمده ، این تحقیقات‌نشان میدهدکه تشکیل کانسارهای‌سرب وروی لایه‌ای‌شکل بصورت رسوبی وهمزمان رسوب سنگهای درون‌گیر خود بوده است. دراین مرحله‌نواحی میزالیزه وسیعی که طبعاً کم‌عیار وپراکنده میباشد تشکیل گشته و درمراحل بعدی در نتیجه تجدید حرکات تکتونیکی و فعالیت مجدد گسلهای جدید آبهای گرم شده داخلی‌زمین (Juvenile) یا آبهای مختلط (آبهای متئوریک وژوونیل) و دربعضی موارد آبهای بالای‌سطح ایستایی(Vadose) ویا آبهای حاصل از دگرگونی، سرب وروی را در خود حل کرده ازداخل این شکستگیها راه خود را یافته وبارفلزی خود را بصورت گالن ، اسفالریت ودیگرکانه‌های همراه رسوب میدهند . تسلسل این پدیده‌ها است که میتواند توده‌های پر عیار سولفور معدنی با ارزش اقتصادی ایجاد نماید.

برای روشن شدن منشاء رسوبی کانسارهای سرب و روی لایه‌ای‌شکل وتحولات بعدی‌آنها بصورت تمرکز ورسوب مجدد نکات روشن‌گر زیر را مطرح میکنیم:

### منابع تغذیه آب‌دریا

مسئله منشاء عناصر سرب و روی در حوزه‌های دریائی از پیچیده‌ترین مسائل مطالعه منشاء کانسارهای سرب وروی لایه‌ای‌شکل است. لافیت (P. Laffite-۳۲-۳۳) بررسی بسیار جالبی در این زمینه نموده است. مطابق مطالعات او در پیرامون بلوکهای[۱] قدیمی هرسینین فرانسه (ماسیف سانترال وماسیف آرموریکن) یعنی در تشکیلات تریاس ، ژوراسیک وکرتاسه زیرین گروهی کانسار لایه‌ای‌شکل سرب وروی

---

۱ – Massif

و باریت وفلوئورین وجوددارد. موادمعدنی بصورت لایه‌ای دربین افقهای دولومیتی و بندرت آهکی وآرکوزی محصور گشته ولی اغلب آنها درنزدیکی گسلهای مستقیم بزرگ ناحیه‌ای[۱] قرارمیگیرد.

بلوک آرموریکن فرانسه شامل سنگهای پرکامبرین و پالئوزوئیک است. این سنگها تعداد زیادی رگه‌های گالن، اسفالریت، فلوئورین و باریت را دربر میگیرد. رگه‌ها با گرانیتهای بعد کوهزائی[۲] وهمچنین با گسلهای نرمال کربونیفر، پرمین و حتی تریاس همراه بوده ویابه‌آنها وابسته‌اند.

مینرالیزاسیون این رگه‌ها ازنظرنوع کانه‌دارای یک‌نوع دسته‌بندی زونه‌ای[۳] است. بعقیده‌لافیت این دسته‌بندی بعلت وجود یک سری گسلهای ناحیه‌ای است که بلوکها را قطعه قطعه کرده‌اند. در مورد نحوه گسترش کانه میگوید که مقدار گالن دررگه‌های بخش غربی ماسیف سانترال فرانسه بالاست وبه‌عکس در بخش شرقی این بلوک کم است. اسفالریت درحاشیه جنوبی زیاداست و کالکوپیریت در بخش مرکزی کم بوده و درجنوب وشمال‌شرقی زیاد میشود. فلوئورین درغرب بلوک یعنی در نزدیکی حوزه Great Coal زیاد وباریت دربخش مرکزی زیاد ودرحواشی بلوک کم است.

لافیت میگوید که ترکیب‌شیمیائی کانه درکانسارهای لایه‌ای‌شکل تشکیلات رسوبی مزوزوئیک یک وابستگی روشن وغیرقابل انکار بانحوه گسترش کانه در رگه‌های مذکورنشان میدهد، مثلاً فلوئورین دردنباله بخش شمالی حوزه Great Coal تمرکز دارد. اسفالریت درکانسارهای جنوبی ماسیف زیاداست. کانسارهای باریت در حاشیه بریتانی گسترش محدودی دارد و بالاخره کالکوپیریت واسفالریت در بخش وژ[۴] تمرکز افزاینده‌ای مییابد. برمبنای این مشاهدات لافیت نتیجه میگیرد که منشاء تغذیه مواد فلزی کانسارهای لایه‌ای‌شکل دوران دوم اطراف بلوکهای سانترال وآرموریکن همان رگه‌های هستند که در بلوکها وجوددارند. اشنیدرهون (H. Schneiderhohn-۲۶) درمورد منشاء تغذیه کانسارهای نواحی ایفل[۵] وابرفالز[۶] آلمان شرقی بنتایج مشابهی دست یافته است.

آسان علی‌اف (Asânaliyev-۱) میگوید بیشتر کانسارهای لایه‌ای‌شکل ناحیه تیان‌شان در سنگهای دونین بالا و کربونیفر زیرین بموازات یک خط ساختمانی[۷] در حد فواصل برآمدگی[۸] کالدونین تیان‌شان شمالی وفرورفتگی[۹] هرسینین کارتائو - نارین[۱۰] قرارمیگیرد. چون دولومیتهای کانه‌دار درنیمه شمالی حوزه رسوبی کارتائو - نارین قرارداشته وهرچه بطرف مرکز حوزه بیائیم بموازات تبدیل دولومیت بآهک از مقدار کانه نیز کم میشود، آسان علی‌اف نتیجه میگیرد که منشاء تغذیه این کانسارها ازهمان کالدونین است.

---

۱ - Regional normal faults
۲ - Post-kinematic
۳ - Regional zonality
۴ - Vosges
۵ - Eifel
۶ - Oberpfalz
۷ - Structural line
۸ - Uplift
۹ - Basin
۱۰ - Karatau-Naryn

آسان علی‌اف میگوید منشاء تغذیه سرب حوزه دریائی محصولات فرسایش سنگهای ولکانوژنیک دونین زیرین ومیانی برآمدگی کالدونین مذکور است که اکنون درقاعده تشکیلات کانه‌دار کربوناته مورد بحث قراردارد.

باید توجه داشت که تنها کانسارهای قدیم‌تر نیستند که میتوانند منشاء تغذیه آب دریا باشند بلکه سنگهای آذرین نیز مقداری سرب وروی درفلدسپاتهای پتاسیک ومیکاهای خود اندوخته دارند. سرب بصورت ایزومورف جانشین پتاسیم در فلدسپاتهای پتاسیک و روی جانشین آهن دوظرفیتی در بیوتیت و آمفیبول میگردد چون همان شعاع یونی آهن را دارد.

مقدار سرب در فلدسپاتهای سنگهای آذرین مختلف فرق میکند مثلا رابینوویچ (A.V. Rabinovich) وباسکووا (Z.A. Baskova) میگویند گرانیتوئیدهای موجود درکمربند[1] سرب وروی ترانس بایکال[2] شرقی بطور نسبی مقادیر زیادی سرب در فلدسپاتهای خود دارند درحالیکه گرانیتوئیدهای ناحیه متالوژنی مجاور این کمربند مقادیر خیلی کمتری دارند و بهمین جهت درناحیه اخیر کانسار قلع و آهن بیشتر وجود دارد نه کانسارهای سرب وروی.

کوپلیوویچ (A.V. Kopeliovich-۱۲) میگوید در اثر تجزیه کانیهای اصلی تشکیل دهنده سنگهای آذرین عناصر سرب و روی موجود وارد آب دریا شده و بصورت یون حالت تحرک پیدا میکنند و سپس دربخشهائیکه هیدروژن سولفوره فراوان باشد راسب‌شده و تمرکز مییابند. او این نکته را یادآور میشود که عناصر فلزی سرب و روی ومس که هم درداخل حفره‌های کنکرسیونهای فسفریت وهم در رگچه‌های بین لایه‌ای (Stratal) و تقاطع لایه‌ها وهمچنین بصورت دانه‌های پراکنده وجوددارند نشان میدهند که هم‌ازنظر ژنتیک وهم ازنظر نحوه قرارگرفتن درسنگ‌درون گیر در تحولات اپی‌ژنتیک سنگ درون گیر شرکت‌میکنند.

یک محاسبه‌ساده نشان میدهد که سنگهای آذرین برای منشاء تغذیه حوزه دریائی همانقدراهمیت دارند که کانسارهای رگه‌ای موجود در پی سنگ[3]، زیرا مثلاً اگر یک کانسار رگه‌ای را درنظر بگیریم که ازکوارتز و کربنات باعیار دو درصد سرب تشکیل شده باشد وفرض کنیم که یک متر ضخامت و ۱۰۰۰ متر طول و ۵۰۰ متر عمق داشته باشد ودراثر فرسایش وارد محیط رسوبی دریا شود جمعاً ۲۸ هزار تن سرب را آزاد میکند واگر قرار باشد یک میلیون‌تن سرب وارد آب دریا کنیم باید ۳۶ عدد از این رگه‌ها فرسوده شوند، ازسوی دیگر اگر مقدار سرب سنگهای آذرین بطور متوسط ۲۰ گرم در تن باشد (4) با یک محاسبه ساده میشود دریافت که فقط یک توده گرانیتوئید یا هرتوده آذرین اسیدی که ۴۰ کیلومتر مربع سطح و ۵۰۰ متر عمق داشته باشد لازم است تا همان یک‌میلیون تن سرب را وارد آب‌دریا کند.

---

۱ – Belt ۲ – Transbaykal ۳ – Basement

## نحوهٔ حمل مواد به‌دریا

درسالهای اخیر درباره شناسائی نحوه حمل سرب وروی توسط آبهای سطحی و زیرزمینی پیشرفتهای علمی زیادی حاصل شده وموفقیت‌های چشمگیری نیز دراین زمینه بدست‌آمده. این پیشرفتها دراثرمطالعات هیدروشیمی و مطالعات دقیق اکتشافی روی کانسارها بدست آمده . محاسبات فیزیکوشیمیائی گولوا (G.H. Goleva-٦) درباره نحوه مهاجرت عنصر روی درانواع آبهای مختلف طبیعی نشان میدهد که درآبهای اسیدی ($pH < 4$) سولفاته روی بیشتر بصورت دو ظرفیتی $Zn^{2+}$ ودر آبهای سولفاته با اسیدیته کمتر یعنی $pH > 5$ ، روی بیشتر بصورت یک کمپلکس ($ZnSO^4$) میباشد . درآبهای سولفاته ـ کلروره و آبهائیکه کلروره بوده و کمی قلیائی هستند کمپلکس‌های مثبت وخنثی کلرور روی بیشترند [$(ZnCl)^+$ , $(ZnCl^2)$] و بالاخره درآبهای گازکربنیک‌دار که مقدار زیادی یون فلوئور داشته باشد احتمالا روی با فلوئور ترکیبات پایداری را بوجود میآورند.

محاسبات تقریبی درباره عنصر سرب نیز انجام شده نتیجه اینکه درآبهای طبیعی بدون دخالت عوامل آلی وقتی اسیدیته زیاد باشد ($H < 4$) ، سرب بیشتر بصورت دوظرفیتی ($Pb^{2+}$) ووقتی اسیدیته کمتر باشد ($pH > 4,5$) و همچنین درآبهای‌قلیائی‌هیدروکربناته (بی‌کربنات) احتمالا سرب بصورت کمپلکس‌های $Pb(OH)^+$ و $[Pb(HCO^3)^2]^-$ میباشد. ترکیبات کربناته‌سرب و روی بصورت محلول درآبهای طبیعی بسیار پایدار هستند ومعمولا درمناطقی که سنگهای کربناته گسترش زیادی دارند رسوب ننموده ومهاجرت خود را ادامه میدهند بعقیده گولوا درآبهای کلروره ـ سولفاته که کمی قلیائی باشند واز نظر یون فلزی‌هم‌غنی باشند قسمت اعظم سرب بصورت یونهای $(PbCl)^+$ و $(PbCl^3)^-$ مهاجرت میکنند.

کنستانتینوف معتقد است که‌سرب‌هم مثل روی‌احتمالا بصورت کمپلکس‌های‌شیمیائی آلی میتواند نقل مکان کند. درآبهای سطحی که تحرك زیادی دارد قسمتی از سرب بصورت معلق وکلوئیدال مهاجرت می‌نماید .

تمام شواهد فوق براین حقیقت دلالت دارد که ترکیبات سرب و روی در تحت شرایط خاصی‌هم بوسیله آبهای سطحی وهم بوسیله آبهای زیرزمینی به‌انحاء مختلف بصورت ترکیبات محلول اعم از آلی یا غیرآلی و بصورت ذرات ریزکلوئیدی ومکانیکی حمل‌میشوند. درشرایط اقلیمی خشك که آبهای‌زیرزمینی ازنظرکلرورها وسولفاتها بسیار غنی هستند اگر ازداخل تشکیلات نمك‌دار جریان پیداکنند شرایط‌مناسبی را برای حل وحمل ترکیبات سرب وروی احراز خواهندنمود.

## نحوه راسب شدن مواد

طرقی که سولفورها ازآب‌دریا راسب میشوندیعنی ازصورت محلول بصورت ترکیبات نامحلول‌سرب

و روی تغییر حالت میدهند توسط واسیلیوا ودیگران (۱۸) بخوبی بررسی شده است . این گروه باین نتیجه رسیده‌اند که سنگهائیکه کانه درمرحله رسوب درآنها انباشته میشود سنگهائی هستند که بهترین ظرفیت‌جذب را دارند و ازمهمترین این سنگها میتوان دولومیت ، ذغال قهوه‌ای ، بنتونیت وفسفات کلسیم را اسم برد . بامطالعاتی که روی باکتریهای احیاء کننده سولفات‌ها انجام داده‌اند توانسته‌اند پارامترهای‌فیزیکوشیمیائی مؤثر در فعل و انفعال احیاء بیوژنیک سولفاتها را که نقش مهمی دررسوب دادن عناصر سرب ، روی ، سلینوم ، مولیبدن ، وانادیوم و اورانیوم همراه سنگهای رسوبی ، بازی میکنند تعیین نمایند.

تعبیرات و نتیجه‌گیریهای این محققین را که از مشاهدات آزمایشگاهی ایشان بدست آمده و با مشاهدات انباشته شدن سولفورها در داخل سنگهای رسوبی درطبیعت تایید میشود ، میتوان بصورت زیر خلاصه نمود : ترکیبات سرب و روی که بصورت محلول درآب حضور دارند حتی اگر ازنظر غلظت بسیار رقیق باشند بازهم بوسیله دولومیتها جذب میشوند. یونهای جذب شده احتمالا در مرحله دیاژنز در نتیجه فعالیت باکتریهای احیاکننده سولفاتها بسولفور تبدیل میشوند این باکتریها که درلایه‌های غنی از مواد آلی سنگهای کربناته بسرعت تکثیر میابند باعث میشوند که محیط هرچه بیشتر احیاء کننده شود و نتیجتاً فعل و انفعال تبدیل یونهای سرب و روی به‌سولفوو بطور تصاعدی تسریع گردد. گاز هیدرژن سولفوره که‌از فعل وانفعال باکتریها آزاد میشود برترکیبات سرب و روی باقیمانده اثر میکند و آنها رانیز به‌سولفورتبدیل میکند. تشکیل سولفور باعث میشود که‌قدرت جذب رسوبهای کربناته لجنی‌شکل افزایش‌یابد (ابتدای‌عمل دیاژنز: مترجم) ومقادیر جدیدی یونهای فلزی ازآب دریا جذت شوند . پس همانطورکه محققین مزبور تاکید نموده‌اند رسوب و انبار شدن سرب و روی طی یک‌عمل چند مرحله‌ای صورت میگیرد. درمرحله اول عامل قدرت جذب دولومیت مؤثر است ولی در مراحل بعدی عمل احیاء سولفات که باعث تبدیل عناصر جذب شده به‌سولفور میگردد سنگ جذب کننده را برای جذب مقادیر دیگری ازعناصر فلزی ازآب دریا آزاد می‌نماید .

عمل تمرکز وجمع‌شدن سرب وروی از راه‌جذب توسط سنگ جذب کننده درتحت شرایط‌دینامیکی (درمرحله دیاژنز: مترجم) حتی درصورتیکه محلولها ازنظر عناصر فلزی‌بسیار فقیر باشند ادامه می‌یابدومقدار عناصر فلزی سنگ جذب کننده بستگی به‌ظرفیت جذب سنگ و مقدار فلز موجود درحجم کل محلولی‌دارد که درطول زمان ازداخل سنگ جذب کننده عبور مینماید نه به‌غلظت محلول.

تحقیقات گروه نامبرده همچنین نشان داد که عمل جذب تنها باوجود عناصر جذب کننده کامل نخواهد شد (باکتریها: مترجم) بلکه‌نوع کانی سنگ درون گیر نیز بسیار مهم است ووجود کانی‌های جذب کننده درعمل جذب نقش تعیین کننده دارند مثلا آزمایشهائی روی ماسه سنگ کوارتزی که باکتریهای

احیاء کننده سولفاتها را درآن اضافه نمودند صورت گرفت ومحلولی را که از نظر ترکیب شیمیائی به‌آبهای طبیعی زیرزمینی شباهت داشت و ۰٫۱ × ۵ گرم درلیتر روی و ۰٫۱ × ۲ گرم در لیتر سرب داشت از داخل این‌سنگ عبور دادند اما نتیجه این‌شد که هیچگونه سولفوری درتحت این‌شرایط رسوب نکرد.

## عوامل لیتولوژیکی

نتیجه مطالعات این محقق با شواهد عینی زمین‌شناسی کاملا تاییدوتصدیق میشود، مثلا میدانیم که کانسارهای‌سرب‌وروی‌لایه‌ای‌شکل‌اغلب‌دردولومیتها هستند؛ بنابه گزارش زاخارف(Ye. Ye. Zakharov-۹) بیشتر از ۵۰٪ کانسارهای رشته کارتائو درسنگهای دولومیتی ، ۲۰٪ در تشکیلات متناوب دولومیتی آهکی و ۳۰٪ در تشکیلات آهکی واقعند و درسنگهای کربناته که مقدار مواد رسی آنها زیاد است‌هیچ مینرالیزاسیونی ازکانه سرب و روی وجود ندارد.

کانسارهای کوههای کالکان ـ آتا (Kalkan-Ata) وابسته بیک افق دولومیتی سیاهرنگ باتناوب مارن و دولومیت آهکی رسی هستند. بنابگزارش پوپف(۱۵) در بخش معدنی مولداتائو (Moldatau) در ناحیه تیان‌شان مینرالیزاسیون سرب و روی درهر کدام از سه افق رسوبات کربونیفر زیرین به دولومیتهای سیاهرنگ که از نظر مواد آلی غنی هستند وابسته است . مینرالیزاسیون کانسارهای سرب و روی سیلیزین بالائی (Upper Silesian) نیز در دولومیت‌هائی که ازنظر مواد آلی غنی‌هستند قرارمیگیرند (۵ و ۳۰).

گزارش زورین (Ye. S. Zorin) که کانسار میرگالیمسای (Mirgalimsay) رامطالعه کرده‌حاکیست که ترکیب‌سنگهای افق کانه‌دار (ضخامت افق بین ۲-۴ تا ۲۸-۲۴ متر) هم درطول‌مقطع وهم‌درگسترش جغرافیائی تغییر مینماید. درقسمت زیرین مقطع دولومیت خالص زیاد است ، درصورتیکه درقسمت بالای مقطع گسترش آن بتدریج کم و کمتر شده است وقتی از اطراف حوزه کانه‌دار به‌مرکز آن نزدیک می‌شویم گسترش دولومیت کمترشده وانواع سنگهای آهکی کربناته جانشین آن‌میگردند. بیشترین تمرکز عناصرفلزی مربوط به‌قسمتهائی از حوزه میگردد که درآنجا جنس رسوبات از نظر ترکیب شیمیائی تغییر مینماید . مثلا بیشترین تمرکز عنصر سرب به دولومیت‌های آهکی وابسته است و بمحض اینکه محیط آهکی خالص و یا دولومیتی خالص‌میگردد مقدار سرب یکباره کم میشود. مقدار روی در سری‌های دولومیت آهکی این ناحیه بتدریج زیاد میشود درحالیکه مقدار باریت‌درجهت مخالف روی بوده وبتدریج کمتر میشود.

تمام این مشاهدات گواهی میدهند که احتمالا گالن واسفالریت دارای منشاء اولیه رسوبی هستند واگر بخواهیم بافرضیه منشاء اولیه گرمابی به‌توجیه این‌مشاهدات بپردازیم با اشکال مواجه خواهیم شد . قابل توجه است که آسان‌علی‌اف میگوید تخلخل دولومیت اعم ازکانه‌دار یا بدون کانه بسیار مختصراست

(۱ تا ۰/۱٪) وآهکهائی که فاقد کانه هستندمعمولا ازدولومیتها متخلخل ترند. ازنقطه نظرشکستگی و درزه هم دولومیتهای کانه‌دار نه با آهکها ونه با دولومیتهای بدون کانه فرقی ندارند.

آسان‌علی‌اف این نکته را تاکید میکند که رسوبات کانه‌دار حاوی کانسارهای سرب وروی لایه‌ای شکل معمولا دارای سه‌سیکل رسوب هستند. سیکل اول یاسیکل زیرین رسوب عبارتست از رسوبات تری‌ژن (Terrigenous) یا رسوبات تری‌ژن کربناته که اغلب کانسارهای ماسه سنگ مس‌دار یا شیل های مس‌دار را دربر میگیرند ، سیکل دوم رسوب که معمولا دولومیت و آهک است که مبین پیشروی بیشتر دریا است ومینرالیزاسیون سرب وروی بارسوبات این سیکل آمیخته است. سیکل سوم رسوب که بارسوبات مارن، آهک‌رسی، گچ، انیدریت و انواع رسوبات نمکی که معرف مرحله پسروی دریااست مشخص میگردد.

امروزه اطلاعات زیادی درباره چگونگی پراکندگی وتمرکز عناصر فلزی درافقهای کانه‌داردردست است. دراین باره تحقیقات بسیارجالبی توسط زلوبینسکی(V.I. Zlobinskiy) دربخش معدنی سومسار(Sumsar) از رشته کوههای چاتکال (Chatkal) بعمل آمده است. او میگوید که دراین بخش معدنی افقهای دولومیتی وآهکهای دولومیتی شده نسبتاً نازك ولی بسیارگسترده‌ای را (تا ۱۰ کیلومترطول) میتوان یافت که دارای مینرالیزاسیون غنی بحالت اولیه رسوبی باشد (جدول ۱).

جدول ۱ - زمینه تمرکزهای سرب ، روی ، مس ونقره درافقهای مختلف ناحیه معدنی سومسار (Sumsar)

| Horizon and Designation | Content, n. $10^{-3}$% | | | | Remarks |
|---|---|---|---|---|---|
| | Pb | Zn | Cu | Ag(n. $10^{-5}$) | |
| 1st $D_2gv^B$ | 10 | 5 | 30 | 7 | Dolomitized limestones and dolomites, 15-18 m thick |
| 2nd $D_2gv^G$ | 25 | 21 | 10 | 6 | Black ("sparkling") dolomites, 25-35 m |
| 3rd $D_3fr^A$ | 8 | 10 | 8 | 4 | Dolomites, dolomitic limestones, limstones, about 800 m thick |
| $D_3fm$ | 4 | 8 | 5 | 4 | Limestones, more rarely dnlomites, 600 m |
| $C_1$ | 1 | 5 | 1 | 2 | Light-colored limestones, about 2000 m |
| Intermediate terrigenous rocks | 0.9 | 4 | 1 | 0.8 | Red polymitic sandstones |
| Abundance rations of carbonate rocks | 0.7 | 5 | 2 | 2 | |

زلوبینسکی میگوید که گرچه حد رسوبات ژیوسین[1] وفرانین[2] مقداری بیش ازحد متعارف‌سولفور-های فلزی دارند ولی غنی‌ترین افقهای این رسوبات عبارتند از $D_2gv^B$ و $D_2gv^A$ و $D_2gv^G$ ، از این گذشته معلوم گشت که افقهای‌مختلف دارای خواص ژئوشیمیائی‌متفاوت ناشی ازاختلاف زمان‌رسوب گذاری میباشد، باین صورت که اولین افق ($D_2gv^B$) از نظر عناصر مس ونقره از دیگر افقها غنی‌تر است در حالیکه دومین افق ($D_2gv^G$) که معدن سومسار را دربرمیگیرد ازنظر عناصر سرب و روی غنی‌تر میباشد و ازنظرمس ازافق قبلی فقیرتر است، درافقهای‌جوانتر مقدار سرب ومس بتدریج کمترومقداراروی‌بیشتر میشود . زلوبینسکی معتقد است که این پدیده در اثر فرورفتن کف حوزه رسوبی و ارتباط پیدا کردن حوزه رسوبی بادریای آزاد و بعضی عوامل دیگر میباشد . او خاطرنشان میکند که این‌طرزگسترش عناصر فلزی در طول زمان رسوب - گذاری که بآن اشاره شد این فکر را در ذهن تداعی میکند که گسترش عناصرفلزی نسبت به‌خط ساحل‌حوزه رسوبی باین شرح است که مس بلافاصله در نزدیکی خط ساحل و درعمق کم رسوب میکند ، قسمت اعظم سرب درفاصله‌ای زیادتر راسب‌میشود وبالاخره قسمت اصلی روی در وسط حوزه رسوبی ته‌نشین‌میشود .

آسان علی‌اف ارقام جالبی را درباره چگونگی گسترش سرب در رسوبات دوره‌های ژیوسین - فرانین و فامنین بخش مرکزی ناحیه تیان‌شان ارائه میدهد (جدول ۲) . نتیجه‌های آزمایشگاهی که در جدول ۲ ذکر شده دو نکته را روشن میکند یکی اینکه بزرگترین مقدار سرب وابسته بسنگهای دولومیتی است (۳ تا ۲۰ برابر بیشتر از مقدار سرب در سنگهای آهکی همان تشکیلات) . دیگر اینکه مقدار سرب در تشکیلات رسوبات آهکی ودولومیتی قسمتهای مختلف‌ساختمانی وتشکیلاتی‌تیان‌شان مرکزی بایکدیگر متفاوت‌است . باین معنی که در دولومیتهای تورنزین در بخشهای نارین و کاراتائو مقدار سرب ۱۰ تا ۱۰۰ برابر بیش از مقدار سرب در بخشهای کورامینیسکایا (Kuraminskaya) و چاتکان است . بیشتر کانسارهای سرب و روی در بخشهای مزبور بآن نواحی وابسته‌اند که سنگهای دولومیتی آنها بیشترین مقدار سرب راداراست . مثلا در بخش مرکزی رشته تیان‌شان فقط رسوبات کربناته فامنین رخساره Kysyl-Ata درکوه‌های کاراتائو هستند که با مقدار زیادتری سرب مشخص میشود و کانسارهای سرب و روی این ناحیه نیز باین رخساره وابسته است . عین این مسئله درباره رسوبات تورنزین زیرین صادق است و کانسارهای سرب و روی در دولومیتهائی قرار میگیرند که بیشترین مقدار سرب را نشان داده‌اند (نواحی معدنی نارین و کاراتائو در جدول شماره ۲) .

---

۱ - Givetian ۲ - Frasnian

جدول ۲- پراکندگی تمرکزهای سرب (برحسب درصد) درسنگهای بالیتولوژی مختلف در تیان‌شان میانی ، از اسان‌علی‌اف

| Age of Rocks | Composition of Rocks | Structural-formational Subzone | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | Kuraminskaya | Chatkal | Naryn | Karatau |
| Givetian | Sandstones | 0.002 | | | |
| | Siltstones | 0.0018 | | | |
| | Argillites | 0.003 | | | |
| | Limestones | 0.008 | | | |
| | Dolomites | 0.028 | | | |
| Frasnian | Sandstones | 0.0008 | 0.0008 | 0.002 | 0.0001 |
| | Limestones | | 0.001 | | |
| | Dolomites | | 0.016 | | |
| Famennian | Limestones | 0.001 | 0.001 | 0.007 | 0.0015 |
| | Dolomites | | | | .02* |
| Lower Tournaisian | Limestones | | 0.001 | 0.004 | |
| | Dolomites | 0.001 | 0.001 | 0.015 | 0.01-0.1 |

*Kyzyl-Ata facies of Famennian stage.

این نکته محقق شده است که وفورنسبی ژئوشیمیائی عنصر سرب درسنگهای رسوبی وقتیکه ترکیب شیمیائی رسوبات ازآهکی بماسه‌ای ورسی تغییررخساره میدهدزیادتر میگردد(٤) . ولی بطوریکه آسان‌علی‌اف تاکید نموده درناحیه تیان‌شان‌مرکزی درست عکس این‌مطلب مشاهده شده، باین معنی که مقدارسرب در تشکیلات‌آهکی و بخصوص دولومیتی بیشی‌از تشکیلات ماسه‌ای وسیلتی میباشد . بنابراین احتمالا عوامل مختلفی در تمرکز سرب دخالت دارند و چنین تناقضاتی را باعث میشود .

## ترکیب کانی‌شناسی کانه درکانسارهای رسوبی

مطالعه ترکیب کانی‌شناسی ، بافت وساخت کانه های سرب و روی کانسارهای لایه‌ای‌شکل نیز بررسوبی بودن منشاء آنها گواهی میدهد . به عقیده یوشکو (S.A?Yushko) که مطالعات زیادی روی کانسارهای‌سرب وروی‌جنوب‌قزاقستان‌انجام‌داده،مجموع کانی های‌اولیه سرب‌وروی کانسارهای‌لایه‌ای‌شکل

کارتائو که عبارتند از پیریت، اسفالریت و گالن باسنگ درون گیرشان که دولومیتهای کانه‌دار هستند همزمان تشکیل شده‌اند . این مطلب بوسیله ساختمانهای االیتی و شبه االیتی و ساختمان لایه‌ای که هم در کانه و هم درسنگ درون گیر وجود دارد باثبات میرسد . کانیهای این مجموعه بصورت دانه‌های پراکنده در لایه‌های ظریف وناز کی از تشکیلات کربناته قرارگرفته وآثارآنها را تا کیلومترها میتوان درداخل تشکیلات تعقیب نمود .

ترویانف (M.D. Troyanov) باتحقیقات مشابهی که برروی کانه‌های سرب وروی کانسار اوچ کولاچ (Uch-Kulach) قزاقستان جنوبی انجام داده ونتیجه گرفته که این کانسارمنشاء رسوبی دارد . ومطابق مدارکی که بدست میآورد ثابت نموده که مینرالیزاسیون اولیه سرب و روی باتشکیلات کربناته هم‌زمان است . این مدارك بشرح زیر است: اولاً هیچگونه اثر آلتراسیون درسنگ درون گیر وجود ندارد ، ثانیاً قطعات گوشه‌دار کانه را میتوان در برشهای سیمان‌شده دید ، ثالثاً مینرالیزاسیون با ساختمان نواری بخصوصی به‌لایه‌بندی وابسته است ، رابعاً مطالعه سن مطلق کانسار بااستفاده از ایزوتوپ سرب ، دونین بدست‌آمده که همان سن سنگ درون گیر است .

تمام مشاهدات عینی و تحقیقاتی که صورت گرفته و بآنها اشاره شد فرضیه رسوبی بودن منشاء کانسارهای لایه‌ای‌شکل را تایید میکند ولی تمرکز وعیارکانه درمرحله اولیه تشکیل ناچیز وبدون‌ارزش اقتصادی است . موادمعدنی که ازکانسارهای لایه‌ای‌شکل استخراج میشوند معمولا علائمی که حاکی از منشاء اپی‌ژنتیک آنهاست نشان میدهند ، ولی این علائم و آثار در نتیجه رسوب مجدد و تجمع دوباره همان کانه کم‌عیار اولیه حاصل میگردد .

## شرایط ژئوشیمیائی حل سولفورهای سرب وروی موجود درسنگهای رسوبی کانه‌دار

در نتیجه تحقیقات تجربی سالهای اخیر اطلاعات زیادی درباره شرایط ژئوشیمیائی مؤثر در حل تعدادی‌ازسولفورهاازجمله‌سرب‌وروی‌بدست‌آمده‌است . بارنز وچمنسکی(G.K. Chamanskiy and H.L. Barnes) در مقاله‌ایکه‌اخیراً منتشرنموده‌اند(۲) میگویند که‌محلول بودن‌اسفالریت‌درآب خالص تا ۳۵۰ درجه‌سانتیگراد خیلی‌ناچیزاست‌وهمینطوردرمحلول $SH^2$ . ولی‌بارنز مشاهده‌نمود که اگرشرایط‌طوری‌باشد که $SH^2$ درمحلول پایداربماند، ( $pH=8,2$; $P=7$ atm $SH^2$ and 25° C ) . اسفالریت‌تا ۰٫۲۷ میلی گرم درلیترحل‌میشود در اینجا ظاهراً یک فعل وانفعال دوطرفه باینصورت انجام میگیرد:

$$ZnS + H_2S + HS \rightleftarrows Zn(HS)_3^-$$

محققین نامبرده درمورد نقش کلر معتقدند که وجود $SH^-$ و $NH_4^-$ یا $Cl^-$ از نظر اسفالریت چندان مناسب

نیست. بارنز و چمنسکی درباره گالن اینطور نتیجه میگیرند که ، این کانه درمحیط کمی اسیدی ودرجه‌حرارت پائین که از $SH^2$ غنی باشد باندازه کافی محلول نیست ، ولی یک ترکیب بی‌سولفور را تشکیل‌میدهد که فقط اندکی از S Zn پائین‌تر است. حل شدن گالن احتمالا تحت‌تاثیر ترکیبات کلردار $Pb^{++}$ صورت میگیرد که علی‌رغم ترکیبات کلردار $Zn^{++}$ پایدار بوده ونقش یک واسطه را درحل شیمیائی سرب بازی می‌کند. هلگزن (H. Helgeson-۲۰) میگوید که محلول بودن زیادکانه سرب‌دار دردرجه حرارت حدود ۳۰۰ شاید دراثر تشکیل ترکیبات کلردار سرب باشد.

بنظرما (نظر مؤلفین) این اطلاعات ونتایج ژئوشیمیائی نشان میدهد که سولفورهای سرب وروی که بصورت اولیه با سنگ درون‌گیر رسوب نموده در برخی شرایط محلول میباشد و چون درجه حل شدن این سولفورها درمحلولهای کلردار مختلف است دوکانه درمراحل بعد ازرسوب یعنی درمرحله حل و رسوب مجددا جدا ازیکدیگر مجتمع میگردند.

## انواع کانه‌ها و نحوه تجمع آنها درمرحله تمرکز مجدد

یوشکو (۲۸) طی مطالعاتیکه روی انواع کانه‌های کانسارهای سرب و روی کارتائو انجام داده نتیجه گرفته که کلسیت ، دولومیت ، گالن ، اسفالریت وپیریت بترتیب تشکیل شده‌اند. کانه‌ها درمرحله تمرکز مجدد بصورت رگچه ، آمیگدال و دانه‌های پراکنده در داخل کانه‌هائیکه درمرحله اولیه تشکیل شده بودند وهمچنین درداخل سنگهای کربناته درون‌گیر ایجاد میشوند. لازم به‌یادآوریست که اگر کانسار درسنگهای دولومیتی باشد دررگچه‌هائی که درمرحله تمرکز مجدد تشکیل میشوند کانی دولومیت و اگر درسنگهای آهکی باشد کانی کلسیت فراوان خواهد بود. یوشکومیگوید که در مرحله تمرکز مجدد فلزات در درزه‌های حاصل ازدیاژنز رسوبات کربناته محتوی کانه کم‌عیار اولیه جایگزین میشوند.

بعضی تفاوتها که در ترکیب شیمیائی و پاراژنز عناصر این کانسارها دیده میشود احتمالا در اثر مهاجرت آنها درمرحله دیاژنز و دگرگونی از سنگهای کربناته مادر میباشد.

زورین که روی کانی‌شناسی کانسار میرگالیمسای مطالعه نموده‌خاطرنشان میکند که معمولی‌ترین کانی‌های تشکیل دهنده کربناتهای افق کانه‌دار دول‌میکریت[۱] (Dolmicrite) میکریت[۱] (Micrite) و اسپار[۲] (Spar) (Dolspar) است. دول اسپار و اسپار دراثر تبلور مجدد اجزای Pelitomorphic کربناتها بوجود میآیند.

---

۱ـ دول میکریت و میکریت عبارتند از دولومیت و کلسیت دانه ریز پلی‌توسرفیک.

۲ـ دول‌اسپارو اسپار عبارتند از دولومیت و کلسیت با دانه بندی بزرگتر از یکصدم میلی متر که تبلور مجدد پیدا نموده‌اند.

زورین میگوید بخوبی مشهود است که دانه‌های کانه‌های سرب و روی سن‌ژنتیک با ساختمان پلی‌تومرفیک دول‌میکریت مستقیماً و بادول اسپار بطور معکوس مربوط میشود. یعنی وقتی نسبت دول‌اسپار زیاد میشود مقدار دانه‌های ریز و پراکنده و رگچه‌های ریز سولفورها (۲٪ تا ۲/. میلی‌متر) کم و کمتر میشود و بالعکس تعداد و اندازه آگرگاهای (Aggregates) کانه‌گالن بیشتر میشود.

زلوبینسکی درباره کانسار لایه‌ای‌شکل سومسار دراین زمینه اطلاعات جالبی بدست میدهد. اودو نوع مینرالیزاسیون سن‌ژنتیک رسوبی و تمرکز مجدد را ازیکدیگر تفکیک مینماید. بعقیده او این دو نوع مینرالیزاسیون دارای وجوه مشترک ومتمایز میباشند.

وجوه مشترک آنها عبارتست از:

الف ـ مینرالیزاسیون از کنتاکت بالا وپائین افق کانه‌دار خارج نمیشود، یعنی پخش و متمرکز مجدد کانه اغلب درداخل همان‌لایه کانه‌دار صورت میگیرد.

ب ـ ترکیب شیمیائی کانه‌ای که تمرکز مجددیافته مشابه ترکیب شیمیائی کانه رسوبی اولیه میباشد. هردونوع مینرالیزاسیون فاقد عناصر مشخصه کانسارهای گرمابی موجود در این ناحیه مثل قلع، بیسموت، تنگستن، مولیبدن وغیره میباشند.

ج ـ اگر یک عنصر فلزی‌تشکیل‌دهنده کانسار مثل مس درافق زیرین درمینرالیزاسیون سن‌ژنتیک زیادترگردد درتمرکز ثانویه‌نیز زیادترمیشود بعبارت دیگر خواص ژئوشیمیائی ازمرحله سن‌ژنتیک به‌مرحله تمرکز مجدد منتقل میشود.

## وجوه تمایزکننده دونوع میزالیزاسیون مذکور درمعدن سومسار

### مینرالیزاسیون اولیه (سن‌ژنتیک رسوبی)

۱ـ مقدار ژئوشیمیائی‌سرب، روی ومس درسنگ‌درون‌گیر بطورعمومی بالاست.

۲ـ گسترش کانه درسنگ درون‌گیر یکنواخت بوده و اختلاف عیارکم است.

۳ـ مشخصات‌استراتیگرافی وژئوشیمیائی‌مخصوصی‌دارند.

٤ـ وجود ارتباط بین مقادیر سرب و نقره (نقره بصورت مخلوط ایزومرف درترکیب گالن وجوددارد).

### مینرالیزاسیون بعد ازپخش و تمرکز مجدد

۱ـ مقدارسرب، روی و مس پراکندگی زیادی دارند ومقدارشان‌ازکانه پرعیارتاسنگ‌بسیارکم‌عیارتغییرمیکند.

۲ـ حالت زونه‌ای شبیه بکانسارهای با منشاء آذرین نشان میدهد.

۳ـ نواحی پرعیار (توده‌ماده‌معدنی) ونواحی کم‌عیار (یا باطله) ازیکدیگر قابل‌تفکیک هستند.

٤ـ وجود عدم‌ارتباط بین مقادیر سرب ونقره بعکس‌تظاهر نوعی ارتباط بین مقادیر نقره با مس و ارسنیک (نقره تشکیل کانیهایی مستقل میدهد Freibergite).

مدارك فوق نشان میدهد که کانه ها ومواد محتوی رگه ها ازمحصول پخش وتمرکز مجدد کانه اولیه موجود درتشکیلات رسوبی حاصل شده است . ودرمحل هائیکه ازنظر ساختمانی مناسب بوده تمرکز کانه سرب و روی آنقدر زیادشده که تشکیل یک کانسار اقتصادی را داده است. کانسارهائی که از طریق تمرکز و رسوب مجدد ایجاد میشوند ازجهاتی به کانسارهای گرمابی بامنشاء درونی شباهت دارند .

محاسبات تقریبی نشان میدهد که مقدار سرب و روی که بحالت اولیه رسوبی درافق های کانه‌دار موجود است ازنظر کمیت آنقدرهست که پس از پخش وتمرکز مجدد کانسارهای نسبتاً بزرگ را بوجودآورد .

درمورد درجه حرارت محلولهائیکه درمرحله پخش و رسوب مجدد تشکیل میشوند هنوز مطالعات کافی صورت نگرفته است.

رودر (E. Roedder-۳٤) میگوید رسوب مجدد کانه درکانسار پین‌پوئینت (Plne Point) کانادا دردرجات حرارت ۵۰ تا ۱۰۰ درجه‌صورت گرفته‌است. همچنین بطوریکه گالکویچ (T. Galkevich-۵) اشاره میکند مطالعات یرماکوف (N.P. Yermakov) نشان میدهد که درجه حرارت رسوب مجدد کانه در بعضی از کانسارهای سیلزیای بالائی بین ۵۰ تا ۱۲۰ درجه بوده است.

مطالعات گورباتوف (G.A. Gorbatov-۲۸) نشان میدهد که‌درکانسارهای رشته کاراتائو، گالن مرحله اولیه رسوبی دردرجات حرارت ٤۵ تا ۶۰ درجه تشکیل شده درحالیکه گالن مرحله چهارم در درجه حرارتی حدود ۲۰۰ تا ۳۰۰ درجه شکل گرفته است.

تجزیه کوارتز ، اسفالریت وگالن کانسارهای سرب و روی ماسه‌سنگهای آلتره ناحیه Dnester ، بوسیله ترموسوند ، نشان میدهد که درجه حرارت تشکیل این کانه ها از ۵۰ تا ۶۰ درجه تجاوزنمیکند(۲).

درباره ترکیب شیمیائی محلولهائیکه در فعل و انفعال پخش رسوب مجدد و تجمع کانه اولیه رسوبی شرکت مینمایند اطلاعات بسیار ناچیزی در دست است. رودر (۳٤) میگوید درکانسار پین‌پوئینت اسفالریت درمرحله پخش و رسوب مجدد از محلولی راسب شده که ازنظر نمکها غلظت زیادی داشته است و دولومیت ازهمان محلول ولی وقتیکه غلظت کمترشده رسوب نموده است و بالاخره کلسیت درآخرین مرحله یعنی زمانیکه مقدار نمکها ناچیز شده است از محیط خارج شده و رسوب نموده است. رودر معتقد است که کانه های کانسار پین‌پوئینت توسط محلولهای گرمی که ازسنگهای رسوبی یا سنگهای متبلور پی سنگ عبور نموده شسته وبیرون کشیده شده و سپس بصورت سولفور درشرایطی که محلولها با مقدار کمی از آبهای سرد نسبتاً خالص زیرزمینی مخلوط شده‌اند راسب گشته‌اند.

بسیاری ازمحققین متذکر شده‌اند که کانسارهای لایه‌ای‌شکل اغلب در مجاورت گسلهای بزرگ

ناحیه‌ای قرار دارند (۵، ۷، ۳۳). این واقعیت را شاید بتوان بدوصورت توجیه کرد. ازیک سو، گسلهای بزرگ ناحیه‌ای اغلب حد فاصل بین یک‌حوزه رسوبی ویک برآمدگی ناحیه‌ای را تشکیل میدهدوبرآمدگی نقش یک منبع تغذیه آب دریا ازعناصر فلزی ازجمله سرب و روی را بعهده‌دارد. ازسوی دیگر، حرکات تکتونیکی که درامتداد گسلهای بزرگ ناحیه‌ای صورت میگیرد میتواند راه عبور محلولهای گرم را که از قسمتهای عمیق‌تر زمین بسوی بالا جریان دارند از بین گسلهای ناحیه‌ای بازنمایند واین محلولهای گرم نیز درعبور ازلایه‌های کانه‌دار رسوبی کانه‌را حل نموده ومهاجرت و رسوب میدهند. این محلولهااغلب کاملا شبیه محلولهای گرمابی بامنشاء ماگمائی‌میباشد. بنظر یوشکو(۲۸) درناحیه کاراتائو کانه‌هائیکه درمرحله چهارم تشکیل شده‌اند ازچنین محلولهائی رسوب کرده‌اند. مینرالوژی کانه دراین مرحله از تجمع و تمرکز با مراحل سه‌گانه دیگر کاملا متفاوت است: مرحله چهارم تشکیل کانه با داشتن سولفورهای مس و نقره همچنین مانیتیت، هماتیت، آنکریت وفلوئوریت وحضور تعدادزیادی ازعناصر دیگر مثل کادمیوم،ژرمانیوم، گالیوم، اندیوم وغیره ازسه مرحله دیگر مشخص ومتمایز میگردد.

بهرحال تحت شرایطی که درفوق بآن اشاره شد گرمابهای مؤثر در تمرکز کانه الزاماً منشاء ماگمائی ندارند وکانه‌های فلزی رسوبی ازجمله سرب و روی نیز میتوانند درآبهای گرم شده زیرزمینی و یا آبهای دگرگونی حاصل از اپی‌ژنز ودگرگونی سنگهای رسی وماسه‌ای (محتوی کانه‌های هیدرواکسید که دراثر دگرگونی و دیاژنز آب آزاد مینمایند) حل شده ومثل محلول گرمابی بامنشاء ماگمائی‌عمل کنند.

برای تایید این مطلب میتوان از تجربه‌های رابینسون (B.N. Robinson - ۳۶) استفاده کرد. او مخلوطی از پیریت وسنگ (پیروکسیت، شیل دغال‌دار وسنگ آهکی) را درشرایط ۶۰۰ درجه سانتیگراد و ۱ تا ۲/۵ کیلوبار فشار، بمدت ۱۰ تا ۱۲ روز درحالیکه مینرالیزاتورهائی مثل HCl، $NH_4Cl$، NaCl و $H_2O$ بمحیط اضافه کرده و بمورد آزمایش قرار میدهد. پس ازاین مدت پیریت را ازمخلوط جدا نموده و ملاحظه میکند که پیریت از کبالت (۶ بار) نیکل (۳/۷ بار) مس (۱/۷ بار) وسرب و روی تاحدی کمتر (چون نمیتوانند درشبکه کریستال پیریت واردشوند) غنی شده است.

رابینسون برمبنای تجربه خود نتیجه گرفت که، محلولهای کانی‌ساز از بی‌آب شدن سنگها تحت حرارت و فشار زیاد دگرگونی بوجود میآیند و درحین عبور از سنگهای رسوبی کانه‌دار محیط خود باردار میشوند. بعقیده او تمرکز مجدد مواد فلزی بصورت سولفور تابع عوامل ترمودینامیکی دگرگونی، مقدار اولیه عناصر فلزی موجود درسنگ درون گیر، مقدارپیریت وطول زمانی که فعل و انفعال ادامه‌مییابد وبرخی عوامل دیگر میباشد. وشاید کانسارهای پراکنده دانه(Imprignation) درمحیط وفشار وحرارت زیاد تشکیل شده باشند.

ششکلوف (A.D. Shcheglov-) ثابت نموده که کانسارهای سرب و روی لایه‌ای‌شکل درسنگهای رسوبی حاشیه نواحی فعال تکتونیکی که کمی دراثر حرکات متاثر شده‌اند تشکیل میشوند، مثل کانسارهای سیلزیای بالائی که درحاشیه شمالی‌ناحیه فعال لبه‌بلوك Czech، مانندناحیه معدنی‌لوزر (Lozère) درلبه‌جنوبی ماسیف سانترال فرانسه و غیره . برای کانسارهای ناحیه معدنی کاراتائو نیز میتوان یک موقعیت مشابه را ذکر کرد. باین صورت که بلافاصله در لبه بلوك (Median massif) شمال رشته کوه تیان‌شان قراردارند . وهمچنین برای کانسارهای لایه‌ای شکل ناحیه دریاچه بایکال (Lake Baykal) که به حد فاصل پلاتفورم سیبری وناحیه چین خورده بایکال وابسته‌اند. مثالهای مشابه دیگری دراینمورد نیزمیتوان بیان‌داشت.

عمل فعال شدن یک ناحیه باعث تجدید حرکات تکتونیکی دراستداد گسل‌های بزرگ ناحیه‌ای قدیمی شده و درنتیجه باعث بالاآمدن گرمابها ازاعماق میشود وگرادیان حرارتی درآن بخش ازپوسته‌جامد زمین تغییر مینماید که بنوبه خود باعث بالارفتن درجه حرارت آبهای زیرزمینی و ازدیاد قدرت حلالیت آنها میشود.

این فرضیه که کانسارهای سرب و روی لایه‌ای شکل دارای منشاء اولیه رسوبی هستند بوسیله تجزیه‌های ایزوتوپی سرب نیز تایید و تاکید شده است . اسمیرنوف(۲.) دراین‌باره مدارك بسیار مهم و ارزنده‌ای گردآوری نموده است. اومیگوید نسبت ایزوتوپ‌های سرب اغلب کانسارهای لایه‌ای شکل نشان میدهد که سرب ازسنگ درون گیرش قدیمتر است.

این پدیده را بافرضیه معمولی گرمابی بودن منشاء کانسارهای لایه‌ای‌شکل بسختی میتوان توجیه نمود. سن گالن کانسارهای ناحیه می‌سی‌سی‌پی - میسوری که در تشکیلات پالئوزوئیک زیرین قراردارند نشان میدهد که گالن در پرکامبرین تشکیل شده است. همچنین ازاین طریق سن کانه کانسارهای کارتائو که در تشکیلات پالئوزوئیک میانی واقعند به‌پالئوزوئیک زیرین میرسد . وکانه کانسارهای Akshiyryak ناحیه تیان‌شان که درسنگهای پالئوژن قراردارند دارای سن پالئوزوئیک فوقانی است. اسمیرنوف میگوید که این حقیقت باعث شده (قدیمترین سن سرب ازسنگ درون گیر) که فکر مهاجرت سرب از تشکیلات قدیمتر زیرین از راه مجاری محلولهای بالارونده ورسوب آنها در تشکیلات جوانتر بصورت گالن در ذهن بیشتر زمین‌شناسان شکل بگیرد .

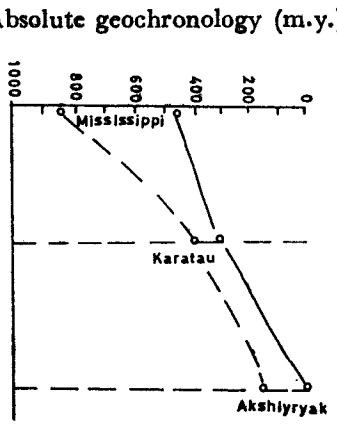
(۸)- L.N. Grinnko , V.A. Grineko از روی نسبت ایزوتوپ‌های گوگرد سولفورهای فلزی دو نوع کانسار تشخیص داده‌اند . درنوع اول که کانسارهای مس - پیریت اورال و شمال قفقاز و همچنین کانسارهای مس - پیریت وپیریت پلی‌متالیک ژاپون را دربر میگیرد ، ترکیب ازوتوپی گوگرد باگوگردی که درسنگهای آسمانی (متئوریت‌ها) وجود دارد تفاوت بسیار کمی دارد. ($S^{34}$ بین ۱۰/. تا ٤/. درصد)

ما براین مبنا معتقدیم که گوگرد سولفورهای این کانسارها ازمنشاء گوشته (Mantle) است. یعنی یامستقیماً ازگوشته بوجودآمده ویا ازلایه بازالتی پوسته جامدزمین میباشد.

درکانسارهای نوع دوم، که گرینکوها کانسارهای سرب‌وروی لایه‌ای‌شکل ناحیه می‌سی‌سی‌پی- میسوری وجنوب جزیره ساردنی وهمچنین ماسه‌سنگهای مس‌دار رودزیا و اورانیوم پلاتفورم کلرادو را جزو آن میدانند، نسبت ایزوتوپهای گوگرد سولفورها($S^{32}/S^{34}$) بسیار مختلف و متفاوت‌است. بعقیده‌آنها گوگرد سولفورهای این‌نوع کانسارها ازمنابع مختلف پوسته زمین تامین شده (شاید ازلایه سیال) و محلولهائیکه سولفورها را راسب‌نموده‌اند هموژن ویکنواخت نبوده‌اند.

یکی ازدلایلی که گرینکوها برای توجیه علت مشابه‌نبودن ترکیب ایزوتوپی گوگرد کانسارهای مختلف این نوع ذکر میکنند این است که احتمال دارد سولفورهای فلزی از هیدرژن سولفوره بیوژنیک تشکیل شده باشد.

محققین آمریکائی(۳۱) نشان‌داده‌اند که مقدارگوگرد که بصورت سولفات در ترکیب‌سولفورهای کانسارهای سرب و روی لایه‌ای‌شکل وجود دارد بیش ازمقدارآن درنوع دیگری است.




سن کانسارهای تله‌تریال سرب توسط اطلاعات زمین شناسی (خط‌توپر)
وتوسط اطلاعات ایزوتوپی (خط منقطع) از اسمیرانوف

توگارینوف (A.I. Tugarinov-۲٤) ترکیب‌ایزوتوپی سرب‌را درگالن کانسارهای رشته‌کوههای چاتکال وکورامنیسکی آسیای مرکزی مطالعه نموده ومیگوید که علی‌رغم فاصله زیاد کانسارهای فوق از یکدیگر یک خاصیت مشترك برای همه آنها وجوددارد وآن اینکه ترکیب ایزوتوپی سرب درکانه‌پراکنده دانه[۱] آنها که بسنگهای کربناته دونین (کانسارهای سومسار وغیره) وکربونیفر (کانسار Gavasayskoye) وابسته میباشد ثابت است. ولی سرب حاصل ازکانسارهای اسکارن (Skarn) وابسته به‌کنتاکت توده‌های نفوذی هرسینین با سنگهای کربناته وکانسارهای رگه‌های موجود درسنگهای نفوذی یا ولکانوژنیک پرمین

۱- Impregnation

ترکیب ایزوتوپی بسیار متنوع دارد وایزوتوپهای رادیوژن آنها نیز فراوان است.

توگارینوف چنین نتیجه میگیرد که درعمل هضم انتخابی[1] سنگهای آهکی پالئوزوئیک میانی توسط توده‌های نفوذی هرسینین، سرب که ازقبل دراین سنگهای آهکی موجود بوده جابجا گشته ومهاجرت نموده است. او معتقد است که فعالیت ماگمائی هرسینین عمل حمل ورسوب مجدد مواد معدنی را تشدید نموده و باعث شده که کانسارهای مذکور بصورت امروزی درآیند، درحالیکه کانه سرب بصورت اولیه در سنگهای این ناحیه در زمان دونین و ابتدای کربونیفر بصورت کم عیار با سنگ درون گیروجودداشته‌است.

بنابراین چنین بنظر میرسد که یک فاصله‌زمانی طولانی بین زمان تشکیل مینرالیزاسیون سن‌ژنتیک وتشکیل کانه دراثر تمرکز مجدد وجوددارد. مثلا درمورد کانسار سومسار این‌فاصله زمانی از زمان‌ژیوسین دونین تا اواسط یا اواخر کربونیفر یعنی وقتیکه با تولیت‌های گرانیتوئید درناحیه چاتکال ـ کورامینسکا یااز رشته تیان‌شان(٤١) نفوذ نموده‌اند طول میکشد. درمورد کانسارهای سیلزیای بالائی این فاصله زمانی از تریاس میانی تا پالئوژن یعنی زمانیکه پلوتونهای بازالتی در زون مجاور ساختمای آلپی درکوههای کارپات نفرذ کرد، میباشد(٥).

بطور خلاصه عناصر سرب‌وروی موجوددرکانی‌های تشکیل‌دهنده سنگهای آذرین یادرکانسارهای قدیمتر دراثر فرسایش وهوازدگی وحل‌شدن درآبهای سطحی یازیرزمینی وحمل به‌حوزه‌های دریائی‌درشرایط مساعد در قسمتهای بخصوصی از این حوزه‌ها رسوب مینمایند. در این مرحله معمولا تمرکزکم عیار از سولفورها تشکیل میشود ولی درعین‌حال این امکان نیزوجوددارد که عیارسولفور تاحد اقتصادی‌بالاباشد. سپس دراثر فعالیت تکتونیکی درامتداد گسلهای عظیم وقدیمی یاجدید، آبهای گرم شده وارد محیط گشته و عناصرفلزی سن‌ژنتیک را مجدداً حل نموده مهاجرت داده راسب‌میکند. در بخشهائیکه تمرکز مجدد صورت میگیرد توده‌هائی ازماده معدنی تشکیل میشود که از بسیاری جهات کاملا شبیه کانسارهای نوع گرمابی با منشاء ماگمائی میباشد.

محققین عموماً اصطلاح «منشاء کانسار[2]» را به مجموعه شرایطی که دریک زمان کوتاه باعث رسوب کانی‌ها شده اطلاق مینمایند. مسئله کانسارهای سرب و روی لایه‌ای‌شکل نشان میدهد که تمرکز این عناصر به‌فعل وانفعالاتی وابسته است و زمان نسبتاً زیادی را اشغال مینماید که شامل چندین مرحله تشکیل و تمرکز مواد میشود. مسئله کانسارهای لایه‌ای شکل همچنین نشان میدهد که طرز تشکیل آنها بااین تاریخچه طولانی و پیچیده در قالب تئوریهای کلاسیک ژنتیکی قرارنمیگیرد. درچنین مرحله‌ازپیشرفت علم‌متالوژنی‌شاید برای‌ژنزاین نوح کانسارهابهترباشد که اصطلاح کانسارهای Sedimentary-Hydrothermal را بکار بریم.

---

١- Selective assimilation ٢- Genesis of deposit

## References


1. Asanaliyev, U., 1964, Distinctive Features of Formation of Polymetallic ores in carbonate Rocks of the Sumsar-Bozbutooskiy Area. In Ore bearing Sedimentary Formations and ore zonality of Artesian basins of Central Asia: Tashkent State Univ. Trudy, vyp. II.

2- Barnes, H.A., and Chamanskiy, G.K., 1970, Solubility and Transportation of Ore Minerals. In Geochemistry of Hydrothermal Ore Deposits: Izd-vo Mir, Moscow.

3. Bogdanovich, K.I., 1913, Ore Deposits, v. 1: St. Petersburg.

4. Vinogradov, A.P., 1962, Average Contents of Chemical Elements in Main Types of Igneous Rocks of the Earth's Crust: Geokhimiya, no. 7.

5. Galkevich, T., 1965, Remarks on M.M. Konstantinov's views of Genesis of the Silesian-Cracow Zinc-Lead Deposits; An SSSR Geol. Rudnykh Mestorozh, no. 1.

6. Goleva, R.A,, 1968, Hydro Gechemical methods of Exploration: Izd-vo Nedra, Moscow.

7. Gorzhevskiy, D.I., and Kozerenko, V.N., 1968, A Comparative Geologic and Metallogenic Characterization of types of Lead-Zinc Deposits in the Tien Shan and other Regions of USSR. In Metallogeny of the Tien Shan Region: Izd-vo Ilim, Frunze.

8. Grinenko, L.N., and Grinenko, V.A., 1967, Laws Characterizing Distribution of Sulfur isotopes and their use in Geochemical Investigations: Geokhimiya, no. 5.

9. Zakharov, Ye. Ye. 1955, An Attempt at Classification of Silver-Lead-Zinc ore Deposits: Mosk. Geol.-Razved. Inst. Trudy, t. XXVIII.

10. ———— 1960, Metallogeny of Karatau Region. In Laws Characterizing Distribution of Economic mineral resources, v. 3: Izd-vo an SSSR, Moscow.

11. Konstantinov, M.M., 1963. Origin of Stratified-Deposits of Lead and Zinc: Izd-o an SSSR, Moscow.

12. Kopeliovich, A.V., 1960, Origin of Lead-Zinc Mineralization in old Bodies of Rocks in Southwest of the Russian Platform. In Transactions of Internat. Cong. On Sedimentology, Papers by Soviet Geologists: Izd-vo an SSSR, Moscow.

13. Lur'ye, A.M., 1963, Distribution of Lead-Zinc Mineralization in Gavakasan watershed area of Kirgiz: Izd-vo an SSSR, Moscow.

14. Mustafin, K.T., and Komanov, B.O., 1967, Distinctive Features of Geologic Structure and Metallogeny of Kirgizian part of Northern Fergana Region. In Metallogeny and Magmatism of the Tien Shan region: Izd-vo lim, Frunze.

15. Popov, V.M., 1968, Stratified Lead-Zinc Deposits of Tien Shan Region and Central Kazakhstan. In Geochemistry of Sedimentary Rocks and Ores: Izd-vo Nauka, Moscow.

16. Popov, V.M., et al., 1968, Metallogeny of Middle Paleozoic Carbonate Formations in Central Tien Shan. In Metallogeny of the Tien Shan Region: Izd-vo Ilim, Frunze.

17- Rabinovich, A.V., and Baskova, Z.A., 1969, Character of Distribution of Lead in some Granitoids of Eastern Transbaykalia: Geokhimiya, no. 6.

18. Rozhkova, Ye. V., Shcherbak, O.V., and Saakyan, V.M., 1962, Role of Sorption in the Concentration of zinc in Sedimentary Rocks. Mineral raw materials: Vimsa Trudy, vyp. 6.

19. Smirnov, V.L., 1966, at the International Symposium on Genesis of Stratiform Lead – Zinc – Baite-Fluorite Deposits: An SSSR Geol. Ruonykh Mestorozh, no. 4.

20. ———— 1969, Sources of material of endogenic Deposits of Economic Minrals: An SSSR Izvestiya, ser. Geol., no 5.

21. Strakhov, N.M., 1960, Principles of Theory of Lithogenesis. v. 1: Izdvo an SSSR, Moscow.

22. ———— 1962, Recognizing Lithogenesis of Volcanogenic-Sedimentary type: An SSSR Izvestia, ser, geol., no. 5.

23. ———— 1962, Types of Lithogenesis and their evolution in the Earth's History: Gosgolle-khizdat.

24. Tugarinov, A.I., Isotope Composition of Lead as one of the Possible Geochemical Indicators in Exploration and prospecting. In Geochemical Exploration of Ore Deposits: Gosgeoltekhizdat, Moscow.

25. Helgeson, H., 1967, Formation of Complexes in Hydrothermal Solutions: Izd-o Mir, Moscow.

26. Schneiderhöhn, H., 1958: Ore Deposits: Izd-vo Inostr. Lit., Moscow.

27. Scheglov, A.D., 1968, Metallogeny of Regions of Autonomous Activation Izd-vd Nedra, Moscow.

28. Yushko, S.A., 1169, Mineralogy of Stratiform Lead-Zinc Deposits of Southern Kazakhistan: Izd-vo Nedra, Moscow.

29. Galkiewicz, T., 1964, Metallegenic position of the Silesia-Cracow Deposits: Rudy i Metale Nidzelazne, no. 8.

30. Gruzczyk, H., 1967, The Genesis of the Silesian-Cracow Deposits of Lead-Zinc Ores: Econ. Geol. Monograph 3.

31. Jensen, M., and Dessau, G., 1966, The Bearing of Sulfur on the Origin of Mississippi Valley type Deposits: Abstr. Sympos. Origin Ores Lead, Zinc, Barite and Fluorite.

32. Laffitte, P., 1966, La Mètallogénie de la France: Soc. Géol. France Bull., sér. 7, v. VIII.

33. ———— 1967, Cartographie Métallogénie et Gites Stratiformes: Econ. Geol., no. 3.

34. Roedder, E., 1968, Temperature and Salinity of the Ore-Forming fluids at Pine Point, North-west Teritories, Canada from fluid inclusion studies: Econ. Geol., no. 5.

35. Zuffardi, P., 1968, Transformism in the Genesis of Ore Deposit Examples from Sardinian Lead-Zinc Deqosits: Internat, Geol. Cong. Rept., 24rd Sess., 1968, Proc. Sec. 7, Prague.

36. Robinson, B.W., and Strens, R.G.J., 1968, Genesis of Concordant Deposits of Base Metal Sulfides: An Fxperimental Approach: Nature, v. 217, no. 5128.