

وزارت معادن و فلزات  
اداره کل معادن و فلزات آذربایجان غربی

گزارش  
طرح اکتشاف تفصیلی جیوه خانگلی ماکو  
(مرحله اول)

مهندسین مشاور کاوشگران  
1376

**چکیده**

بر اساس قرارداد شماره 7424 مورخ 75/10/8 منعقد شده بین اداره کل معادن و فلزات استان آذربایجان غربی و شرکت مهندسین مشاور کاوشگران، عملیات اکتشاف تفصیلی عناصر جیوه و طلا در منطقه خانگلی شهرستان چالدران در محدوده‌ای به وسعت 7/5 هکتار انجام پذیرفت پس از برنامه‌ریزی و زمان‌بندی اجرای طرح، تیم‌های کارشناسی این مهندسین مشاور به منطقه عزیمت نموده و علیرغم شرایط اقلیمی، سیاسی و امنیتی حاکم بر منطقه، مجموعه عملاتی مشتمل بر مرمت و راه‌سازی و به‌سازی 18 کیلومتر راه ارتباطی تهیه نقشه‌های توپوگرافی و زمین‌شناسی در مقیاس 1/500، حفر ترانشه‌های عمیق

توسط بولدوزر و روبرداری از زونهای مینرالیزه در امتداد 6 ترانشه بزرگ، با حجم خاکبرداری 13200 متر مکعب، حفرچاهکهای اکتشافی به عمق 5-15 متر، نمونه‌گیری از زون‌های معدنی در دیواره ترانشه‌ها و چاهکهای اکتشافی، آماده‌سازی و ارسال نمونه به آزمایشگاه جهت آنالیز برای عناصر Cu, Ag, Au, Hg, به تعداد 57 نمونه و در نهایت تجزیه و تحلیل‌های مربوطه و تلفیق نتایج حاصل از مراحل مختلف را به انجام رسانده‌اند. مشکلات ناشی از وضعیت نامناسب جاده خاکی دسترسی به محدوده اکتشافی به طول 18 کیلومتر، ممانعت و ایجاد مزاحمت از سوی عشایر به هنگام اجرای عملیات اکتشافی (حفر ترانشه، روبرداری و چاهکهای اکتشافی)، عدم تطابق برخی از داده‌های ژئوفیزیکی با واقعیت‌های زمین‌شناسی موجود، عدم تقبل حفاری گمانه اکتشافی در منطقه از طرف شرکت‌های پیمانکاری طرف مذاکره و شرایط سیاسی - امنیتی موجود در این منطقه مرزی، اجرای طرح را با مشکلات و محدودیت‌های جدی مواجه ساخت.

محدوده اکتشافی در شمال استان آذربایجان غربی و به لحاظ تقسیمات کشوری در حوزه شهرستان چالدران واقع شده است. دسترسی به منطقه مورد نظر از طریق جاده آسفالت چالدران - ماکو امکان پذیر است، فاصله شهرستان چالدران تا این محدوده 39 کیلومتر می‌باشد که 29 کیلومتر آن را جاده آسفالت و بقیه آن را جاده خاکی جیپ‌رو تشکیل می‌دهد.

به لحاظ زمین‌شناسی، منطقه مورد مطالعه در زون افیولیتی خوی - ماکو واقع شده است. سنگ‌های اولترابازیک (سرپانتینیت‌های برشی)، ولکانیک کنگلومرای آندزیتی، شیل‌های رادیولاریتی، کنگلومرا، شیل، مارن و ماسه‌سنگ و زونهای آتزه مشتمل بر برش‌های هیدروترمالی ورگه‌های سیلیسی واحدهای لیتولوژیکی موجود در محدوده اکتشافی را تشکیل می‌دهند.

از دیدگاه زمین‌شناسی ساختمانی و تکتونیک، واحدهای لیتولوژیکی کاملاً بهم ریخته بوده و به ندرت همبرری عادی در آنها مشاهده می‌گردد. سه سیستم شکستگی و گسله به ترتیب با راستاهای شمال غربی- جنوب شرقی، شمالی- جنوبی، شرقی- غربی شناخته شده که سیستم اصلی شمال غربی- جنوب شرقی با گسل‌های عموماً معکوس و رانده خود، کانی‌زائی و آلتراسیونرا کنترل می‌کنند. در این میان گسل‌هایی که دارای شیب به سمت جنوب غرب می‌باشند، حائز اهمیت زیادی هستند نظر به اهمیت گسل‌ها با کانی‌زائی، برداشت گسل‌ها و مطالعات تکتونیک بر روی دیواره ترانشه‌های احداث شده انجام پذیرفت و مقاطع زمین‌شناسی ترانشه‌های یادشده تهیه گردید.

بر اساس اطلاعات به دست آمده از ترانشه‌های عمیق اکتشافی می‌توان گفت که تمرکز و کانی‌زائی سینابر به دو فرم کلی در محدوده اکتشافی صورت گرفته است:

الف- به صورت پراکنده در متن رگه‌های نازک سیلیسی، برش‌های هیدروترمالي (واحد Si)، که کانسنگ عیار پائین جیوه به شمار می‌رود و ب- به صورت توده‌ای و پرکننده در فضاها خالی در امتداد گسله‌های از نوع معکوس و رانده که از نوع کانسنگ پرعیار محسوب می‌شود تعداد 5 رگه از نوع اخیر شناخته شده است. از 5 رگه مزبور، چهاررگه در ارتباط نزدیک با هم بوده و در جنوب‌غربی محدوده اکتشافی واقع هستند. این رگه‌ها در همبري سرپانتینیت برشي با شیل و مارن‌های پالئوسن و سنگ‌های کاملاً بهم‌ریخته (ملانژ افیولیتی) تشکیل شده‌اند. رگه چهارم در شمال محدوده اکتشافی و در همبري گسل اصلی منطقه با زون برش هیدروترمالي قرار دارد. ضخامت کم تا بسیار کم این رگه از ویژگی‌های عمومی آنهاست.

آلتراسیون شدید سیلیسی با مجموعه کانی‌های کوارتز - کریستوبالیت و فازهای آمورف سیلیس به همراه اکسیدهای آهن، کانی‌های رسی (مونت موریلونیت و کائولن)، کلریت، هورنبلند و تالک، کانی‌زائی راه‌راه می‌کند (کانی‌های کانگ)، کانه‌های معدنی تشکیل دهنده ذخیره شامل سینابر، پیریت، مارکازیت و به مقدار جزئی استینینیت و اولیست می‌باشد. در رابطه با عیار کانسنگ‌ها باید گفت که در بخش کم عیار ذخیره (فرم پراکنده کانی‌زائی) متاسفانه مقادیر گزارش شده با شواهد قابل مشاهده در ترانسه‌ها مطابقت نمی‌کند. برای مثال عیار جیوه در نمونه‌های Mp-LG-01, Mp-LG-02, Mp-LG-03, Mp-LG-04 که از زون مینرالیزه واقع در شمال محدوده اکتشافی (ترانسه T1) برداشت شده‌اند به ترتیب: 1300، 374، 28/5 و 32 گرم در تن گزارش شده است. در حالی که کانه‌های سینابر در تمام نمونه‌های فوق‌الذکر به خوبی قابل مشاهده است. علی‌الخصوص در نمونه‌های شماره Mp-LG-02 که از یک رگه نسبتاً پرعیار برداشت شده است. بر طبق نتایج آزمایشگاهی موجود عیار میانگین این بخش 0/04 درصد به دست آمده است.

در رابطه با رگه‌های پرعیار، آنالیز چهار نمونه BH10-LG-01, T2A-LG-02, T2-LG-03, Mp-LG-08 به ترتیب عیارهای 5/62 درصد، 4/2 درصد، 6/42 درصد، 3/87 درصد برده‌است داده است که عیارهای قابل توجهی محسوب می‌شوند.

میانگین عیار این بخش از کانسنگ را می‌توان 5٪ در نظر گرفت.

مطالعات فرآوری سینابر در مقیاس آزمایشگاهی بر روی یک نمونه اخذ شده از رگه‌های پرعیار حاکی از بازیابی سینابر به میزان 83٪ به روش تقلی می‌باشد. از نظر میزان ذخیره موجود در بخش‌های پرعیار و کم عیار، متاسفانه به دلیل نبود اطلاعات عمقی کافی از وضعیت کانسار و ماهیت بسیار متغیر کانی‌زائی نمی‌توان اظهار نظر قطعی نمود.

باتوجه به مجموعه عملیات اکتشافی انجام گرفته و داده‌های زمین‌شناسی موجود و نیز با توجه به اینکه حفاری گمانه‌های اکتشافی بامشکلات فراوانی همراه است، در حال حاضر به نظر می‌رسد که مناسب‌ترین و بهترین روش اکتشافی، اکتشاف حین استخراج باشد که در طی آن می‌توان در مورد وضعیت امتداد،

تغییر ضخامت و تغییرات عیار رگه‌ها اطلاعات کافی را به دست آورده و ضمن تعیین ذخیره برای افق‌های مختلف، عملیات اکتشافی و استخراج را پا به پای هم پیش برد.

## فهرست مطالب

### فصل یک

صفحه	عنوان
1-1	1- کلیات
1-1	1-1- مقدمه
1-4	1-2- موقعیت جغرافیایی
1-6	1-3- وضعیت اجتماعی منطقه
1-10	1-4- آب و هوای منطقه
1-11	1-5- ژئومورفولوژی
1-13	1-6- امکانات زیربنایی

- 1-14 1-7-اكتشافات انجان شده
- 1-14 1-7-1-مرحله پتانسيل يابي
- 1-15 1-7-2-مرحله اكتشافات مقدماتي
- 1-17 1-7-3-اكتشافات نيمه تفصيلي
- 1-20 1-7-4-مرحله اكتشافي حاضر

## فصل دو

- 2-1 2-كلياتي در مورد جيوه
- 2-1 2-1-كاربردهاي جيوه
- 2-1 2-1-1-كاربردهاي الكتريكي و الكترونيكي
- 2-3 2-1-2-كاربردهاي جيوه در صنايع شيميايي
- 2-4 2-1-3-كاربردهاي جيوه در دندانپزشكي
- 2-5 2-1-4-كاربرد جيوه در استحصال طلا
- 2-6 2-2-بررسي كاربردهاي جيوه از ديده نگاه زيست محيطي
- 2-7 2-3-توليد و بازار جهاني جيوه
- 2-7 2-3-1-توليد جهاني جيوه
- 2-8 2-3-1-1-توليدكنندگان عمده جيوه در جهان و روند توليد
- 2-11 2-3-2-تجارت و بازار جهاني جيوه
- 2-11 2-3-2-1-صادرات و كشورهاي عمده صادركننده
- 2-12 2-3-2-2-واردات و كشورهاي عمده واردكننده
- 2-16 2-4-حمل و نقل جيوه
- 2-16 2-5-روشهاي كاني آرائي و استحصال جيوه
- 2-16 2-5-1-روشهاي كانه آرائي جيوه
- 2-18 2-5-1-1-روش ثقلي
- 2-19 2-5-1-2-روش فلوتاسيون
- 2-24 2-5-2-فرآوري و استحصال فلز جيوه از كانسنگهاي تغليظ شده
- 2-27 2-5-2-1-واحد فرآوري جيوه در ايالت گوپور (مکزیک)
- 2-30 2-5-2-2-واحد فرآوري جيوه سولفور بانك

- 2-34 3-2-5-2-واحد فرآوري جيوه شرکت كالورديل
- 2-37 3-2-5-3-توليد جيوه به عنوان محصول فرعي
- 2-37 3-2-6-قيمت جيوه و روند تغييرات آن در سالهاي اخير

### فصل سه

- 3-1 3-زمين شناسي
- 3-1 3-1-زمين شناسي و متالورژني ناحيه اي
- 3-8 3-2-زمين شناسي محدوده اکتشافی
- 3-8 3-2-1-سنگهاي اولترابازیک
- 3-9 3-2-2-کنگلومرای ولکانیکی آندزیتی
- 3-10 3-2-3-شیلهاي رادیولاریتی
- 3-11 3-2-4-کنگلومرای پالئوسن
- 3-11 3-2-5-شیل، مارن و ماسه سنگ
- 3-12 3-2-6-رگههاي سیلیسی و برشهاي هیدروترمالي
- 3-13 3-2-7-سنگهاي آلتزه
- 3-13 3-2-8-ملانژ افیولیتی
- 3-14 3-2-9-رسوبات عهد حاضر
- 3-14 3-3-تکتونیک و زمین شناسی ساختمانی

### فصل چهار

- 4-1 4-زمين شناسي اقتصادي
- 4-1 4-1-مقدمه
- 4-2 4-2-بررسی دقت و خطای آزمایشگاهی
- 4-6 4-3-آتراسیون وکانی شناسی ذخیره
- 4-16 4-4-شرح مقاطع زمین شناسی ترانشههاي اکتشافی
- 23-4 4-4-1-ترانشه T1
- 26-4 4-4-2-ترانشه T2
- 28-4 4-4-3-ترانشه T3
- 30-4 4-4-4-ترانشه T4
- 31-4 4-4-5-ترانشه T5

32-4	T6-4-4-ترانشه
36-4	T7-4-4-ترانشه
4-37	4-5-تغییرات عیار و ذخیره
4-42	4-6-ژنز و مدل کانی‌زائی

### فصل پنج

5-1	5-شناسائی سنگ معدنی
5-1	5-1-مقدمه
5-3	5-2-آماده سازی و تهیه نمونه معرف
5-7	5-3-مطالعات میکروسکپی
5-7	5-3-1-مطالعات مقاطع صیقلی و نازک کانسگ اولی معدنی(سرپانتینیت‌های مینرالیزه)
5-19	5-3-2-مطالعه مقاطع صیقلی و نازک نمونه‌های حاصل از تجزیه سرندي
5-19	5-3-2-1-ویژگی عمومی مقاطع یاد شده
5-21	5-3-2-2-مطالعه مقاطع تیغه نازک اخذ شده از برش‌های هیدروترمالي
5-28	5-3-2-3-مطالعه مقاطع صیقلی نمونه اخذ شده از برش‌های هیدروترمالي
5-39	5-3-2-4-مطالعه مقاطع تیغه نازک نمونه اخذ شده از سرپانتینیت‌های مینرالیزه
5-47	5-3-2-5- مطالعه مقاطع صیقلی نمونه اخذ شده از سرپانتینیت‌های مینرالیزه
5-55	5-4-تعیین درجه آزادی سینابر
5-59	5-5-آزمایش‌های انجام شده
5-66	5-6-نتایج حاصل از مطالعه فرآوری کانسار و پیشنهاد برای ادامه مطالعات

### فصل شش

1-6	6-نتایج و پیشنهادات
	عنوان

## فهرست اشکال

### فصل یک

شکل 1-1- موقعیت جغرافیائی و کروکی راههای دسترسی به محدوده اکتشافی

1-5

### فصل دو

شکل 1-2- فلوشیت واحد فرآوری جیوه در ایالت گوئیرو، مکزیک

2-28

شکل 2-2- فلوشیت واحد فرآوری جیوه سولفور بانک

2-31

شکل 3-2- فلوشیت واحد فرآوری جیوه Coloverdale

2-35

شکل 4-2- جریان قراضه جیوه در یک کشور صنعتی (3 و 4)

2-38

### فصل سه

شکل 1-3- رزیدیاگرام شکستگیها در محدوده اکتشافی

3-16

### فصل چهار

شکل 1-4- مقطع زمینشناسی ترانشه T1

4-17

شکل 2-4- مقطع زمینشناسی ترانشه T2

4-18

شکل 3-4- مقطع زمینشناسی ترانشه T3

4-19

شکل 4-4- مقطع زمینشناسی ترانشه T4

4-20

شکل 5-4- مقطع زمینشناسی ترانشه T5

4-21

شکل 6-4- مقطع زمینشناسی ترانشه T6

4-22

شکل 7-4- مقطع زمینشناسی ترانشه T7

4-19

شکل 8-4- مدل شماتیک کانی زائی جیوه در منطقه خانگلی ماکو

4-47

### فصل پنج

شکل 1-5- ارتباط بین درجه آزادی اندازه ذرات

5-58



## فهرست جداول

### فصل یک

- 1-6 جدول 1-1-مختصات جغرافیائی رئوس محدوده اکتشافی
- جدول 1-2-جمعیت شهری و روستائی به تفکیک زن و مرد براساس آمارگیری سال 1370 در شهرستان ماکو
- 1-7 جدول 1-3-تراکم جمعیت در شهرستان ماکو در خلال سالهای 55-65-75
- 1-8 براساس آمارگیری سال 1370
- جدول 1-4-مشاغل مردم منطقه برحسب گروه‌های اصلی فعالیت در خلال سالهای 1355 و 1365 بر اساس آمارگیری سال 1370 در شهرستان ماکو
- 1-9 جدول 1-5-میزان بارندگی و تعداد روزهای یخبندان در سالهای 1372 تا 1374
- 1-11 در شهرستان ماکو
- 1-12 جدول 1-6-اوضاع جوی شهرستان ماکو در سالهای 1374(9)

### فصل دو

- 2-9 جدول 1-2- تولید جهانی جیوه در سال‌های 1984 تا 1988 (برحسب تن)(17)
- 2-10 جدول 2-2- تولید جهانی جیوه طی سال‌های 1990 تا 1995 (برحسب تن)(17)

- جدول 2-3- صادرات جهانی جیوه طی سال‌های 1990 تا 1995 (برحسب تن)(17) 2-13
- جدول 2-4- واردات جهانی جیوه طی سال‌های 1990 تا 1995 (برحسب تن)(17) 2-15
- جدول 2-5- نتایج بدست آمده از فلوتاسیون یک نمونه کانه سینابر از معدن گلاس بوش آمریکا 2-21
- جدول 2-6- مواد شیمیائی مورد استفاده در فلوتاسیون کانه سینابر در معدن گلاس بوش 2-22
- جدول 2-7- قیمت جیوه با عیار حداقل 99/9 درصد در بازار آزاد و طی ماه‌های مختلف سال‌های 1993-1994 (8) 2-40

### فصل چهار

- جدول 4-1- مقایسه مقادیر عناصر در نمونه‌های اصلی و کنترلی 4-3
- جدول 4-2- محاسبه خطای نسبی تصادفی در آنالیز نمونه‌های سنگی 4-4
- جدول 4-3- تغییرات عیار عناصر در چاهک‌های اکتشافی BH3, BH1 4-40
- جدول 4-4- مشخصات آماری نمونه‌های برداشت شده از دو زون مینرالیزه در شمال محدوده اکتشافی برای عناصر جیوه 4-41
- جدول 4-5- ذخائر جدید سینابر با خاستگاه ملانژهای افیولیتی غنی از سرپانتینیت در نقاط مختلف جهان 4-44

### فصل پنج

- جدول 5-1- نتایج حاصل از تجزیه سرندي نمونه اخذ شده از برش‌های هیدروترمالي 5-5
- جدول 5-2- نتایج حاصل از تجزیه سرندي نمونه اخذ شده از سرپانتینیت مینرالیزه 5-6
- جدول 5-3- ارتباط درجه آزادي بادانه‌بندی‌های مختلف در سرپانتینیت مینرالیزه 5-57
- جدول 5-4- ارتباط بین درجه آزادي و مدت زمان خراش 5-60
- جدول 5-5- نتایج حاصل از تجزیه سرندي نمونه معرف 5-62
- جدول 5-6- نتایج حاصل از فرآوری دانه‌بندی 100+15- میکرون سرپانتینیت مینرالیزه 5-63
- جدول 5-7- نتایج حاصل از فرآوری دانه‌بندی 75+100- میکرون سرپانتینیت مینرالیزه 5-63
- جدول 5-8- نتایج حاصل از فرآوری دانه‌بندی 45+75- میکرون سرپانتینیت مینرالیزه 5-64
- جدول 5-9- نتایج حاصل از فرآوری دانه‌بندی 38+45- میکرون سرپانتینیت مینرالیزه 5-64
- جدول 5-10- جمع بندی نتایج حاصل از مطالعه فرآوری به روش ثقلي 5-65

صفحه

عنوان

### فهرست تصاویر

### فصل چهار

- تصویر 4-1- فازهای آمورف سیلیس و کریستوبالیت (برش‌های هیدروترمالي)

- 4-9 به همراه رگه‌های اکسید آهن
- 4-9 تصویر 2-4- رگه و رگچه‌های نازک سیلیسی در فضاهای خالی و شکستگی‌های سرپانتینیتها
- 4-27 تصویر 3-4- نمایی از واحدهای شماره 3 و 4 در ترانشه T1
- 4-34 تصویر 4-4- نمایی از ترانشه T3, T2
- 4-34 تصویر 6-4- رگه مینرالیزه سینابر واقع در دیواره ترانشه T6
- تصویر 1-5- اکسید ویدروکسیدهای آهن با اشکال پسدومورف FeO در زمینه کانی‌های شفاف
- 5-10 T.M سینابر Cin و فضاهای خالی Vo
- 5-10 تصویر 2-5- سینابر Cin، کانی‌های شفاف (گانگ) Gn ( $\times 100$ )
- 5-10 تصویر 3-5- سینابر حاوی اذخالی‌های ریز مارکاسیت Ma در مجاورت کانی‌های شفاف (گانگ) T.M
- 5-10 تصویر 4-5- اذخالی‌های پیریت- مارکاسیت Py در زمینه سینابر Cin ( $\times 200$ )
- 5-13 تصویر 5-5- قطعات سینابر Cin، کانی‌های شفاف T.M، قطعات مدور رادیولاریت
- تصویر 6-5- سینابر Cin به صورت قطعات ریز پراکنده در زمینه کانی‌های شفاف (گانگ) Gn
- 5-13 مربوط به بخش‌های میلوئیتی شده ( $\times 100$ )
- 5-13 تصویر 7-5- قطعات پراکنده و هم اندازه سینابر Cin در زمینه کانی‌های شفاف Gn ( $\times 200$ )
- 5-13 تصویر 8-5- سینابر Cin مستقل از کرومیت Ch در زمینه گانگ T.M
- 5-16 تصویر 9-5- کرومیت Ch، سینابر Cin به حالت مستقل از یکدیگر در زمینه کانی‌های شفاف ( $\times 100$ )
- تصویر 10-5- کرومیت با بافت کاتاکلاستیک در مجاورت سینابر Cin و مستقل از آن در زمینه
- 5-16 کانی‌های شفاف T.M
- 5-16 تصویر 11-5- کرومیت Ch، سینابر Cin و کانی‌های شفاف Gn ( $\times 100$ )
- 5-16 تصویر 12-5- قطعات مشکوک به استینیت St در زمینه گانگ T.M
- 5-23 تصویر 13-5- سینابر در فضاهای خالی (قطعات کدر) ( $\times 33$ )
- 5-23 تصویر 14-5- کرومیت (کدر)، سینابر (نیمه شفاف قرمز) در زمینه کانی‌های سرپانتین ( $\times 33$ )
- 5-23 تصویر 15-5- قطعات سینابر (کدر) در مجاورت نواحی برشی شده ( $\times 33$ )
- 5-23 تصویر 16-5- قطعات کانه Op، کانی‌های شفاف T.M ( $\times 33$ )
- 5-25 تصویر 17-5- قطعات کانه Op، کانی‌های شفاف T.M ( $\times 85$ )
- تصویر 18-5- قطعات کانی‌های کدر هم به صورت آزاد و هم به حالت درگیر با کانی‌های شفاف
- 5-25 T.M ( $\times 85$ )

تصویر 5-19- قطعات کانی‌های شفاف شامل سرپانتین T.M و قطعات کدر شامل کرومیت

Op (×85) 5-25

تصویر 5-20- قطعات کانه Op، کانی‌های شفاف T.M (×85) 5-25

تصویر 5-21- قطعات کدر Op، قطعات کانی‌های شفاف T.M، قطعه کدر وسط تصویر کرومیت است 5-30

تصویر 5-22- قطعات کانه Op و کانی‌های شفاف T.M تقریباً به صورت کامل از

یکدیگر مستقل می‌باشند 5-30

تصویر 5-23- قطعات کانه Op به حالت آزاد که کانی‌های نیمه شفاف (سینابر) را نیز شامل می‌گردد.

کانی‌های شفاف T.M (×85) 5-30

تصویر 5-24- قطعات کانی‌های سولفوری Su درگیر با گانگ Gn (×100) 5-30

تصویر 5-25- کرومیت Ch درگیر با گانگ (×100) 5-33

تصویر 5-26- کانی سولفوری Su درگیر با گانگ Gn (×100) 5-33

تصویر 5-27- کرومیت Ch درگیر با گانگ Gn (×100) 5-33

تصویر 5-28- کانی‌های کدر Op به صورت آزاد در زمینه گانگ Gn (×100) 5-33

تصویر 5-29- کرومیت Ch، گانگ Gn به حالت آزاد، مارکاسیت Ma در زمینه گانگ (×100) 5-36

تصویر 5-30- سینابر Cin، گانگ Gn به حالت آزاد (×100) 5-36

تصویر 5-31- سینابر Cin، کرومیت Ch، گانگ Gn (×200) 5-36

تصویر 5-32- استینیت St، کرومیت Ch، گانگ Gn (×200) 5-36

تصویر 5-33- قطعات سینابر Cin، گانگ Gn به حالت آزاد (×200) 5-38

تصویر 5-34- قطعات استینیت St، کرومیت Ch، گانگ Gn به حالت آزاد (×200) 5-38

تصویر 5-35- قطعات سینابر Cin، کرومیت Ch، گانگ Gn به صورت آزاد (×100) 5-38

تصویر 5-36- قطعات سینابر Cin، استینیت St، گانگ Gn به حالت آزاد (×200) 5-38

تصویر 5-37- قطعات سیلیس از نوع کالسدونی Cha، قطعات سرپانتین Ser به صورت آزاد و

مستقل از یکدیگر (×100) 5-43

تصویر 5-38- کانی‌های شفاف T.M به صورت مخفی بلور و کریستالین، سینابر به حالت درگیر

Cin (×33) 5-43

تصویر 5-39- قطعات کانی‌های شفاف T.M، کالسدونی Chal، سرپانتین Ser (×85) 5-43

تصویر 5-40- قطعات کانه Op درگیر با کانی‌های شفاف T.M (×85) 5-34

- تصویر 5-41- قطعات کانهِ Op به حالت کدر و نیمه شفاف، قطعات کدر درگیر بوده و قطعات نیمه شفاف آزاد هستند (کرومیت درگیر، سینابر آزاد) (×85) 5-46
- تصویر 5-42- قطعات کانهِ Op، کانی‌های شفاف T.M، قطعات کانهِ عمدتاً به صورت آزاد مشاهده می‌شوند 5-46
- تصویر 5-43- قطعات کانهِ Op، قطعات گانگ (شفاف) T.M به حالت آزاد (×85) 5-46
- تصویر 5-44- تقریباً تمامی قطعات کانهِ Op به حالت آزاد مشاهده شده و هیچگونه درگیری با کانی‌های شفاف T.M وجود ندارد (×85) 5-46
- تصویر 5-45- قطعات کانهِ Op (سینابِر رنگ قرمز در مرکز تصویر، اندازه قطعات متفاوت و نرَمه زیادی ایجاد شده است) (× 200) 5-50
- تصویر 5-46- قطعات شامل سینابِر درگیر با گانگ Gn به علاوه Cin (× 100) 5-50
- تصویر 5-47- اذخالی‌های پیریت-مارکاسیت (Su)Py در زمینه سینابِر Cin درگیر با گانگ Gn (×200) 5-50
- تصویر 5-48- درگیر سینابِر با گانگ (کانی گانگ دونوع است) (×100) 5-50
- تصویر 5-49- سینابِر آزاد، کرومیت Ch درگیر با گانگ Gn (×100) 5-53
- تصویر 5-50- کرومیت Ch، سینابِر Cin، استینیت St? به حالت آزاد و مستقل از گانگ Gn (×100) 5-53
- تصویر 5-51- استینیت به حالت آزاد Stn، سینابِر درگیر با گانگ Gn+Cin (×100) 5-53
- تصویر 5-52- سینابِر Cin، استینیت Stn و کرومیت Ch به حالت آزاد و مستقل از گانگ Gn (×100) 5-56
- تصویر 5-53- قطعات کدر شامل سینابِر Cin، استینیت Stn و کرومیت Ch و مستقل از گانگ Gn (×100) 5-56
- تصویر 5-54- کانی‌های کدر شامل سینابِر و کمتر پیریت به حالت آزاد و مستقل از کانی‌های گانگ (×200) 5-56
- تصویر 5-55- قطعات سینابِر Cin و استینیت Stn به صورت مجزا و مستقل از کانی‌های گانگ (×200) 5-56
- تصویر 5-56- قطعات سینابِر و استینیت جدا و مستقل از کانی‌های گانگ (×100) 5-56

صفحه

عنوان

### فهرست نقشه‌ها

نقشه شماره 1 : Topographic Map Of Khangoli Mercury Deposit

## فصل اول - کلیات

### 1- کلیات:

#### 1-1- مقدمه:

در اجرای طرح خدماتی مهندسی قرارداد شماره 7424، تیم‌های کارشناسی این مهندسیین مشاور به منطقه عزیمت و با توجه به شرایط اقلیمی، سیاسی و امنیتی حاکم بر منطقه عملیات اجرایی طرح را با توجه به تنگناها و محدودیت‌های موجود به شرح زیر به اجرا در آورد:

از همان آغاز پروژه مسائل و مشکلات متعددی پیش روی تیم کارشناسی قرار گرفت و تیم‌های اعزامی به ناچار خدمات اضافی را که در قرارداد، پیش بینی نشده بود به مرحله اجرا درآوردند. از جمله این اقدامات مرمت و بهسازی جاده ارتباطی و نیز مرمت پل‌های مسر جاده خانگلی بود. این جاده به علت بارش‌های جوی زمستان سال قبل و نگهداری نامناسب آن از سوی ارگان‌های ذیربط غیرقابل استفاده بود و چون در طول فصل سرما ترددی در آن وجود نداشته و به علت بارش برف سنگین بسته شده بود اکثر قسمت‌های آن بر اثر جریان‌ات سطحی آب، تخریب و غیرقابل استفاده شده بود. این امر موجب شد که در بدو امر تیم اعزامی با اجاره ماشین آلات سنگین نسبت به ترمیم و بهسازی و مرمت جاده و پل‌های آن اقدام نماید که این امر هزینه بسیار سنگینی را متوجه طرح ساخت. پس از ترمیم جاده و امکان دسترسی به منطقه، خدمات مهندسی، در قالب چند تیم کارشناسی آغاز و به علت محدودیت فصل کاری عملیات اجرایی تهیه نقشه توپوگرافی، برداشت‌های زمین شناسی و پیمایش ترانشه‌ها همزمان و توسط اکیپ‌های جداگانه‌ای

انجام گرفت. دومین مشکل اجرایی مهم که در شرح خدمات نیز پیش‌بینی نشده بود وجود عدم تطابق دربرخی از داده‌های ژئوفیزیکی با واقعیت‌های طبیعی و زمین‌شناس منطقه بود که این امر تیم اعزامی را برآن داشت تا با تاخیر زیاد و با حفر چاهکهای دستی متعدد، ضعف اطلاعاتی موجود، به‌علت ناقص بودن مطالعات ژئوفیزیکی راجبران و مدل سه بعدی کانسار را تهیه نماید تا براساس آن طراحی محل گمانه‌های عمیقی امکان‌پذیر شود. این عملیات نیز با صرف وقت و هزینه بسیار زیاد و با مشکلات اجرایی متعددی انجام شد. در خلال حفر چاهکهای اکتشافی و در مناسبترین فصل کاری عشاير منطق به بهانه آسب رساندن به مراتع مانع از ادامه عملیات شدند. و کارشناسان تیم اعزامی را تهدید به برخورد خصمانه نمودند. شبانه چاهکهای حفرشده را پر کرده و به این نیز بسنده نکرده و برعلیه اقدامات اجرایی این مهندسين مشاور شکایتي را به منابع طبیعی تسليم نمودند که علیرغم پیگیری‌های مکرر متاسفانه اقدام لازم برای توجیه عشاير و حمایت از تیم کارشناسی مستقر در منطقه از سوی ارکان‌های ذیربط به عمل نیامد و طبق نظر کارشناسان منابع طبیعی مقررگردید حتی‌الامکان عملیات اجرایی پس از کوچ عشاير انجام گیرد. به ناچار این مهندسين مشاور مجبور به تعطیل موقت کارگاه شد و به این ترتیب مناسبترین فصل کاری با مخالفت عشاير سپري شد. در همین اثنا مذاکرات متعددی جهت تجهیز و اعزام اکیپ‌های حفاری به منطقه با همکاری اداره کل محترم معادن و فلزات استان انجام شد ولی متاسفانه به‌علت متراژ کم حفاری و هزینه 8 بسیار زیاد تجهیز کارگاه و مسائل سیاسی و امنیتی موجود، کلیه شرکت‌های طرف مذاکره عدم آمادگی خود را جهت اجرای عملیات حفاری عمقی اعلام نمودند.

شایان ذکر است که اجرای خدمات مهندسی در این پروژه همواره با مسائل متعدد امنیتی، سیاسی و اجتماعی همراه بود که این امر ادامه عملیات صحرایی را با مشکلات متعددی مواجه می‌ساخت. پس از کوچ عشاير از منطقه و فراهم شدن زمینه مساعد برای حضور در محدوده اکتشافی تیم کارشناسی این مهندسين مشاور مجدداً به منطقه عزیمت و ادامه عملیات صحرایی طرح را با انتقال ماشین آلات سنگین به منطقه و حفر ترانشه‌های عمیق پیگیری نمود ولی متاسفانه شرایط سیاسی منطقه به گونه‌ای تغییر یافت که امکان حضور ایمن در منطقه را از تیم کارشناسی سلب نمود. ناامنی با ورود ارتش ترکیه به شمال عراق در اواخر شهریورماه سال جاری آغاز شد که این امر موجب حرکت گروه‌های مخالف در نوار مرزی ایران و درگیری‌هایی شد و حتی در یک مورد خودروی لندروور این شرکت نیز مورد هجوم قرار گرفت که به لطف خداوند آسیبی به آن وارد نشد و تیم کارشناسی مستقر در منطقه به نحو معجزه آسائی از مرگ نجات یافت. این واقعه و برخی جریانات سیاسی که به طور محرمانه با مسئولین مربوطه مطرح شده است عملیات اجرایی را با مشکلات متنوعی مواجه ساخت ولی با یاری خداوند متعال این مهندسين مشاور موفق شد با انجام خدمات مهندسی اضافی، تقریباً بخش اعظم خدمات مهندسی پیش‌بینی شده در طرح را به اجرا

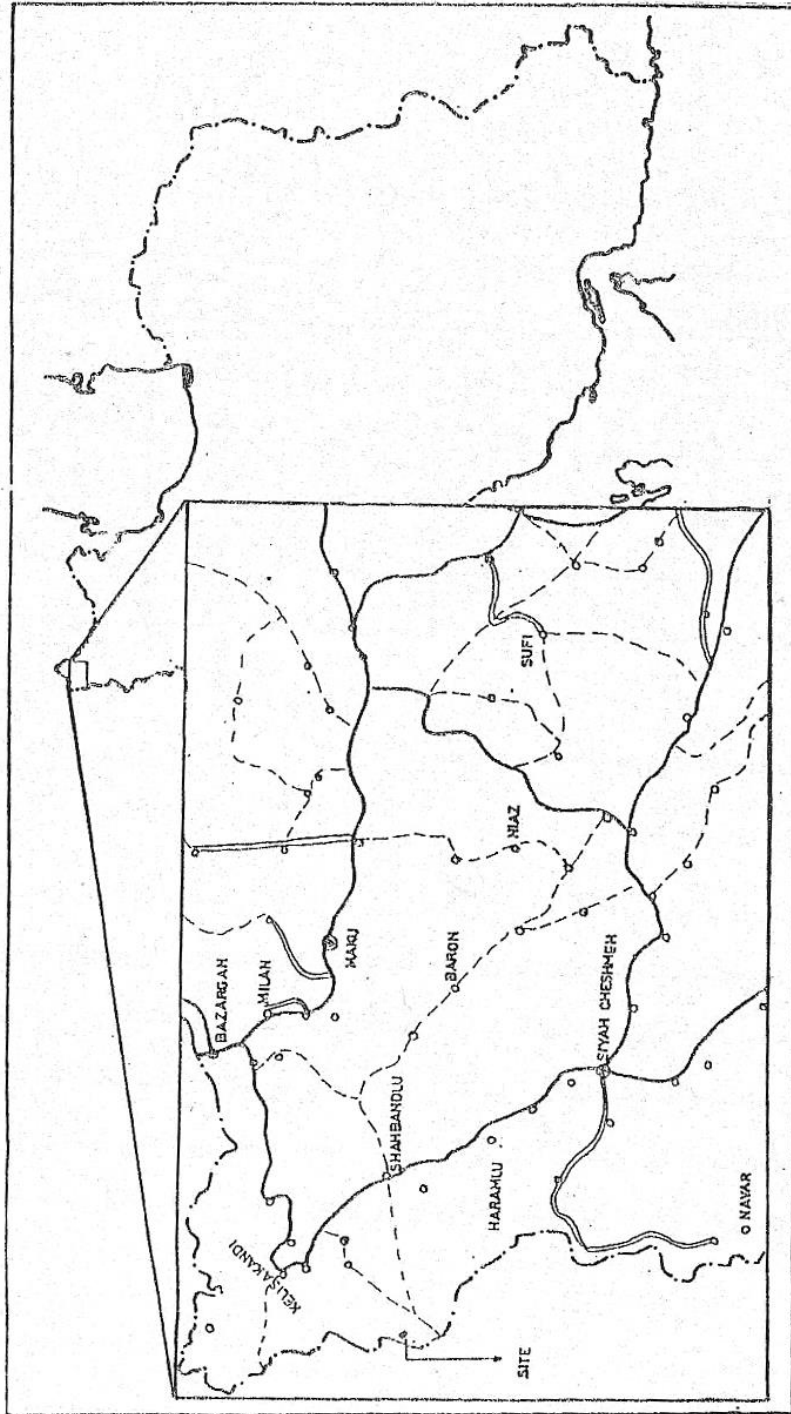
در آورد و نهایتاً با حفر 13200 متر مکعب ترانسه عمیق و برداشت نمونه‌های لیتوژئوشیمیایی و نمونه فرآوری از گستره طرح عملیات صحرائی طرح به اتمام رسید که نتایج حاصل از پردازش اطلاعات و نیز برداشت‌های صحرائی در ادامه گزارش ارائه خواهد شد.

## **2-1- موقعیت جغرافیایی:**

محدوده اکتشافی در شمال غرب کشور و در شمال استان آذربایجان غربی قرار دارد. این محدوده در 28 کیلومتری شمال غرب شهرستان چالدران (به خط مستقیم) و در مرز ایران و ترکیه واقع شده است. دسترسی به محدوده از طریق جاده آسفالت چالدران-ماکو به طول 22 کیلومتر و راه خاکی فرعی منشعب از مقابل آبادی شاه بندلو به سمت غرب به طول 17 کیلومتر امکان پذیر است. راه فرعی مذکور از جمله راه‌های دسترسی به جاده مرزی و پاسگاه خانگلی می‌باشد و در ادامه به سمت شمال و جنوب منشعب شده و در طول نوار مرزی، پاسگاه‌های مرزی را به یکدیگر مرتبط می‌سازد.

شکل 1-1 موقعیت جغرافیایی و کروکی راه‌های دسترسی به محدوده اکتشافی را نشان می‌دهد. محدوده یاد شده به شکل مستطیل و به مساحت تقریبی 8 هکتار می‌باشد. مختصات جغرافیایی رئوس محدوده طرح در جدول 1-1 درج شده است.





شکل ۱-۱- موقعیت جغرافیائی و کروکی راههای دسترسی به محدوده اکتشافی

شکل ۱-۱- موقعیت جغرافیائی و کروکی راههای دسترسی به محدوده اکتشافی

### جدول 1-1- : مختصات جغرافیائی محدوده اکتشافی

جدول 1-1 : مختصات جغرافیائی محدوده اکتشافی

Head	Longitude			Latitude		
	d	m	s	d	m	s
A	44	5	43	39	13	52
B	44	6	2	39	13	43
C	44	5	52	39	13	36
D	44	5	32	39	13	45

### 1-3- وضعیت اجتماعی منطقه :

نزدیکترین آبادی‌ها به محدوده اکتشافی، روستاهای آرخاشان، شاه بنده لو و شکفتی می‌باشند و روستاهای آرخاشان با جمعیت 50 خانوار در فاصله 17 کیلومتری از محدوده واقع شده است. و در مسیر راه خاکی شاه بنده لو- خانگلی تعدادی از عشایر در مکان‌های موسوم به صوفی کندي و شکفتی ساکن هستند. آبادی شاه بنده لو با جمعیت 60 خانوار در مسیر جاده چالدران به کلیسا کندي قرار گرفته است. دشت خانگلی محل بیلاق عشایر کرد و آذری زبان بوده و خود یک آبادی فصلی را در بهار و تابستان تشکیل می‌دهد. با توجه به این که شهرستان چالدران تا اواخر سال 75 بخشی از شهرستان ماکو بوده است لذا اطلاعات آماری خاصی از این شهرستان وجود ندارد و در این گزارش به ذکر آمار و ارقام شهرستان ماکو بسنده می‌گردد. نسبت جمعیت روستائی به شهری و تراکم جمعیت در این ناحیه به ترتیب در جداول 1-2 و 1-3 ارائه شده است.

جدول 2-1 : جمعیت شهری و روستائی به تفکیک، زن و مرد، بر اساس آمارگیری

سال 1370 در شهرستان ماکو (9)

جدول ۱-۲: جمعیت شهری و روستائی به تفکیک ، زن و مرد ، بر اساس آمارگیری سال ۱۳۷۰ در شهرستان ماکو ( ۹ )

شهر	جمعیت شهری	جمعیت روستائی	زن	مرد	نسبت جنس
ماکو	۶۰۸۸۳	۱۲۸۳۰۲	۹۲۹۳۸	۹۶۲۴۷	۱۰۴

جدول ۱-۳: تراکم جمعیت در شهرستان ماکو در خلال سالهای ۵۵-۶۵-۷۰ بر اساس آمارگیری سال ۱۳۷۰ (۹)

جدول ۱-۳: تراکم جمعیت در شهرستان ماکو در خلال سالهای ۵۵-۶۵-۷۰ بر اساس آمارگیری سال ۱۳۷۰ ( ۹ )

تراکم جمعیت (نفر)			مساحت	جمعیت شهرستان ماکو در سال ( نفر )		
۷۰	۶۵	۵۵		۷۰	۶۵	۵۵
۳۰	۲۷	۲۰	۶۳۰۹	۱۸۹۱۸۵	۱۷۱۱۷۱	۱۲۳۹۰۰

شغل دامداری محور اصلی فعالیت اقتصادی مردم این ناحیه می باشد و به علت کمبود زمین زراعی کشاورزی به طور محدود صورت می گیرد. موقعیت خاص این ناحیه و قرار گرفتن آن در نوار مرزی

سبب شده است که پاره‌ای از مردم به شغل‌های کاذب بپردازند. شهرستان چالدران فاقد واحدهای تولیدی و صنعتی مهم می‌باشد.

مشاغل ساکنان این منطقه بر حسب گروه‌های اصلی فعالیت در سال‌های 1355 و 1365 بر اساس آمارگیری سال 1370 در جدول 1-4 درج شده است.

جدول 1-4: مشاغل مردم منطقه بر حسب گروه‌های اصلی فعالیت در خلال سال‌های 1355 و 1365 بر اساس آمارگیری سال 1370 در شهرستان ماکو (9)

جدول 1-4: مشاغل مردم منطقه بر حسب گروه‌های اصلی فعالیت در خلال سال‌های 1355 و 1365 بر اساس آمارگیری سال 1370 در شهرستان ماکو (9)

سال	۱۳۵۵	۱۳۶۵
مشاغل طبقه بندی شده	۲۱	۵۵۰
خانگی و شخصی	۴۶۰	۴۹۱
اجتماعی، اداری، دفاعی	۲۵۵۲	۷۲۹۸
مالی و تجاری	۹۳	۱۴۲
حمل و نقل و ارتباطات	۴۹۸	۱۱۵۸
فروش	۱۷۳۰	۲۰۶۴
خدمات	۵۲۳۳	۱۱۰۵۳
ساختمان	۴۸۶۲	۵۵۵۵
آب، برق، گاز	۱۸۵	۲۲۶
صنعت	۱۵۱۷	۱۰۷۴
معادن	۸	—
کشاورزی	۲۰۵۵۱	۱۸۲۰۲

#### 4-1- آب و هوای منطقه :

آب و هوای این ناحیه به تبع از موقعیت جغرافیایی و وضعیت توپوگرافی کوهستانی آن در زمستان سرد و یخبندان و در تابستان معتدل است. دوره بارش برف در این منطقه از اواخر مهرماه آغاز می‌شود به طوری که در محدوده اکتشافی بارش برف در فصل زمستان، بسیار سنگین بوده و اغلب به دو متر می‌رسد. به همین جهت جاده خاکی ارتباطی در زمستان‌ها عمدتاً مسدود و غیر قابل استفاده است. با توجه

به موارد فوق میزان برودت هوا و بارندگی در محدوده اکتشافی بسیار بیشتر از شهرها و حتی روستاهای هم جوار است. بنابراین فصل کاری در این منطقه بسیار محدود بوده و به 7 ماه در سال می‌رسد. به علت اینکه هیچگونه آماری از اوضاع جوی شهرستان چالدران و محدوده اکتشافی وجود ندارد. اطلاعات مربوط به بارش‌های جوی و وضعیت آب وهوائی شهرستان ماکو به علت نزدیکی به گستره طرح در ادامه گزارش و در جدول 5-1 و 6-1 ارائه شده است.

#### جدول 5-1: میزان بارندگی و تعداد روزهای یخبندان در سال‌های 1372 تا 1374 در شهر ماکو (9)

جدول ۵-۱: میزان بارندگی و تعداد روزهای یخبندان در سالهای ۱۳۷۲ تا ۱۳۷۴

در شهر ماکو ( ۹ )

1374	1373	1372	YEAR
273.6	326.1	413.1	Annual Precipitation(mm)
110	108	132	Freezing Days

#### 5-1- ژئومورفولوژی :

محدوده اکتشافی از دیدگاه مورفولوژیکی دارای شرایط تپه ماهوری بوده و بیشترین اختلاف ارتفاع بین بلندترین و پست ترین نقاط آن در حدود 45 متر است.

از دلایل عمده به وجود آورنده وضعیت فوق، می‌توان به عملکرد شدید پدیده آلتراسیون بر روی واحدهای لیتولوژیکی محدوده اکتشافی و متعاقب این پدیده، پاسخ تقریباً یکسان این سنگ‌ها به فرآیند هوازدگی و فرسایش اشاره نمود.

واحدهای تشکیل دهنده لیتولوژی محدوده عمدتاً فرسایش پذیر هستند و مناسب بودن خاک حاصل از فرسایش که روی این واحدها را می‌پوشاند منجر به تشکیل پوشش

جدول 1-6- اوضاع جوي شهرستان ماکو در سال 1374 ( 9 )

جدول ۱-۶- اوضاع جوی شهرستان ماکو در سال ۱۳۷۴ (۹)

Moon	Annual Precipitation(mm)	Relative Humidity		Freezing Days	Absolute Temperature		Wind		Condition	
		Min	Max		Min	Max	Direction(deg)	Velocity(m/s)	Velocity(m/s)	Days
April	37.7	32	77	6	-4.2	17.2	240	25	25	1
May	46.8	38	80	0	2.5	25	270	15	15	1
June	39.5	33	77	0	9	31.3	320	26	26	1
July	38.3	32	70	0	10.2	31.5	320	13	13	2
August	0	30	65	0	15	34	300	12	12	2
Sep	30.7	26	65	0	6.2	32.5	320	11	11	2
Oct	23.8	40	80	0	1.2	22.2	260	20	20	2
Nov	3.8	34	74	9	-6.6	19.3	140	9	9	3
Dec	5.9	43	77	27	-13.8	17	15	27	27	1
Jan	7	50	83	21	-14	11.5	12	21	21	2
Feb	3.7	47	86	26	-15.8	9	200	26	26	1
March	36.4	44	83	21	-6.6	12	90	21	21	1

نسبتاً وسیع گیاهی در این محدوده شده است. تنها واحد سنگی صخره ساز، واحد سرپانتیت‌های برشی است.

ویژگی فوق در مناطقی از این سنگ‌ها که شدیداً سیلیسی شده و یا در مجاورت گسلها و شکستگی‌ها مشاهده می‌گردد. مطالعه عوارض سطحی و سیستم زهکشی نشان می‌دهد که مسیر اکثر آبراهه‌های محدوده اکتشافی جنوب غربی است. بنابراین بخش عمده آبهای سطحی به این سمت هدایت می‌شوند.

#### **1-6- امکانات زیربنایی :**

محدوده مورد مطالعه امکانات زیربنایی مناسبی ندارد. روستاهای شاه بنده لو، آرخاشان و شکفتی نزدیکترین آبادی‌های محدوده اکتشافی هستند. دسترسی به روستای شاه بنده لو از طریق جاده آسفالتی چالدران - ماکو به طول 22 کیلومتر و دسترسی به روستای آرخاشان و شکفتی از طریق راه فرعی منشعب از جاده خاکی شاه بنده لو - خانگلی امکان پذیر است.

فاصله محدوده اکتشافی تا جاده آسفالتی 17 کیلومتر می‌باشد. این راه خاکی محل عبور عشایر ساکن در منطقه در فصل ییلاق است و نیاز به مرمت و بازسازی دارد. در مسافت بین دشت خانگلی تا زون مینرالیزه عملیات راه سازی جهت ایجاد راه ارتباطی مناسب به طول 1 کیلومتر ضروری است. با توجه به طولانی بودن دوره یخبندان راه ارتباطی گستره طرح به مدت 5 ماه در سال مسدود است.

از جمله موارد قابل اهمیت، موقعیت جغرافیایی حساس محدوده اکتشافی به دلیل مجاورت آن با نوار مرزی است که این امر مشکلات متعددی برای اجرای عملیات فراهم کرده است. روستاهای هم جوار محدوده اکتشافی عمدتاً دارای آب و برق و مدرسه هستند لیکن فاقد درمانگاه و تلفن می‌باشند. آبادی کلیسا کندي (مرکز بخش زردشت) به فاصله 30 کیلومتر از محدوده مورد نظر، نزدیکترین آبادی دارای درمانگاه، بانک، دبیرستان، تلفن و سایر امکانات زیربنایی است.

#### **1-7-1- اکتشافات انجام شده :**

##### **1-7-1-1- مرحله پتانسیل یابی:**

مرحله پتانسیل یابی مواد معدنی در سال 1368 در محدوده‌ای به وسعت 80 کیلومتر مربع توسط مهندسین مشاور کاوشگران انجام شده است. در این مرحله پتانسیل‌های معدن فلزی و غیر فلزی تحت مطالعه قرار گرفت. در مطالعات مزبور دو هدف زیر دنبال شده است :

الف - شناسایی و ارزیابی پتانسیل معدنی از کانی‌سازی آسبست در منطقه مورد نظر.

ب - شناسایی و ارزیابی پتانسیل کانی‌سازی‌های فلزی در منطقه.

مراحل کار به شرح زیر بوده است:

- برداشت زمین شناسی و تهیه نقشه زمین‌شناسی در مقیاس 1:20000

- تهیه نقشه شبکه آبراهه‌ای به مقیاس 1:20000



- اکتشاف به روش برش زمینی (اکتشاف چکشی) روی پروفیل‌ها و سیستم آبراه‌ها در طول برداشت زمین‌شناسی و کنترل زون‌های مینرالیزه و آثار عملیات معدنی پیشین با برداشت 71 نمونه (51 نمونه پتروگرافی و فسیل شناسی، 20 نمونه جهت آنالیز شیمیایی برای عناصر Co, Au, As, Ag, Zn, V, Sb, Pb, Ni, Mo, Hg, Cu).

- تعیین ایستگاه‌های نمونه برداری در شبکه آبراه‌های و برداشت تعداد 42 نمونه جهت مطالعه کانی‌های سنگین و رسوبات آبراه‌های.

در این مطالعات، یکی از مهمترین آثار شناسایی شده، کانی‌سازی جیوه بوده که هم در اکتشافات سطحی و هم در بررسی ژئوشیمیایی کانی‌های سنگین شناخته شده است. بر این اساس اجرای عملیات اکتشافی مفصل‌تر پیشنهاد شده است (10).

## 2-7-1- مرحله اکتشاف مقدماتی :

اکتشافات مقدماتی در محدوده‌ای به وسعت حدود 8/5 کیلومتر مربع در سال 1371 توسط این مهندسیین مشاور انجام شده است. در این مرحله نمونه برداری از رخنمون‌های سنگی (لیتوژئوشیمی) و رسوبات آبراه‌های (کانی سنگین) صورت گرفته که مراحل انجام کار به شرح ذیل است:

- برداشت و تهیه نقشه زمین‌شناسی در مقیاس 1:10000

- تهیه نقشه آبراه‌های در مقیاس 1:10000

- نمونه برداری لیتوژئوشیمیایی در امتداد پروفیل‌های تقریباً شرقی - غربی به فاصله حدود 100 متر در کل منطقه و فاصله 50 متر در زون‌های آلتزه به تعداد 110 نمونه. وزن نمونه‌های لیتوژئوشیمی یک کیلوگرم و حداکثر اندازه ذرات 40 میلیمتر (برداشت به طریق Chipp sampling) بوده است.

- ارسال نمونه‌ها به آزمایشگاه و آنالیز کلیه نمونه برای عناصر Cu, Co, Sb, As, Hg و آنالیز 30 نمونه برای عناصر Au, Ag.

- پس از برآورد میزان خطا و دقت آزمایشگاهی، با استفاده از نرم افزار Geoeas، نتایج حاصله مورد پردازش تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت. سپس شاخص‌های ناهنجاری شامل حد زمینه (Back ground)، حد آستانه‌ای (Threshold) و آنومالی (Anomaly) بر اساس نوع توزیع روی سطوح اطمینان 10 درصد، 5 درصد و 1 درصد با استفاده از روابط موجود محاسبه گردید.

- هر نمونه کانی سنگین به وزن حدود 5 کیلو گرم و با دانه بندی 2 میلیمتر در ایستگاه نمونه برداری برداشت شده و سپس به طریق شستشو و تغلیظ (لاوک شوئی)، وزن آنها به 400 گرم تقلیل داده شد، تعداد 17 نمونه کانی سنگین در این مرحله برداشت شده است.

- برداشت نمونه‌های چکشی در امتداد پروفیل‌های پیمایش شده، جهت مطالعه پتروگرافی به تعداد 13 نمونه و مقاطع صیقلی به تعداد 7 نمونه .

- در نهایت چنین نتیجه‌گیری شده است که کانی‌سازی جیوه به رخداد‌های تکتونیکي جوان مربوط می‌شود. روند عمومی آلتراسیون و کانی‌سازی همراه آن شمال غرب - جنوب شرق بوده و شدیداً توسط سیستم گسله‌ای موجود در منطقه کنترل شده است. در این بررسی‌ها، سه نوع آلتراسیون سیلیسی، آرژلیک و لیستونیتی شناسائی شده و آلتراسیون همراه با کانی‌سازی نوع سیلیسی معرفی شده است. بررسی‌های ژئوشیمیائی انجام گرفته در این مرحله دلالت بر وجود آنومالی‌های ژئوشیمیائی معتبری از عناصر Hg, Co, Cu, Sb, As در این منطقه می‌نماید. قویترین ناهنجاری ژئوشیمیائی جیوه نیز بر زون آلتره و مینرالیزه "چلی یوردي" منطبق می‌شود. نتایج ژئوشیمی کانی‌های سنگین و اکتشافات چکشی نیز کانی‌سازی جیوه در این منطقه را به اثبات رسانده است. با توجه به مجموعه عملیات اکتشافی انجام شده در مرحله اکتشافات مقدماتی، زون‌های مینرالیزه و امیدبخش مورد شناسائی قرار گرفته و به ترتیب اهمیت و اولویت اکتشافی پیشنهاد شده است. اولویت اول مربوط به زون آلتره " چلی یوردي" به وسعت 0/3 کیلومتر مربع، اولویت دوم در شرق محدوده به وسعت 0/16 کیلومتر مربع و اولویت سوم مربوط به زون مینرالیزه بیوک دره به مساحت 0/33 کیلومتر مربع می‌باشد (11).

### 3-7-1- اکتشافات نیمه تفصیلی :

در خلال این بررسی‌ها مجموعه عملیاتی مشتمل بر تهیه نقشه توپوگرافی و زمین‌شناسی در مقیاس 1:1000 از محدوده اکتشافی به وسعت 30 هکتار، طراحی، توجیه و حفر ترانشه جمعاً به طول 1884 متر و حجم خاکبرداری 4277 متر مکعب، برداشت ترانشه‌ها و نمونه‌گیری ژئوشیمیائی، اکتشاف ژئوفیزیکی به روش‌های ژئوالکتریک (RS, IP) و الکترومگنتیک (V, L, F) و در نهایت تجزیه و تحلیل‌های مربوطه و تلفیق نتایج حاصل از مراحل مختلف انجام گرفت.

به منظور آشکار سازی ماده معدنی، تعیین گسترش زون‌های مینرالیزه، سنگ دربرگیرنده (عمود بر روندهای اصلی) و برداشت نمونه‌های لیتوژئوشیمیائی، تعداد 8 ترانشه اصلی با امتداد تقریبی N50E و 6 ترانشه فرعی (در امتداد زون‌های مینرالیزه) حفر گردید. از این ترانشه‌ها به عنوان پروفیل‌های ژئوشیمیائی استفاده شده و نمونه‌گیری‌ها به طریقه لپری- شیاری (Chipp-Channel) از این ترانشه‌ها انجام پذیرفت. اگرچه دقت آزمایشگاهی محاسبه شده بر اساس آنالیز نمونه‌های کنترلی به ویژه برای

عناصر Au, Hg رضایت بخش نبود، لیکن بررسی‌های آماری نشان داد که اکثر آنومالی‌های ژئوشیمیایی به دست آمده قابل انطباق با اکتشافات چگشی و شواهد صحرایی می‌باشد. تعیین موقعیت سطح فرسایش آنومالی‌های ژئوشیمیایی (Hg) بر اساس ضرایب عناصر معرف نشان داد که این آنومالی‌ها بر کانی‌سازی عناصر فوق کانساری منطبق می‌باشند. به طور کلی ضرایب به دست آمده برای ترانشه‌های T8, T7, T6, T5 (نیمه جنوب شرقی محدوده) نسبت به ضرایب به دست آمده برای ترانشه‌های T4, T3, T2, T1 پائین می‌باشند. به دیگر سخن مقدار عناصر فوق کانساری نظیر جیوه کاهش پیدا کرده و برعکس، میزان عناصر تحت کانساری نظیر Zn, Cu افزایش می‌یابد. سطح توپوگرافی پائین نیمه جنوب شرقی محدوده اکتشافی و در نتیجه سطح فرسایش عمیق‌تر آن نسبت به نیمه شمال غربی می‌تواند پاسخگوی احتمالی این موضوع باشد. مشکل عمده‌ای که در بررسی‌های ژئوشیمیایی وجود دارد. خطای موجود در آنالیز نمونه‌هاست. لذا عیارسنجی‌های حاصل نمی‌تواند مبنای تعیین میانگین عیار جیوه برای محاسبه ذخیره معدنی در زون‌های مینرالیزه باشد. علاوه بر آن مغایرت زیادی در نتایج آنالیزهای مرحله اکتشاف مقدماتی با نتایج مرحله حاضر نیز وجود دارد.

از نظر اکتشافات ژئوفیزیکی، با پیمایش منطقه اکتشافی توسط روش قطبش القایی (IP) به همراه مقاومت ظاهری (Rs)، یک آنومالی قوی IP با حداکثر شدت 40 میلی ولت به دست آمده که آرایش‌های دایپل-دایپل بر روی پروفیل‌های 200E, 150E وجود آنومالی را مشخص نمودند. نتایج حاصل از داده‌های V.L.F نیز به طور مناسبی با شبه مقاطع دایپل-دایپل هماهنگی دارد. با توجه به مشاهدات سطح الارضی چنین استنباط می‌شود که تنه اصلی کانی‌سازی در عمق قرار گرفته و رگه‌هایی از آن به شکل شاخه درختی (Branching Veins) در امتداد شکستگی‌ها تشکیل شده است. با در نظر گرفتن پارامترهایی چون شکل زیرزمینی آنومالی‌های ژئوفیزیکی و گسترش سطحی زون‌های مینرالیزه ذخیره زمین‌شناسی این کانسار 1379861 تن کانسنگ با عیار 0/1 تا 6/4 درصد جیوه محاسبه گردید (12).

#### 4-7-1- مرحله اکتشافی حاضر :

علیرغم وجود شرایط سخت و طاقت فرسای آب و هوایی، مشکلات شدید امنیتی و ممانعت عشایر سلکن در محدوده در فصل بیلاق، تیم کارشناسی این مهندسين مشاور موفق به ارائه خدمات مهندسی به شرح ذیل گردید:

الف – مرمت جاده ارتباطی محدوده اکتشافی به طول 17 کیلومتر با استفاده از بولدوزر.

ب – مرمت چند دهنه پل موجود در مسر جاده ارتباطی و تقویت آنها به منظور فراهم آوردن شرایط مساعد جهت عبور ماشین‌آلات سنگین نظیر بولدوزر و کمرشکن از روی آنها.

ح - اصلاح مسیر آبروهای مجاور جاده.

ج - احداث راه ارتباطی به محدوده اکتشافی در دشت خانگلی از انتهای راه پاسگاه خانگلی تا محدوده اکتشافی.

د - تجهیز کارگاه و احداث کمپ مسکونی موقت در بدترین شرایط آب و هوایی.

ه - انتقال تجهیزات سوخت‌رسانی و تانکرهای ثابت و سیار جهت سرویس دهی به بولدوزر در گستره طرح.

و - تهیه نقشه زمین‌شناسی و توپوگرافی در وسعت حدود 8 هکتار از محدوده اکتشافی به روش برداشت زمینی در مقیاس 1/500 .

ز - در ادامه عملیات اکتشافی برای تعیین محل دقیق نقاط حفاری، جهت به‌دست آوردن بیشترین اطلاعات و با توجه به عملکرد شدید آلتراسیون بر روی واحدهای لیتولوژیکی پیچیدگی تأثیر فرآیندهای تکتونیکی در محدوده اکتشافی و عدم وجود اطلاعات عمقی کافی از روند کانی‌سازی و گسترش سنگ میزبان و عوامل کنترل‌کننده کانی‌سازی، حفر تعدادی چاهک دستی و احداث ترانشه‌های عمیق در محدوده گسترش زون‌های مینرالیزه پیشنهاد و به‌مورد اجرا در آمد. در این راستا چاهک‌های متعددی به عمق 5 تا 15 متر و 13200 متر مکعب ترانشه عمیق اکتشافی علیرغم شرایط بسیار نامساعد جوی و امنیتی توسط یک دستگاه بولدوزر D8 حفر گردید و به موازات آن راه ارتباطی داخل محدوده به منظور حمل دستگاه حفاری احداث گردید.

خ - مطالعات تکتونیکی و بررسی‌های زمین‌شناسی بر روی دیواره ترانشه‌ها برداشت و جهت آنالیز برای عناصر Hg,As,Au,Ag,Cu به آزمایشگاه ارسال گردید.

ط - در راستای اجرای مطالعات فرآوری عنصر جیوه، دو نمونه از رگه‌های پر عیار و کم عیار ماده معدنی برداشت و مطالعات لازم بر روی آن انجام پذیرفت. نتایج حاصل از این مطالعات در فصول آتی ارائه خواهد شد.

## فصل دوم

### کلیاتی در مورد جیوه

#### 2- کلیاتی در مورد جیوه :

##### 2-1- کاربردهای جیوه :

شناخت کاربردهای جیوه به 2000 سال قبل از میلاد برمی‌گردد. در این عصر جیوه مصارف زیادی داشته که از آن جمله می‌توان به تهیه آینه از جیوه، استفاده از ترکیبات آن در مصارف دارویی، کاربرد آن در رنگ‌ها، لوازم آرایشی در نزد یونانیان و رومیان قدیم اشاره نمود. تا قبل از جنگ جهانی اول استفاده اصلی لز جیوه در فرآیندهای ملقمه سازی برای بازیافت طلا و نقره بود و در جنگ جهانی دوم تولید باتری‌های خشک جیوه‌ای شروع شد. در حال حاضر به موازات پیشرفت و توسعه تکنولوژی، استفاده از جیوه در صنایع الکتریکی و الکترونیکی توسعه یافته، به طوری که این فلز در حال حاضر به عنوان یک فلز گران قیمت و کمیاب در جهان مطرح گردیده است. کاربردهای اصلی جیوه در حال حاضر به شرح زیر است:

##### 1-1-2- کاربردهای الکتریکی و الکترونیکی

جیوه در تهیه باتری، لامپ‌های جیوه‌ای و در سیم کشی و سوییچ‌ها مصرف می‌شود.

##### الف – باتری‌سازی :

از اکسید جیوه در تهیه یک نوع باتری خشک استفاده می‌شود که در این باتری قطب منفی پودر روی ملقمه شده و قطب مثبت اکسید جیوه و گرافیت است و این دو قطب به وسیله یک جسم جاذب از هم جدا می‌شوند. از باتری‌های جیوه‌ای در موارد گوناگون از قبیل بلندگو، سمعک، دوربین عکاسی، رادیوهای کوچک، ماشین حساب، ساعت‌های خودکار، میکروفون، رادیوها و در صنایع فضای یاستفاده می‌شود. از خصوصیات مهم این باتری ها طول عمر راکد زیاد، ولتاژ عملی ثابت، کارایی بیشتر، ظرفیت زیاد

تخلیه شدن در واحد حجم و عمل حرارتی بسیار گسترده است که در این ویژگی‌ها موجب کاربرد این نوع باطری‌ها در صنایع فضائی و دیگر صنایع گردیده است.

#### **ب - لامپ‌های جیوه‌ای :**

لامپ‌های جیوه‌ای از یک لوله تخلیه الکتریکی، حاوی حجم‌های مختلفی از بخار جیوه استفاده می‌شود. این لامپ‌ها در کارخانه‌های تولیدی، و در ساختمان‌های بزرگ مورد استفاده قرار می‌گیرند، لامپ‌های جیوه‌ای در مقایسه با انواع دیگر لامپ‌ها کارائی بسیار بالائی داشته و به ازاء هر وات مصرفی، روشنائی بیشتری را در فضای باز تولید می‌کنند.

#### **ج- ادوات الکتریکی و سوییچ‌ها:**

خواص ویژه جیوه از قبیل پخش گرمای یکنواخت، مقاومت تماس قابل پیش‌بینی و کارائی آن موجبات استفاده آن را در وسائل و ادوات الکتریکی و سوییچ‌ها و لوله‌های کاتدی برای رادیو و ارتباطات راه دور فراهم آورده است.

#### **2-1-2- کاربردهای جیوه در صنایع شیمیائی :**

کاربردهای جیوه در صنایع شیمیائی شامل موارد زیر است :

#### **الف- کاربرد جیوه در رنگ‌ها :**

ترکیبات مختلف جیوه مثل فنیل استات جیوه در تهیه رنگ‌های مایع بازی جهت جلوگیری از کپک زدن به میزان 0/5 درصد وزنی استفاده می‌گردد. همچنین مقادیر کمی از جیوه به صورت رنگدانه مصرف می‌شود از جمله (Hgs) که رنگ قرمز دارد و به عنوان قارچ کش مصرف دارد.

#### **ب- کاربرد جیوه در تولید کلر :**

جیوه به عنوان یک الکتروود (الکترولیز محلول کلرور سدیم) در تهیه کلرو و سود سوزآور مورد استفاده قرار می‌گیرد. جیوه به عنوان یک کاتد جاری کننده در یک سلول الکترولیتی حاوی محلول کلرور سدیم به کار می‌رود. در این سلول‌ها با وصل شدن به جریان الکتریسیته، گاز کلر در اطراف آند جمع می‌شود و ملقمه فلزی نیز با کاتد جیوه‌ای به وجود می‌آید. ملقمه حاصل شده به کمک آب تفکیک می‌شود که در اثر آن سود سوزآور، هیدروژن و فلز جیوه نسبتاً خالص به دست می‌آید که جیوه به دست آمده دوباره به سلول فرستاده می‌شود.

از کاربردهای دیگر جیوه استفاده از ترکیبات جیوه نظیر کلرید جیوه به عنوان ضد عفونی کننده در جراحی و امراض جلدی و تهیه صابون‌های طبی است.

#### **3-1-2- کاربرد جیوه در دندانپزشکی :**

جیوه با اکثر فلزات تشکیل آلیاژ می‌دهد که آنها را ملقمه گویند. ملقمه‌ها ظاهراً به خاطر پایداری فوق العاده زیاد ترکیبات بین فلزی مذکور سمی هستند و یک نوع از آنها در دندانپزشکی مورد استفاده می‌باشد. وقتی که ترکیب بین فلزی  $Ag_3Sn$  با جیوه آسیا می‌گردد، این ترکیب در جیوه حل شده، تشکیل ملقمه نیمه جامدی می‌دهد که با گذشت زمان کوتاهی به شکل مخروطی جامد و سختی از ترکیبات بین فلزی  $Ag_5Hg_8$ ,  $Sn_7Hg$  درمی‌آید. به هنگام تشکیل این ترکیبات ملقمه فوق مختصری منبسط شده و محکم روی دیواره حفره دندان می‌نشیند به طوری که باکتری‌ها نمی‌توانند به آسانی وارد دندان شوند.

#### 4-1-2- کاربرد جیوه در استحصال طلا :

چون طلای فلزی، خاصیت حل شدن و جذب شدن در جیوه فلزی را دارد، از این خاصیت استفاده کرده و طلای آزاد را از کانی‌های دیگر استخراج می‌نمایند. بدین صورت که مقداری از کانی کنسانتره حاوی طلای آزاد در آسیای مخصوص ملقمه ریخته و روی آن مقداری جیوه فلزی (مایع) اضافه می‌نمایند. و پس از اضافه کردن برخی از مواد شیمیایی خوب مخلوط می‌نمایند که در نتیجه تمامی طلای آزاد موجود در تملس با جیوه قرار گرفته و طلا در آن حل می‌گردد و کلیه طلا از کانی‌های دیگر جدا می‌گردد و در خاتمه جیوه را به آسانی جدا کرده و طلای جمع شده از آن را به وسیله تقطیر یا خلاء جدا می‌سازند. (11)

#### 4-2- بررسی کاربردهای جیوه از دیدگاه زیست محیطی :

چون جیوه عنصری سمی است بنابراین در به کار بردن جیوه باید با احتیاط کامل عمل نمود. جیوه از طریق پوست جذب شده و موجب مسمومیت می‌گردد. مسمومیت ناشی از جیوه برای کسانی که با جیوه و نمک‌های آن سروکار دارند بسیار خطرناک است.

جیوه با اینکه در مقایسه با فلزات فعالیت کمتری دارد ولی فلزی فرار بوده و در بدن اتم‌های آن به صورت  $Hg, Hg_2$  دیگر اکسید می‌شوند که ترکیبات هردویون سمی هستند. جیوه محلول در آب اغلب به صورت متیل جیوه  $(Hg(CH_3)_2)$  است و در صورتی که مقدار آن از 0/5 گرم در تن تجاوز کند برای انسان خطرناک است.

برای حذف جیوه از پس آبهای صنعتی و قبل از وارد شدن به آبهای طبیعی ابتدا پس آب را وارد حوضه سیمانی می‌کنند و سپس سولفید سدیم اضافه می‌کنند و سولفید جیوه غیر محلول رسوب کرده و با صاف کردن جدا می‌شود. سپس به آن محلول هیپوکلریت سدیم اضافه می‌نمایند که یون‌های جیوه وارد محلول می‌شوند. (11)

#### 3-2- تولید و بازار جهانی جیوه :

### 1-3-2- تولید جهانی جیوه :

چهار منبع عمده تولید جیوه در جهان وجود دارد:

الف- تولی جیوه از معادن جیوه.

ب- تولید جیوه به عنوان محصول جانبی از کانه‌های طلا، روی و مس.

پ- جیوه بازیابی شده و تولید جیوه به عنوان یک محصول فرعی از محصولات صنعتی مربوطه.

ج- بازیافت ثانوی جیوه از ترکیباتش.

بزرگترین منبع تولید جیوه در جهان از معدن و کانسارهای جیوه می‌باشد و در سال 1995 اسپانیا با تولید 1497 تن مقام اول و چین و قرقیزستان به ترتیب مقام‌های دوم و سوم جهانی را داشتند. کل تولید جیوه در جهان در سال 1995، 3159 تن بوده است که به ترتیب 47/3 درصد، 18 درصد، 9/2 درصد آن متعلق به کشورهای اسپانیا، چین و قرقیزستان بوده است. در این سال جیوه تولیدی به عنوان محصول جانبی استخراج معادن مس در شیلی معادل 80 تن گزارش شده است.

بررسی تولید جیوه طی سال‌های 1984-1995 نشان می‌دهد که روند تولید این فلز رو به کاهش بوده است به طوری که از 6217 تن در سال 1984 به 2120 تن در سال 1994 کاهش یافته است. کاهش عمده تولید از سال 1990 به بعد بوده است که طی پنج سال تقریباً به نصف رسیده است. از دلایل عمده این کاهش قوانین محدود کننده زیست محیطی در بسیاری از کشورهای صنعتی می‌باشد. در سال 1995 تولید جیوه پس از رکورد 4 ساله، مجدداً افزایش یافته است.

آمار تولید جهانی جیوه طی سال‌های 1984-1998 و سال‌های 1990-1995 در جداول 1-2 و 2-2 درج شده است.

### 1-3-1-1- تولید کنندگان عمده جیوه در جهان و روند تولید

تولید کنندگان عمده جیوه در جهان کشورهای اسپانیا، چین، الجزایر، شوروی سابق، آمریکا، مکزیک، فنلاند، قرقیزستان، ترکیه، چکسلواکی سابق می‌باشند. قبل از فروپاشی شوروی سابق، این کشور جزو تولید کنندگان عمده بود ولی از آن به بعد تولید آن کاهش یافته و در سال‌های اخیر تولید جمهوری فدرال روسیه به زیر 100 تن در سال رسیده است و کشورهای قرقیزستان، تاجیکستان و اوکراین جزو تولید کنندگان جیوه قرار گرفته‌اند.

هم اکنون اسپانیا با تولید حدود 47 درصد از تولید جهانی، بزرگترین تولید کننده جیوه محسوب می‌شود. تولید جیوه در این کشور از کانسار معدن واقع در 200 کیلومتری جنوب غرب مادرید (اسپانیا) صورت گرفته و با بیش از یک میلیون تن ذخیره، یکی از منابع



جدول 2-1- توليد جهاني جيوه طی سالهاي 1984 تا 1988 (برحسب تن) (17)

جدول 2-1- توليد جهاني جيوه طی سالهاي 1984 تا 1988 ( برحسب تن ) ( ۱۷ )

Country	1984	1985	1986	1987	1988
USSR/CIS	1800	1700	1700	1850	1650
Spain	1520	1542	1471	1510	1482
China	750	760	800	850	950
USA	657	598	465	100	480
Algeria	630	730	700	710	690
Mexico	383	330	345	350	130
Czech & oslovakia	155	158	165	164	160
Turkey	182	227	266	202	150
Finland	80	127	146	145	130
Yugoslavia	155	83	67	70	65

جدول 2-2- توليد جهاني جيوه طی سالهاي 1990 تا 1995 ( بر حسب تن ) (17)

جدول ۲-۲- تولید جهانی جیوه طی سالهای ۱۹۹۰ تا ۱۹۹۵ ( برحسب تن ) ( ۱۷ )

Country	1990	1991	1992	1993	1994	1995
USSR/CIS	800	750				
Spain	713.3	52.1	36	393	393	1497
China	930	800	600	554	467	570
USA	562	58	64	29	15	15
Algeria	637	431	476	459.1	414	292
Mexico	562	340	21	12	12	15
Czech & oslovakia	126	75	60			
Turkey	66	25	5			
Finland	109.2	110.4	74.6	100.8	90	90
Yugoslavia	37	35				
Russia			70	60	50	50
Oslovakia				50	50	50
Ukraine			100	40	50	50
Chile			59	127	70	80
Krygyszstan			300	250	448.5	400
Tajikistan			100	80	55	50
Others			12		6	
Total	4542.5	2676.5	1977.6	2154.9	2120.5	3159

درآمد دولت اسپانیا محسوب می‌گردد. روند تولی این کشور همانند سایر کشورهای تولید کننده طی سال‌های ۱۹۹۰ تا ۱۹۹۴ دارای سیر نزولی بوده است لیکن از سال ۱۹۹۵ افزایش یافته و به حدود سال‌های دهه ۱۹۸۰ رسیده است.

روند تولید جیوه در چین و الجزایر تقریباً ثابت بوده و طی سال‌های رکود کاهش چشمگیر ی در تولید این فلز در چین گزارش نشده است. متوسط تولید جیوه در چین حدود 18٪ و در الجزایر حدود 12٪ تولید جهانی بوده است.

در آمریکا و مکزیک روند تولید نزولی بوده و از 657 تن در سال 1984 به 15 تن در سال 1995 رسیده است.

برای کشورهای نظیر چکسلواکی سابق، ترکیه، یوگسلاوی سابق در سال‌های اخیر تولید گزارش نشده است و آمار تولید در کشور شیلی از سال 1992 به بعد گزارش می‌گردد که به عنوان محصول جانبی از معادن مس بوده است. (17)

### 2-3-2- تجارت و بازار جهانی جیوه :

#### 2-3-2-1- صادرات و کشورهای عمده صادر کننده:

حجم صادرات جهانی جیوه طی سال‌های 1990 تا 1995 به طور متوسط بین 2000 تا 3000 تن در سال در نوسان بوده است. در سال 1990، اسپانیا با 475 تن بیشترین صادرات جیوه را داشته است، سپس کشورهای الجزایر، چین و آمریکا به ترتیب بالاترین صادرات جیوه را به خود اختصاص داده‌اند. در سال 1991 اسپانیا و الجزایر و آمریکا همچنان در رده کشورهای عمده صادر کننده باقی ماندند ولی صادرات چین کاهش داشته است و از 329/7 تن در سال 1990 به 62/9 تن در سال 1991 رسیده است.

در سال‌های 1992 و 1993 اسپانیا و آمریکا به ترتیب مقام‌های اول و دوم را بین صادرکنندگان جیوه داشتند و در این سال‌ها هنگ کنگ به عنوان سومین صادرکننده وارد بازار صادرات جیوه شد. در سال 1994 صادرات جیوه کاهش یافته و به میزان 1277 تن رسیده است که 1512 تن آن مربوط به هنگ کنگ بوده است و بقیه را کشورهای انگلستان و قرقیزستان به مقادیر کمتر کشورهای فرانسه، تایوان و ژاپن صادر کرده‌اند.

در سال 1995 تناژ صادرات جیوه مجدداً افزایش یافته که باز هم هنگ کنگ با 70٪ از کل صادرات، بیشترین مقدار صادرات را داشته و کشورهای انگلستان، آلمان غربی سابق، کانادا مقادیر کمتری صادر کرده‌اند.

آمار صادرات و صادرکنندگان عمده جیوه در جهان در سال‌های 1990 تا 1995 در جدول 2-3 ارائه شده است. (17)

#### 2-3-2-2- واردات و کشورهای عمده وارد کننده :

واردات جهانی جیوه طی سال‌های 1990 تا 1995 بین 2500 تا 3500 تن درنوسان بوده است. در سال 1990، کشور هندوستان با 426/5 تن اولین وارد کننده جهانی این فلز در جهان بوده است و بعد از آن برزیل و آلمان غربی سابق، عربستان سعودی، هنگ کنگ و آفریقای جنوبی قرار دارند که وارداتی بیش از 100 تن در این سال داشته‌اند. در سال 1991 هندوستان همچنان مقام اول وارد کنندگان را 482/91 تن به خود اختصاص داده است و رومانی و اسپانیا با 312 و 210 تن در مقام دوم و سوم قرار داشتند و سایر کشورهای عمده وارد کننده شامل آلمان غربی سابق، آرژانتین، هنگ کنگ و فیلیپین بوده‌اند.

در سال 1992 بالاترین مقدار واردات جهانی طی سال‌های مورد بررسی به مقدار 3782 تن انجام شده است که بزرگترین وارد کننده کشور هنگ کنگ با 651 تن بوده است و بعد از آن کشورهای چین و هندوستان با 555 و 399 تن قرار دارند. در سال‌های 1993 و 1994 حجم واردات جهانی حدود 3400 تن در سال بوده است و هنگ کنگ و چین در رده اول و دوم واردات جهانی قرار دارند و بعد از آن کشورهای اسپانیا و هندوستان قرار دارند. واردات اکثر کشورها در سال 1995 در دسترس نمی باشد. بنابراین جمع کل واردات جهانی قابل مقایسه با سایر سال‌ها نمی باشد ولی وجود آمار واردات هنگ کنگ با 1976 تن در این سال نشان دهنده آن است که این کشور هنوز درصد وارد کنندگان جهانی این فلز قرار دارد.

آمار واردات جهان جیوه بر حسب کشورهای وارد کننده طی سال‌های 1990 تا 1995 در جدول 2-4 ارائه شده است (17)

جدول 2-3- صادرات جهاني جيوه طي سالهاي 1990 تا 1995 (برحسب تن ) (17)

جدول ۲-۳- صادرات جهانی جیوه طی سالهای ۱۹۹۰ تا ۱۹۹۵ ( بر حسب تن ) ( ۱۷ )

Country	1990	1991	1992	1993	1994	1995
UK	176.3	108.3	79.7	199.1	245	224.3
Austria	0.7	1.5	2.4	0.5		
BLEU	36.5	50.1	199.6	3.4		
Denmark	6.2		3	2.5	0.2	4.7
Finland	103	110	89	228		
France	38	112	87	39	19.8	
Germany	75.6	374.2	97.2	66.7		116.2
Ireland	0.349	14.1	149.1	8.4		
Italy	21	67.9	82.6	150		
Netherlands	154	68	44	96		
Spain	475	832	898	1170		
Sweden	45	79	59	2		
Norway	259	8	29	5	2	
Switzerland	32.6	11.2	3.1	4.8		18.7
Algeria	400.6	679				
Canada	33.16	50.8	64.5	35.6	5.1	107.4
Mexico	23.1	0.328	1.9			
USA	311.6	588.2	994.4	888		179
Chile		0.69	58.9	126.9	70	9
China	329.7	62.9	52.5	53.4		
Hong kong	116.1	123.8	476.7	309	1012	1577
Japan	103.9	8.7	2.6	6.5	18.6	
Krygyszstan				2.2	106.9	
Singapour	7.4	5.9	19	39	3.5	2.4
Taiwan	3.5	49.8	51	21.5	36.6	18.2
Others	2		3	1		

جدول ۲-۴- واردات جهانی جیوه طی سالهای ۱۹۹۰ تا ۱۹۹۵ ( بر حسب تن ) ( ۱۷ )

جدول ۲-۴- واردات جهانی جیوه طی سالهای ۱۹۹۰ تا ۱۹۹۵ ( بر حسب تن ) ( ۱۷ )

Country	1990	1991	1992	1993	1994	1995
UK	51	39.4	67.2	14.9	5	3.8
BLEU	74	87.2	94	50.3		
Denmark	3.7	14.8	24	3.8	5.1	1.9
France	107	109	133	183	53.4	
Germany	198.7	191.9	174.2	98.5		133.5
Greece	4	4	5	2		
Ireland	48.5	15.6	25.0	30.5		5.3
Italy	92	75.9	48.7	11		
Netherlands	106	83	37	101		
Portugal	15	14	5	1.4		
Spain	79	210	220	356		
Austria	5.9	6.8	5.3	0.8	2.4	
Finland	1	1				
Hungary	27		23	17	7	
Norway		3		21	3	7
Poland			13			
Romania	15	312	216	152	106	100
Sweden	14	9	56	5		
Switzerland	15.7	12.9	7.4	11.9	8.3	19.8
Turkey	22	5	5	3.6	22	
Morocco	9.2	10.2	6			
South Africa	119	97		37.4	53.3	63.5
Tunisia	6.3	1.1	1			
Canada	53.8	12	18.8	8.7	5.8	6.1
Mexico	0.75	45	84.8	97	37	
USA	14.9	55.4	91.7	39.9	129	377
Argentina	58	123	37			
Brazil	239.5	148.8	101	158		
Colombia	44.7	76.8	39	12		
Peru	11.7	20.6		28		
Uruguay	7	0.3	0.4		3.5	
Venezuela	15.3	48.8	3.9	20.8		
China			555.6	344.1	899.1	
Hong Kong	128.7	115.5	651	472.2	1385.1	1976.5
India	428.5	482.9	338.9	305	292.2	
Indonesia	41.5	88.2	192.9	218.6		
Israel	1	6	2	1		
Japan	33.8	44.8	25.7	12.1	8.2	
North Korea	3	3		2		
South Korea	27.1	30.2	10	33.4	34.3	
Malaysia		5.1	11			
Myanmar	16.2	10.1				
Pakistan	61	75.1	112.1	36.4	34.2	
Philippines	92.7	120.8	95.4	67.8	157.3	
Saudi Arabia	139.6					
Singapore	18.7	85.5	23.9	49.7	104.5	45.4
Sri Lanka	1.3	0.8	2.3	174.2	5	
Taiwan	10.8	13.5	19.9	3.7	15.6	6
Thailand	10	10.6	11.4	87.4	62.5	
Australia	73.5	73.5	80.7	59.1		
Other	17.7	23	14	17	2	
Total	2580.7	3019.9	3782	3437	3448.6	2751.3

2-4- حمل و نقل جیوه :

فلز جیوه در دنیا معمولاً به صورت جیوه طبیعی (عنصری) خرید و فروش می‌شود و بر روی ترکیبات آن معاملات چندانی صورت نمی‌گیرد. جیوه طبیعی با خلوص 99/9 درصد را در ظروف چدنی و فولادی حمل و نقل می‌کنند. ظرف‌های حمل و نقل جیوه در اندازه‌های مختلف از فلاسک‌های فولادی 76 پوند یو یا تانکرهای چند تنی هستند. جیوه با خلوص بیشتر (99/999٪) را معمولاً در ظرف‌های موجکت ریشیه‌ای یا پلاستیکی بسته‌بندی کرده و به بازار عرضه می‌کنند.

## 5-2- روش‌های کانه آرایی و استحصال جیوه :

### 1-5-2- روش‌های کانه آرایی جیوه :

از آنجائیکه سنگ معدن جیوه دردمای نسبتاً پائین تجزیه می‌شود (عنصر جیوه در 357 درجه سانتیگراد تبخیر می‌شود) از قبل از دوران دوم باستان روش تهیه آن عبارت از حرارت دادن سنگ معدن و بعد تراکم و میعان بخار جیوه بوده است. در روش‌های جدید هنگامی که سنگ معدن دارای عیار پائین بوده و هزینه حرارت دادن بالا باشد جهت صرفه اقتصادی ابتدا سنگ معدن را باید به روش‌های مختلف تغلیظ نمود و سپس اقدام به استحصال جیوه از رکنسانتره نموده.

عیار قابل قبول سنگ معدن جیوه در مناطق مختلف تفاوت‌های قابل ملاحظه‌ای دارد. معمولاً جیوه از کانسارهای داری عیار 0/1٪ تا بیش از 2٪ بازیابی می‌شود. اما اغلب کانسارهای اقتصادی بیش از 2٪ جیوه دارند. در معدن المعدن اسپانیا در برخی مناطق عیار جیوه تا 10٪ نیز می‌رسد به جز آمریکا در کشورهای دیگر هنگامیکه عیار جیوه سنگ معدن 1 تا 2٪ (20 تا 40 پوند در هر تن) باشد مرغوب محسوب می‌گردد. ول پدرا آمریکا این نسبت بین 0/5 تا 0/75٪ (10 تا 15 پوند در هر تن) به عنوان عیار مرغوب شناخته شده و عیارهای پائین 0/50 تا 0/15 درصد میبایستی تغلیظ شوند. مهمترین کانی جیوه سینابر یا سولفید جیوه (Hgs) می‌باشد و حدود 90٪ محصول جیوه جهان از این کانی استخراج می‌گردد. از سایر کانی‌های جیوه از قبیل متاسینابر جیوه، لیوینگستونیت و از جیوه خالص نیز جیوه استحصال می‌گردد، علاوه بر استخراج جیوه از معادن، مقدار کمی نیز به صورت همراه با کانسنگ‌های روی و مس به عنوان محصول جانبی قابل بازیابی است. تولید جیوه به عنوان محصول جانبی در جهت ممانعت از آلودگی به علت وضع قوانین و استانداردهای زیست محیطی افزایش یافته است.

روش‌های متداول کانه‌آرایی کانه‌های جیوه عبارتند از سنگ جوری، خرد کن، جداکردن ثقلی (روش‌های جیگ و میز) و روش‌های فلوتاسیون می‌باشد.



### 1-1-5-2- روش ثقلی :

با توجه به این که وزن مخصوص کانه سینابر نسبتاً زیاد است (8/10 گرم بر سانتیمتر مکعب) بنابراین روش پر عیار سازی با استفاده از میز و جیگ که بر اساس جداسازی ثقلی است می‌تواند بسیار مناسب باشد ولی این روش به دلیل تولید نرمة زیاد، شناور شدن ذرات کانه در آب باعث کم شدن درصد بازیابی است. در یک نمونه میز طراحی شده برای حداکثر 100 تن در روز در امریکا بعد از مراحل سنگ شکنی، سرد کردن و آرایش با میز، نتیجه 85٪ بازیابی به دست آمده است. در این عملیات کانه اولیه با عیار حدود 454 گرم در تن (1 پوند در هر تن) به وسیله میز پر عیار شده و در سرد کردن دوباره، عیار جیوه 8 تا 10 درصد افزایش یافته و در نهایت محصول با 65٪ جیوه به دست آمده است. این روش توسط شرکت معدنی Oat Hill Middle Calif طراحی و مورد استفاده قرار گرفته است.

استفاده از میز و جیگ جهت پر عیار سازی جیوه در فیلیپین نیز متداول است. در این کشور جیگ، میز و فلوتاسیون جهت پر عیار سازی به کار گرفته می‌شود. خوراک ورودی باطله حاصل از استریپینگ است. بنابراین هزینه معدنکاری پائین است با وجود این تقریباً 75٪ از هزینه‌ها صرف خریدایش سنگ معدن به ابعاد 1/2 اینچ می‌شود.

### 2-1-5-2- روش فلوتاسیون :

به نظر می‌رسد که روش فلوتاسیون مناسبترین روش کانه آرائی سینابر باشد، این روش نیز دارای مشکلاتی می‌باشد که توجه به آنها ضروری است این مشکلات شامل موارد زیر است:

- 1- ایجاد نرمة ضمن خرد کردن کانه.
  - 2- وجود کانه‌های رسی نظیر مونت موریلونیت و غیره همراه کانه.
  - 3- آزاد شدن کانه در اندازه‌های متعارف 60 الی 100 مش به دلیل وجود ذرات بسیار ریز اوپال همراه کانه.
- مواقعی که سینابر به صورت کانه نسبتاً ریز بلور است و به راحتی بدون آسیا کردن زیاد آزاد می‌شود و سنگ معدن دارای رس اضافی نمی‌باشد به روش فلوتاسیون، کنسانتره مرغوب با درصد بازیابی بالا به دست می‌آید.
- از شرکت‌های معدنی که به روش فلوتاسیون مبادرت به تغلیظ جیوه می‌نمایند می‌توان به موارد زیر اشاره نمود:

- شرکت کومینکو در منطقه Pinche lake کانادا.

- شرکت معدنی نیپون در جزیره Hokaido ژاپن.

- معدن سرتوپیانو در ایتالیا

جزئیات و فلوشیت عملیات در دسترس نمی باشد. در یک مورد از شرکت معدن نیپون در ژاپن گزارش شده است که 70٪ از جیوه به صورت جیوه خالص می باشد و در معدن سرتوپیانو در ایتالیا نیز مقدار زیادی کانه نرمه ضمن خرد کردن از دست می رود.

شرکت معدنی جکسون مائونیتین در ایالت متحده آمریکا در معدنی به نام Class Bulles واقع در 52 مایلی غرب کانسار Burns، با استفاده از روش فلوتاسیون در سال 1966 به مدت دو سال با ظرفیت 150 تن در روز، کانسنگ محتوی 1 تیوند در هر تن جیوه را با راندمان 87٪ تغلیظ نموده است.

نتایج به دست آمده از فلوتاسیون یک نمونه کانه سینابر از معدن گلاس بوش آمریکا بعد از خردایش حدود 90٪ تا 65 مش و راندمان حدود 90 تا 94٪ در عیارهای 680 گرم تا 900 گرم بر تن در جدول شماره 2-5 و کاتالیزورهای فلوتاسیون در جدول شماره 2-6 نشان داده شده است.

#### جدول شماره 2-5: نتایج به دست آمده از فلوتاسیون یک نمونه کانه سینابر

جدول شماره 2-5: نتایج به دست آمده از فلوتاسیون یک نمونه کانه سینابر

درصد بازیابی	عیار به دست آمده		عیار اولیه	اندازه کانه ها
	درصد	وزنی		
90	17/5٪	160 کیلوگرم برتن (350 پوند برتن)	680 گرم برتن (1/5 پوند برتن)	90٪ دانه ها زیر 65 مش
94	22/5٪	200 کیلوگرم برتن (450 پوند برتن)	900 گرم برتن (2 پوند برتن)	90٪ دانه ها زیر 65 مش

جدول شماره 2-6- : مواد شیمیائی مورد استفاده در فلوتاسیون کانه سینابر در معدن گلاس پوش

جدول شماره ۲-۶ : مواد شیمیائی مورد استفاده در فلوتاسیون کانه سینابر در معدن گلاس۔

پوش

ماده مصرف شده	مورد مصرف	مقدار ماده مصرف شده
آئروگزنات ۳۰۱ یا DOWZ-12	کلکتور	۱۳۵ گرم (۰/۳ پوند) برتن
آئروفلوت ۳۱ (Aerofloat)	کلکتور	۳۰ گرم (۰/۰۷ پوند) برتن
سولفات مس	فعال کننده	۱۲۰ تا ۱۸۵ گرم (۰/۲۷ تا ۰/۴۱ پوند) برتن
فروترو - آئروفروت ۶۵ (Aerofroth-Frother)	کف ساز	۸۰ گرم (۰/۱۷ پوند) برتن

تحقیقات جدیدی بر روی فلوتاسیون سنگ‌های معدنی سولفیدی جیوه انجام نشده زیرا در گذشته به خوب بپیر روی آن کار شده است و آزمایش‌های فلوتاسیون بر روی نمونه‌های بسیار گوناگون در اداره معدن "نوادا" انجام شده است. عامل مهم در فلوتاسیون موفق کانه سولفید جیوه، بازیابی نرمه‌ها با توجه به حضور رس‌های همراه کانه می‌باشد. نتایج به دست آمده نشان می‌دهد که استفاده از ترکیبات سدیم، به جای آهک برای کنترل PH مناسب، کارساز بوده است. وجود یون سدیم مانع تورم رس‌ها می‌شوند. نتایج آزمایشگاهی فلوتاسیون بر روی دامنه وسیعی از عیار سنگ‌های معدن به شرح زیر به دست آمده است:

ماده مصرف شده	مورد مصرف	مقدار مصرف شده
کربنات سدیم	جهت کنترل pH	ایجاد pH 7/2-7/8
سیلیکات سدیم	کلکتور	بیش از 1/8 کیلوگرم (4 پوند) بر تن
سولفات مس	فعال کننده	180 گرم (0/4 پوند) بر تن
کاتالیزور سیانامید 301	باز دارنده	180 گرم (0/4 پوند) بر تن
روغن کاج	کف ساز	0/03 تا 0/15 گرم بر تن

## 2-5-2- فرآوری و استحصال فلز جیوه از کانسنگ‌های تغلیظ شده:

کانی‌های سولفیدی جیوه در درجه حرارت‌های 375 تا 500 درجه سانتی‌گراد به شکل بخار در می‌آیند و از همین خاصیت برای استحصال جیوه پس از خردایش کمتر از 2 تا 1/2 اینچ استفاده می‌شود. سنگ معدن را مستقیماً یا بعد از تغلیظ و تولید کنسانتره در کوره‌های مخصوص گرم می‌کنند تا به صورت بخار آزاد شود. سپس این بخار را به وسیله سیستم‌های مخصوص سرد می‌کنند تا فلز جیوه به دست آید. در صورتی که فلز با درجه خلوص زیاد لازم باشد محلول سرد شده را دو یا سه بار تقطیر کرده و یا از پالایش الکتریکی استفاده می‌نمایند.

در کارخانه‌های با مقیاس کوچک، عملیات تولید جیوه به‌طور ناپیوسته انجام می‌گیرد و از وسائل ساده گرم کننده، متراکم کننده و تصفیه کننده استفاده می‌شود، ولی برای تولید جیوه در مقیاس بزرگ، معمولاً عملیات، پیوسته بوده و از کوره‌های دوار (افقی) و با قائم استفاده می‌شود. تغذیه و تخلیه نیز به صورت مکانیکی انجام می‌گیرد. در کارخانه‌هایی که خوب طراحی شده باشند، می‌توان تا بیش از 95٪ جیوه موجود در کانه را با عیار تجاری 99٪ بازیابی نمود.

روش فرآوری شیمیایی، یکی از روش‌های استحصال جیوه از کانسنگ یا کنسانتره جیوه می‌باشد که با وجود تنوع روش‌ها از لحاظ اقتصادی مقرون به صرفه نمی‌باشند. قدیمی‌ترین این روش عبارت از حل کردن سولفید جیوه در یک محلول سولفید قلیائی (سولفید سدیم یا هیدرواکسید سدیم) است. سپس فلز جیوه با اضافه کردن آلومینیوم و یا به روش الکترولیز استحصال می‌گردد.

روش دیگر فرآوری شیمیایی که در مقیاس آزمایشگاهی و نیمه صنعتی توسط اداره معادن آمریکا تجربه شده است شامل اکسیداسیون سولفید جیوه به همراه الکترولیز اسلاری سنگ معدن در محلول آب نمک (NaCl) است که به نام الکترواکسیداسیون سینابر معروف می‌باشد.

در این روش یون جیوه در محلول نمک یک ترکیب با ثبات تتراکلرور تشکیل می‌دهد و سپس بر روی تهنشین شده و رسوبی را تشکیل می‌دهد که استحصال می‌گردد. روش دیگر که در اصل در سال 1927 توسط گلایزر ابداع شده و در سال 1969 تکمیل گردیده انحلال سولفید جیوه در محلول هیپوکلریت کلرین می‌باشد. گاز کلرین در آب حل شده و اسید هیپوکلرور یا یون هیپوکلریت و یون کلریت تشکیل می‌دهد. جیوه فلزی، سینابر و سایر ترکیبات جیوه در چنین محلولی به سرعت حل می‌شود. روش‌های مختلف برای ترکیب جیوه از محلول به‌کار گرفته می‌شود که می‌تواند به صورت ترنشست جیوه فلزی، سولفید و غیره باشد و یا می‌تواند از طریق تبادل یونی یا جذب سطحی کرین، جیوه استحصال گردد. تحقیقات در زمینه ابداع روش‌های جدیدتر استحصال جیوه ادامه دارد.

تجربیات نشان داده است که سنگ معدن با حداقل عیار  $\text{Hg } 0/25\%$  بعد از مرحله خردایش با دانه بندی کوچکتر از  $1/2$  تا 2 اینچ می‌تواند به طور مستقیم در کوره دوار تشویه شده و تبدیل به بخار جیوه گردد. این امر نسبت به تشویه کنسانتره از نظر اقتصادی مقرون به صرفه نیز می‌باشد. این امر به دلیل بالا بودن درجه آزادی کانه سینابراست که بعد از جداسازی و ایجاد نرمه بیشتر برای کنسانتره روش تقلی مناسب نیست ضمن اینکه کنسانتره به روش فلوتاسیون علیرغم سهولت به دلیل ایجاد گرد و غبار در کوره خالی از اشکال نمی‌باشد. گزارش از دانه بندی عیارهای مختلف در تست کلسینه به شرح زیر می‌باشد:

Hg درصد  $0/55 = 1/2$  تا 2"

Hg درصد  $0/10 = 1/4$  تا  $1/2$ "

Hg درصد 0/05 = میکرون 8 تا "1/4

Hg درصد 0/06 = میکرون < 8

و در واحد فرآوری سولفوربانک (کالیفرنیا، ایالت متحده) حداقل عیار بهره‌برداري از معادن به شرح زیر نشان داده شده است:

جیوه با عیار 1/75 پوند بر تن (0/079 درصد) با دانه بندی بزرگتر از 2 اینچ

جیوه با عیار 2/20 پوند بر تن (0/10 درصد) با دانه بندی 3/4 تا 2 اینچ

جیوه با عیار 4/20 پوند بر تن (1/9 درصد) با دانه بندی 1/4 تا 3/4 اینچ

جیوه با عیار 11/5 پوند بر تن (0/52 درصد) با دانه بندی کوچکتر از 1/4 اینچ

کانه‌های دارای عیار بیش از 0/25 درصد از طریق سرد نمودن و برگشتن دانه‌های بزرگتر باطله توسط سنگجوری دستی تغلیظ می‌گردند. در بیشتر واحدهای پالایش واحد برگشتی دانه‌های درشت تر از طریق دانه‌بندی همراه و یا بدون سرد نمودن دانه‌های درشت موجود است. دانه‌بندی ثانویه از 1/2 الی 2 اینچ، شستشوی دانه‌های بزرگتر جهت جدا کردن نرمه با تاکید بر رنگ و سپس دانه‌بندی و بعد خردایش دانه‌های درشت‌تر و گرم نمودن مواد خرد شده در کوره، مجموعه عملیاتی است که انجام می‌گیرد. در این طریق در اثر دانه‌بندی نمودن، حدود 50٪ یا بیشتر وزن محصول بعد از گرم نمودن کاهش می‌یابد.

کانه سینابر به دلیل وزن مخصوص بیشتر ربه سرعت فلوته می‌گردد. معمولاً کانسنگ با عیار پائین با توجه به وضعیت انتشار دانه‌ها به‌خوب یاز طریق سنگجور یدستی جدا شده و کنسانتره می‌گردند و کنسانتره تولید شده از این روش می‌بایستی توسط یک روش گرانقیمت‌تر از متد عبور از کوره گرم شوند. در واحد سولفوربانک حت بیا خردایش تا حداکثر یک اینچ باقیمانده گرد و غبار منتقل شده از کوره به‌قدری زیاد است که باید قبل از تراکم ذرات، غبار گیری مجدد انجام گیرد و غبار به قدری درمحتوی جیوه شرکت می‌نماید که می‌بایستی مجدداً فلوته شوند.

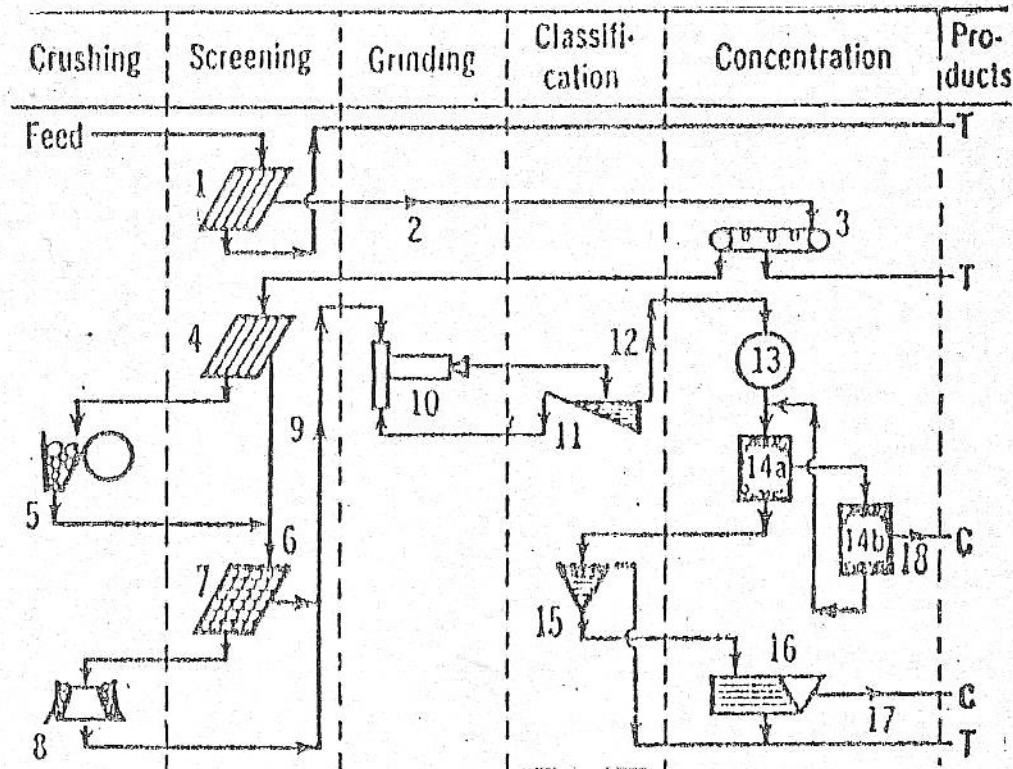
در زیر به چند نمونه از کارخانجات فرآوری جیوه اشاره می‌گردد:

### 1-2-5-2- واحد فرآوری جیوه در ایالت گویرور (مکزیک):

فلوشیت واحد فراوری جیوه در ایالت گویرور، مکزیک در شکل شماره 2-1 نشان داده شده است. مشخصات این واحد به شرح زیر است:

کانسنگ: لیوینگستونیت (سولفات آنتیموناید جیوه) و سینابر با استیبینت، گوگرد طبیعی و پیریت درگچ، دولومیت و کالسدونی

ظرفیت : 16 تن در روز



شکل ۱-۲- فلوشیت واحد فرآوری جیوه در ایالت گویرورو، مکزیک

شکل 1-2- فلوشیت واحد فرآوری جیوه در ایالت گویرورو، مکزیک

عیارها : خوراک ورودی 240٪ جیوه و 96٪ آنتیموان

کنسانتره : 7-11 درصد جیوه و 25-50 درصد آنتیموان

درصد بازیابی : 90٪ جیوه

نسبت تغلیظ : حدود 40 به یک

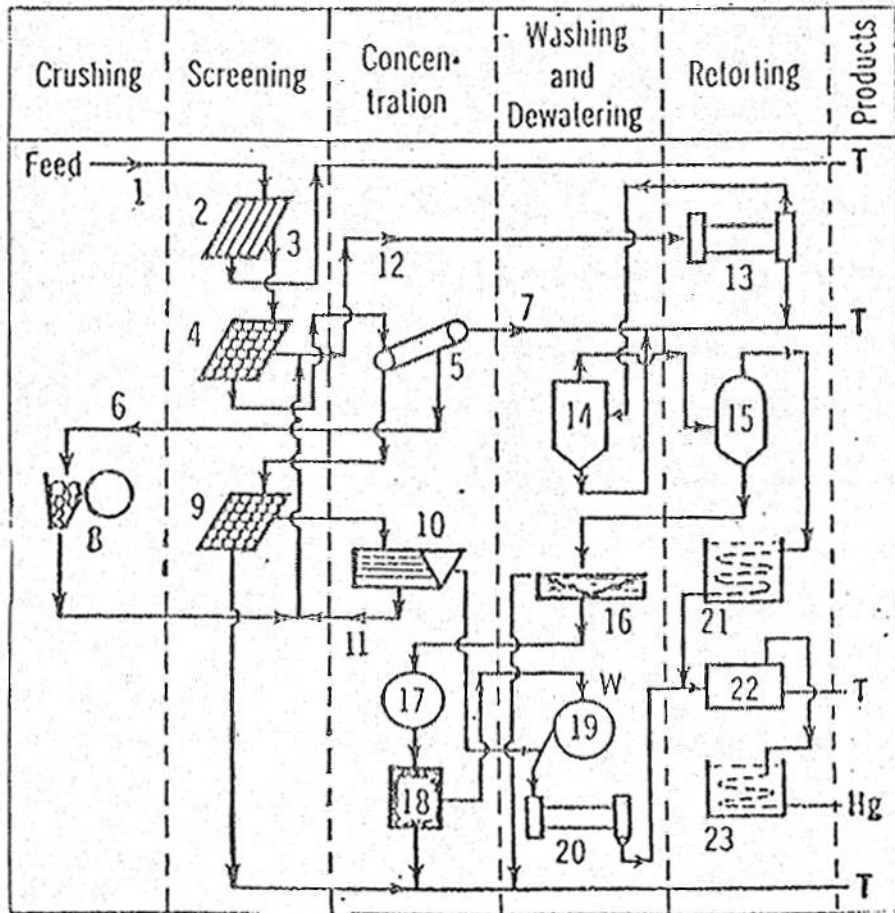
ارقام ارائه شده در شکل شماره 1-2 بیانگر موارد زیر است:

1- گریزلی مسطح 10 اینچ (مواد کانه دار عبور کرده و باقیماند به بخش باطلا انتقال می یابد)

2- مخزن با ظرفیت 40 تن

- 3- نوار نقاله به عرض 30 اینچ
  - 4- گریزلی 3 اینچ
  - 5- سنگ شکن فکی با دهانه‌ای به ابعاد 10×20 اینچ
  - 6- نوار نقاله
  - 7- سرندسیمونز 3×6 فوت با چشمه 3/8 اینچ
  - 8- سنگ شکن ژیراتوری از نوع laytor 20 اینچ
  - 9- نوار نقاله به عرض 18 اینچ با شیب 17 درجه نمونه گیر، مخزن 300 تن، فیدر نواری 18 اینچ
  - 10- آسیای گلوله‌ای تیلور 6×5 فوت
  - 11- کلاسیفایر 4×20 فوت
  - 12- پمپ
  - 13 آماده ساز به ابعاد 8×6 فوت
  - 14- یک دستگاه فلوتاسیون Denver b-A 6 سلولی
  - a = سلول‌های 3 تا 6
  - B = سلول‌های 2 و 1
  - مواد شیمیایی شامل گزنتات، روغن کاج، کربنات سدیم برای تنظیم PH=8 و سولفات مس
  - 15- مخروط نرمه گیر 5 فوت
  - 16- میز شماره 6 Wifley (ویفلی)
  - 17- بازگشت به آسیا
  - 18- تیکنر 4×16، یک فیلتر استوانه‌ای 3×4 فوت، خشک کن
- این واحد شامل یک مرحله سنگ شکنی، سرند، آسیا، کلاسیفایر، میز نرمه و فلوتاسیون است.
- 2-2-5-2- واحد فراوری یوه سولفور بانک :**
- فلوشیت این واحد در شکل شماره 2-2 نشان داده شده است و مشخصات آن به شرح زیر می‌باشد :
- کانسنگ : سینابر دانه ریز پراکنده در بازالت هوازده با عیار متوسط 2٪ گوگرد





شکل ۲-۲- فلوشیت واحد فرآوری جیوه سولفوربانک

شکل ۲-۲- فلوشیت واحد فرآوری جیوه سولفور بانک

ظرفیت : 300 تن در روز

عیار : خوراک ورودی 4/5 پوند برتن (0/20 %) جیوه و ضایعات برگشتی \* نگیوری دستی 1/5 پوند

برتن

بازیابی جیوه : 85 درصد

برق مصرفی : 3/3 کیلووات بر ها تن

نیروی کار: 3/4 تن بر هر نفر در هر شیفت کار

خلاصه فرآیند: بازیابی ضایعات اولیه در اندازه‌های بیش از 9 اینچ درگر \*\*\* و ضایعات ثانویه به وسیله

سنگ جوری دستی با دانه‌بندی 1-9 اینچ و سپس شستشو بر \*\*\*\*

ارقام ارائه شده در شکل شماره 2-2 بیانگر موارد زیر است:

(1) خوراک ورودی به وسیله دو دستگاه بیل مکانیکی یک یارد مکعبی \*\*\* شده و با کامیون‌های 8 ارد مکعبی به محل کار خود حمل میشود.

(2) گریزل شیب دار ساخته شده از ریل‌های 70 پوندی به فاصله 19 اینچ

(3) مخزن اسکریپ‌های 2 تنی بر روی ریل شیب‌دار، مخزن 40 تنی فیدر آسیا

(4) سرند استوانه‌ای به عرض 42 اینچ و طول 8 فوت با چشمه‌های دایره‌ای

(5) نوار نقاله شیب‌دار به عرض 36 اینچ و به طول 40 فوت که بر روی آ\*\*\* آب نصب شده است.

(6) مخزن به ظرفیت 25 تن

(7) نوار نقاله‌ای که به دیوی باطله منتهی می‌شود.

(8) سنگ شکن فکی 10×20 اینچ، بادخانه خروجی 2 اینچ، این سنگ شکن در هنگامی که مخزن 6 پر است به طور منقطع کار می‌کند.

(9) سرند لرزان با چشمه 1/4 اینچ برای جدایش چپس‌ها

(10) میز که عیار کنسانتره آن حدود 1000 پوند بر تن و عیار باطله حدود 6 پوند بر تن جیوه

(11) استخرهای ذخیره آبگیری، خشک کردن با آفتاب، بار کردن کامیون‌ها با بیل دستی به سمت دیو

(12) نوار نقاله به عرض 18 اینچ و به طول 430 فوت، نوار نقاله به عرض 18 اینچ و به طول 38 فوت،

دیوی 5000 تنی، یک دستگاه دراگ لاین (drag line)، نوار نقاله به عرض 18 اینچ و به طول 48 فوت،

بالابر سطحی، مخزن 50 تن، فیدر 30 اینچ، نوار نقاله به عرض 18 اینچ و به طول 60 فوت.

(13) کوره دوار به طول 46 اینچ با شیب 1/2 اینچ بر فوت، مقدار خوراک 1/8 تن (خشک) در هر

ساعت. مشعل در طرف خوراک‌دهی نصب شده و درجه حرارت گاز خروجی 625 درجه سانتی‌گراد است.

مقدار اکسیژن ورودی طوری تنظیم می‌شود که گوگرد سوخته نشده‌ای در گاز خروجی نباشد زیرا در

قسمت کندانسه کردن تمایل به واکنش با جیوه دارد.

(14) سیستم غبارگیر

(15) مخزن ته‌نشینی

- 16) دومخزن تهنشینی به صورت سری
- 17) یک مخزن 10×10 Devereaux فوت با سرعت 25 دور در دقیقه
- 18) یک دستگاه فلوتاسیون 2 سلولی
- 19) فیلتر رخلای از نوع Batch
- 20) دیسک‌های خشک کن برقی از نوع Batch
- 21) سیستم سری کندانسور
- 22) کندانسور لوله‌ای

### 3-2-5-2- فرآورد جیوه‌ای شرکت کالوردیل (Colverdale) :

فلوشیت واحد فرآوری جیوه کالوردیل در شکل شماره 2-3 ارائه شده است و مشخصات این واحد به شرح زیر است:

محل: کالوردیل کالیفرنیا

کانسنگ: سینابر به صورت رگه و لایه‌های نازک در درز و شکاف‌های سنگ چرت با ساختمان شدیداً تکتونیزه

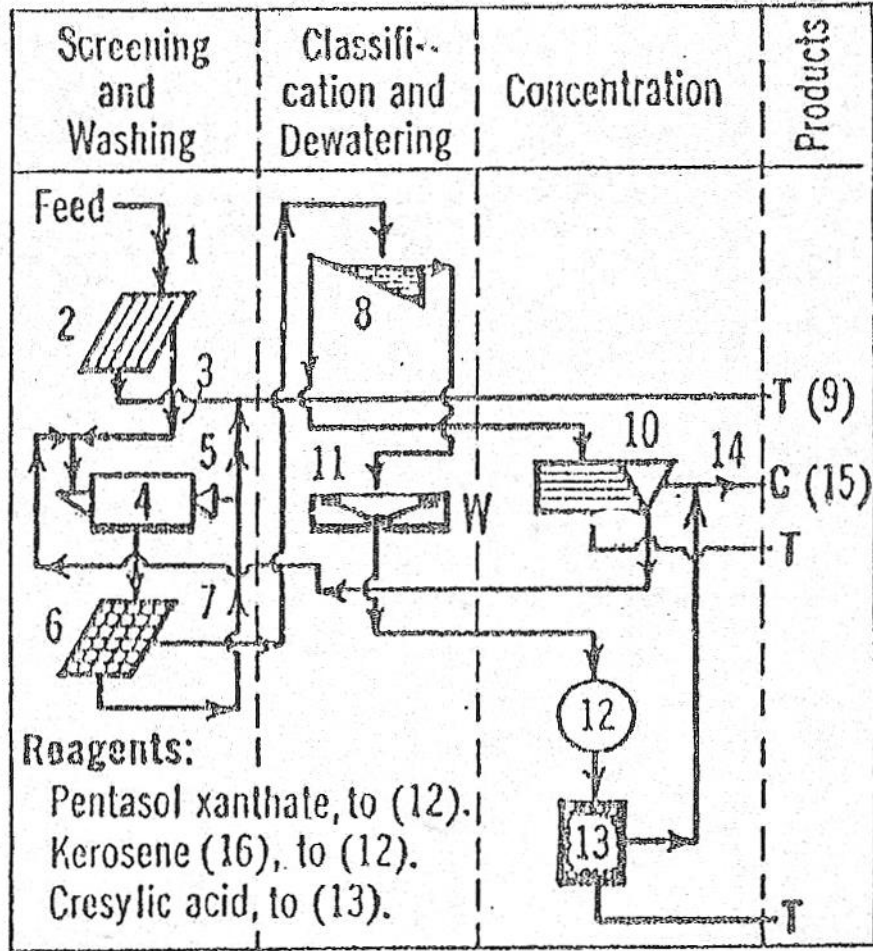
ظرفیت: 420 تن در روز

عیار: خوراک ورودی 1 پوند بر تن جیوه و کنسانتره 50٪ جیوه

بازیابی: 50٪ در آسیای قدیمی (IC 6966)

فرآیند: شامل سرند، کلاسیفایر و تولید کنسانتره با استفاده از میز و سلول‌های فلوتاسیون است.

ارقام ارائه شده در شکل شماره 2-3 بیانگر موارد زیر است:



شکل ۲-۳- فلوشیت واحد فرآوری جیوه Colverdale

شکل ۲-۳- فلوشیت واحد فرآوری جیوه Colverdale

- (1) بار ورودی به وسیله کانیون‌های 3 تنی از معدن روباز به کارخانه حمل می‌شوند.
- (2) گریزل بیا چشمه 6 اینچ.
- (3) مخزن 500 تنی مجهز به فیدرنواری.

- 4) آسیای گولهای
- 5) نوار نقاله 24 اینچ
- 6) سرند لرزان Symons با چشمه 10 میکرون
- 7) نوار نقاله
- 8) کلاسیفایر که برای سر ریز بالای 10 میکرون کار می‌کند. عیار خوراک ورودی 4 تا 5 پوند بر تن جیوه
- 9) نوار نقاله به سمت دپوی باطله
- 10) میز ارتعاشی
- 11) تیکنر، پمپ دیافراگمی
- 12) همزن
- 13) سلول‌های فلوتاسیون Kraut
- 14) آبگیری و مرحله خشک کن
- 15) کنسانتره

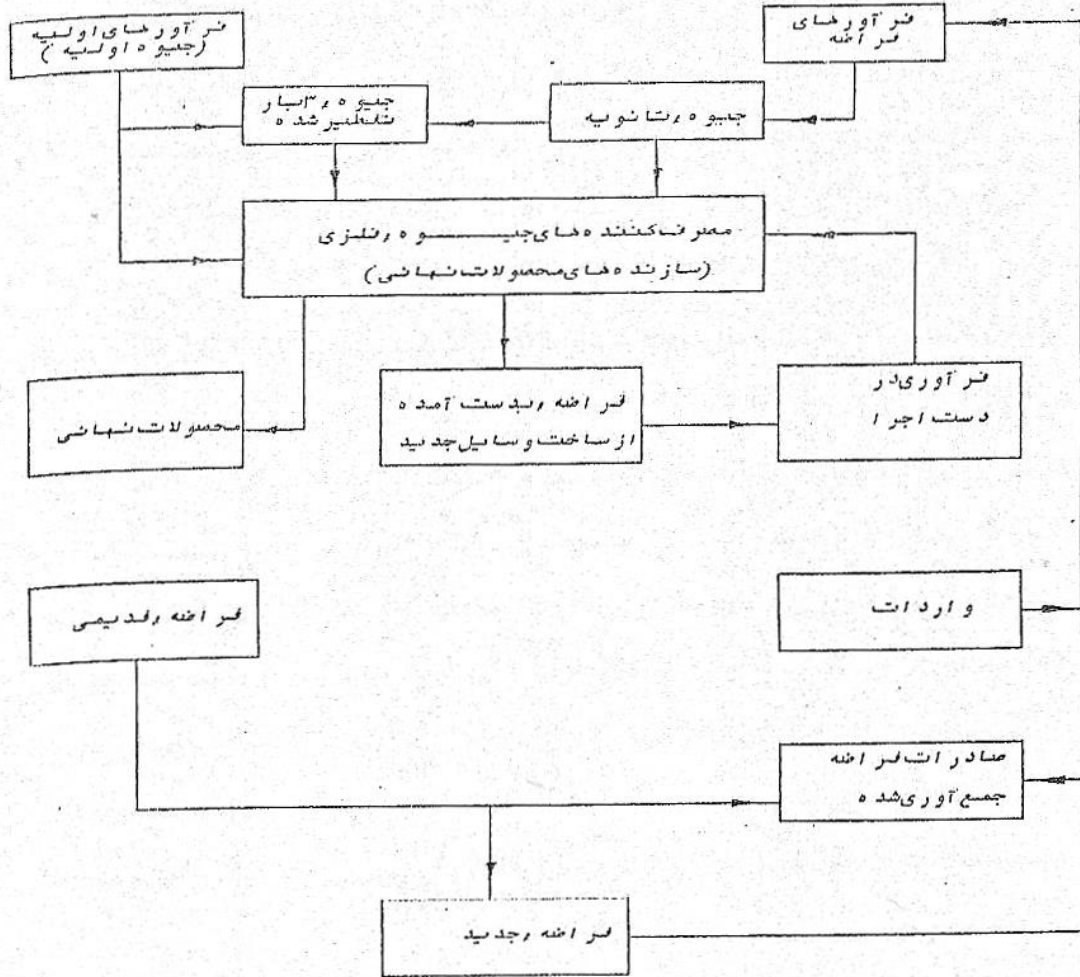
### 3-5-2- تولید جیوه به عنوان محصول فرعی:

یکی از روش‌های تولید جیوه، بازیابی جیوه موجود در دستگاه‌های الکتریکی و کارخانجات تولید کلر قلیا می‌باشد. پس از اتمام عمر مفید این دستگاه‌ها و کارخانه‌ها و قراضه شدن آنها جیوه بازیابی می‌گردد. در شکل شماره 2-4 فرآیند مصرف مجدد قراضه‌ها نمایش داده شده است. جیوه را به عنوان محصول فرعی از کانه‌های قلع – تنگستن، طلا و فلزات پایه نیز استخراج می‌کنند. قبلاً در ایالت نوادای آمریکا ضمن استخراج طلا و یا در اسپانیا و فنلاند ضمن فرآوری متالورژیکی روی، جیوه هم به عنوان محصول فرعی استخراج می‌شد.

### 3-6- قیمت جیوه و روند تغییرات آن در سال‌های اخیر:

قیمت‌های بازار آزاد جیوه در نشریه متال بورتن منتشر می‌شود. بر اساس گزارش این نشریه قیمت جیوه طی 5 سال گذشته به دلیل تقاضای نامنظور و تولید متغیر، نوسان زیادی داشته، قیمت هر فلاسک جیوه در سال 1993 بین 100-115 بوده در حالیکه در سال 1994 شروع به افزایش نموده و به 110-130 دلار

در هر فلاسک رسیده است. رود افزایش قیمت در سال 1995 نیز ادامه داشته . هر فلاسک در اکتبر سال 1995 بین 150-170 دلار



شکل ۲-۴- جریان قراضه جیوه در یک کشور صنعتی (۳ و ۴)

شکل ۲-۴- جریان قراضه جیوه در یک کشور صنعتی (۳ و ۴)

مبادله شده است. افزایش قیمت در سال 1996 تقریباً به حداکثر مبلغ طی 5 سال گذشته رسیده و هر فلاسک 180 دلار خرید و فروش شده است. از نیمه دوم سال 1996 قیمت جیوه رو به کاهش بوده و ژوئیه همان سال به 162-172 دلار رسیده است. در اوایل سال 1997 قیمت هر فلاسک جیوه معادل قیمت اواسط سال 1996 بوده ولی در اواسط سال 1997 قیمت شروع به کاهش نموده و در ماه‌های سپتامبر و اکتبر و نوامبر به 145-155 دلار در هر فلاسک در بازار آزاد مبادله شده است.

جدول شماره 2-7 قیمت جیوه را با عیار 99/9٪ طی سال‌های 1993 تا 1997 نشان می‌دهد. (8) قوانین و مقررات محدود کننده زیست محیطی و جایگزینی مواد دیگر از عوامل مهم تأثیرگذار بر قیمت جهانی جیوه است. مصرف جیوه در مواردی نظیر صنعت کاغذ، ملقمه کردن طلا، کشاورزی و داروسازی و رنگ در سال‌های اخیر کاهش یافته است. عوامل محدود کننده منجر به کاهش تقاضا و افزایش هزینه‌های تولید شده و بر روی قیمت جهانیه جیوه تأثیر می‌گذارد. در سال‌های اخیر بهبود نسبی در میزان تولید و تقاضای جهانی جیوه به علت رشد مصرف باتری‌های جیوه‌ای روی داده است که بی‌تأثیر بر روی قیمت جهانی جیوه نمی‌باشد. به عنوان مثال مصرف جیوه در وسایل الکتریکی و باتری‌ها در کشور آمریکا 50٪ افزایش داشته است.

از عوامل دیگری که بر قیمت جهانی جیوه تأثیر گذاشته، عرضه جیوه ثانویه از دو دهه گذشته تاکنون می‌باشد به طوری که چندین معدن تولید جیوه طی این سال‌ها به دلیل عرضه بیش از حد جیوه ثانویه تعطیل شدند و این موضوع بر قیمت جیوه در جهان تأثیر گذاشته

**جدول شماره 2-7- قیمت جیوه با عیار حداقل 99/9 درصد در بازار آزاد و طی ماه‌های مختلف سال‌های**

**(8) 1997-1993**

جدول ۲-۷- قیمت جیوه با عیار حداقل ۹۹/۹ درصد در بازار آزاد وطنی ماههای

مختلف سالهای ۱۹۹۷-۱۹۹۳ (۸)

Price (\$/Flask)		Year	Month	Day
From	To			
100	115	1993	Jan	30
110	130	1994	Sep	9
130	150	1995	Feb	8
138	150	1995	April	5
138	155	1995	April	21
150	170	1995	Oct	25
170	180	1996	March	15
162	172	1996	July	5
161	171	1997	Jan-Feb-March	
158	168	1997	April-May-June	
150	168	1997	July-August	
145	155	1997	Sep-Oct-Nov	

است. یکی از منابع مهم تغذیه کننده جیوه ثانویه جهان در دوده گذشته، جیوه مورد مصرف در کارخانه‌های تولید کلر-قلیا بوده است. درحالیکه تا دهه 1970 بیشترین مصرف جیوه در تولید کلر-قلیا بوده و از این تاریخ به بعد به دلیل وضع قوانین محدود کننده زیست محیطی مصرف جیوه در این مورد کمتر شده و کارخانه‌های تولید کلر-قلیا به مرور زمان تعطیل شدند و جیوه آنها بازیابی و برای مصارف دیگر فروخته شد. مثلاً طی سال‌های 1986 تا 1987 از لسته شدن کارخانه‌های کلر-قلیای ژاپن حداقل



1020 تن جیوه بازیابی و به بازار عرضه شده است. در کشورهای دیگر نیز حذف این نوع کارخانه‌ها با سرعت بیشتری ادامه دارد. ظرفیت بازیابی جیوه از کارخانه‌های کلر-قلیا در کشورهای غرب محدود 33٪ تولید جیوه اولیه است (معادل 1020 تن که تقریباً بیش از تولید دو سال جیوه اولیه جهان است).

بازیابی جیوه از باتری‌های مصرف شده از دیگر منابع تولید جیوه ثانویه است و در برخی از کشورهای جمع‌آوری باتری‌های مصرف شده جیوه‌ای به منظور جلوگیری از آلودگی محیط زیست رو به افزایش بوده و مورد تشویق قرار گرفته است.

معدن المعدن اسپانیا به عنوان بزرگترین ذخیره جیوه نقش مهمی را در بازار جهانی جیوه دارد. امتیازاتی که این معدن در بازار جهانی دارد ناشی از بالا بودن عیار کانه و میزان ذخیره قابل استحصال و تغییرات در روش استخراج و کاهش هزینه‌های تولید است (8).

به طور کلی عواملی که بر بازار جهانی جیوه تأثیر دارند عبارتند از:

- قوانین محدود کننده زیست محیطی
- استفاده از مواد جایگزین به جای جیوه
- رشد مصرف باتری‌های جیوه‌ای
- عرضه جیوه ثانویه، به ویژه جیوه به دست آمده از کارخانجات کلر - قلیا
- حاکمیت معدن جیوه المعدن اسپانیا به عنوان بزرگترین تولید کننده جیوه بر بازار جهانی و تعیین استراتژی تولید توسط این معدن
- فروش جیوه بلوک شرق به کشورهای غربی

## فصل سوم

### زمین شناسی

#### 3- زمین شناسی :

##### 3-1- زمین شناسی و متالورژی ناحیه‌ای :

ناحیه مورد بررسی از نظر جغرافیائی در شمال غرب کشور و در استان آذربایجان غربی قرار گرفته است. این منطقه در قالب زمین ساخت جهانی در بخش مرکزی کمر بند کوهزائی آلپ- هیمالیا واقع شده و بر اساس تقسیمات زمین شناسی ایران (افتخار نژاد، 1359) در زون افیولیتی شمال غرب کشور موسوم به افیولیت‌های خوی- ماکو قرار دارد. کمر بند افیولیتی یادشده بقایای پوسته اقیانوسی نئوتتیس می‌باشد که در امتدادراندگی زاگرس از سیستان و بلوچستان آغاز و تا شمال غرب کشور در ناحیه خوی- ماکو ادامه داشته و به فلات آناتولی و به کوه‌های تاروس واقع در خاک ترکیه ختم می‌شود. افیولیت‌های یاد شده که به افیولیت‌های محوری (در تقسیم بندی اشتوکلین، 1971) نیز موسوم هستند از جنوب شرقی کشور در ناحیه سیستان و بلوچستان به سمت شرق ادامه پیدا کرده و رخنمون‌هایی از آن در شرق گسل چمن پاکستان مشاهده می‌شود. نظریات بسیاری در مورد پیدایش و تکوین این کمر بند ارائه گردیده است. بر اساس نظریات اشتوکلین در مورد وضعیت ساختاری شرق چین خوردگی آلپ هیمالیا و جنوب آسیای مرکزی، این مناطق به چهار بخش (دومن) شمالی، جنوبی، رشته کوه‌های افیولیتی محوری و بخش مرکزی تقسیم می‌گردد. همانگونه که ذکر گردید، منطقه مورد مطالعه در بخش رشته کوه‌های افیولیتی قرار می‌گیرد. شواهد زمین شناسی نشانگر آن است که این بخش از نظر تکتونیکی بسیار فعال بوده و در محل مجموعه مذکور اقیانوس عمیق و باریکی وجود داشته که کف آن در حال گسترش، باز شدن و تشکیل پوسته اقیانوسی بوده است. این اقیانوس قبل از تکامل، تحت تاثیر فشارهای جانبی بسته شده است. شدت فشارهای جانبی چنان

گسترده بوده که موجب مخلوط شدن این مجموعه و حرکت آن بر روی زمین‌های مجاور و تشکیل افیولیت ملانژهای ایران گردیده است. شدت پدیده فوق در طول این کمربند یکسان نبوده لذا این زون در ایران به دو بخش کاملاً متمایز بیرونی (Outer sub belt) و درونی (Inner sub belt) تقسیم می‌گردد (2).

بخش بیرونی، افیولیت‌های باختران و نیریز را شامل می‌شود که در جنوب رورانگی زاگرس گسترش داشته و احتمالاً با افیولیت‌های عمان در ارتباط می‌باشد. در این بخش سنگ‌های افیولیتی به صورت توده‌های بزرگ بر روی رسوبات، رانده شده و توسط رسوبات مائس تریشتین (تشکیلات تارپور) پوشانده می‌شوند. سن جایگزینی سنگ‌های افیولیتی در این زون به زمانی قبل از مائس تریشتین نسبت داده شده است. از ویژگی‌های این زون می‌توان به وجود توده‌های بزرگ از آهک‌های متبلور به سن پرمین و تریاس به صورت اجزاء بیگانه (Exotic) اشاره نمود.

بخش درونی شامل افیولیت‌های نوار مرزی ایران و ترکیه می‌باشد که ناحیه مورد بررسی را نیز در بر می‌گیرد. گسترش این بخش در قسمت آناتولی مرکزی ترکیه، بسیار وسیع بوده و در امتداد خط راندگی زاگرس ادامه دارد و حلقه آمیزه رنگین ایران مرکزی نیز که بوک لوت را احاطه کرده جزئی از آن محسوب می‌گردد. توده‌های بزرگ پریدوتیتی بخش بیرونی در بخش درونی به ندرت دیده می‌شود. رسوبات ائوسن به طور دگر شیب این مجموعه را پوشانده است. بنابراین جایگزینی و تشکیل ملانژ افیولیتی را به قبل از ائوسن میانی نسبت می‌دهند. نحوه تشکیل مجموعه‌های افیولیتی به این ترتیب است که در گوشته فوقانی به علت ازدیاد دما، ذوب بخشی صورت می‌گیرد. مواد حاصل از ذوب که ترکیب بازالتی دارند با توجه به چگالی کمتر نسبت به محیط اطراف، به سطح زمین کشیده شده و به بیرون راه پیدا می‌کند. در ضمن مهاجرت و پس از آن بخشی از این مواد متبلور می‌گردد. پس از استقرار این مایع، بلورهای مزبور به کف مایع سقوط کرده و ته نشین می‌شوند (کومولیت). اجتماع این بلورها که اکثراً از نوع الیوین و پیروکسن است، بخشی از سنگ‌های اولترابازیک تحتانی را به وجود می‌آورد و بخش دیگر اولترابازیک‌های مجموعه افیولیتی، ممکن است باقی مانده ذوب شده گوشته فوقانی باشند. وقتی گدازه مزبور به کف دریا رسید و با دریا تماس حاصل نمود بخش فوقانی آن به سرعت سرد شده و پیلولاوا از آن به وجود می‌آید و به این طریق، سقفی عایق تشکیل می‌شود که ماگما در پناه آن به آرامی سرد می‌شود. نتیجه این سرد شدن تدریجی و آرام، پیدایش گابرو و دایکهای دلریتی است.

بنابراین وضعیت لایه‌ای در مجموعه‌های اولترابازیک و گابرو را می‌توان به تزریقات مکرر مواد مذاب و ورود آن به محیط تبلور مربوط دانست. دایکهای دلریتی را نیز می‌توان مسیر و معبر تزریقات مکرر به بخش‌های سطحی و رسیدن مواد مذاب به سطح فوقانی در نظر گرفت. چنانچه مجموعه مزبور در مرحله

جامد و تحت تاثیر حرکات تکتونیکی، حالت لایه‌ای خود را از دست بدهد و به صورت مجموعه خرد شده و به هم ریخته‌ای ظاهر گردد، در این صورت آن را آمیزه رنگین (Coloured melonge) می‌نامند. به طور کلی واحدهای تشکیل دهنده مجموعه افیولیتی ایران، مشابه واحد های سازنده افیولیت‌های دنیا بوده و عمدتاً شامل مجموعه ای از سنگ‌های اولترابازیک، گابرو، دیابازو سنگ‌های حاصل از تفریق گابروها و بالاخره گدازه‌های والشی زیردریایی می‌باشند که با توف‌ها و سنگ‌های آذر آواری و رسوبات آهکی و رادیولاریتی درهم آمیخته است. با توجه به قرار گرفتن منطقه مورد بررسی در بخش درونی، در ادامه گزارش ویژگی‌های این زون مورد بررسی قرار می‌گیرد:

1) در این زون سنگ‌های افیولیتی در قطعات کوچک بی‌ریشه، به صورت یک مجموعه با سنگ‌های رسوبی به هم آمیخته و مخلوط درهمی را ایجاد نموده‌اند. سنگ‌های افیولیتی در این بخش عمدتاً از دیاباز، گدازه‌های بالشی، دایک‌های ورقه‌ای، اسپیلیت‌های بازالتی- آندزیتی، گابرو و توف‌های بازیک تشکیل شده‌اند که مقدار آن برخلاف کمر بند بیرونی، نسبت به سنگ‌های فوق بازیک افزون‌تر است.

2) قسمت رسوبی کمر بند درونی، شامل رسوبات آواری ریزفیلش، به همراه سنگ‌های ولکانیکی و توف، رادیولاریت، آهک‌های سیلیسی و پلاژیک قرمز و خاکستری رنگ بوده و مجموعاً مخلوط درهمی را ایجاد نموده‌اند ولی ارتباط چینه‌ای آنها کاملاً مشهود است.

3) سن آهک‌های پلاژیک با توجه به وفور میکروفسیل در آنها از کونیاسین تا مائس تریشتین مشخص گردیده است. در بخشی از نوار مرزی ایران و ترکیه سن آنها به پالئوسن و حتی به آنوسن می‌رسد. بنابراین بخش رسوبی افیولیت‌های درونی از زون بیرونی جوان تر است.

4) با وجود اینکه کلیه اجزاء تشکیل دهنده ملانژ افیولیتی، ظاهراً Exoite به نظر می‌رسند ولی جملگی متعلق به یک ترف رسوبی واحد می‌باشند که بعداً به طور کامل در هم آمیخته و یک مخلوط نابرجا تشکیل داده‌اند که اجزاء قدیمی در آنها به قدرت دیده می‌شوند.

5) بخشی از کمر بند فرعی درونی، شدیداً متأثر از یک دگرگونی فشار بالا بوده و سبب ایجاد رخساره‌های شیست سبز و گلوکوفان شیست گردیده است.

درباره سن افیولیت‌ها دو موضوع باید از هم تفکیک شود: اول سن تشکیل دهنده‌های اصلی افیولیت‌ها و سپس سن اختلاط. بدیهی است که سن اختلاط کمتر، از سن تک تک واحدهای تشکیل دهنده ملانژ است. در مورد اول نیاز به داده‌های رادیو متری است که تاکنون جواب قانع کننده‌ای در کل نداده است ولی سن مخلوط شدن را به‌طور نسبی می‌توان تعیین نمود.

در این ناحیه، کهن‌ترین سنگ‌ها دارای رخنمون مربوط به کرتاسه (بالائی) بوده و قدیم‌تر از کرتاسه دیده نشده است. تصور می‌رود که در زمان کرتاسه پائین، این ناحیه بخشی از حوضه نئوتتیس (و یا گودال‌های

تراف مانند) را تشکیل می‌دهد است که خاستگاه اولیه مجموعه افیولیتی در محیط کافت اولیه بوده است. در ناحیه خانگلی، نهشته‌های آپسین رخنمون ندارد ولی نهشته‌های کرتاسه فوقانی که شامل سنگ‌های افیولیتی، رادیولاریت و آهک پلاژیک است در بخش بزرگی از این گستره به چشم می‌خورد. این مجموعه به دلیل حرکات تکتونیکی شدید، دستخوش جابجائی‌ها و گسل‌های شدید گردیده است به‌طوری‌که ارتباط لیتولوژیکی آن به هم خوره است. نهشته‌های ترسیر شامل رسوباتی از تیپ فیلیش است که به طور دگرشیب (با قاعده کنگلومرانی) بر روی مجموعه افیولیتی قرار گرفته‌اند. نهشته‌های کواترنر را گدازه‌های آتشفشانی با ترکیب بازالت، رسوبات تراورتن و طبقات تخریبی پای دامنه کوه و مسیل آبراهه تشکیل می‌دهند. سنگ‌های ولکانیکی کواترنر با سنگ‌های آتشفشانی شمال‌غرب ایران در ارتباط بوده و محصول فعالیت‌های آتشفشانی کوه‌های آرات و تندورک هستند ( این دو آتشفشان در خاک ترکیه قرار گرفته و گدازه‌های بالزاتی آنها پهنه وسیعی را در اطراف این دو آتشفشان پوشانده‌اند). در همین منطقه و دقیقاً در مرز ایران و ترکیه دهانه آتشفشان کوچکی دیده می‌شود که سنگ‌های خروجی آن بیشتر به شکل گدازه و اندکی به صورت بمب و لاپیلی است.

صرف نظر از فعالیت آتشفشانی از نوع بازیگ (به سن کواترنر) که فوقاً ذکر آن رفت، فعالیت آتشفشانی اسیدی نیز در این ناحیه در زمان الیگوسن - میوسن به‌وقوع پیوسته است. گسترش این سنگ‌ها در 8 کیلومتری جنوب‌شرقی منطقه مورد مطالعه قابل مشاهده است. لیکن گسترش اصلی این سنگ‌ها به‌طرف غرب و به داخل کشور ترکیه می‌باشد. این ولکانیک‌ها فوران‌های آتشفشانی اسیدی با ترکیب ریولیتی - داسیتی (ریوداسیتی) هستند. نظر به اینکه این ولکانیسم سبب بالا رفتن درجه زمین گرمائی و تشکیل چرخه‌های آب گرم و سیستم‌های گرمایی شده است نقش مهمی در کانی‌سازی دارد (3).

سنگ‌های یاد شده به‌طور دگرشیب بر روی گدازه‌های بالزاتی ( که خود بخشی از مجموعه افیولیتی هستند) و رسوبات شیلی ائوسن قرار می‌گیرند. این سنگ‌های ولکانیکی، بدون لایه‌بندی تا ضخیم‌لایه بوده و عمدتاً از قطعات خاکستر آتشفشانی و پومیس در یک زمینه شیشه‌ای ریز دانه تشکیل شده‌اند به همین جهت نام توف‌های برشی پومیس دار را می‌توان به آنها اطلاق نمود. در نزدیکی آبادی سعدل در داخل این توف برش‌ها، یک توده کوچک گدازه تماماً شیشه‌ای پرلیتی به‌چشم می‌خورد که نشان دهنده فوران بخشی از آنها در محیط زیر آبی (دریاچه‌ای) است. به‌غیر از سنگ‌های آتشفشانی و آذر آواری که ذکر آن رفت، در این ناحیه یک سریتوده‌های نیمه عمیق از جنس کوارتز دیوریت - مونزونیت با بافت میکرو گرانولار پورفیری گسترش دارند که واحدهای مختلف مجموعه افیولیتی از قبیل گدازه‌های بالشی، رسوبات فیلیشی ائوسن و توف برش‌های پومیس‌دار و گدازه‌های داسیتی- آندزیتی یاد شده را قطع نموده و باعث دگرسانی شدید آنها گردیده‌اند. این توده‌های نفوذی غیر عمیق را با توجه به قطع نمودن گدازه‌ها و

توفهای الیگوسن - میوسن، می‌توان به زمان بعد از میوسن ( پلیوسن؟) نسبت داد. در شرق کشور ترکیه و در شمال دریای وان نیز سنگ‌های آتشفشانی از نوع اسید تا متوسط به سن ترسیر، گستره وسیعی را می‌پوشانند که در یک زون شرقی - غربی رخنمون دارند. در این گستره کانی سازی از نوع درجه حرارت پائین و مرتبط با ساختارهای آتشفشانی ساخته شده است. اعتقاد بر این است که سنگ‌های بازالتی شمال غرب ایران از ماگماهای غنی از آلومین و سیلیس نتیجه شده‌اند (3 و 4). همچنین ولکانیک‌های سعدل به لحاظ ترکیب شیمیایی در قلمرو کالکو آلکان واقع شده و از نوع داسیتی - ریولیتی هستند (3).

### 3-2- زمین شناسی محدوده اکتشافی:

همانگونه که قبلاً ذکر گردید محدوده اکتشافی در زون افیولیتی خوی-ماکو قرار گرفته است. واحدهای تشکیل دهنده مجموعه افیولیتی در این محدوده تحت تاثیر شدید پدیده آلتراسیون و تکتونیک قرار گرفته‌اند به طوری که بعضاً سنگ مادر این واحدها قابل تشخیص نمی‌باشد. ذیلاً به بررسی واحدهای لیتولوژیکی موجود در این محدوده می‌پردازیم:

#### 3-2-1- سنگ‌های اولترابازیک (Sr):

این واحد از قسمت‌های اصلی تشکیل دهنده لیتولوژی مجموعه افیولیتی به شمار می‌آید و در محدوده اکتشافی عمدتاً به سرپانتینیت تبدیل شده است. سنگ‌های اولترابازیک کمابیش در بخش‌های مختلف محدوده گسترش داشته و عموماً با کنتاکت گسله در مجاورت واحدهای دیگر قرار می‌گیرند. این واحد تحت تاثیر عوامل تکتونیک به شدت خرد و برشی شده و متعاقب آن به یک واحد سنگی سخت تبدیل شده است. سرپانتینیت‌های برشی به علت عملکرد آنها به عنوان سنگ میزبان کانی سازی از اهمیت به‌سزایی برخوردارند. روند گسترش واحد یاد شده شمال غرب - جنوب شرقی است و آلتراسیون شدید هیدروترمال سبب ایجاد رگه و رگچه‌های فراوان سیلیسی و اکسیدهای آهن در امتداد شکستگی‌های این سنگ‌ها گردیده است.

نمونه‌های شماره K.P.14 و K.P.01 این واحد لیتولوژیکی اخذ و مورد مطالعه قرار گرفته است. ذیلاً به بررسی سنگ‌شناسی این واحد پرداخته می‌شود:

سنگ عمدتاً از سرپانتین تشکیل شده است. سنگ یاد شده به شدت خرد و برشی و آلتره بوده و وجود ساخت کاتاکلاستیک در بلورهای سرپانتین نشانه تاثیر شدید فشارهای تکتونیک است. رگه‌هایی از تالک، دولومیت، کلسیت و منیزیت؟ شکستگی‌ها را پر کرده و تبدیل به سرپانتین به تالک به ندرت دیده می‌شود. اکسیدهای آهن، ایلمنیت و کرومیت، کانی‌های فرعی بوده که به طور پراکنده در متن سنگ دیده می‌شوند.

نام سنگ سرپانتینیت برشی است.

### 3-2-2- کنگلومرای ولکانیکی آندزیتی (Kvc):

این واحد در بخش‌های کوچکی از محدوده گسترش دارد. دارای ساخت کنگلومرایی بوده لیکن به لحاظ سنگ‌شناسی منشاء ولکانیکی با ترکیب آندزیتی دارد. اجزاء تشکیل دهنده این سنگ ترکیب آندزیتی داشته و بدین وسیله با واحد کنگلومرایی پالئوسن متمایز می‌گردد (در واحد کنگلومرایی پالئوسن قطعات سنگی دیگر را نیز می‌توان مشاهده نمود).

نمونه‌های K.P.02 و K.P.04 از این واحد سنگی اخذ و مورد مطالعه قرار گرفته است. مشخصات پتروگرافی این واحد ذیلاً ارائه می‌گردد:

این سنگ دارای بافت میکروولیتیک شیشه‌ای پورفیری و ساخت حفره‌ای می‌باشد. بلورهای نیمه شکل‌دار پلاژیوکلاز (آندزین) و کانی‌های فرومنیزین کلریتی شده (آمفیبول) عمدتاً به صورت فنوکریست در یک متن میکروولیتی شامل تیغه‌های نازک پلاژیوکلاز و شیشه قهوه‌ای قرار گرفته‌اند. کانی‌های فرعی شامل اکسیدهای آهن و کانی‌های ثانویه کلریت می‌باشد. نام این سنگ آندزیت می‌باشد.

### 3-2-3- شیل‌های رادیولاریتی (Kr):

این واحد به صورت شیل‌های ارغوانی و قرمز رنگ در بین ترانشه‌های T3, T2 رخنمون داشته و قطعاتی از چرت‌های رادیولاریتی در داخل آن دیده می‌شود. نمونه KH.F.03 جهت مطالعه فسیل‌شناسی از این واحد اخذ شده است. بر این اساس سن آن به کراتاسه فوقانی (سانتومین – کامپانین) نسبت داده می‌شود.

### 3-2-4- کنگلومرای پالئوسن (PEC) :

در قاعده رسوبات فلیش مانند سازندهای ترشیر رسوبات کنگلومرایی با تغییرات جانبی شدید مشاهده می‌شود. وجود این تغییرات جانبی نشانگر وجود حوضه‌های رسوبی کم عمق غیر مرتبط با یکدیگر و نهشت این رسوبات به طور دگر شیب بر روی مجموعه افیولیتی است. اجزاء اصلی سازنده قطعات این کنگلومرا عمدتاً شامل قطعات ولکانیکی، بازالتی – آندزیتی و دیوریت بوده لیکن قطعات اولترابازیک و چرت‌های رادیولاریتی نیز در آن دیده می‌شود. اندازه قطعات این کنگلومرا متغییر بوده و حداکثر به 25 میلیمتر می‌رسد. این واحد کنگلومرایی نیز مانند سایر واحدهای سنگی تشکیل دهنده لیتولوژیکی محدوده تحت تاثیر فرآیند آلتراسیون قرار گرفته است.

### 3-2-5- شیل، مارن و ماسه سنگ (PEsH):

واحد شیلی، مارنی، ماسه سنگی به رنگ خاکستری، سبز تا زردرنگ با تغییرات رخساره‌ای شدید در بیشتر نقاط محدوده، با کنتاکت گسله با سایر واحدهای تشکیل دهنده محدوده گسترش دارد. رخنمون سطحی این واحد به دلیل خصوصیت فرسایش پذیری آن در بیشتر نقاط محدوده، توسط پوشش گیاهی پوشانده می‌شود.

نمونه KH.F.01 از این واحد سنگی جهت مطالعات فسیل شناسی برداشت شده است. بر اساس این مطالعات، سن این رسوبات Late Paleocene تعیین شده است.

### 3-2-6- رگه‌های سیلیسی و برش‌های هیدروترمالی (Si):

مهمترین آلتراسیون همراه با کانی سازی آلتراسیون سیلیسی است که به صورت رگه و رگچه‌های سیلیسی شامل کانی‌های اوپال، کلسدونی، کریستوبالیت و کوارتز عمدتاً به همراه اکسیدهای آهن در سنگ میزبان کانی‌سازی دیده می‌شوند. بافت سیلیس تشکیل دهنده این واحد، جریان‌ی، گل کلمی، کلونیدی و برشی بوده و بسیار متخلخل است. با توجه به موارد ذکر شده این آلتراسیون سیلیسی از نوع ژاسپروئید است. و بافت برشی ذکر شده ناشی از انفجارات هیدروترمالی است. بنابراین نام برش هیدروترمالی واژه مناسبی برای این واحد سنگی است.

نمونه K.P.09 جهت مطالعات پتروگرافی از این واحد برداشت شده است. مشخصات این نمونه ذیلاً ارائه شده است:

بافت این سنگ ویتروکلاستیک بوده عمدتاً از اجزاء نیمه گرد تا نیمه زاویه‌دار شیشه‌ای جریان‌ی و حفره دار تشکیل شده است. متن این سنگ به صورت شیشه‌ای ریز دانه است. سنگ به شدت خرد شده و شکستگی‌های آن توسط بلورهای کوارتز و فلدسپات پر شده است.

خردشدگی مزبور می‌تواند در اثر تزریق محلول‌های هیدروترمال تحت فشار انجام گرفته باشد.

سنگ شیشه خرد شده حفره دار و برشی با ترکیب ریوداسیتی است.

### 3-2-7- سنگ‌های آلتزه (Az):

این واحد به شدت تحت تاثیر آلتراسیون هیدروترمالی قرار گرفته است و با وجود تهیه مقاطع پتروگرافی، تشخیص قطعی سنگ مادر آن امکان پذیر نیست. لیکن با توجه به شواهد زمین شناسی احتمال آن می‌رود که سنگ منشأ آن از ولکانیک‌های بازیگ باشد. واحد با رنگ قهوه‌ای روشن و ترکیب اکسیدهای آهن،



کانی‌های رسی (عمدتاً کائولن) و رگچه‌های سیلیسی از واحدهای لیتولوژیکی دیگر کاملاً متمایز بوده و در بخش شرقی محدوده (بین ترانشه‌های T3, T4) رخمون دارد.

### 3-2-8- ملانژ افیولیتی (واحد Me):

ملانژ افیولیتی عمدتاً شامل قطعات سرپانتینیت‌های برشی، سنگ‌های ولکانیکی و شیل‌های رادیولاریتی بوده که در شمال شرق و جنوب غرب محدوده اکتشافی (به طور محدود) گسترش دارند. پدیده‌های تکتونیکی واحد فوق را به شدت تحت تاثیر قرار داده است به طوری‌که رخمون سنگ‌های یاد شده به صورت مخلوط درهم و غیر قابل تفکیک محصور در میان سیستم‌های گسلی مشاهده می‌شود.

### 3-2-9- رسوبات عهد حاضر (Qt):

رسوبات کواترنر عمدتاً شامل رسوبات جوان پای کوهی، واریزه و آبرفت‌های مسیل آبراه‌های می‌باشد که در بیشتر نقاط محدوده گسترش دارد.

### 3-3- تکتونیگ و زمین‌شناسی ساختمانی :

همانگونه که در بخش 1-3 اشاره گردید، محدودیت تحت مطالعه در زون افیولیتی خوی - ماکو واقع شده است.

واحدهای تشکیل دهنده لیتولوژی این ناحیه عمدتاً شامل مجموعه‌ای از سنگ‌های اولترابازیک، گدازه‌های بازالتی - اندزیتی، آهک‌های پلاژیک، شیل‌های رادیولاریتی، گابرو، دایک‌های دلریتی و رسوبات و واحدهای جوانتر از مجموعه افیولیتی هستند. تنوع واحدهای سنگی و به تبع آن، اختلاف در اختصاصات فیزیکی، منجر به رفتار متفاوت این سنگ‌ها در پاسخ به تاثیر فرآیندهای تکتونیکی شده است.

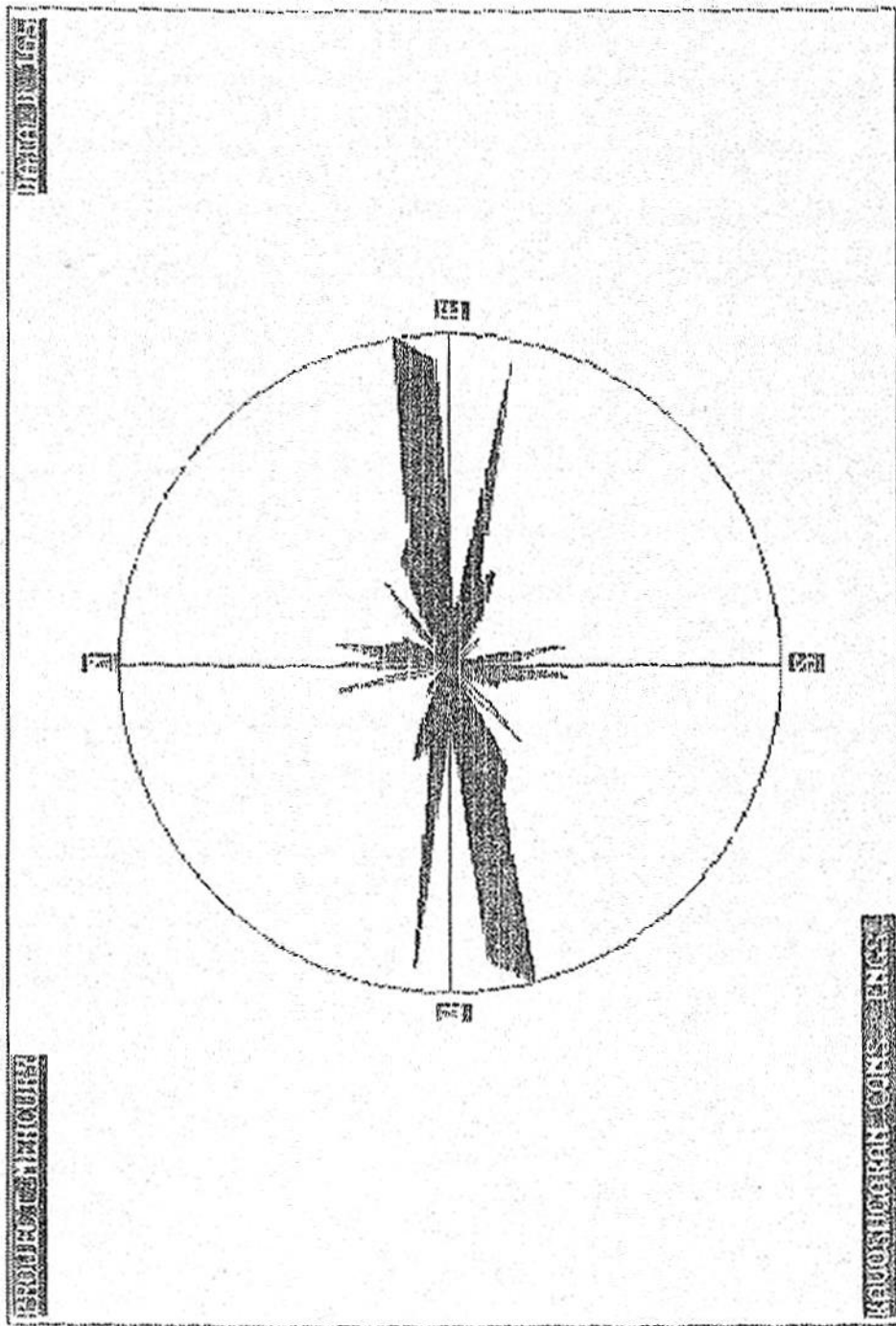
عملکرد شدید پدیده آلتراسیون و عوامل تکتونیکی به نحوی است که در بعضی موارد تشخیص سنگ مادر واحدهای لیتولوژی در محدوده اکتشافی، امکان پذیر نبوده و یا بسیار دشوار است.

پس از برداشت مشخصات تکتونیکی شکستگی‌های محدوده اکتشافی، دیاگرام گل‌سرخي آنها توسط نرم افزار Rose ترسیم گردید و نحوه ارتباط این عوارض با کانی زائی و تکتونیک ناحیه‌ای مورد بررسی و تجزیه و تحلیل قرار گرفت. در خلال این مطالعات که بیشتر در دیواره ترانشه‌های عمیق احداث شده توسط بولدوزر و بر روی زون‌های مینرالیزه و نقاط مجاور انجام پذیرفت، حداقل امکان سعی گردید که ارتباط

منطقي بين معابر و شکستگی‌هاي کنترل کننده و هدايت کننده کاني‌سازي و ساختار تکتونيکي منطقه به دست آيد.

دياگرام گل سرخي درزه‌ها و شکستگی‌هاي محدوده اکتشافی بر مبنای جهت شیب در شکل 3-1 ارائه شده است.

بر اساس این دیاگرام که بر مبنای جهت شیب تهیه شد، سه سیستم اصلی و چند سیستم فرعی شکستگی در محدوده اکتشافی وجود دارد. روند غالب دارای امتداد شمال‌غربی - جنوب‌شرقی N160-175E (جهت شیب N70-85E) است مقایسه این سیستم با روند گسترش زون‌های مینرالیزه در نقشه زمین‌شناسی و مقطع ترانشه‌های عمیق نشان می‌دهد که کانی‌سازي با روند یاد شده در ارتباط می‌باشد. سیستم‌های شکستگی دیگر با امتداد N15-25E و N100-110E به ترتیب در درجه بعدی اهمیت قرار دارند. در این میان روند شمال‌غربی - جنوب شرقی که بیشترین حجم شکستگی‌ها را به خود اختصاص داده است، قدیمی‌ترین سیستم بوده و شکستگی‌های با امتداد N15-25E جوان‌ترین روند حاکم هستند



شکل ۱-۳- زردیاگرام شکستگیها در محدوده اکتشافی

شکل 3-1- زردیاگرام شکستگیها در محدوده اکتشافی

که سیستم‌های گسله و شکستگی‌های قبلی را قطع می‌نماید. علاوه بر سه سیستم اصلی فوق روندهای فرعی دیگری نیز وجود دارند که به لحاظ تکنیکی اهمیت زیادی ندارند.

بررسی مقاطع زمین‌شناسی ترسیم‌شده برای تره‌نشه‌های اکتشافی نشان می‌دهد که گسله‌های سیستم اغلب شمال‌غربی – جنوب‌شرقی واحدهای لیتولوژیکی مختلف را در مقابل هم و اکثراً با وضعیت رانده قرار داده‌اند. از طرف دیگر گسله‌ها و شکستگی‌های فرعی با زاویه حاده نسبت به سیستم اصلی یاد شده قرار می‌گیرند. گسل‌های اصلی موجود در محدوده اکتشافی، نقش مهمی را در کانی زائی سینابر ایفا نموده‌اند، به طوری که تمام زون‌های آلتره و مینرالیزه توسط این گسل‌ها محدود می‌شوند. به عبارت دیگر این گسله‌ها به‌عنوان معابری جهت صعود سیالات کانزما عمل کرده‌اند. این مورد در مدل کانی زائی ارائه شده به‌طور مفصل مورد بحث قرار خواهد گرفت. در برخی از نقاط، تغییر روندهائی در خط گسله‌های اصلی ( Fault line) مشاهده می‌شود که این تغییر روندها عمدتاً به دلیل تاثیر توپوگرافی بر اثر سطحی گسله‌های مزبور می‌باشد. در بعضی موارد نیز، قطع شدگی گسله‌ها با سیستم‌های گسله دیگر دلیل این تغییر جهت‌ها می‌باشد. مشخصات تکنیکی مهمترین گسله‌هایی که زون‌های آلتره و رگه‌های مینرالیزه را کنترل می‌کنند به ترتیب زیر می‌باشند:

160/33 SW

175/45 NW

175/52 NW

120/41 SW

170/80 SW

145/60 NE

لذا می‌توان گفت که گسل‌هایی با امتداد NW، کنترل‌کننده اصلی کانی زائی در محدوده اکتشافی می‌باشند. در این میان سه رگه پر عیار شناخته شده گسله‌هایی جای دارند که شیب آن به سمت SW می‌باشد بنابراین در مراحل آتی مطالعات، بررسی گسل‌های با روند شمال‌غربی – جنوب شرقی که دارای شیبی به سمت SW هستند حائز اهمیت خواهند بود.

# فصل چهارم

## زمین شناسی اقتصادی

فصل 4 : زمین شناسی اقتصادی

4-1- مقدمه :

همان‌طوریکه در بخش 1-1 ذکر گردید، علیرغم محدودیت‌های موجود در زمینه انجام عملیات اکتشافی در محدوده مورد بررسی، مجموعه بررسی‌های اکتشافی مشتمل بر تهیه نقشه توپوگرافی و زمین‌شناسی – معدنی به مقیاس 1/500، حفر ترانشه‌های عمیق و روبرداری در امتدادهای مشخص (بر روی زون‌های آلتره و مینرالیزه)، نمونه برداری، حفر چاهک‌های اکتشافی، برداشت تکتونیک‌ی، برداشت و ترسیم مقاطع زمین‌شناسی ترانشه‌های اکتشافی در مقیاس 1/200 صورت پذیرفت که در نتیجه این بررسی‌ها محدوده گسترش زون‌های مینرالیزه، ساختمان زمین‌شناسی و ارتباط آن با کانی‌زایی به خوبی مشخص گردید. متأسفانه بنا به دلایلی که قبلاً ذکر گردید، امکان حفاری گمانه‌های اکتشافی بر روی زون‌های مینرالیزه میسر نگردید و بنابراین درباره گسترش عمقی و تغییرات عیار و وضعیت کانی‌زایی در عمق نمی‌توان

اظهار نظر قطعي نمود، اگر چه با استفاده از مقاطع زمين شناسي ترانندههاي اکتشافی گسترش عمقی زونهاي معدني را مي توان استنباط نمود و اين تنها در مورد زونهاي که داراي رخنمون سطحی بوده و يا در ترانندهها در معرض دید قرار گرفته اند، صادق است. در حالیکه وضعیت کاني زائي به گونه اي است که احتمال وجود زونهاي آلتره اي که فاقد رخنمون در ترازهاي بالا (سطح زمين) هستند، وجود دارد. در اين بخش کلیه اطلاعات زمين شناسي حاصل از مطالعات انجام گرفته ارائه مي گردد.

#### **4-2- بررسی دقت و خطاي آزمایشگاهی :**

با توجه به اهمیت زیاد نتایج آزمایشها در تجزیه و تحلیل و تحصيل نتیجه نهائی، تعداد 6 نمونه کنترلي نیز به همراه نمونههاي اصلي جهت تعیین دقت، به آزمایشگاه مربوطه (دانشگاه ووهان کشور چین) ارسال گردید و خطاي آزمایش (براي کمتر از 50 جفت نمونه) به روش هوارت و تامپسون مورد محاسبه قرار گرفت.

در تعیین مقادير عناصر از روشهاي آزمایشگاهی AAS, ES, Ag براي ES, Au و AFS براي ICP و Cu و AAS براي عنصر Hg استفاده شده است. مقایسه عنصر فوق در نمونههاي کنترلي و اصلي در جدول 4-1 ارائه شده است.

بر همین اساس نتایج حاصل از محاسبات خطاي نسبي تصادفي در جدول 4-2 درج شده است. با توجه به موارد فوق چنین استنباط مي گردد که خطاي نسبي تصادفي براي تمام عناصر مورد آزمایش در حد مطلوب و متعارف و کمتر از حد مجاز مي باشد.

#### **جدول 4-1- مقایسه مقادير عناصر در نمونههاي اصلي و کنترلي.**

جدول ۴-۱ - مقایسه مقادیر عناصر در نمونه های اصلی و کنترلی .

Sample No.	Au(PPb)	Ag(PPm)	As(PPm)	Hg(PPm)	Cu(PPm)
MP-CN-01	4.5	0.063	2	43000	12.2
MP-LG-08	4.3	0.047	1.7	42000	12.5
MP-CN-02	1.4	0.034	0.9	280	50.3
MP-LG-06	1.4	0.063	0.2	290	48.3
MP-CN-03	2.6	0.052	1.9	30.5	52.1
MP-LG-01	3.3	0.066	2.6	28.5	49.4
MP-CN-04	3.8	0.1	9.5	1.2	80.5
MP-LG-07	4	0.045	10	2.3	78.1
MP-CN-05	0.9	0.077	0.7	43.6	5.5
MP-LG-13	1.2	0.04	0.15	55.3	11.9
MP-CN-06	2.2	0.121	1.4	36.3	30.9
MP-LG-04	2.4	0.161	2.6	32	31.1

جدول 4-2- محاسبه خطای نسبی تصادفی در آنالیز نمونه های سنگی.

جدول ۲-۴ - محاسبه خطای نسبی تصادفی در آنالیز نمونه های سنگی .

Element	n	principal Sample	Check Sample	Total absolute Error	Mean Content in principal Sample	Mean Content in Check Sample	Mean Relative Random Error
Au(PPb)	6	16.6	15.4	1.2	2.766	2.566	7.22
Ag(PPm)	6	0.427	0.447	0.02	0.071	0.0745	4.68
As(PPm)	6	17.25	16.4	0.85	2.875	2.733	4.92
Hg(PPm)	6	42408.1	43397	988.5	7068.016	7232.766	2.33
Cu(PPm)	6	231.3	231.5	0.2	38.55	38.583	0.086



در مورد آنالیز نمونه‌ها برای سنجش میزان عنصر جیوه می‌توان چنین عنوان نمود که با توجه به ویژگی‌های شیمیایی و فیزیکی و ماهیت فرار این عنصر، آنالیز آن به روش جذب اتمی مجهز به سیستم بخارمحصور، مناسب‌ترین روش ممکن می‌باشد. ضمن اینکه دقت زیادی نیز برای آماده سازی نمونه‌ها باید معمول گردد. لیکن متأسفانه به دلیل عدم تجهیز و دسترسی آزمایشگاه‌های کشور به این سیستم، آنالیز نمونه‌های حاوی عنصر جیوه با مشکلات زیادی مواجه گردیده است. به طوریکه تعدادی از آزمایشگاه‌های معتبر داخل کشور از پذیرش آنالیز جیوه سر باز زده‌اند. علاوه بر مشکلات موجود در زمینه دقت آنالیز (تکرار آزمایش با نتیجه مشابه)، رسیدن به صحت آنالیز (مقدار واقعی جیوه موجود در نمونه) نیز همواره مورد تردید است. و این در حالی است که محاسبات خطای نسبی تصادفی، دقت آزمایشگاه را در حد متعارف و معمول نشان می‌دهد. برای مثال عیار جیوه در نمونه‌های Mp-LG-01, Mp-LG-02, Mp-LG-03, Mp-LG-04 که از زون مینرالیزه واقع در شمال محدوده اکتشافی برداشت شده‌اند به ترتیب 28/5، 374، 1300، 32 گرم در تن گزارش شده است. این در حالی است که کانه‌های سینابر در تمام نمونه‌های فوق‌الذکر به خوبی قابل مشاهده است به ویژه در نمونه شماره Mp-LG-02 که از یک رگه نسبتاً پرعیار برداشت شده است. بنابراین در مقایسه با نمونه‌های دیگر به نظر می‌رسد که عیار جیوه در این نمونه بیش از 2000ppm باشد در حالی که 374 گرم در تن گزارش شده است. با مقایسه عیار گزارش شده برای نمونه شماره Mp-LG-08 (42000ppm) با مقدار گزارش شده برای نمونه کنترلی آن (43000ppm)، این ادعا بسیار قریب به یقین است.

علت این امر را می‌توان در متغیر بودن حساسیت دستگاه‌های مختلف برای سنجش و ثبت مقادیر ماکزیمم و مینیمم جستجو نمود. به عنوان مثال در صورت پائین بودن حساسیت دستگاه برای ثبت مقادیر بیش از 5 تا 6 درصد جیوه، عیار نمونه‌ای که بیش از 10 تا 15 درصد جیوه داشته باشد در محدوده 4 تا 5 درصد قرار خواهد گرفت.

با توجه به موارد یاد شده می‌توان گفت که یکی از مشکلات اساسی در پروژه اکتشافی، آنالیز نمونه‌های ژئوشیمیایی و رسیدن به عیارهای واقعی می‌باشد.

### 3-4- آلتراسیون و کانی شناسی ذخیره :

آلتراسیون وسیع سنگ‌های میزبان کانی زائی از مشخصات بارز واحدهای سنگی موجود در محدوده اکتشافی می‌باشد. آلتراسیون سنگ‌ها در مجاورت گسله‌های بزرگ بسیار شدید است، به طوریکه امکان تشخیص سنگ اولیه بدون در نظر گرفتن روابط ساختمانی و زمین شناسی زون‌های مزبور با واحدهای مجاور و دقت در زون‌های تدریجی تبدیل سنگ اولیه به سنگ‌های آلتره به دشواری صورت می‌گیرد.

تشخیص نوع سنگ اولیه بخشی از زون‌های آلتزه نیز امکان پذیر نمی‌باشد که این زون تحت عنوان کلی AZ (زون آلتزه) در نقشه زمین شناسی 1/500 تفکیک شده است. آلتراسیون غالب سنگ‌ها که با کانی‌زائی نیز در ارتباط مستقیم می‌باشند، آلتراسیون سیلیسی است. علاوه بر آن رگه‌ها و جانشینی‌های اکسیدهای آهن و کانی‌های رسی همراه با سیلیسی در زون‌های آلتزه به چشم می‌خورد.

به طور کلی مجموعه کانی‌های کوارتز، کریستوبالیت، فازهای آمورف سیلیس، اکسیدهای آهن (عمدتاً گوتیت، لیمونیت، و به ندرت هماتیت)، کانی‌های رسی (مونت موریلونیت و کائولن)، کلریت، هورنبلند و تالک در زون‌های آلتزه یافت می‌شود. در یک نگاه کلی آلتراسیون روی داده در سنگ‌های منطقه را به دو حالت می‌توان توصیف نمود:

در حالت اول، سیالات گرمایی سبب تغییر شدید در ماهیت لیتولوژیکی، بافت و ساخت سنگ‌ها شده و چهره سنگ‌های موجود را به کلی تغییر داده است. به نظر می‌رسد که در این آلتراسیون فرآیندهای جانشینی کانی‌های جدید و نیز پرکردگی فضاهای خالی توأمآ دخالت داشته‌اند. در این حالت، کانی‌های محصول آلتراسیون شامل دو تیپ کانی می‌شود:

1. کانی‌هایی که در نتیجه تغییر ترکیب کانی شناسی کانی‌های اولیه به وجود آمده‌اند، نظیر: سرپانتین، کلریت، هورنبلند، تالک و کانی‌های رسی.

2. کانی‌هایی که مستقیماً از محلول‌های گرمایی ته نشست حاصل کرده‌اند، نظیر کوارتز، اکسیدهای آهن و فازهای آمورف سیلیس و کریستوبالیت.

تمام واحدهایی که تحت عناوین Si (زون‌های با جانشینی‌های وسیع سیلیس) و AZ (زون‌های با جانشینی‌های کانی‌های رسی، اکسیدهای آهن و سیلیس) در نقشه زمین شناسی 1/500 تفکیک شده‌اند، به این گروه تعلق دارند (تصویر 4-1).

حالت دوم آلتراسیون، شامل تشکیل رگه و رگچه‌های نازک سیلیسی همراه با اکسیدهای آهن در شکستگی‌ها و فضاهای خالی سنگ‌ها (از جمله سرپانتینیت‌ها) می‌باشد که تغییر چندانی در ترکیب کانی‌شناسی اولیه ایجاد ننموده و صرفاً سبب ته نشست سیلیس و در مواردی اکسیدهای آهن به طریق پرکردگی فضاهای خالی و شکاف‌ها شده است. رگه و رگچه‌های نازک سیلیسی قطع کنند را کم و بیش در تمام واحدهای لیتولوژیکی می‌توان مشاهده نمود. در این خصوص سرپانتینیت‌های برشی به لحاظ دارا بودن تعداد بسیار زیادی از این رگه و رگچه‌ها متمایز هستند (تصویر 4-2).

بررسی زون‌های آلتزه نشان می‌دهد که زوناسیون خاصی را برای انواع آلتراسیون‌های موجود نمی‌توان قائل شد و همان طوریکه قبلاً ذکر گردید، آلتراسیون سیلیسی حالت عام و فراگیر در سنگ‌های منطقه و به‌خصوص زون‌های مینرالیزه دارد، به طوریکه کانه‌های سینابر در یک ارتباط تنگاتنگ با آن تشکیل

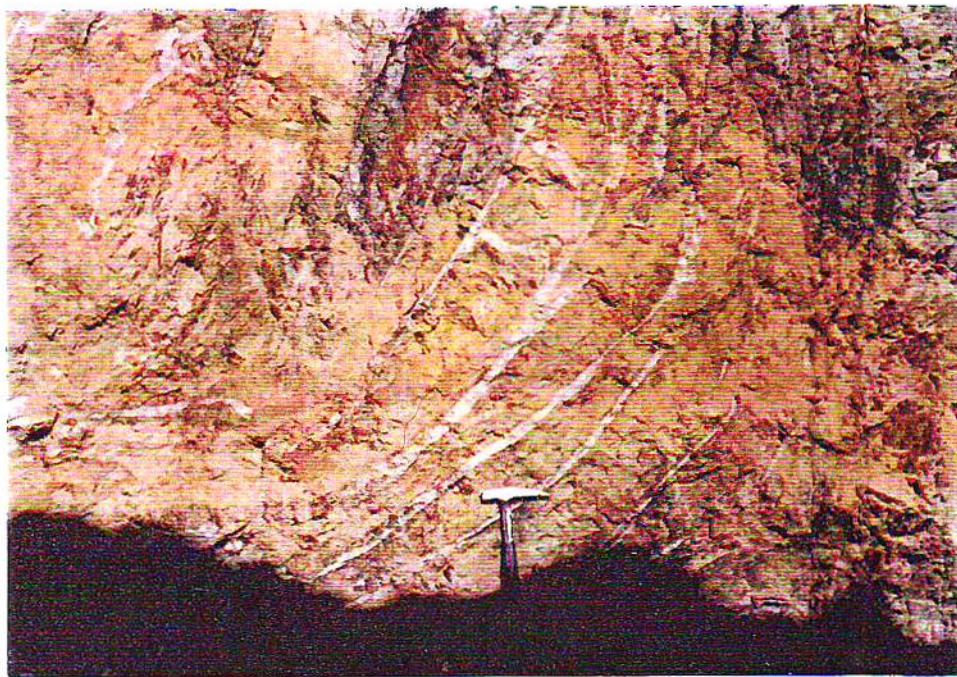
شده‌اند. در زون‌های مینرالیزه این ناحیه، آلتراسیون سیلیسی به صورت بافت جریان‌ی، برشی، جانشینی و کلونیدی بوده و کانی‌های تشکیل دهنده آن شامل کوارتز (با بلورهای ریز و گاهی درشت که در داخل شکاف‌ها و درزه‌ها توسعه پیدا کرده‌اند)، کالسدونی و اوپال می‌شود. کوارتز معمولاً به رنگ سفید بوده ولی فازهای کریپتوکریستالین و آمورف این کانی به رنگ‌های سبز، خاکستری و تیره مشاهده می‌شوند. مطالعه کانی‌شناسی انجام گرفته به روش XRD (به عنوان مثال نمونه‌های T4F-XR-14, T3E-XR-12 در مرحله نیمه تفصیلی)، فازهای آمورف کریستوبالیت و کوارتز را در آنها نشان داده است. به لحاظ حجمی، درصد زیادی از سیلیس موجود در زون‌های مینرالیزه به صورت آمورف و کریپتوکریستالین هستند. تشکیل کانی‌های کریستوبالیت در زون مینرالیزه و همراه با سینابر بسیار جالب توجه است. کریستوبالیت یک کانی درجه حرارت بالایی سیلیس است و تشکیل آن در دماهای پائین تنها در شرایط خاص اتفاق می‌افتد. بررسی‌هایی که در این مورد توسط محققین صورت گرفته، نشان می‌دهد که تشکیل کریستوبالیت در دماهای پائین به‌خصوص هنگامیکه تبلور به سرعت رخ می‌دهد در حضور

**تصویر 4-1- فازهای آمورف سیلیس و کریستوبالیت (برش‌های هیدروترمالي) به همراه رگه‌های اکسید آهن.**

**تصویر 4-2- رگه و رگچه‌های نازک سیلیسی در فضا‌های خالی و شکستگی‌های سرپانتینیت‌ها.**



تصویر ۴-۱- فازهای آمورف سیلیس و کریستوبالیت ( برش های هیدروترمالی ) به همراه رگه های اکسید آهن .



تصویر ۴-۲- رگه ورگچه های نازک سیلیسی در فضاهای خالی و شکستگیهای سرپانتینیتها .

کانه‌ها یا مینرالیزورهای چون گازهای داغ صورت می‌پذیرد. (15). این پدیده با شرایط تشکیل کانسار در منطقه مطابقت کامل دارد چرا که وجود فازهای کریپتوکریستالین و آمورف سیلیس، نشانه کاهش سریع دما در محلول می‌باشد. به‌خصوص که شواهدی از افت سریع دما و انفجار هیدروترمالي در زون‌های گسله (واحدهای Si) به خوبی قابل مشاهده است. با توجه به موارد فوق الذکر، آلتراسیون سیلیسی موجود را می‌توان از نوع ژاسپروئید (Jaspiroid) معرفی نمود. ژاسپ یک اصطلاح علمی است که اکثر زمین شناسان برای سنگ‌های سیلیسی دانه ریز همراه با ذخایر اپی ترمال به‌کار می‌برند. در حقیقت در اثر جانشینی کوارتز و یا سیلیس در سنگ‌هایی که ممکن است کربنات نیز نباشند شکل می‌گیرد.

نکته جالب توجهی که در زون‌های آلتزه مشاهده می‌شود آن است که رگه‌های نازک سیلیسی، زون‌های آلتزه را قطع نموده‌اند و لذا با توجه به بافت و نحوه قرارگیری فازهای مختلف فرآیندهای سیلیسی شدن نسبت هم، به نظر می‌رسد که تشکیل آلتراسیون سیلیسی در چند مرحله انجام گرفته است. در مرحله اول سیالات گرمایی در یک دوره نسبتاً طولانی از طریق گسله‌ها به طرف بالا مهاجرت کرده و به سطح زمین می‌رسیده‌اند. طی این مرحله زون‌های وسیع آلتراسیونی در مسیرهای حرکت این محلول‌ها تشکیل شده که با فرآیندهایی چون انفجارهای هیدروترمالي (برشی شدن محصولات آلتراسیون) همراه بوده است. این مرحله، مرحله‌ای اساسی برای آماده سازی سنگ میزبان جهت انجام کانی زائی بعدی می‌باشد و به نظر می‌رسد که در مرحله یاد شده کانی زائی چندانی صورت نپذیرفته است. به عنوان یک نتیجه می‌توان گفت که در این مرحله غالباً اوپال خاکستری تا سیاه از محلول گرمایی ته نشست حاصل کرده و سنگ میزبان را به شدت تحت تاثیر قرار داده است (تشکیل زون‌های آلتزه Si). در مرحله بعدی مجموعه این محصولات برشی شده و توسط سیلیس مرحله جدید به صورت جانشینی، رگه - و رگچه‌ای و جریان‌ی متاثر گشته است. به‌طوری که کانی‌های سیلیسی این مرحله، برش‌های سیلیسی مرحله قبلی را قطع نموده‌اند. با توجه به اینکه تشکیل ذخیره به فرم رگه، رگچه و پراکنده و یا بافت پرکننده فضاهای خالی و شکاف‌ها در داخل و مجاورت رگه - رگچه‌های سیلیسی مرحله نهایی صورت گرفته، لذا به نظر می‌رسد که کانی زائی سینابر پس از تشکیل زون‌های آلتزه Si و تشکیل رگه‌های سیلیسی مراحل نهایی روی داده است.

کانی زائی و تمرکز سینابر در محدوده اکتشافی به دو صورت زیر روی داده است:

1- به صورت پراکنده در متن رگه های سیلیسی و برش‌های هیدروترمالي (واحد Si) که در این حالت کانه‌های سینابر با وجود اینکه به طور ماکروسکوپی و با چشم غیر مسلح به خوبی قابل مشاهده‌اند، لیکن تمرکز کمی را دارا هستند و تنها در رگه های نازک سیلیسی گاهاً تمرکزات قابل ملاحظه‌ای را می‌توان مشاهده نمود. این فرم کانی‌زائی را عیار پائین جیوه می‌توان نام نهاد.

2- به صورت توده‌ای و پراکنده حفرات و فضاهای خالی سنگ میزبان در امتداد گسله‌ها، یکی از کظاهر این فرم کانی زائی، رگه م.جود در دیواره ترانشه T6 (محل برداشت نمونه شماره MP-LG-08) می‌باشد که ضخامت میانگین توده‌ای سینابر به 5cm می‌رسد.

مظاهر شناخته شده هر دو فرم کانی‌زائی اعم از فرم پراکنده و توده‌ای - پراکنده فضاهای خالی در نقشه زمین‌شناسی - معدنی محدوده اکتشافی نشان داده شده است.

در خاتمه متذکر می‌شود که اکسیدهای آهن و کانی‌های رسی (کائولن و مونت موریلونیت) در اکثر موارد فازهای مختلف سیلیس را همراهی می‌کنند، اگرچه در مورد سنگ‌های ولکانیکی، کنگلومرا و سنگ‌های شیلی - مارنی آلتراسیون آرژیلیک غالب می‌باشد.

به لحاظ کانی‌شناسی ذخیره با بهره‌گیری از نتایج مطالعه مقاطع صیقلی نمونه‌های برداشت شده در مراحل اکتشاف مقدماتی، نیمه تفصیلی و تفصیلی می‌توان گفت که کانه‌های تشکیل دهنده ذخیره شامل سینابر، پیریت و مارکازیت و به مقدار جزوی استینیت، اولیژیست و اکسیدهای آهن می‌باشد. به‌طوری که در توالی پاراژنزی، تشکیل پیریت، استینیت و اولیژیست مقدم بر تشکیل کانه‌های مارکازیت و سینابر می‌باشد، گذشته از آن کانه‌های کرومیت و روتیل نیز که متعلق به سنگ میزبان ( و نه کانه‌زائی هیدروترمالی ) است. در مقاطع صیقلی مشاهده شده‌اند. لازم به ذکر است که مقاطع صیقلی مطالعه شده تماماً به کانسنگ‌های نسبتاً پر عیار متعلق بوده و به دلیل عدم امکان تهیه مقطع صیقلی از کانسنگ پراکنده ( زون‌های آلتزه و مینرالیزه Si )، مطالعه مربوطه در این مورد صورت نگرفته است، لیکن مشاهدات صحرایی انجام گرفته در دیواره ترانشه‌ها حاکی از آن است که کانه‌ها عمدتاً سینابر هستند که به صورت پراکنده و کاملاً منفرد در متن سنگ‌های متخلخل و نرم سیلیسی جای گرفته‌اند.

ذیلاً نتایج مطالعات مقاطع صیقلی نمونه‌های برداشت شده از رگه‌های معدنی (حای سینابر در مراحل نیمه تفصیلی و تفصیلی) توضیح داده می‌شود.

### شرح مقطع صیقلی نمونه شماره Mp-OM-01

این نمونه از داخل چاه دستس اکتشافی BH10 و از رگه نازک ولی پر عیار سینابر برداشت شده است. کانی‌های کدر شامل سینابر، کرومیت، مارکازیت و استینیت بوده لذا هیچ ارتباطی بین کرومیت و سه مورد مشروحه دیگر مشاهده نمی‌شود. بلکه کرومیت به شکل قطعات خرد شده و پراکنده به‌صورت مستقل در زمینه سرپانتین وجود دارد ولی مارکازیت به شکل ادخال‌های بسیار کوچک به حالت مجزا از سینابر در زمینه کانی‌های گانگ وجود دارد.

سیلیس در مقطع به دو شکل وجود دارد. قطعات مدور و پرشدگی در فضاهاي میکرو فراکچر، مورد اول در ارتباط با رادیو لاریت‌ها و مورد دوم احتمالاً در ارتباط با سیلیسیفیکاسیون سنگ میزبان سینابر است.

### شرح مقطع صیقلی نمونه شماره T3-OM-02

محل برداشت این نمونه منطبق بر محل برداشت نمونه T2A-LG-02 (رخنمون اصلی کانی‌سازی سینابر) می‌باشد. در نمونه دستی و در محل رخنمون، کانی‌سازی شدید سینابر مشاهده می‌شود. در مقطع میکروسکوپی کانی‌های فلزی تشکیل دهنده این نمونه به شرح زیر گزارش شده است:

1- سینابر: اجتماع بلورهای این کانی، لکه‌هایی به شکل گزنومورف در ابعادی بین 50 تا 800 میکرون را تشکیل داده‌اند. برخی از این بلورها حاوی انکلوزیون‌های اولیژیست می‌باشند که نشان دهنده این است که بلورهای سینابر در فاز بعد از اولیژیست و در حرارت پائین تشکیل یافته است. سینابر حدود 5 درصد نمونه را اشغال کرده است.

2- کرومیت: این کانی به شکل لکه‌های نیمه اتومورف در ابعاد 10 تا 100 میکرون به ندرت در نمونه تشکیل یافته‌اند و حداکثر 1 درصد نمونه را اشغال می‌کنند.

3- اولیژیست: کریستال‌های این کانی کاملاً اتومورف و کشیده بوده و بین 20 تا 200 میکرون اندازه دارند. اغلب به شکل چند کریستال مجتمع دیده می‌شوند. برخی از بلورهای اولیژیست تحت تاثیر آلترسیون قرار گرفته و به اکسیدهای آهن تبدیل شده‌اند. بلورهای اولیژیست در کانی سینابر به صورت انکلوزیون قرار دارند. تشکیل اولیژیسی در این نمونه کم بوده و قالب توجه نیست.

4- پیریت: بلورهای پیریت به شکل کاملاً اتومورف حداکثر به اندازه 50 میکرون در نمونه پراکنده است. این بلورها اغلب در بخش‌های تیره سنگ میزبان، کانی‌سازی کرده‌اند و درصد مهمی را تشکیل نمی‌دهند.

5- اکسیدهای ثانویه آهن: اغلب در لکه‌هایی به ابعاد 2 تا 50 میکرون در فضاهاي مناسب سنگ میزبان کانی‌سازی کرده‌اند.

6- روتیل: کانی روتیل نیز حداکثر در اندازه 10 میکرون قابل رویت است و حداکثر میزان آن به 1 درصد می‌رسد. به‌طور کلی از مطالعه این نمونه چنین به نظر می‌رسد که کانی‌های فلزی در درجه حرارت پائین تشکیل یافته‌اند و در مجموع حداکثر 8 تا 10 درصد نمونه را به خود اختصاص داده‌اند. بافت کانی‌سازی نمونه Open space می‌باشد.

#### شرح مقطع صیقلی نمونه شماره T2A-OM-03 :

این نمونه نیز از محل رخنمون اصلی کانی سازی (T2A-LG-03) از رگه‌های اوپالی موجود برداشت شده است. همچنان که قبلاً به تفصیل ذکر شده است، ذخیره سینابر را رگه‌های اوپالی که محصول آلتراسیون شدید سیلیسی است همراهی می‌کند. کانی سازی فلزی در این نمونه به شرح زیر است :

1- کرومیت: این کانی به شکل لکه‌های درشت غیر هندسی و متمایل به ایدیومورف با ابعاد مختلف بین 200 میکرون تا 650 میکرون در سنگ میزبان پراکندگی دارد. ساخت کریستال‌های کرومیت کاتاکلاستیک است و بافت کانی سازی افشان می‌باشد.

2- اولیژیست: کریستال‌های این کانی ریز و کشیده، اتومورف و حداکثر ابعاد 50 میکرون است. اغلب به شکل چند کریستال مجتمع مشاهده می‌شود، اما به صورت منفرد نبوده و در مقطع مطالعه شده در قسمتی از نمونه همراه با پیریت است که منشاء اولیه دارد که در فاز هیدروترمال به وجود آمده است و لیکن در این نمونه از اکسیدهای ثانویه آهن با منشاء ثانویه نیز موجود است.

3- مارکازیت: کریستال‌های این کانی ریزدانه، اتومورف و کشیده بوده و ابعاد آن بین 10-50 میکرون می‌باشد. بافت کانی سازی افشان است و نشانگر اولیه بودن منشاء آن است.

با توجه به ترکیب کانی شناسی زون‌های مینرالیزه (اعم از کانی‌های حاصل از آلتراسیون و کانه‌های معدنی) می‌توان گفت که سیالات گرمابی از نظر عناصر H<sub>2</sub>O, S, Hg, Si, Fe بسیار غنی بوده‌اند.

#### 4-4- شرح مقاطع زمین شناسی ترانشه‌های اکتشافی

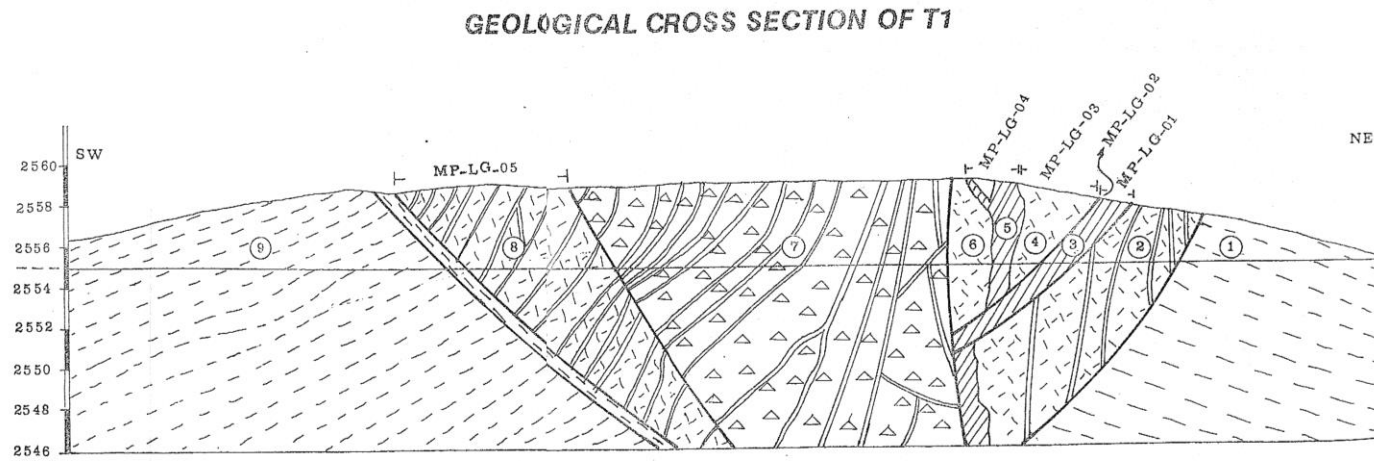
پس از احداث ترانشه‌های اکتشافی عمیق با استفاد از یک دستگاه بولدوزر که در شرایط بسیار نامناسب جوی و امنیتی صورت پذیرفت، اقدام به برداشت مقاطع زمین شناسی آنها در مقیاس 1/200 گردید. مقاطع مزبور در اشکال 1-4 الی 7-4 ارائه شده است. در این بحث به شرح مقاطع زمین شناسی ترانشه‌ها می‌پردازیم. ذکر چند نکته در مورد این اشکال ضروری است:

الف- در مقاطع ترسیم شده هر واحد با علائم سنگ شناسی و نیز شماره مخصوص به خود مشخص شده است.





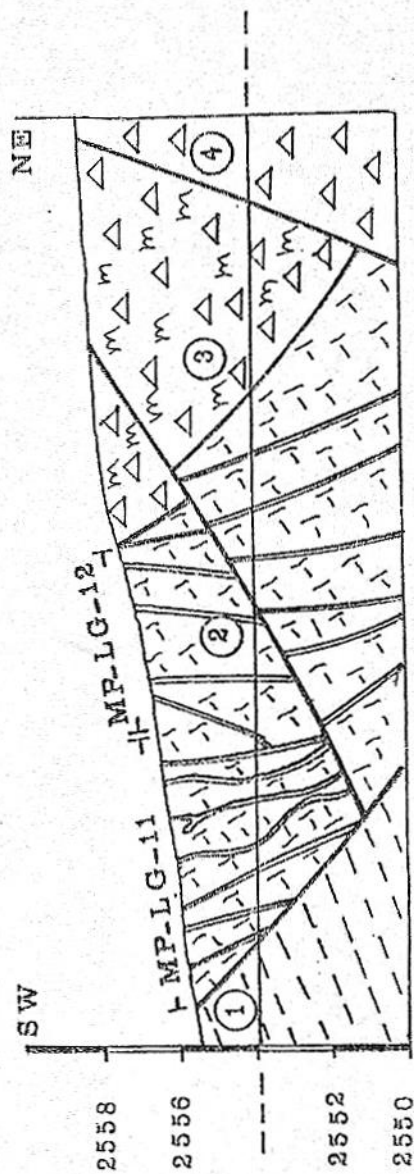
## GEOLOGICAL CROSS SECTION OF T1



شکل 4-1- مقطع زمین شناسی ترانشه T1.

شکل 4-1- مقطع زمین شناسی ترانشه T1.

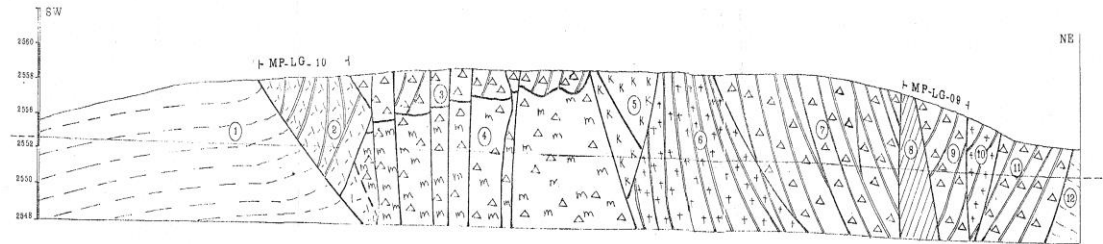
# GEOLOGICAL CROSS SECTION OF T2



شکل ۲-۴ - مقطع زمین شناسی ترانشه T2.

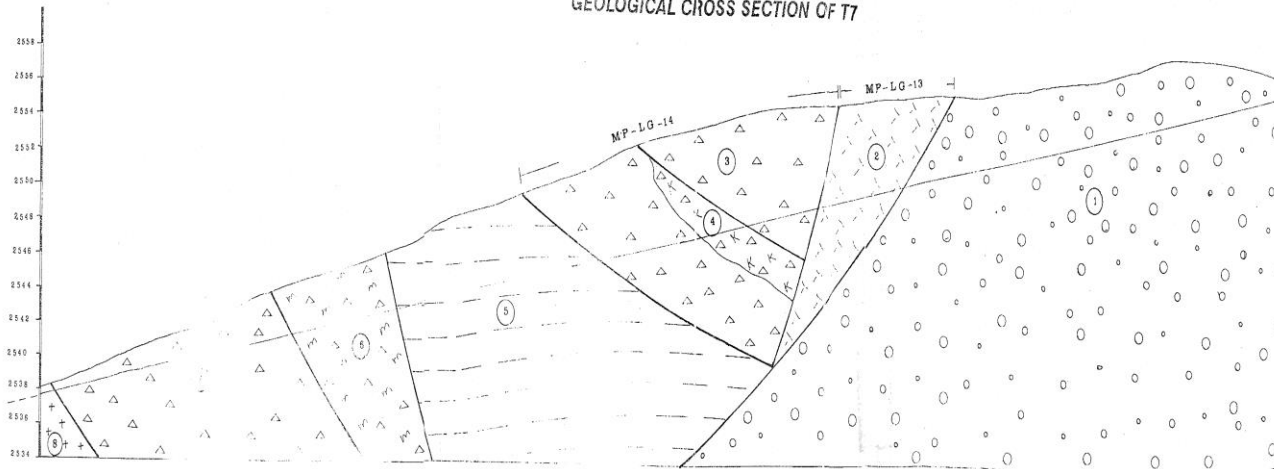
شکل ۲-۴ - مقطع زمین شناسی ترانشه T2 .

GEOLOGICAL CROSS SECTION OF T3



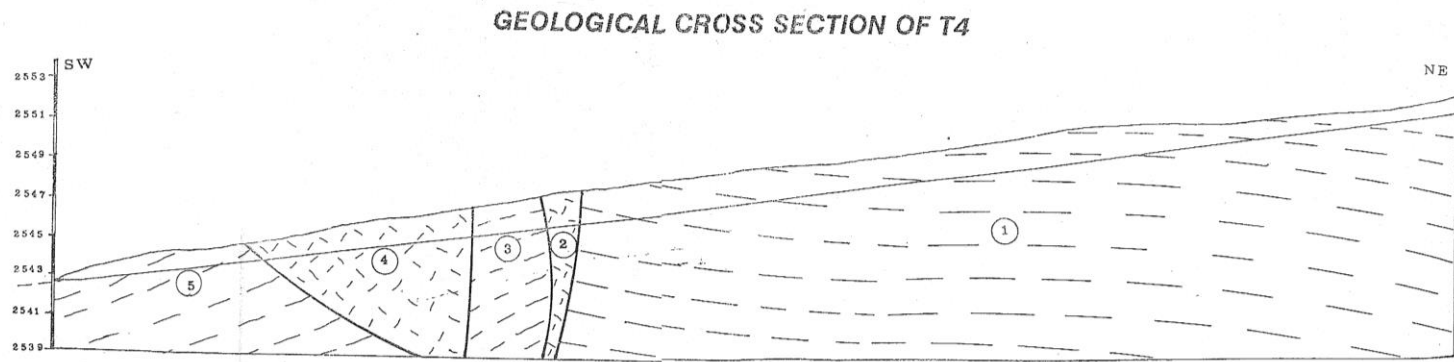
شکل ۴-۳- مقطع زمین شناسی ترانشه T3.

GEOLOGICAL CROSS SECTION OF T7



شکل ۴-۷- مقطع زمین شناسی ترانشه T7

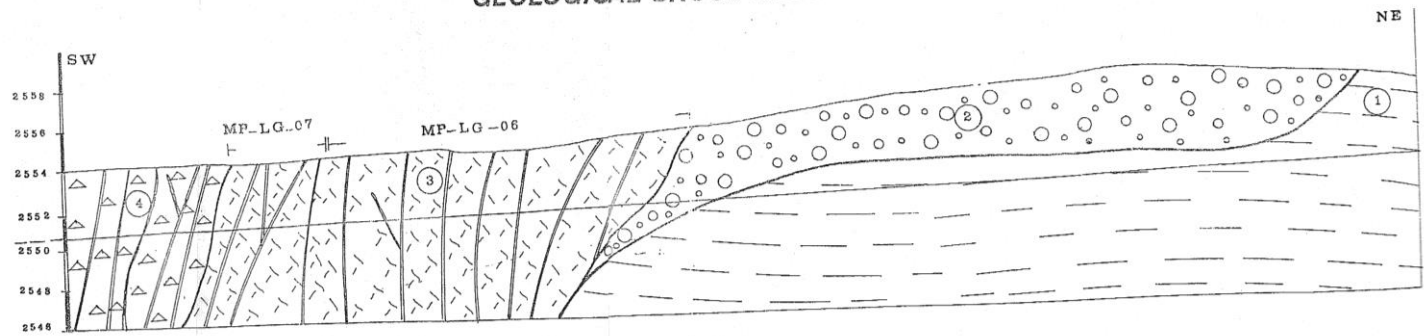
شکل 4-7- مقطع زمین شناسی ترانشه T7 .



شکل ۴-۴- مقطع زمین شناسی ترانشه T4 .

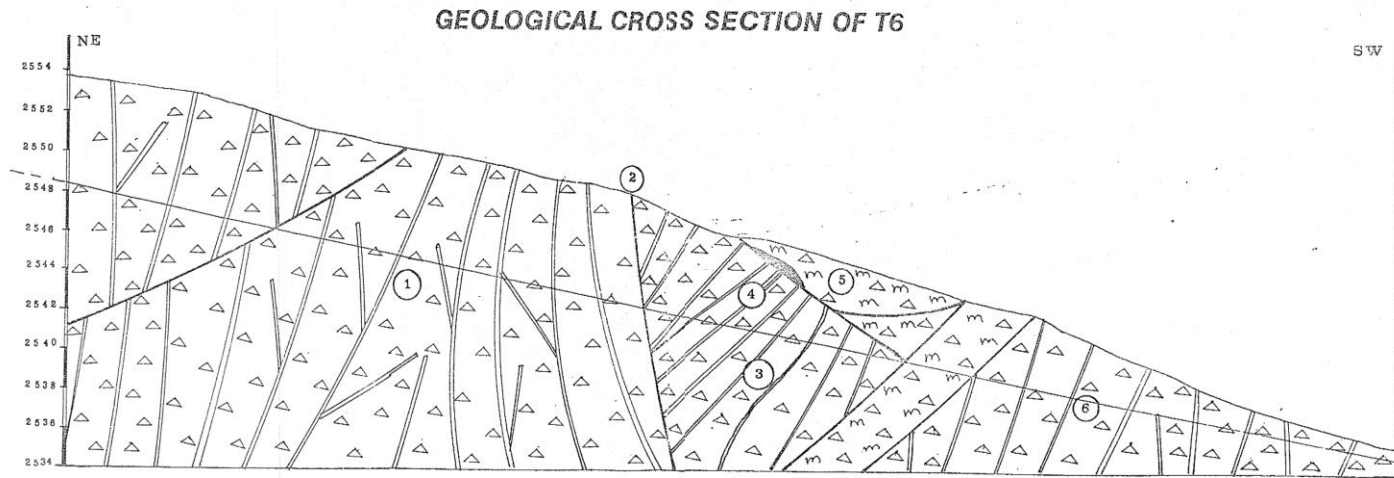
شکل 4-4- مقطع زمین شناسی ترانشه T4 .

# GEOLOGICAL CROSS SECTION OF T5



شکل ۲-۵- مقطع زمین شناسی ترانشه T5.

شکل 4-5- مقطع زمین شناسی ترانشه T5 .



شکل 4-6- مقطع زمین شناسی ترانشه T6.

شکل 4-6- مقطع زمین شناسی ترانشه T6.

ب- آن قسمت از واحدهای لیتولوژیکی که در دیواره ترانشه‌ها در معرض دید قرار گرفته‌اند، توسط یک خط افقی و یا شیب دار (بسته به توپوگرافی کف ترانشه‌ها)، مشخص شده است.

#### 1-4-4- ترانشه T1 :

1. شیل، مارن و ماسه سنگ به رنگ‌های سبز، خاکستری و زرد با لایه بندی نازک.  
2. سنگ‌های سرپانتینیتی شدیداً آلتزه و برشی که به صورت رگه سیلیسی متخلخل و نرم نمایان شده است.  
3. رگه‌های نازکی از سیلیس به رنگ سفید زون آلتزه را قطع نموده است، کانی زائی سینابر مشاهده نمی‌شود.  
3. سرپانتینیت برشی و شدیداً آلتزه که توسط اکسیدهای آهن و سیلیس جانشین شده است، این رگه با رنگ بسیار مشخص قهوه‌ای روشن قابل مشاهده است. رگه مزبور مینرالیزه بوده و در آن کانه‌های سینابر به خصوص در 20 سانتی‌متری فوقانی آن تشکیل شده است. بافت کانه‌ها به صورت پرکردگی حفرات و فضاهای خالی و رگچه‌ای می‌باشد. کنتاکت رگه با واحدهای پائینی و بالایی آن از نوع گسله است. از این رگه دو نمونه Mp-LG-01 (بخش پائینی) و Mp-LG-02 (از 20 سانتی‌متری بخش بالایی) جهت آنالیز شیمیائی برداشت گردید. عیار جیوه در نمونه‌های یاد شده به ترتیب 28/5 و 374 گرم در تن گزارش شده است. تصویر 3-4 نمائی از واحدهای شماره 3 و 4 را نشان می‌دهد. تمرکز کانه‌های سینابر در همیری واحدهای یاد شده صورت گرفته است.

4. سنگ‌های شدیداً برشی و آلتزه به رنگ سفید (نظیر شماره 2) رگه‌ها و رگچه‌های نازک سیلیسی فراوان زون آلتزه را قطع نموده است. این واحد با کنتاکت گسله بر روی واحد شماره 3 قرار گرفته است. کانه‌های سینابر به دو صورت در این واحد مشاهده می‌شود :

1) به فرم پراکنده در متن توده سیلیسی نرم و متخلخل (که خود حاصل فعالیت محلول‌های گرمایی است)،  
2) به صورت متمرکز در ارتباط با رگه‌ها و رگچه‌های نازک سیلیسی، به طور کلی بین رگه‌های سیلیسی یاد شده و کانی زائی ارتباط بسیار واضحی مشاهده می‌شود، به طوری‌که کانه‌های سینابر در مجاورت این رگه‌ها از تمرکز نسبتاً بالایی نسبت به متن سنگ‌های آلتزه برخوردارند. نمونه Mp-LG-03 از این واحد برداشت گردید. عیار جیوه این نمونه 1300ppm (0/13 درصد) گزارش شده است.

5. رگه‌ای از اکسیدهای آهن به رنگ قهوه‌ای که جانشین سرپانتینیت برشی شده است (نظیر واحد شماره 3). ضخامت این رگه 120 سانتی‌متر می‌باشد. کانه‌های سینابر به صورت پراکنده در متن این سنگ‌ها به ندرت مشاهده می‌شود.



6. سرپانتینیت‌های برشی شدیداً سیلیسی شده به رنگ خاکستری (نظیر واحد شماره 4)، رگه‌ها و رگچه‌های نازک سیلیسی واحد آلتزه را قطع نموده است. همچنین رگه‌هایی از اکسید آهن که دارای شیبی به سمت SE بوده و در نهایت به رگه قبلی (واحد شماره 5) متصل می‌شوند، واحد مزبور را قطع می‌نمایند. از واحدهای شماره 5 و 6 مجموعاً یک نمونه (Mp-LG-04) برداشت گردید. که غلظت جیوه آن 32ppm به دست آمد.

7. سرپانتینیت‌های برشی که توسط رگه‌های نازک سیلیسی و در مواردی اکسیدهای آهن قطع شده است، به نظر می‌رسد که رگه‌های مزبور در مراحل نهایی فعالیت هیدروترمالي جایگزین شده باشند، چرا که تمام شکستگی‌ها و درزه‌های موجود در توده سنگ برشی را پر نموده‌اند. شیب این رگه‌ها عموماً به سمت SW بوده و بنابراین در نهایت به گسل اصلی که واحد مزبور را بر روی سنگ‌های شیلی و مارنی رانده است، ارتباط پیدا می‌کنند. کانی‌زائی سینابر در این واحد مشاهده نمی‌شود. (تصویر شماره 4-2)

8. سنگ‌های شدیداً آلتزه و برشی شده به رنگ سفید (نظیر واحدهای 4 و 6). این واحد در نتیجه فعالیت هیدروترمالي و جانشینی وسیع سیلیس در سرپانتینیت‌های برشی تشکیل شده و به صورت یک واحد سنگی نرم و متخلخل و بسیار سبک درآمده است، رگه‌های نازک سیلیسی توده مزبور را قطع می‌نمایند. کانی‌زائی پراکنده و عیار پائین سینابر در آن مشاهده می‌شود. کنتاکت آن با واحدهای کمر بالا و پائین خود از نوع گسله بوده و در حقیقت در یک زون گسله که در نتیجه آن سرپانتینیت‌ها بر روی سنگ‌های شیلی و مارنی رانده شده‌اند، به وجود آمده است. نمونه Mp-LG-05 از این واحد برداشت گردید. عیار جیوه در نمونه مذکور 177ppm می‌باشد.

9. شیل‌های رسی و مارن به رنگ‌های خاکستری و لایه بندی نازک، لایه‌ها دارای شیب ملایمی به سمت SW می‌باشند. این رسوبات با کنتاکت گسله در مقابل سرپانتینیت‌های برشی و آلتزه قرار گرفته‌اند. بخشی از این رسوبات به ضخامت 120 سانتی‌متر در زون گسله شکسته شده و با شیب مخالف در برابر لایه‌های شیلی و مارنی واقع شده‌اند.

تصویر 4-4 نمایی از ترانشه T1 را نمایش می‌دهد.

#### **2-4-4- ترانشه T2 :**

1. شیل و مارن به رنگ‌های خاکستری، سبز و زرد که در مجاورت گسل، تحت تاثیر سیالات گرمایی آلتراسیون کمی را متحمل شده‌اند.

2. سنگ‌های شدیداً آلتزه، برشی و نرم به رنگ سفید که رگه و رگچه‌های فراوانی از سیلیس سنگ‌های مزبور را قطع نموده‌اند. امتدادعمومی رگه‌های اخیر N170 S می‌باشد. اکسیدهای آهن و کانی‌های رسی

(کائولن) نیز کم و بیش مشاهده می‌شوند. واحد سنگی مزبور از سنگ‌های کمر بالا و پائین خودش توسط گسل‌ها جدا می‌شود و در حقیقت ادامه واحد شماره 8 از ترانشه T1 می‌باشد. کانی‌زائی سینابر به صورت پراکنده و عیار پائین صورت گرفته است. دو نمونه به شماره‌های Mp-LG-11 , Mp-LG-12 از این واحد برداشت گردید. عیار جیوه در این نمونه‌ها به ترتیب 359ppm و 12/3ppm گزارش شده است.

3. مجموعه درهمی از سنگ‌های سرپانتینیتی، ولکانیکی و مارنی شدیداً آلتیره (سیلیسی - کائولینی) که به صورت ملانژ افیولیتی درآمده‌اند. رگه‌ها و جانشینی‌هایی از اکسیدهای آهن



تصویر ۳-۴- نمائی از واحدهای شماره ۳ و ۴ در ترائشه T1 .



تصویر ۴-۴- نمائی از ترائشه T1 .

تصویر 3-4- نمائی از واحدهای شماره 3 و 4 در ترائشه T1 .

تصویر 4-4- نمائی از ترائشه T1 .

نیز به چشم می‌خورد. واحد مزبور توسط گسل‌ها کنترل می‌شود. کانی زائی سینا بر در آن مشاهده نمی‌شود.

4. سرپانتینیت‌های برشی که توسط رگه‌های نازک سیلیسی قطع شده است.

### 3-4-4- ترانسه T3 :

1. رسوبات شیلی، مارنی و ماسه سنگی عموماً خاکستری رنگ.
2. سنگ‌های برشی، نرم و شدیداً آلتزه (سیلیسی شده) به رنگ سفید. رگه‌های نازک و رگچه‌های فراوانی از سیلیس مراحل تاخیری واحد سنگی فوق‌الذکر را قطع نموده است. مجموعه‌ای از کانی‌های کوارتز و سیلیس آمورف (کریستوبالیت، اوپال، سرپانتین، کانی‌های رسی و تالک در آن وجود دارد. کانی‌زایی عیار پائین و پراکنده سینابر در این سنگ‌ها مشاهده می‌شود. نمونه Mp-LG-10 از این زون برداشت گردید. عیار جیوه در این نمونه 236ppm می‌باشد.
3. سرپانتینیت‌های برشی که با وضعیت رورانده (Over trusted) بر روی ملانژ افیولیتی واقع شده‌اند. رگه‌های نازکی از سیلیس سرپانتینیت‌ها را قطع نموده‌اند. گسله رورانده خود توسط گسله‌های موازی و پرشیب قطع شده و جابجائی قائمی در حدود 50-10 سانتیمتر در آن ایجاد شده است. تبدیل سرپانتینیت‌های برشی به سنگ‌های آلتزه سیلیسی (نرم) به وضوح در این سرپانتینیت‌ها قابل مشاهده است. همان طوریکه ملاحظه می‌شود واحد شماره 2 بخشی از این سرپانتینیت‌هاست که تحت تاثیر فعالیت سیالات گرمایی و در مسیر گسل اصلی آلتزه شده است.
4. ملانژ افیولیتی که اجزای آن را شیل رادیولاریتی به رنگ قرمز، مادستون، مارن و سرپانتینیت (به طور جزئی) تشکیل می‌دهد. کانی‌زائی سینابر در آن به چشم نمی‌خورد.
5. سنگ‌های شدیداً آلتزه که در آنها جانشینی‌های وسیع کائولین و اکسیدهای آهن در امتداد یک زون گسلی روی داده است. تشخیص سنگ اولیه امکان پذیر نیست. کانی‌زائی سینابر وجود ندارد.
6. ولکانیک‌های نازک آلتزه، رگه‌های نازک و فراوان سیلیس و اکسیدهای آهن آن را قطع نموده است. اکثر این رگه‌ها موازی بوده و دارای شیب تندي و به سمت شرق – جنوب شرق می‌باشند. کانی‌زائی سینابر در این واحد مشاهده نمی‌گردد.
7. سرپانتینیت‌های برشی قطع شده توسط رگه‌های نازک سیلیس و اکسیدهای آهن که بر روی ولکانیک‌های بازیک (واحد شماره 6) رانده شده است. در پاره‌ای از رگه‌های سیلیسی یاد شده، کانه‌های سینابر به مقدار بسیار کم قابل مشاهده است.
8. زون گسله که توسط اکسیدهای آهن، کانی‌های رسی و سیلیسی (به مقدار فرعی) پر شده است. ضخامت رگه در سطح زمین 1/60 متر بوده و به سمت پائین افزایش پیدا می‌کند، به طوریکه در کف ترانسه به 3

متر می‌رسد. شیب رگه‌های سیلیسی در واحدهای شماره 7 و 9 به سمت این رگه می‌باشد و به نظر می‌رسد که سیالات نهشته کننده این رگه‌ها از طریق زون گسلی مزبور بالا آمده‌اند.

9. سرپانتینیت‌های برشی که توسط رگه‌های نازک و فراران سیلیسی به SW (زون گسله شماره 8) شیب دارند. در تعدادی از رگه‌های سیلیسی مزبور کانه‌های سینابر به صورت پراکنده و منفرد یافت می‌شود. نمونه Mp-LG-09 از واحدهای شماره 8 و 9 به طور مشترک برداشت شده است. عیار جیوه در نمونه مذکور 162 ppm به دست آمده است.

10. ولکانیک‌های بازیگ آلتزه که با ضخامت کم و کنتاکت گسله در بین سرپانتینیت‌های برشی قرار گرفته است.

11. سرپانتینیت‌های برشی که توسط رگه‌های نازک سیلیسی قطع شده است.

12. رسوبات شیلی، مارنی و ماسه سنگ که در مجاورت زون گسله اصلی تا حدودی آلتزه (سیلیسی و کائولینیتی) شده‌اند.

تصویر 4-5 نمایی از ترانشه‌های T2, T3 را نشان می‌دهد.

#### **4-4-4- ترانشه T4 :**

1. شیل، مارن و ماسه‌سنگ به رنگ‌های خاکستری، سبز زرد

2. سنگ‌های شدیداً آلتزه و نرم به رنگ سفید متشکل از سرپانتین، سیلیس (کوارتز و فازهای آمورف)

تالک و کانی‌های رسی

3. نظیر واحد شماره یک

4. نظیر واحد شماره دو

5. نظیر واحد شماره یک

لازم به ذکر است سنگ اولیه واحدهای آلتزه 2 و 4 به صورت یک بلوک آگزوتیک بزرگ در داخل رسوبات شیلی، مارنی و ماسه‌سنگی به صورت تکتونیکي جای گرفته و در مراحل بعدی در نتیجه عملکرد سیالیت گرمایی آلتزه شده است.

از سنگ‌های شدیداً آلتزه این واحدها یک نمونه جهت مطالعه کانی‌شناسی به روش XRD برداشت گردید. کانی اصلی نمونه مزبور هورنبلد (منیزیوم دار) بوده و کانی‌های فرعی آن کلریت و مونت موریلونیت می‌باشد.

#### **4-4-5- ترانشه T5 :**

1 و 2. شیل و مارن نازک لایه به رنگ‌های خاکستری، سبز روشن و نخودی، بر روی این واحدها سوبات کنگلومرانی (واحد شماره 2) با اجزاء افیولیتی رانده شده است (رو راندگی). اجزاء این کنگلومرا را قطعات سرپانتینیتی، ولکانیکی، و شیل و رادیو لاریتی تشکیل می‌دهد.

3. سنگ‌های شدیداً آتیره و برشی با بافت متخلخل و نرم به رنگ سفید، متشکل از کانی‌های سرپانتین، سیلیس (فازهای مختلف)، کانی‌های رسی، اکسیدهای آهن و به مقدار جزئی تالک. کانی‌زائی سینابر با بافت پراکنده و عیار پائین در این زون روی داده است. Mp-LG-06, Mp-LG-07 از این واحد برداشت گردید. پراکندگی سینابر در محل برداشت نمونه Mp-LG-07 بیشتر از محل برداشت نمونه Mp-LG-06 می‌باشد. آنالیز شیمیائی نمونه عیار پائین‌تری را نشان داده‌اند (به ترتیب 20 و 46/5 گرم در تن).

4. سرپانتینیت برشی که توسط رگه‌های نازک سیلیسی و اکسیدهای آهن قطع شده است. کانی‌زائی سینابر مشاهده نمی‌شود.

#### 4-4-6- ترانشه T6:

1. سرپانتینیت برشی، توسط تعداد زیادی رگه نازک سیلیسی قطع می‌شود.

2. یکی از گسله‌های اصلی کنترل‌کننده کانی‌زائی به فاصله 5 متری شرق این ترانشه در امتداد این گسله، مانی‌زائی پر عیار روی سینابر روی داده است. کانی‌زائی به فرم پرکننده حفرات و فضاها خالی بوده و در سرپانتینیت برشی که شدیداً سیلیس شده، جایگزین شده است البته در دیواره ترانشه در داخل این گسل کانی‌زائی مشاهده نمی‌شود. آنالیز نمونه اخذ شده از این رگه پرعیار در مرحله نیمه تفصیلی عیار جیوه را 6/42 درصد تعیین نموده است.

3. سرپانتینیت برشی، توسط رگه‌های نازک سیلیسی قطع می‌شود. بر روی این واحد مجموعه درهم افیولیتی (ملائز) با وضعیت رانده قرار می‌گیرد. در این گسل رانده، کانی‌زائی عیار بالا (توده‌ای) سینابر وجود دارد. شیب رگه‌های نازک سیلیسی (عموماً 36/95) نشان می‌دهد که جهت حرکت و صعود سیالات گرمابی از گسل (2) به طرف محل کانی‌زائی فوق‌الذکر بوده است.

4. توده معدنی سینابر، به صورت رگه‌ای به ضخامت متوسط 5 سانتیمتر که در داخل گسله‌ای با مشخصات 33/250 تشکیل شده است. امتداد رگه به طرف پائین قطع می‌شود. نمونه شماره MP-LG-08 از این رگه برداشت شده که عیار جیوه آن را 4/2 درصد نشان می‌دهد (تصویر 4-6).

به فاصله حدود 7 متری شمال شرق این رگه، رگه مینرالیزه پر عیار دیگری وجود دارد که در داخل همین گسل جای گرفته است. نمونه شماره Mp-LG-03 در مرحله اکتشاف نیمه تفصیلی از این رگه برداشت گردید که عیار جیوه در نمونه مزبور 6/42 درصد می‌باشد.

چاه دستي اکتشافی BH10 جهت ردیابی امتداد در رگه مزبور در کف ترانشه T6 حفر گردید. امتداد در رگه مزبور به صورت کانی‌زائی پر عیار جیوه (سینابر) در دیواره چاه مزبور شناسائی گردید. نمونه‌های BH10-LG-01, Mp-XR-02, Mp-Pt-01, Mp-OM-01 به ترتیب جهت انجام مطالعات مقاطع صیقلی، پتروگرافی، کانی‌شناسی به روش XRD و آنالیز شیمیائی از رگه یاد شده اخذ گردید. نتیجه مطالعه مقطع صیقلی مربوطه در بخش 3-4 ذکر گردید. مطالعه نمونه به روش XRD، کانی‌های سینابر و کریستوبالیت را در آن تأیید کرده است آنالیز شیمیائی نمونه مزبور نیز عیار جیوه را 5/62 درصد گزارش کرده است.

توصیف پتروگرافی نمونه مورد مطالعه به شرح زیر می‌باشد:



تصویر ۴-۵- نمای از ترانشه های T2 , T3 .



تصویر ۴-۶- رگه مینرالیزه سینابر واقع در دیواره ترانشه T6 .

تصویر ۴-۵- نمای از ترانشه های T2 , T3

تصویر ۴-۶- رگه مینرالیزه سینابر واقع در دیواره ترانشه T6

شرح مقطع نازک نمونه شماره Mp-Pt-01 :



بافت شبه برشي كانه به حالت پراكنده مشاهده مي شود و تشكيل آن به فضاهاي شكستگي ها ارتباطي ندارد. زمينه متشكل از كاني هاي شفاف ميگرو تا كربيئو كريستالين بوده و فقط قطعات با ابعاد بزرگ تر كه به شكل برشي وجود دارد، قابل شناسائي است. اين قطعات از كاني هاي سرپانتين عمدتاً آنتي گوريت و احتمالاً باسيت تشكيل شده اند.

علاوه بر اين در فضاهاي مدورو شكستگي ها اسفروليت هاي سيليسي به مقدار كمتر از 5 درصد ديده مي شود كه احتمالاً اين بخش از محل كاني سازي فاصله دارد. زمينه ريز بلوره بوده شامل فيلوسيليكات ها و احتمالاً كاني هاي زئوليت به شكل توجيه شده است. هيچ آثاري از كاني هاي اوليه در متن سنگ وجود ندارد و تنها بر اساس كاني هاي سرپانتين كه تشكيل ميلونيت را داده مي توان به اولترا مافيك بودن سنگ اوليه مطمئن بود. علاوه بر سينابر قطعاتي با انعكاس داخلي نارنجي مشابه گوتيت نيز به حالت پراكنده ديده مي شود.

5. ملانژ افئوليتي، متشكل از قطعات بزرگ سرپانتينيتي، شيل قرمز و قطعات ولكانيكي شديداً آلتره.

6. سرپانتينيت برشي قطع شده توسط رگه هاي سيليسي نازك

#### 7-4-4- ترانشه T7 :

1. كنگلومرا با اجزاء افئوليتي متشكل از قطعات سرپانتينيت، شيل راديولاريتي و ولكانيكي.
2. سنگ هاي شديداً آلتره و نرم به رنگ سفيد متشكل از سرپانتين، فاز هاي مختلف سيليس، كاني هاي رسي و به مقدار جزئي تالك. كانه هاي سينابر به مقدار كم و به صورت پراكنده يافت مي شود. نمونه شماره Mp-LG-13 از اين واحد برداشت گرديد.
3. سرپانتينيت برشي، توسط رگه هاي فراوان و نازك سيليسي قطع شده است.
4. سنگ هاي شديداً كائوليتي شده در طول يك گسل با مشخصات 23/60، ضخامت زون كائوليتي به طرف عمق افزايش مي يابد. نمونه Mp-LG-14 از رگه هاي سيليسي قطع كننده سرپانتينيت برداشت گرديد.
5. شيل، مارن و به مقدار كم ماسه سنگ.
6. مجموعه درهم از سنگ هاي افئوليتي (ملانژ) متشكل از سرپانتينيت، شيل و ولكانيك.
7. سرپانتينيت برشي نظير واحد شماره 3.
8. سنگ هاي ولكانيكي بازالتي تا آندزيتي - بازالتي.

#### 5-4- تغييرات عيار و ذخيره:

همانطوریکه قبلاً توضیح داده شد، در این مرحله از مطالعات، با توجه به نتایج بررسی‌های لیتوژئوشیمیائی در مرحله اکتشاف نیمه تفصیلی و همچنین وضعیت رخنمون زون‌های مینرالیزه، جهت بررسی ساختمان زمین شناسی و انجام نمونه‌گیری اقدام به روبرداری و حفر ترانشه‌های عمیق در جهت عمود بر راستای گسترش زون‌های مزبور گردید. پس از حفر ترانشه‌های مزبور اقدام به برداشت زمین شناسی مقاطع ترانشه‌ها و نمونه‌گیری از زون‌های مینرالیزه گردید که شرح مفصل آن در بخش 4-4 ارائه شده است. علاوه بر ترانشه‌های اکتشافی، جهت شناسائی وضعیت زون‌های معدنی (در بخش کم عیار) که در واحد برش‌های هیدرو ترمالی و سیلیسی (واحد Si) قرار دارند، اقدام به حفر تعدادی چاهک اکتشافی عمق 5-15 متری گردید (بخش 1-7-4).

جهت تعیین عیار عناصر Cu, As, Ag, Au, Hg تعداد 18 نمونه از رخنمون‌های زون‌های مینرالیزه در دیواره‌های ترانشه‌های اکتشافی (اعم از بخش‌های کم عیار و پر عیار) تعداد 34 نمونه از تعداد 3 چاهک اکتشافی برداشت گردید. با احتساب تعداد 6 نمونه کنترلی که به آزمایشگاه ارسال گردید، تعداد نمونه‌های آنالیز شده برای عناصر یاد شده 59 عدد می‌باشد.

در زون‌های مینرالیزه موجود (اعم از کانسنگ کم عیار کل کانی زائی پراکنده و کانسنگ رگه‌ای پر عیار)، بیشترین عیار ثبت جیوه متعلق به نمونه T2A-LG-03 (آنالیز شده در مرحله نیمه تفصیلی) با میزان 6/42 درصد می‌باشد. مطالعه کانی‌شناسی به روش XRD این نمونه مجموعه کانی‌های سینابر، کریستوبالیت، منیزیت و مونت موریلونیت را در آن نشان داده است. این نمونه از رگه‌ای واقع در 5 متری شرق ترانشه T6 به صورت Chipp sampline برداشت شده است. به فاصله حدود 2 متری رگه مزبور، رگه دیگری وجود دارد که احتمالاً در ارتباط با هم تشکیل شده‌اند و عیار جیوه در نمونه برداشت شده از آن 3/87 درصد گزارش شده است. علاوه بر رگه‌های مزبور در رگه پر عیار دیگر در محدوده اکتشافی شناسائی گردید که یکی در دیواره ترانشه T6 (محل برداشت نمونه‌های Mp-LG-08, BH10-LG-01) و دیگری در دیواره ترانشه T1 (محل برداشت نمونه MP-LG-02) قرار دارد. عیار جیوه در سه نمونه مزبور به ترتیب 4/2 درصد، 5/62 درصد و 374 ppm گزارش شده است. با توجه به اینکه نمونه شماره Mp-LG-08 از امتداد رگه نخست در داخل چاهک اکتشافی برداشت شده، لذا میانگین جیوه در این رگه 4/6 درصد به دست می‌آید. در رابطه با نمونه Mp-LG-02 باید گفت که این نمونه از یک رگه نسبتاً پر عیار با کانه‌های فراوان سینابر و به ضخامت 20 cm اخذ شده است و لذا به نظر می‌رسد که مقدار گزارش شده توسط آزمایشگاه، مقدار واقعی جیوه موجود در نمونه مزبور نباشد (تصور بر آن است که عیار جیوه در این نمونه بیشتر از 2000 ppm باشد) از نظر عیار جیوه، نمونه شماره bh1 که از عمق یک متر اول چاهک اکتشافی شماره یک اخذ شده، با مقدار 3500 ppm جیوه و نمونه شماره Mp-LG-

03 با مقدار 1300 ppm در درجه بعدی اهمیت قرار دارند. تغییرات عیار عناصر Cu, Hg, As, Ag در جاهک‌های اکتشافی BH3, BH1 که در زون مینرالیزه واقع در شمال محدوده اکتشافی حفر شده‌اند، در جدول 3-4 ارائه شده است. لازم به ذکر است که نمونه‌گیری از جاهک‌های اکتشافی به روش شیاری - لیپری و از هر یک متر یک نمونه صورت پذیرفته است.

در رابطه با سایر عناصر باید گفت که تمرکز خاصی ملاحظه نمی‌گردد.

مشخصات آماری نمونه‌های برداشت شده از دو زون مینرالیزه واقع در شمال محدوده اکتشافی در جدول 4-4 ارائه شده است. همچنانکه از این جدول برمی‌آید، عناصر میانگین جیوه بر اساس تعداد 15 نمونه لیتوژئوشیمیایی که از دیواره ترانشه‌ها و جاهک‌های اکتشافی (BH3, BH1) برداشت شده‌اند، 403/5 گرم در تن (0/04 درصد) به دست آمده است.

در رابطه با میانگین مزبور ذکر یک مطلب ضروری است و آن اینکه میانگین یاد شده مربوط به نمونه‌های اخذ شده از ترانشه‌ها بوده و هنوز از ترازهای پائین‌تر اطلاعاتی در این زمینه وجود ندارد، در حالیکه بر اساس مقاطع و پروفیل‌های زمین‌شناسی رسم شده کانی‌زائی به فرم پراکنده تا اعماق 30 متری ادامه داشته و پائین‌تر از عمق مزبور نیز به فرم رگه‌ای - رگچه‌ای با عیارهای بالاتر محتمل است. لذا در حال حاضر میانگین فوق‌الذکر را نمی‌توان برای محاسبه ذخیره ماده معدنی به کار برد.

با توجه به نتایج حاصله از مطالعات آزمایشگاهی و پیمایش زمین‌شناسی رخنمون رگه‌های پر عیار سینابر، عیار متوسط این بخش از کانسار حدود 5 درصد برآورد می‌شود.

با دسترسی به اطلاعات فوق و با علم به این مطلب که با توجه به شکل پیچیده و تکتونیک شدید منطقه مناسب‌ترین شیوه ادامه مطالعات اکتشافی، اکتشاف در حین استخراج خواهد بود. می‌توان ذخیره افق‌های مختلف استخراجی را با توجه به طرح بهره‌برداری کانسار از روی عیارهای متوسط ارائه شده تعیین نمود و پس از استخراج هر افق، با استفاده از شواهد زمین-

### جدول 3-4- تغییرات عیار عناصر در جاهک‌های اکتشافی BH3, BH1

جدول ۳-۴- تغییرات عیار عناصر در چاهکهای اکتشافی BH3, BH1.

Sample No.	Au(PPb)	Ag(PPm)	As(PPm)	Hg(PPm)	Cu(PPm)
BH3-LG-01	2.2	0.046	0.2	32.5	21.2
BH3-LG-02	2.8	0.05	1	155	18.6
BH3-LG-03	13.8	0.049	0.9	18.7	80.7
BH3-LG-04	2.2	0.053	5.6	44.3	61.7
BH3-LG-05	2	0.055	1.2	639	52.6
BH3-LG-06	1.4	0.068	0.2	290	48.3
BH3-LG-07	2.2	0.055	0.15	51.7	46.6
BH3-LG-08	1.5	0.074	2.7	92.8	220
BH1-LG-01	2.6	0.067	0.3	3500	10.1
BH1-LG-02	1.6	0.036	0.15	280	14.6
BH1-LG-03	4.6	0.054	0.15	42.4	12
BH1-LG-04	3.1	0.048	0.3	45.5	16.2
BH1-LG-05	1.4	0.055	0.5	701	16.1
BH1-LG-06	1.5	0.045	0.9	138	19.1
BH1-LG-07	2.3	0.035	11	22.2	63.9
<i>X</i>	3.013333	0.052667	1.683333	403.54	46.78
<i>S</i>	2.993296	0.010486	2.849366	853.6837	51.24406
<i>V</i>	8.959822	0.00011	8.118889	728775.8	2625.954
<i>N used</i>	15	15	15	15	15

جدول 4-4- مشخصات آماری نمونه‌های برداشت شده از دو زون مینرالیزه در شمال محدوده

جدول ۴-۴- مشخصات آماری نمونه های برداشت شده از دو زون مینرالیزه در شمال محدوده

Sample No.	Au(PPb)	Ag(PPm)	As(PPm)	Hg(PPm)	Cu(PPm)
MP-LG-01	3.3	0.066	2.6	28.5	49.4
MP-LG-02	1.5	0.043	0.5	374	13.9
MP-LG-03	3.2	0.075	0.5	1300	11.5
MP-LG-04	2.4	0.161	2.6	32	31.1
MP-LG-05	2	0.076	0.3	177	55.4
MP-LG-10	2.8	0.048	1.4	236	81.6
MP-LG-11	1.6	0.044	0.5	359	15
MP-LG-12	1.9	0.061	3.9	12.3	109
BH3-LG-01	2.2	0.046	0.2	32.5	21.2
BH3-LG-02	2.8	0.05	1	155	18.6
BH3-LG-03	13.8	0.049	0.9	18.7	80.7
BH3-LG-04	2.2	0.053	5.6	44.3	61.7
BH3-LG-05	2	0.055	1.2	639	52.6
BH3-LG-06	1.4	0.068	0.2	290	48.3
BH3-LG-07	2.2	0.055	0.15	51.7	46.6
BH3-LG-08	1.5	0.074	2.7	92.8	220
BH1-LG-01	2.6	0.067	0.3	3500	10.1
BH1-LG-02	1.6	0.036	0.15	280	14.6
BH1-LG-03	4.6	0.054	0.15	42.4	12
BH1-LG-04	3.1	0.048	0.3	45.5	16.2
BH1-LG-05	1.4	0.055	0.5	701	16.1
BH1-LG-06	1.5	0.045	0.9	138	19.1
BH1-LG-07	2.3	0.035	11	22.2	63.9
X	2.778261	0.059304	1.632609	372.6913	46.46087
S	2.469106	0.024542	2.418345	729.127	45.7467
V	6.096484	0.000602	5.848393	531626.2	2092.761
N used	23	23	23	23	23

شناسی موجود و نیز حفر چاهک در سطح فوقانی ترازهای بعدی، ذخیره افق‌های بعدی استخراجی را تعیین و در صورت داشتن توجیه کافی فنی اقتصادی استخراج را ارائه داد.

4-6- ژنز و مدل کانی‌زایی :

در رابطه با ژنز و مدل کانی‌زائی در ناحیه خانگلی چالدران قبلاً بررسی‌های چندی صورت گرفته و یک مدل هیدروترمالي (اپی ترمال یا درجه حرارت پائین) در بستره‌ای از سنگ‌های افیولیتی برای آن ارائه شده است (3 و 10). در این مدل، کانی‌زائی مورد بحث از نوع ذخایر جیوه «تیپ سرپانتینیتی» معرفی شده که در نتیجه باز کنش (Reactivation) کمپلکس افیولیتی توسط سیستم گرمایی حاصل از فعالیت ماگمایی اسید - حد واسط نئوژن در ناحیه سیه چشمه، به وقوع پیوسته است (3).

شایان ذکر است که از دیدگاه متالوژنی، جالبترین ذخایر معدنی با خاستگاه ملانژهای افیولیتی، در نتیجه واکنش چشمه‌های داغ، با ملانژهای در سطح فوقانی پوسته زمین تشکیل شده‌اند. در حدود 25 درصد ذخایر جیوه جهان دارای خاستگاه اولترامافیک‌های افیولیتی هستند. برای مثال ده‌ها مورد از رخدادهای جوان سینابر (پلیوسن تا کوارترنری) از کمپلکس افیولیتی فرانسیسکن امریکا گزارش شده است. قسمت عمده ذخایر جیوه کالیفرنیا در سنگ میزبان سرپانتینیتی و یا در مجاورت سرپانتینیت‌ها با ماسه سنگ و گل سنگ‌های فیلیشی گسلیده و خرد شده واقع شده‌اند (3 و 19).

هندرسون (1969) در مورد ذخائر جیوه «تیپ سرپانتینیتی» و آلتراسیون همراه آن تجدید نظر به عمل آورده است. مقطع نمونه این تیپ از ذخائر جیوه، معدن جکسو (کالیفرنیا) می‌باشد. بزرگترین تولیدکننده جیوه کالیفرنیا، منطقه المعدن جدید (با ذخیره 8080 تن با عیار میانگین 2/21 درصد جیوه) است. ذخائر جدید سینابر با خاستگاه ملانژهای افیولیتی غنی از سرپانتینیت در مکان‌های مختلف جهان از جمله پینچی لیک (کانادا)، میاکامز (آمریکا)، آوالجا (یوگسلاوی) و کالشیک (ترکیه) شناخته شده است (جدول 4-5).

در نتیجه مطالعات اکتشافی انجام گرفته، وضعیت ساختمان‌های زون‌های آلتزه و مینرالیزه و ارتباط آنها با گسله‌های منطقه به خوبی شناخته شده و لذا با توجه به پارائز مجموعه کانی‌های حاصل از آلتراسیون و کانی‌های فلزی می‌توان مدل کانی‌زائی ارائه شده در گزارش مرحله نیمه تفصیلی را تکمیل نمود.

محدود بودن رگه‌های مینرالیزه و زون‌های آلتزه همراه آن به گسله‌ها و شکستگی‌های م.ج.د در منطقه اکتشافی، نقش مهم گسله‌ها را با کانی‌زائی به اثبات می‌رساند. با توجه به نقشه زمین‌شناسی (در مقیاس 1/500) و مقاطع زمین‌شناسی ترانسه‌های اکتشافی (اشکال 4-1 الی 4-7 به وضوح نشان می‌دهد که زون‌های آلتزه با کانی‌زائی‌های پراکنده و رگچه‌ای همراه آن) در شمال، جنوب غرب و شرق محدوده اکتشافی تماماً توسط گسل‌ها کنترل شده‌اند، به طوری که کنتاکت پائین و بالایی زون‌های مزبور را عمدتاً گسله‌های از نوع رانده تشکیل می‌دهند. سنگ میزبان کانی‌زائی از نوع سرپانتینیت‌های برشی بوده که با وضعیت تکنیکی در مجاورت سیالات گرمایی به صورت آلتراسیون سیلیسی و ته نشست اکسیدهای آهن (شامل فازهای

آمورف) در کنتاکت سنگ میزبان کانی‌زائی با واحدهای لیتولوژیکی یاد شده، سبب آلتراسیون شدید سرپانتینیت‌ها شده است. نفوذ پذیری بسیار پائین نهشته‌های شیلی و مارنی، مانع از نفوذ سیالات گرمایی به داخل سنگ‌های مزبور شده، لیکن محلول‌ها در حجم وسیعی از طریق سرپانتینیت‌های برشی و خرد شده (تکتونیک‌ها) به سمت بالا جریان پیدا کرده‌اند. وجود سیستم‌های متراکم، درزه و شکستگی و نیز ماهیت برشی سرپانتینیت‌ها باعث شده که سیالات گرمایی به آرامی در کانال‌های یاد شده جابه‌جا می‌شوند، لیکن هر از چند گاهی احتمالاً به دلیل تغییر در سیستم هیدرولیکی منطقه، انفجار هیدروترمالي نیز در شرایط سطحی رخ می‌داده و سبب ایجاد برش‌های هیدروترمالي می‌شده است. مجموعه فرآیندهای مزبور سبب آلتراسیون شدید سرپانتینیت‌ها شده و آنها را به سنگ‌های متشکل از سرپانتین، سیلیس، کانی‌های رسی، کلسیت، تالک و اکسیدهای آهن تبدیل نموده است. این سنگ‌ها که به رنگ‌های سفید و خاکستری روشن و بسیار نرم در دیواره ترانشه‌ها رخنمون یافته‌اند، تحت عنوان واحد Si در واحد زمین‌شناسی - معدنی تفکیک شده‌اند. در بخش 4-2 خاطر نشان شدیم که آلتراسیون سنگ میزبان کانی‌زائی طی دو مرحله صورت گرفته و به این نتیجه رسیدیم که کانی‌زائی سینابر با مراحل نهائی آلتراسیون که همانا تشکیل رگه و رگچه‌های نازک سیلیسی در سنگ میزبان و همچنین محصولات آلتراسیونی مراحل قبلی، در ارتباط نزدیک می‌باشد. لذا آلتراسیون مرحله پیشین که منجر به تشکیل زون‌های آلتره سفید رنگ (واحد Si) در سرپانتینیت‌های برشی گردید، در واقع زمینه مناسبی را برای ته نشست کانه‌های معدنی فراهم نموده است. با توجه به کانی‌شناسی ذخیره (سینابر، پیریت، مارکازیت، و سرپانتینیت) می‌توان گفت که کانی‌زائی در یک سیستم هیدروترمالي درجه حرارت پائین (150 تا حداکثر 200 درجه سانتیگراد) صورت گرفته است.

جدول 4-5- ذخائر جدید سینابر یا خاستگاه ملانژهای افیولیتی غنی از سرپانتینیت در نقاط مختلف جهان

جدول 4-5- ذخایر جدید سینابر یا خاستگاه ملانژهای افیولیتی غنی از سرپانتینیت در نقاط مختلف جهان .

مکان	سنگ میزبان	کانی سازی	آلتر اسیون	مراجع
سپیناچی - کانادا	افیولیت ملانژ ، در مواردی سنگهای دگرگونی	سینابر ، برکننده نضاهای خالی نشوژن $\frac{4}{2}$ آنتن با معیار ۷۵٪ هزار	سپیلیسی - کربناته	پترسون (۱۹۷۷) آرمنستر انگ (۱۹۳۹)
المعدن جدید آمریکا	ملانژ فرانسویکن : سرپانتینیت ، کریو اکا ، شیل	سینابر ، بصورت رگچه ای و برکننده شکستگیها در سرپانتینیتها	سپیلیسی - کربناته	بایلی و اورهارت (۱۹۶۴)
میامی کامز آمریکا	ایضا "مثل قبلی"	سینابر ، بصورت رگچه ای در طول کسل ۳۰۰ آنتن جیوه	سپیلیسی و سپیلیسی کربناته	دیکسون و تونل (۱۹۶۸)
ویلیور آمریکا	مثل قبلی ، "سرپانتینیتهای خرد شده" (ملانژ ؟)	سینابر ، بشکل چانه‌های ریزدانه و برکننده شکستگیها با پیوستن سن ۷۰۰ آنتن جیوه	سپیلیسی - کربناته	مویسیو (۱۹۶۸)
آو الجا ، بیکر اد نیو کسلاوی	سرپانتینیت های تکتوئیزه ، افیولیت	سینابر بصورت برکننده و استوک - و رگ - میو سن ؟ ۳۹ آنتن جیوه ، ۳٪ تا ۱٪ هزار	سپیلیسی - کربناته	یانکوویچ (۱۹۸۲)
اید ریای جدید آمریکا	شیل در کنتاکت با سرپانتینیت	سینابر در زونهای شکستگی و برشی	سپیلیسی - کربناته	لین (۱۹۶۸)
کالسیک ترکیه	ملانژ افیولیتی ، و لکانیکهای نشوژن	سینابر ، بصورت انتشاری	سپیلیسی	سوزون (۱۹۷۷)
شان گلی - ماکو ایران	افیولیت ملانژ (سرپانتینیتها) برشی و خرد شده	سینابر ، برکننده شکستگیها و نضاهای خالی با پیوستن معیشتو سن	سپیلیسی و بندرت آرزولیک	خاکزاد سامانی امامعلی پور (۱۹۹۵)

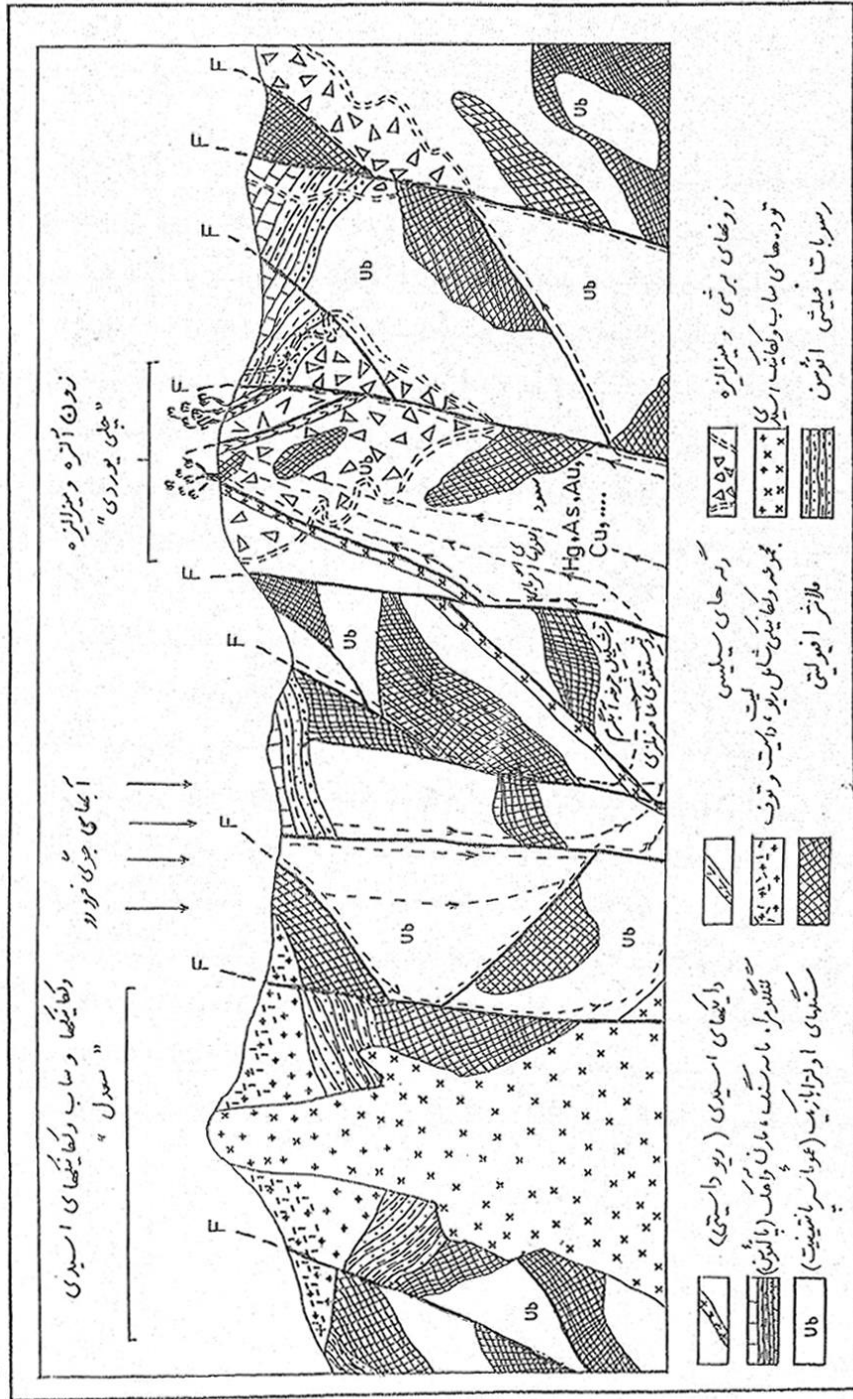


مدل کانی‌زائی جیوه در منطقه خانگلی به‌طور شماتیک در شکل 4-8 نشان داده شده است. پارامترهائی را که در این مدل نقش اساسی داشته اند، به شرح ذیل می‌توان خلاصه نمود:

1- وجود کمپلکس افیولیتی در ناحیه، سنگ‌های افیولیتی و به خصوص سرپانتینیت‌های آن از دو جهت حائز اهمیت می‌باشند. یکی اینکه به عنوان سنگ منشاء جیوه عمل نموده و موضوعی برای شستشوی جیوه و سایر عناصر توسط سیستم گرمابی بوده است و دیگر آنکه به عنوان سنگ میزبان مناسبی جهت ته نشست کانه‌ها عمل نموده است. بررسی‌های ژئوشیمیائی (در مرحله نیمه تفصیلی) نشان داده است که مقدار عنصر جیوه در سرپانتینیت‌های (غیر مینرالیزه) منطقه حدود 6ppm می‌باشد این مقدار برای عنصر جیوه زمینه بالائی را برای آن نشان می‌دهد. این امر سنگ‌های سرپانتینیتی موجود در ملانژ افیولیتی منطقه را به عنوان منشاء فلز جیوه به‌طور جدی مطرح می‌نماید (3).

2- رخداد ولکانیسم اسیدی تا حد واسط‌طی الیگومیوسن تا نئوژن که به فاصله حدود 8 کیلومتری جنوب شرق خانگلی قابل مشاهده است. این رخداد سبب بالا رفتن درجه زمین گرمایی و در نتیجه ایجاد سیستم‌های هیدروترمالی در ناحیه شده است.

3- وجود زون‌های برشی وسیع در مسیر گسله‌ها (سنگ میزبان کانی‌زائی خود سرپانتینیت برشی می‌باشد).



شکل 4-8- مدل شماتیک کانی زانی جیوه در منطقه خانگلی ماکو.

در ناحیه خانگلی ماکو نهشته‌های تخریبی پالئوسن شامل کنگلومرا، ماسه سنگ، مارن و آهک به صورت دگر شیب بر روی سنگ‌های افیولیتی قرار گرفته‌اند. سکانس رسوبی فوق الذکر تا ائوسن میانی در این ناحیه ادامه داشته است. در زمان الیگومیوسن فعالیت شدید ماگمایی به صورت فوران‌های آتشفشانی به وقوع پیوسته و سنگ‌های افیولیتی ناحیه را قطع نموده است. این ولکانیسم طبیعت اسیدی تا حد واسط داشته و سنگ‌های تشکیل شده حاصل از آن از نوع ریولیتی - داسیتی تا آندزیتی می‌باشد. بخش‌هایی از این ماگما از توده اصلی جدا شده و در امتداد گسله‌ها و شکستگی‌های بزرگ به داخل سنگ‌های افیولیتی تا مساحت‌های دور تزریق شده است. در مرحله نهایی، فعالیت ماگمایی یاد شده به صورت نفوذی بوده و نتیجه آن تشکیل توده‌های ساب ولکانیک اسیدی تا حد واسط است. این توده‌های نیمه عمیق ولکانیکی مرحله قبلی را قطع نموده‌اند، با توجه به این امر سن آخرین فعالیت ماگمایی را می‌توان با احتمال به پلیوسن نسبت داد (3). در نتیجه فعالیت‌های ماگمایی فوق الذکر، درجه زمین گرمایی منطقه بالا رفته و این توده‌ها خود به عنوان یک منبع حرارتی برای گرم شدن آب‌های فرورو و تشکیل آب‌های هیدرو ترمال عمل کرده‌اند. به این ترتیب آب‌های سطحی از شکستگی‌های فراوان موجود در ناحیه به طرف پائین حرکت کرده و تحت تاثیر حرارت آزاد شده از این منبع حرارتی گرم شده و در نتیجه اختلاف فشار حاصل شده مجدداً به طرف بالا صعود کرده و چرخه آب گرم را تشکیل داده‌اند. این آب‌های گرم و فعال در مسیر گذر خود از میان سنگ‌های سرپانتینیتی (و سایر سنگ‌های ملانژ افیولیتی) گذشته و در نتیجه واکنش با این سنگ‌ها سبب شستشوی عناصر فلزی نظیر Cu, As, Hg و ... از این سنگ‌ها شده‌اند. محلول‌های گرمابی از لحاظ Si, Fe, H<sub>2</sub>S, Co<sub>2</sub> غنی بوده و در مسیر خود سبب دگرسانی سنگ‌های محل گذر خود نیز شده‌اند. محلول‌های یاد شده در مسر گسله‌ها، شکستگی‌ها و زون‌های برشی به حرکت خود به سمت بالا ادامه داده و به صورت چشمه‌های جوشان به سطح زمین رسیده‌اند. در ناحیه خان گلی، گسترش سطحی منطقه‌ای که تحت تاثیر فعالیت گرمابی فوق الذکر قرار گرفته است، به 30 هکتار می‌رسد. با توجه به اینکه کانی‌زایی متعاقب فعالیت ماگمایی الیگومیوسن تا پلیوسن و در نتیجه کنش وری (Raectvation) کمپلکس افیولیتی ناحیه توسط فرآیندهای حاصل از این فعالیت ماگمایی صورت گرفته است، لذا سن این کانی‌زایی را می‌توان به اواخر پلیوسن و یا پلیئوستوسن (4) نسبت داد (3).

## فصل پنجم

### مطالعات فرآوری

#### 5- شناسایی سنگ معدن

##### 5-1- مقدمه

مهمترین مینرال جیوه سینابر ( Hgs ) بوده که 90٪ تولید جهانی جیوه در حال حاضر از آن به دست می‌آید.

در گذشته رومی‌ها به منظور استخراج جیوه با علم به نقطه تبخیر پائین جیوه (375 c) از میعان بخار جیوه حاصل از حرارت دادن سنگ معدن آن استفاده می‌کردند. اما امروزه در صورتی‌که عیار سنگ معدن کم باشد هزینه ساخت کوره اقتصادی نبوده و لذا بایستی عملیات فرآوری بر روی سنگ معدن جیوه انجام گیرد.

به همین منظور با توجه به اینکه کانی سینابر دارای وزن مخصوص نسبتاً زیادی (8/1) است، روش خردایش ثقلی (جیگ یا میز) یکی از روش‌های منطقی برای آرایش آن به نظر می‌رسد

در ایالت متحده آمریکا کمپانی Cat mining co. برای فرآوری سینابر از سنگ معدن از میز نرمه استفاده کردند.

مراحل کار شامل سنگ شکنی، سرند کردن و در نهایت استفاده از میز نرمه بوده که حداکثر تا 100 تن در روز با 85٪ بازیافت جیوه انجام گرفته است.

با توجه به سهولت فلوتی شدن سینابر به نظر می‌رسد روش دیگری که برای فرآوری جیوه مورد نظر قرار گیرد فلوتاسیون باشد. ولی به نظر می‌رسد مشکلات زیر در حین عملیات فلوتاسیون مورد توجه قرار گیرد:

- به علت تمایل سینابر به ریز دانه شدن در حین عملیات خردایش، در زمان نرمه گیری ممکن است مقادیر زیادی از ذرات سینابر وارد باطله گردد.

- در حین خردایش با توجه به اینکه سینابر به دانه‌های ریز تبدیل می‌شود ممکن است ایجاد لجن کند.

- غالباً سینابر با مینرال‌های رسی (مونت موریلونیتو غیره...) موجود در گانگ مخلوط می‌شود.

- غالباً سینابر به فرم ذخیره‌های اوپال تشکیل شده و مینرال‌های آن با دانه‌بندی 65 تا 100 مش آزاد نمی‌گردد.

یک مورد عمل فلوتاسیون موفق در سال 1966 در ایالت متحده آمریکا توسط Jackson Mountain Mining Co به شکل زیر در معدن glass butt گزارش شده است.

Aeao Xanthale 301 or Dow Z-12 0.30 Ib/ton کلکتور

Aero Flot 3 / 0.07 Ib/ton

0.27-0.41 Ib/ton سولفات مس فعال کننده

Aero Froth 15 or Dou Foth 250 0.71 Ib/ton کف ساز

سنگ معدن فوق دارای عیار 1 پوند جیوه در تن بوده و کل بازیافتی به طور متوسط 85٪ می‌باشد.

در مدار فلوتاسیون از دانه بندی 9٪ زیر 65 مش استفاده شده و عیار کنتسانتره در نهایت به 350 تا 450 پوند در تن رسیده است.

مرحله نهایی تهیه فلز جیوه خواه مستقیماً سنگ معدن جیوه به کوره انتقال یابد یا فرآوری گردد میعان بخار جیوه می‌باشد. در صورتی که به خلوص خیلی بالا نیاز باشد دو تا سه مرتبه تقطیر کردن ادامه می‌گردد.

در سال‌های اخیر روش لیچینگ مورد توجه قرار گرفته اما این روش در مقیاس صنعتی تا به حال گزارش نشده است. از 250 سال پیش این مسئله که محلول سولفورهای قلیائی قادر خواهند بود سینابر را در خود

حل کنند شناخته شده بود. به منظور فرآوری سولفور جیوه را در یک محلول سولفور قلیائی (اکثرأ سولفور سدیم) حل نموده و در نهایت با اضافه کردن آلومینیم به محلول فوق فلز جیوه رسوب می‌کند.

## 2-5- آماده سازي نمونه و تهيه نمونه معرف

- جهت آماده سازي نمونه و اخذ نمونه معرف براي مطالعات ميكروسكپي و آزمايش هاي شيميايي و تعيين درجه آزادي درسرپانتينيت و برش هاي هيدروترمالي كانسار جيوه ماكو اقدامات ذيل صورت پذيرفته است:
- تهيه حدود 100 گرم نمونه از هر يك از واحد هاي سرپانتينيت و برش هاي هيدروترمالي مينراليزه.
  - خردايش نمونه هاي گرفته شده تا ابعاد حدود 3 تا 4 سانتيمتر توسط سنگشكن فكي، بديهي است نمونه تهيه شده از برش هاي هيدروترمالي، احتياج به چنين پروسه اي ندارد.
  - خردايش نمونه هاي 100 كيلوگرمي مطابق نمودار زير:

100 كيلوگرم نمونه

سنگشكن فكي

50 كيلوگرم (ابعاد 1

50 كيلوگرم (ابعاد 1 سانتيمتر)

سانتيمتر) نمونه پشتيبان

سنگشكن استوانه اي

50 كيلوگرم (ابعاد 2/8- ميلي متر) نمونه

25 كيلوگرم (ابعاد 2/8- ميلي متر)

پشتيبان

- تقسيم نمونه 25 كيلوگرمي به 25 نمونه يك كيلوگرمي.
  - خرد كردن نمونه يك كيلوگرمي توسط آسیاي ميله اي.
  - تجزيه سرندي نمونه خرد شده توسط سرندهاي 12، 20، 30، 60، 100، 200، 275، 325، به روش تر و سپس خرد كردن و توزين هر يك از آنها و ارسال براي تهيه مقاطع نازك و صيقل، به منظور دستيابي به نوع كانه ها و نحوه درگيري آنها و در نهايت تعيين درجه آزادي.
- نتايج حاصل از تجزيه سرندي نمونه هاي معرف در جدول شماره 5-1 و 5-2 ارائه شده است.

جدول شماره 5-1- نتایج به دست آمده از تجزیه سرندي نمونه برش هیدروترمالي

جدول 5-1- نتایج بدست آمده از تجزیه سرندي نمونه برش هیدروترمالي :

ملاحظات	وزن نسبه		وزن		شماره نمونه	دهانه سرندي	شماره سرندي
	عبور کرده	باقیمانده	درصد	گرم			
	۸۹/۴۵	۸/۷۱	۸/۷۱	۶۳	B+۱۲	۱۷۰۰	۱۲
	۸۰/۷۴	۲۹/۴۵	۲۰/۷۴	۱۵۰	B+۲۰	۸۵۰	۲۰
	۶۰	۳۹/۹۶	۱۰/۵۱	۷۶	B+۳۰	۶۰۰	۳۰
	۳۳/۷۳	۶۶/۲۳	۲۶/۲۷	۱۹۰	B+۶۰	۲۵۰	۶۰
	۲۴/۱۹	۷۵/۷۷	۹/۵۴	۶۹	B+۱۰۰	۱۵۰	۱۰۰
	۱۳/۵۴	۸۶/۴۲	۱۰/۶۵	۷۷	B+۲۰۰	۷۵	۲۰۰
	۱۰/۲۳	۸۹/۷۳	۳/۳۱	۲۴	B+۲۷۰	۵۳	۲۷۰
	۸/۰۲	۹۱/۹۴	۲/۲۱	۱۶	B+۳۲۵	۴۵	۳۲۵
	.	۱۰۰	۸/۰۲	۵۸	B-۳۲۵	-۴۵	-۳۲۵

جدول شماره 5-2- نتایج به دست آمده از تجزیه سرندي نمونه سرپانتینیت مینرالیزه

جدول ۵-۲- نتایج بدست آمده از تجزیه سرندي نمونه سرپانتینیت مینرالیزه

ملاحظات	وزن تجمعی		وزن		شماره نمونه	دهانه سرندي (m)	شماره سرندي
	عبور کرده	باقیمانده	(%)	(گرم)			
	۸۷/۷۴	۱۲/۲۶	۱۲/۲۶	۹۴	A+۸	۲۳۶۰	۸
	۶۲/۹۷	۳۷/۰۳	۲۴/۷۷	۱۹۰	A+۱۲	۱۷۰۰	۱۲
	۳۲/۹۹	۶۷/۰۱	۲۹/۹۹	۲۳۰	A+۲۰	۸۵۰	۲۰
	۲۷/۱۲	۷۲/۸۸	۵/۸۷	۴۵	A+۳۰	۶۰۰	۳۰
	۱۴/۸۶	۸۵/۱۴	۱۲/۲۶	۹۴	A+۶۰	۲۵۰	۶۰
	۱۰/۸۱	۸۹/۱۹	۴/۰۴	۳۱	A+۱۰۰	۱۵۰	۱۰۰
	۶/۳۸	۹۳/۶۲	۴/۴۳	۳۴	A+۲۰۰	۷۵	۲۰۰
	۵/۰۸	۹۴/۹۲	۱/۳۰	۱۰	A+۲۷۵	۵۳	۲۷۰
	۴/۱۷	۹۵/۸۳	۰/۹۱	۷	A+۳۲۵	۴۵	۳۲۵
	۰/۰۰	۱۰۰/۰۰	۴/۱۷	۳۲	A+۳۲۵	-۴۵	-۳۲۵
			۱۰۰	۷۶۷			جمع

### 5-3- مطالعات میکروسکپی

مطالعات میکروسکپی بر روی کانسنگ‌های معدنی در دو مرحله انجام شده است. در مرحله نخست قبل از خردایش و تجزیه سرندي نمونه‌ها، 7 نمونه مقطع صیقلی و 21 نمونه مقطع نازک از کانسنگ معدنی تهیه



و مورد مطالعه قرار گرفت. در مرحله دوم نیز نمونه‌های اخذ شده از کانسار پس از تقسیم و خردایش توسط آسیای میله‌ای پودر شد و محصول فرآیند در سری سرندهای آزمایشگاهی دانه‌بندی شده و از هر دانه‌بندی، نمونه‌هایی برای مطالعه مقاطع صیقلی و مقاطع نازک تهیه و با میکروسکوپ مورد مطالعه قرار گرفت.

### 1-3-5- مطالعه مقاطع صیقلی و نازک کانسنگ اولیه معدنی ( سرپانتینیت‌های مینرالیزه)

#### نمونه G1 مقاطع صیقلی:

تشکیل دهنده‌ها: سینابر، کرومیت، اکسید وئیدروکسیدهای آهن، پیریت – مارکاسیت، کانی‌های شفاف. فراوانترین کانی کدر سینابر است که به صورت قطعات بی شکل پراکنده، توزیع نامتجانس مشاهده می‌شود. مقدار کانی در قسمت‌های با بافت خرد شده افزونتر شده است و در مناطق برشی عیار بالاتر است. اندازه قطعات سینابر حداکثر 400 میکرون و اندازه قطعات فراوان 200 میکرون است. قطعات با ابعاد کمتر از 50 میکرون، خاص مناطق خرد شده می‌باشد. در قطعات سینابر انکلوژیون‌های ریزی از پیریت- مارکاسیت دیده می‌شود. اندازه این ادخال‌ها عموماً از 50 میکرون کمتر بوده و عموماً بین 10 تا 30 میکرون تغییر می‌کند. مقدار پیریت – مارکاسیت در حد دهم درصد است. سولفورهای آهن علاوه بر ادخال‌های داخل سینابر با ابعاد کوچک و مشابهی در زمینه برخی کانی‌های شفاف نیز مشاهده می‌شود. قطعات سولفوری بعضاً دگرسان گردیده اکسید وئیدروکسیدهای آهن ایجاد شده است. مقدار این کانی در مقطع از 1٪ تجاوز نمی‌کند. کرومیت به شکل قطعات نیم شکل دار تا بی شکل با بافت کاتالاستیک، قطعات پراکنده و مستقل از سنابر ایجاد نموده است. اندازه قطعات کرومیت حدود 100 میکرون و مقدار آن حداکثر 5٪ است ( تصاویر 5-1 و 5-2).

#### نمونه G2 مقاطع صیقلی:

تشکیل دهنده‌ها: سینابر، کرومیت، پیریت، مارکاسیت، کانی‌های شفاف. سینابر قطعات بی شکل پراکنده‌ای را با اندازه حداکثر 800 میکرون و ابعاد متوسط فراوان حدود 600 میکرون ایجاد نموده است. در این نمونه بافت میلونیتی وجود نداشته و قطعات ریز سینابر نیز مشاهده نمی‌شود. در قطعات بزرگ کانی مزکور ادخال‌های کانی‌های گانگ و بلورهای منشوری مارکاسیت اغلب وجود دارد که مقدار آن ناچیز و در حد دهم درصد است. اندازه ادخال‌های مذکور عموماً از 50 میکرون کوچکتر است.

مارکاسیت به علاوه به شکل بلورهای بسیار کوچک با ابعاد میکرونی در برخی قسمت‌های گانگ وجود دارد. از کانی‌های دیگر، قطعات خرد شده کرومیت قابل ذکر است. این کانی با سنابر هیچگونه درگیری و ارتباطی نشان نمی‌دهد. اندازه قطعات کرومیت به‌طور متوسط 300 میکرون و مقدار آن 2-3٪ است (تصاویر 3-5 و 4-5).

### نمونه G3 مقطع صیقلی:

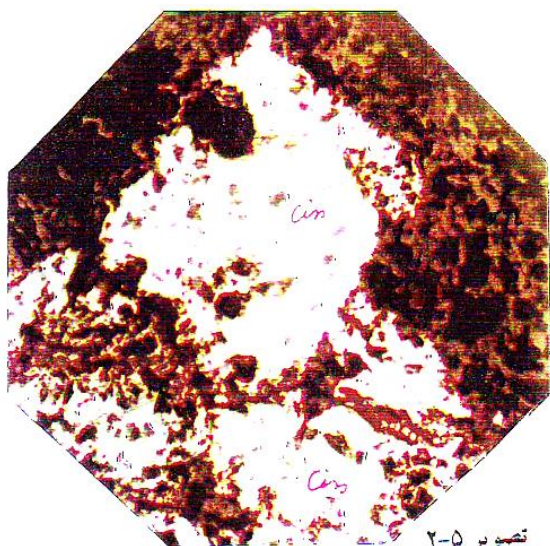
تشکیل دهنده‌ها: سینابر، کرومیت، پیریت، مارکاسیت، کانی‌های شفاف. سنابر که فراوان‌ترین کانی کدر است به مقدار حداقل 5٪ وجود داشته و به صورت پراکنده و عمدتاً بی‌شکل هم‌اندازه دیده می‌شود. اندازه قطعات فراوان این کانی حدود 200 تا 300 میکرون است. کرومیت به مقدار یک تا دو درصد دارای توزیع نسبتاً یکسان بوده و بلورهای شکل دار پراکنده ایجاد کرده است. حداکثر اندازه قطعات کرومیت 200 میکرون و حداقل آن در قطعات خرد شده (کاتالاستیک) 20 تا 30 میکرون است. سینابر و کرومیت هیچگونه ارتباطی نشان نمی‌دهند. کرومیت فاقد ادخال است ولی سینابر ادخال‌های متعددی از کانی‌های شفاف و مارکاسیت دارا می‌باشد. اندازه ادخال‌های مارکاسیت که به‌طور مقاطع شکل و بعضاً مربعی می‌باشد حدود چند میکرون است. مقدار مارکاسیت در حد دهم درصد می‌باشد. مارکاسیت با اشکال مشروح فوق در زمینه برخی کانی‌های شفاف نیز دیده می‌شود. کانی‌های گانگ دو نوع است (تصویر 5-5).

تصویر 5-1- اکسیدوئیدروکسیدهای آهن با اشکال پسدومورف Feo در زمینه کانی‌های شفاف T.M

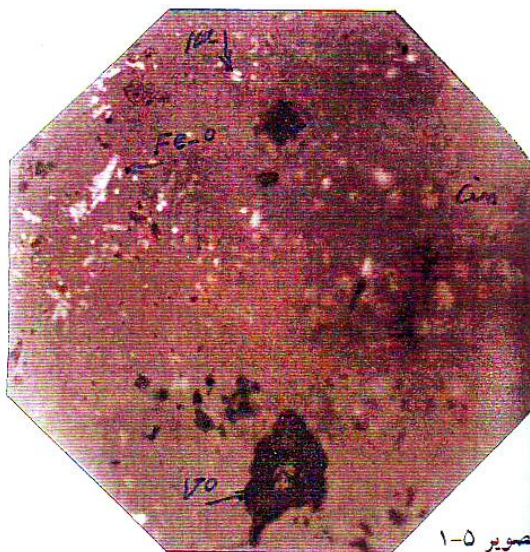
سینابر Cin و فضاهای خالی Vo

تصویر 5-2- سینابر Cin، کانی‌های شفاف (گانگ) Gn (×100)

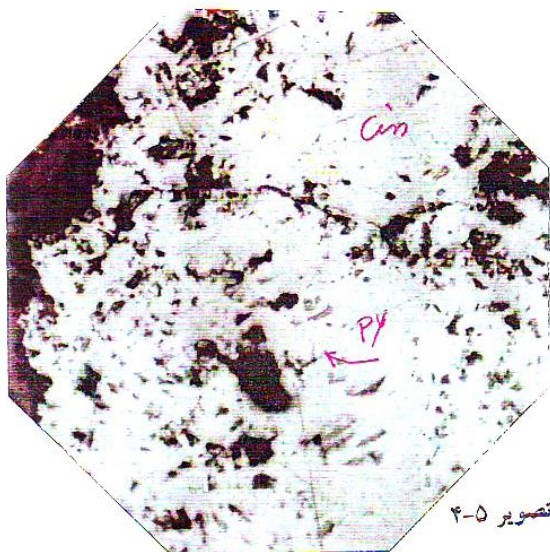
تصویر 3-5- سینابر حاوی ادخال‌های ریز مارکاسیت Ma در مجاورت کانیه‌های شفاف (گانگ) T.M  
تصویر 4-5- ادخال‌های پیریت- مارکاسیت Py در زمینه سینابر Cin (×200)



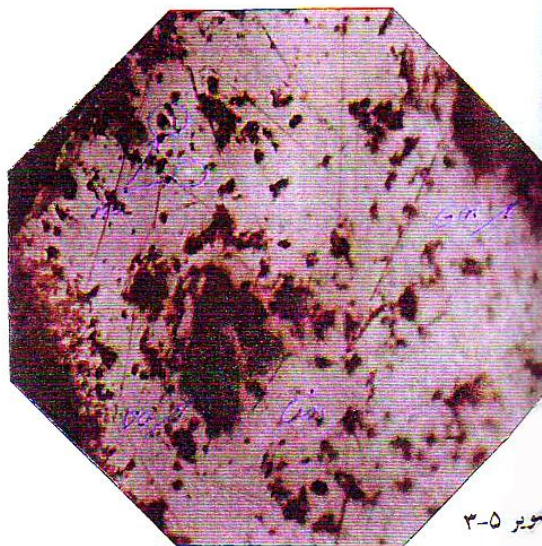
تصویر ۲-۵



تصویر ۱-۵



تصویر ۴-۵



تصویر ۳-۵

تصویر ۱-۵- اکسید وئیدروکسیدهای آهن با اشکال پسه و مورف FeO در زمینه کانیهای شفاف T.M سینابر  
Cin و فضاهای خالی Vo

تصویر ۲-۵- سینابر Cin ، کانیهای شفاف (گانگ) Gn (× ۱۰۰)

تصویر ۳-۵- سینابر حاوی ادخالهای ریز مارکاسیت Ma در مجاورت کانیهای شفاف (گانگ) T.M

تصویر ۴-۵- ادخالهای پیریت - مارکاسیت Py در زمینه سینابر Cin (× ۲۰۰)

نمونه G4 مقطع صیقلی :

تشکیل دهنده‌ها : سینابر، کرومیت، پیریت، مارکاسیت، کانی‌های شفاف .  
عمده‌ترین کانی کدر سینابر می‌باشد که به صورت قطعات پراکنده با توزیع نامتجانس و بدون شکل حداقل حدود 10٪ نمونه را تشکیل داده است. حداقل اندازه قطعات فراوان این کانی حدود 50 میکرون است. در سینابر معمولاً ادخال‌های گانگ و کمتر ادخال‌های مارکاسیت وجود دارد. مارکاسیت به صورت بلورهای سوزنی - منشوری است و اندازه قطعات آن عموماً 10 تا 20 میکرون می‌باشد. مارکاسیت به‌علاوه در زمینه کانی‌های گانگ نیز مشاهده می‌شود ولی توزیع آن محدود به بخش‌های خاص بوده و در این حالت ادخال‌ها دارای ابعاد میکرونی می‌باشند. مقدار مارکاسیت از یک درصد کمتر است. کرومیت کانی کدر دیگر است که با توزیع تقریباً متجانس به صورت قطعات نیم شکل دار پراکنده و بدون ارتباط سایر کانی‌های کدر دیده می‌شود. اندازه قطعات متوسط کرومیت حدود 200 میکرون و مقدار کمتر آن کمتر از 5٪ است. آثار سیلیسی شدن بسیار جزئی است (تصاویر 5-6 و 5-7).

#### نمونه G5 مقطع صیقلی:

تشکیل دهنده‌ها : سینابر، کرومیت، پیریت، مارکاسیت، نیدروکسیدهای آهن، کانی‌های شفاف .  
سینابر فراوانترین کانی کدر بوده و قطعات پراکنده بی شکل را ایجاد نموده است که به لحاظ توزیع، وضعیت نامتجانسی دارد. اندازه قطعات آن حداکثر 500 میکرون و حداقل فراوان آن 50 میکرون و قطعات متوسط فراوان آن 200 تا 250 میکرون است. در زمینه این کانی ادخال‌هایی از کانی‌های گانگ و مارکاسیت دیده می‌شود. اندازه قطعات مارکاسیت که عموماً ایدومورف است از 20 میکرون تجاوز ننموده و مقدار آن جزئی می‌باشد. مقاطع ریز و مربعی این کانی به‌علاوه در برخی قسمت‌ها در زمینه کانی‌ها شفاف نیز دیده می‌شود که در این حالت اندازه آنها از چند میکرون تجاوز نمی‌کند.  
کرومیت کانی کدر دیگر به صورت قطعات پراکنده ولی با توزیع متجانس مشاهده شده و اندازه قطعات آن حداکثر 200 میکرون و حداقل 30 میکرون بوده و بافت مشخصه آن قطعات نیمه شکل دار و بعضاً کاتالاستیک است. مقدار این کانی حدود 2-3٪ است. هیچ ارتباطی بین قطعات کرومیت و سینابر مشاهده نمی‌شود. علاوه بر کانی‌های مذکور مقادیر کمی ترکیبات اکسید آهن با اشکال پسدومورف پیریت- مارکاسیت دیده می‌شود (تصاویر 5-8 و 5-9).

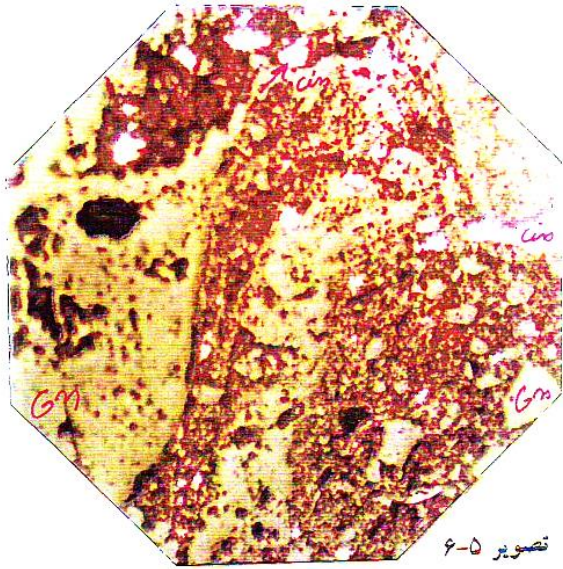
تصویر 5-5- قطعات سینابر Cin، کانی‌های شفاف T.M، قطعات مدور رادیولاریت

تصویر 5-6- سینابر Cin به صورت قطعات ریز پراکنده در زمینه کانی‌های شفاف (گانگ) Gn مربوط به

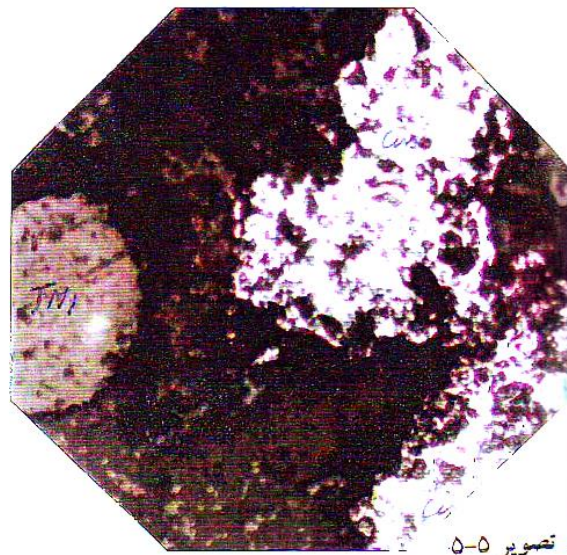
بخش‌های میلونیتی شده (100×)

تصویر 5-7- قطعات پراکنده و هم اندازه سینابر Cin در زمینه کانی‌های شفاف Gn (×200)

تصویر 5-8- سینابر Cin مستقل از کرومیت Cin در زمینه گانگ T.M



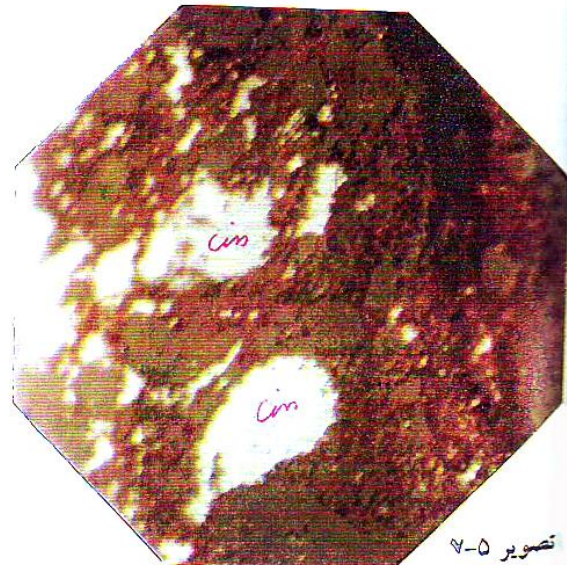
تصویر ۶-۵



تصویر ۵-۵



تصویر ۸-۵



تصویر ۷-۵

تصویر ۵-۵- قطعات سینابر Cin ، کانیهای شفاف T.M ، قطعات مدور رادیولاریت  
 تصویر ۶-۵- سینابر Cin بصورت قطعات ریز پراکنده در زمینه کانیهای شفاف (گانگ) Gn مربوط به  
 بخشهای میلوئیتی شده (  $\times 100$  )  
 تصویر ۷-۵- قطعات پراکنده وهم اندازه سینابر Cin در زمینه کانیهای شفاف Gn (  $\times 400$  )  
 تصویر ۸-۵- سینابر Cin مستقل از کرومیت Ch در زمینه گانگ T.M

## نمونه G6 مقطع صیقلی:

تشکیل دهنده‌ها : سینابر، کرومیت، پیریت، پیریت-مارکاسیت، کانی‌های شفاف .  
در بین کانی‌های کدر سینابر فراوانترین بوده و به صورت قطعات پراکنده و بی شکل از ابعاد چند میکرون تا حداکثر حدود چند میلیمتر دیده می‌شود. قطعات ریز این کانی مربوط به مناطق میلوئیتی شده است. در این قسمت‌ها همراه با آن، کانی‌های شفاف غیر سرپانتین دیده می‌شود.  
در زمینه سینابر و هم در زمینه قطعات کانی‌های شفاف، ادخال‌های شکل دار مارکاسیت با مقاطع منشوری وجود دارد. اندازه این ادخال‌ها چند میکرون تا حداکثر 50 میکرون و مقدار آن تا حداقل دهم درصد است. مقدار سینابر در نمونه حدود 15٪ می‌باشد. کرومیت به صورت قطعات نیم شکل دار تا شکل دار و در برخی قسمت‌ها با بافت خرد شده و کاتالاستیک به مقدار 3-2٪ وجود دارد.  
اندازه قطعات کرومیت حداقل 50 میکرون است. علاوه بر کانی‌های مذکور نیدروکسیدهای آهن با اشکال پسودوموروف مربوط به پیریت - مارکاسیت بعضاً به حالت مجموعه ای، تمرکزهای کوچکی را ایجاد نموده است. مقدار این کانی‌ها در حدود یک درصد است. یک قطعه کوچک زرد رنگ مشابه کالکوپیریت یا طلا ؟ در نمونه مشاهده می‌شود. بافت خرد شده و میلوئیتی بعضاً دیده می‌شود (تصاویر 5-10 و 5-11)

## نمونه G7 مقطع صیقلی:

تشکیل دهنده‌ها : سینابر، کرومیت، پیریت، پیریت-مارکاسیت، استینیت ؟، نیدروکسیدهای آهن، کانی‌های شفاف .  
سینابر فراوانترین کانی کدر بوده و مقدار آن حدود 10 درصد است. بافت سینابر به صورت قطعات بی شکل پراکنده و اندازه قطعات فراوان آن حدود 400 میکرون است. قطعات سینابر بعضاً با چشم غیر مسلح قابل رویت است. حداقل اندازه قطعات فراوان سینابر حدود 50 میکرون می‌باشد. در زمینه سینابر، ادخال‌های متعددی از کانی‌های گانگ و به مقدار جزئی مارکاسیت وجود دارد. اندازه ادخال‌های گانگ حدود 40 - 50 میکرون و ادخال‌های مارکاسیت در مقاطع عرضی 3-2 میکرون و در مقاطع طولی تا حدود 30 میکرون است. مارکاسیت به علاوه با ابعاد مشابه در کانی‌های گانگ نیز دیده می‌شود.  
کرومیت به صورت قطعات شکل دار به مقدار 3-2 درصد مستقل از سینابر دیده شده و اندازه قطعات آن 100 تا 200 میکرون می‌باشد. قطعات مشکوک به استینیت با اندازه 100 میکرون مجزا از سایر کانی‌های کدر دیده می‌شود (تصویر 5-12).



تیغه نازک شماره 1 :

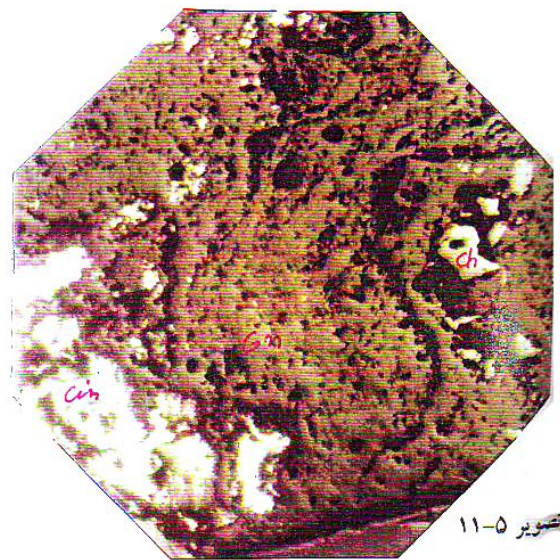
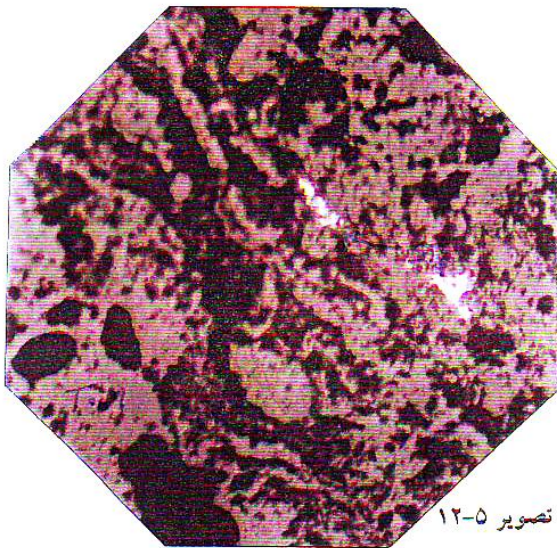
بافت برشي ميلونايت تا ملاني

تصویر 5-9- کرومیت Ch، سینابر Cin به حالت مستقل از یکدیگر در زمینه کانی‌های شفاف (×100)  
تصویر 5-10- کرومیت با بافت کاتاکلاستیک در مجاورت سینابر Cin و مستقل از آن در زمینه کانی‌های

شفاف T.M

تصویر 5-11- کرومیت Ch، سینابر Cin و کانی‌های شفاف Gn (×100)

تصویر 5-12- قطعات مشکوک به استینیت St در زمینه گانگ T.M



تصویر ۹-۵- کرومیت Ch ، سینابر Cin بحالت مستقل از یکدیگر در زمینه کانیهای شفاف (  $\times 100$  )  
 تصویر ۱۰-۵- کرومیت با بافت کاتاکلاستیک در مجاورت سینابر Cin و مستقل از آن در زمینه کانیهای  
 شفاف T.M

تصویر ۱۱-۵- کرومیت Ch ، سینابر Cin و کانی شفاف Gn (  $\times 100$  )  
 تصویر ۱۲-۵- قطعات مشکوک به استیپنیت St در زمینه گانگ T.M

تشکیل دهنده‌ها : کانی‌های شفاف شاکل کانی‌های گروه سرپانتین، کانی‌های گروه سیلیس، کانی‌های نیمه شفاف شامل انواع با انعکاسات داخلی قرمز و انعکاسات داخلی قهوه‌ای، کانی‌های کدر.

- زمینه عمدتاً متشکل از کانی‌های سرپانتین بوده که از نظر نوع، کریپتو کریستالین و میکرو کریستالین است. بخشی از این مواد احتمالاً تبدیل‌یافته و به رس‌های مونت موریلونیتی تغییر شکل داده است. مواد مذکور مخفی بلور بوده و به ترکیبات خاکی آهن آغشته‌گی دارد.

بخش ریز بلور شامل انواع الیافی و صفحه‌ای سرپانتین و به مقدار کمتر قطعات درشت بلور که از نوع باسنیت بوده و پسودوموروف کانی‌های پیروکسین است، می‌باشد.

کانی‌های سیلیس به دو صورت در مقطع مشاهده می‌شوند :

1- قطعات مدور اسفرولیتی که مربوط به رادیولرها بوده و همراه با سنگ‌های سرپانتینیتی دیده می‌شود.

2- سیلیس از نوع میکروکریستالین که مربوط به کانی‌سازی هیدروترمال در مرحله اپی ترمال است.

مقدار سیلیس از 10 درصد تجاوز نمی‌کند.

- کانی‌های کدر به صورت قطعات شکل دار پراکنده با ابعاد کوچک مشاهده شده و مقدار آن کمتر از 5 درصد بوده و مربوط به کانی‌های اکسیدی سنگ‌های اولترامافیک، شامل کرومیت می‌گردد. بعضی از این قطعات اسکال کاملاً مدور نشان می‌دهند.

بین کانی‌های کدر و نیمه شفاف درگیری وجود ندارد و این دو با یکدیگر مرتبط نیستند.

کانی‌های نیمه شفاف از دو نوع در مقطع مشاهده می‌گردد یک مورد مقاطع نیمه شفاف قرمز رنگ مرتبط به سینابر که حداقل اندازه قطعات سینابر فراوان 50 میکرون و حداکثر اندازه قطعات حدود یک میلیمتر است.

اندازه قطعات کدر حدود حداقل 100 میکرون می‌باشد (کرومیت) مقدار سینابر در نمونه حداقل 5 درصد است.

مورد دیگر کانی نیمه شفاف و قهوه‌ای رنگ می‌باشد که شناسایی نشد. برای مشخص شدن این کانی نیمه شفاف نیاز است با XRD مطالعه شود (تصویر 5-13).

## تیغه نازک شماره 2 :

بافت برشی زمینه دارای فولیاسیون

تشکیل دهنده‌ها : کانی‌های سرپانتین، کانی‌های سیلیس، کانی‌های کدر، کانی‌های نیمه شفاف حداقل دو نوع. بخش اعظم نمونه متشکل از کانی‌های شفاف بوده که دارای بافت‌های کریپتو کریستالین و میکروکریستالین و بعضاً کاتالاستیک هستند.

در بخش ریز بلورهای کانی‌های سرپانتین به حالت توجیه شده و موجی مشاهده می‌شوند. قطعات بزرگتر باستیت بوده که در این قطعات آثار تغییر شکل مشهود است. کانی‌های کدر به شکل قطعات شکل‌دار و نیمه شکل‌دار و به حالت مستقل از کانی‌های شفاف وجود داشته و ذاتی سنگ اولیه می‌باشد. اندازه قطعات فراوان این کانی‌ها 100 میکرون است. کانی‌های سیلیس عمدتاً با اشکال مدور و بافت اسفرولیتی مشاهده شده مربوط به بقایای رادیو لرها هستند که مقدار سیلیس از 5 درصد کمتر است. کانی‌های نیمه شفاف از دو نوع در نمونه مشاهده می‌شوند: بخش قطعات قرمز رنگ که فاقد شکل بوده و اندازه آنها به طور متوسط 100 میکرون می‌باشد سینابر است و مقدار آن از 5 درصد تجاوز نمی‌کند. بخشی از کانی‌های نیمه شفاف نیز با رنگ‌های نارنجی و زرد (مانند نمونه قبل) مشاهده می‌شوند که شناسایی نشده‌اند. نام سنگ سرپانتینیت است (تصاویر 5-14 و 5-15).

## 2-3-5- مطالعه مقاطع صیقلی و نازک نمونه‌های حاصل از تجزیه سرندي

### 1-2-3-5- ویژگی‌های عمومی مقاطع مطالعه شده:

تشکیل دهنده‌ها و بافت آنها:

نمونه‌های گرفته شده، شامل کانی‌های شفاف، نیمه شفاف و کدر بوده که کانی‌های شفاف تشکیل‌دهنده به ترتیب فراوانی عبارتند از: کانی‌های سرپانتین شامل باستیت، آنتیگوریت، کریزنتیل (با اشکال الیافی و صفحه‌ای) به همراه مجموعه کانی‌های رسی و بخش کمی نیز از کانی‌های سیلیسی تشکیل شده است. لازم به ذکر است که کانی‌های سیلیسی به دو صورت زیر در مقاطع مشاهده گردیده است:

- 1- قطعات مدور اسفرولیتی که مربوط به رادیولرها بوده و همراه با سنگ‌های سرپانتینیتی دیده می‌شود.
- 2- سیلیس‌های میکرو کریستالین که مربوط به کانی‌سازی هیدروترمال در مرحله اپی ترمال می‌باشد. کانی‌های نیمه شفاف و کدر به ترتیب فراوانی عبارتند از: سینابر، کرومیت، پیریت، مارکاسیت، اکسید و هیدروکسیدهای آهن (گوتیت و لپیدو کروسیت) و در نهایت استینیت به مقدار بسیار جزئی (در حد 0/1 درصد) که از این میان فراوان‌ترین کانی کدر سینابر بوده که به صورت قطعات بی شکل و با توزیع نامتجانس و پراکنده در سنگ دیده می‌شود. شایان ذکر است که تعداد سینابر در قسمت‌های با بافت خرد شده سرپانتینیت‌های مینرالیزه افزون بر مناطق دیگر بوده اما میزان متوسط آن در نمونه‌های سنگس بین 2 تا 4 درصد و اندازه قطعات فراوان آن 200 تا 400 میکرون است. اما میزان سینابر در نمونه گرفته شده از برش‌های هیدروترمالی بسیار کم است (حدود دهم درصد) است. کرومیت دیگر کانی کدر موجود در سنگ به شکل قطعات نیم شکل‌دار تا بی شکل با بافت کاتاکلاستیک می‌باشد. قطعات کرومیت به

صورت پراکنده و مستقل از سینابر بوده و حداکثر میزان کانی فوق در سرپانتینیت‌ها از 2٪ تجاوز نمی‌کند ولی در نمونه‌های برش‌های هیدروترمالي حداکثر به 5٪ می‌رسد.

پیریت به همراه بلورهای منشوري مارکاسیت در ابعاد میکرونی در برخی قسمت‌های گانگ و همچنین در ادخال‌های سینابر دیده می‌شوند. میزان کانی‌های فوق در مجموع در حد دهم درصد می‌باشد.

اکسید و هیدروکسیدهای آهن نیز از دهم درصد تجاوز نکرده و بعضاً به‌صورت پراکنده دیده می‌شوند.

لذا با توجه به موارد ذکر شده و ذکر این نکته که بخش اعظم سنگ متشکل از کانی‌های شفاف (سرپانتین) با بافت کریپتوکریستالین تا میکروکریستالینو بعضاً کاتالاستیک است. نام سنگ سرپانتینیت تعیین می‌گردد.

در نهایت می‌بایست نکته زیر مورد توجه قرار گیرد که بافت برشی زمینه سنگ فوق دارای فولیاسین بوده به‌عبارت دیگر در بخش ریز بلور کانی‌های سرپانتین به حالت توجیه شده و موجهی مشاهده می‌شوند.

#### 2-2-3-5- مطالعه مقاطع تیغه نازک اخذ شده از برش‌های هیدروترمالي

##### نمونه B+12 :

تشکیل دهنده‌ها : کانی‌های سرپانتین، کانی‌های سیلیسی، کانی‌های سیلیسی و کانی‌های کدر، اکسید و ئیدروکسیدهای آهن، کانی‌های نیمه شفاف، کانی‌های کدر.

بخش اعظم قطعات سرپانتین بوده و بخش کمتر آن ( حدود ده درصد) کانی‌های سیلیسی از نوع کالسدونی و کوارتز میکروکریستالین است. چند نمونه قطعات کلسیت نیز در نمونه وجود دارد.

کانی‌های کدر هم به صورت درگیر با کانی‌های سرپانتین و هم جدا از آن مشاهده می‌شوند. دو مورد نیز کانی نیمه شفاف مشاهده می‌شود که یک مورد آن مشخصاً سینابر است. اندازه این قطعه حدود 60 میکرون است. نمونه دیگر دارای ساخت ناحیه‌ای بوده است که احتمالاً سیدریت یا انکریت است. مقدار سینابر بسیار جزئی است (تصویر 5-16).

##### نمونه B+30 :

تشکیل دهنده‌ها : کانی‌های سرپانتین، کانی‌های سیلیسی، کانی‌های کدر، کربنات‌ها.

کانی‌های سرپانتین تشکیل دهنده غالب بوده و کانی‌های سیلیسی اقلیت را تشکیل داده‌اند. در این نمونه کانی‌های نیمه شفاف بالاخص سینابر مشاهده نشده و در صورت وجود مقدار آن بسیار جزئی است ولی تعدادی قطعات هم بعد مشکوک به کرومیت دیده می‌شود که هم به صورت آزاد و هم درگیر با کانی‌های سرپانتین مشاهده می‌شود (تصویر 5-17).

## نمونه B+60 :

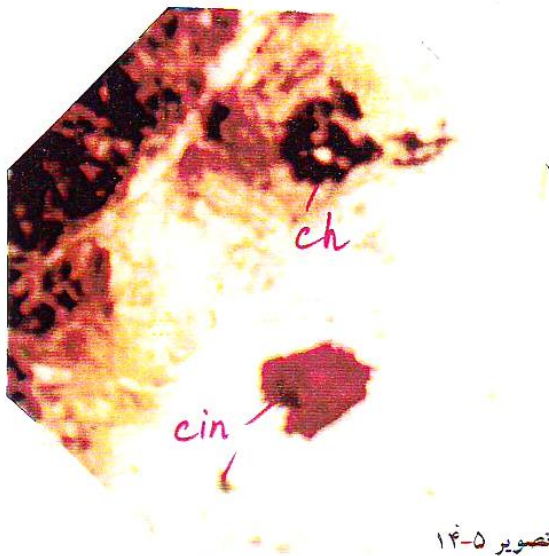
تشکیل دهنده‌ها : کانی‌های شفاف، کانی‌های نیمه شفاف، کانی‌های کدر.  
بخش اعظم قطعات تشکیل دهنده از کانی‌های شفاف بوده و عمدتاً شامل کانی‌هایسریپانتین و کمتر شامل کانی‌های سیلیسی است. سریپانتین با اشکال صفحه‌ای و الیافی دیده شده و حداقل متشکل از دو کانی است. کانی‌های سیلیسی از دونوع کوارتز میکروکریستالین بوده و قطعات با ساخت مرکب ایجاد نموده است.

تصویر 5-13- سینابر در فضاهای خالی (قطعات کدر) (×33)

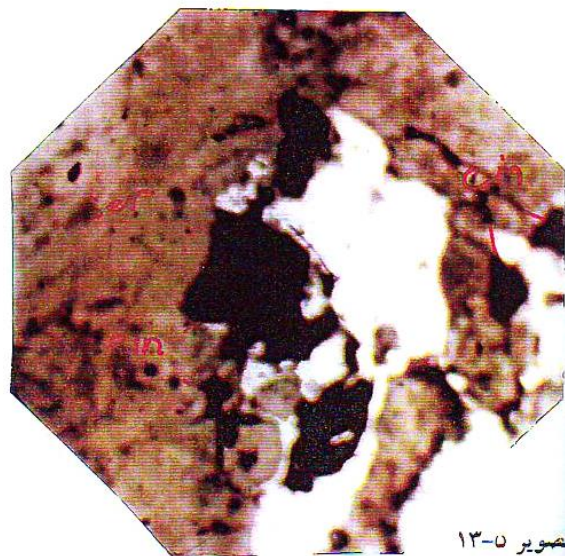
تصویر 5-14- کرومیت (کدر)، سینابر (نیمه شفاف قرمز) در زمینه کانی‌های سریپانتین (×33)

تصویر 5-15- قطعات سینابر (کدر) در مجاورت نواحی برشی شده (×33)

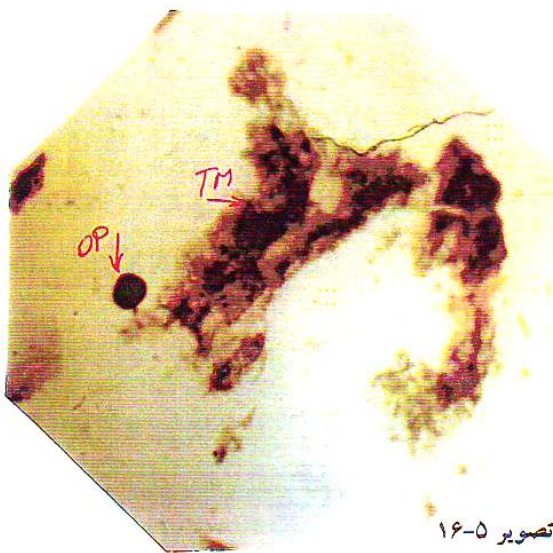
تصویر 5-16- قطعات کانه Op ، کانی‌های شفاف T.M (×33)



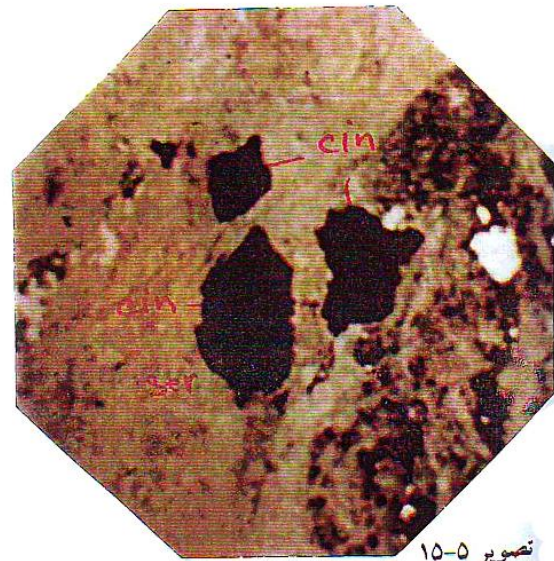
تصویر ۱۴-۵



تصویر ۱۳-۵



تصویر ۱۶-۵



تصویر ۱۵-۵

تصویر ۱۳-۵- سیناير در فضاهای خالی ( قطعات کدر ) ( ۳۳ × )

تصویر ۱۴-۵- کرومیت ( کدر ) ، سیناير ( نیمه شفاف قرمز ) در زمینه کانیهای سرپانتین ( ۳۳ × )

تصویر ۱۵-۵- قطعات سیناير ( کدر ) در مجاورت نواحی برشی شده ( ۳۳ × )

تصویر ۱۶-۵- قطعات کانه Op ، کانیهای شفاف T.M ( ۳۳ × )

چند مورد قطعات کربناتی از نوع کلسیت نیز وجود دارد. قطعات سینابر (به صورت نیمه شفاف) هم به صورت مستقل و هم به صورت درگیر با کانی‌های سرپانتین مشاهده می‌شود، به طریقی که قطعات قرمز رنگ محصور در این کانی‌ها متمایز است. کانی‌های کدر که احتمالاً کرومیت است هم به صورت آزاد و هم به صورت درگیر مشاهده شده و کانی‌های درگیر با آن از نوع سرپانتین می‌باشد (تصویر 5-18).

### **نمونه B+100 :**

تشکیل دهنده‌ها : کانی‌های سرپانتین، کوارتز، کربنات‌ها، کانی‌های کدر، کانی‌های نیمه شفاف. کانی‌های سرپانتین شامل انواع الیافی و صفحه‌ای بوده که در ارتباط نزدیک با یکدیگر بخش اعظم قطعات موجود را تشکیل داده است. کوارتز و کالسدونی نیز قطعات مستقلی را ایجاد نموده است و با کانی‌های سرپانتین درگیری ندارد. کربنات‌ها کمترین مقدار را در بین کانی‌های شفاف دارا بوده و مقدار کانی‌های سیلیس نیز از 5٪ تجاوز نمی‌کند.

از دیگر کانی‌های موجود انواع نیمه شفاف و کدر است. قطعات مذکور نیز هم به حالت آزاد و هم به صورت درگیر مشاهده می‌شوند و کانی‌های درگیر با آنها کانی‌های سرپانتین می‌باشد. مقدار کانی‌های نیمه شفاف که سینابر را شامل می‌شود در حد بسیار جزئی است (تصاویر 5-19 و 5-20).

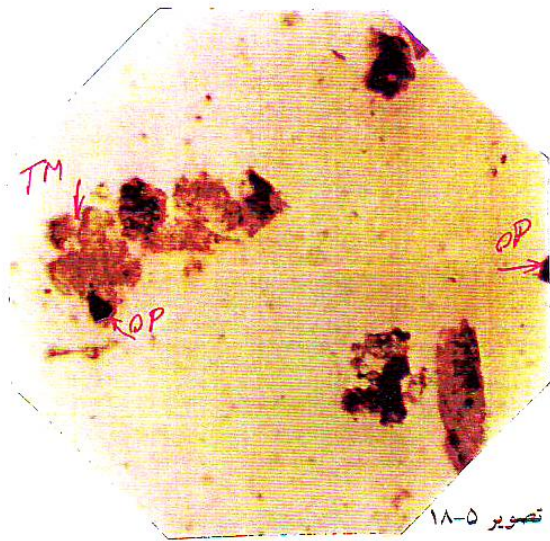
تصویر 5-17- قطعات کانه Op ، کانی‌های شفاف T.M (×85)

تصویر 5-18- قطعات کانی‌های کدر هم به صورت آزاد و هم به حالت درگیر با کانی‌های شفاف T.M (×85)

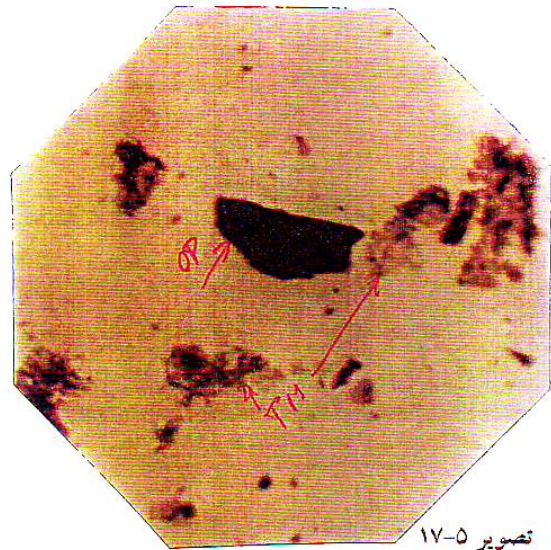
تصویر 5-19- قطعات کانی‌های شفاف شامل سرپانتین T.M و قطعات کدر شامل کرومیت Op (×85)

تصویر 5-20- قطعات کانه Op ، کانی‌های شفاف T.M (×85)

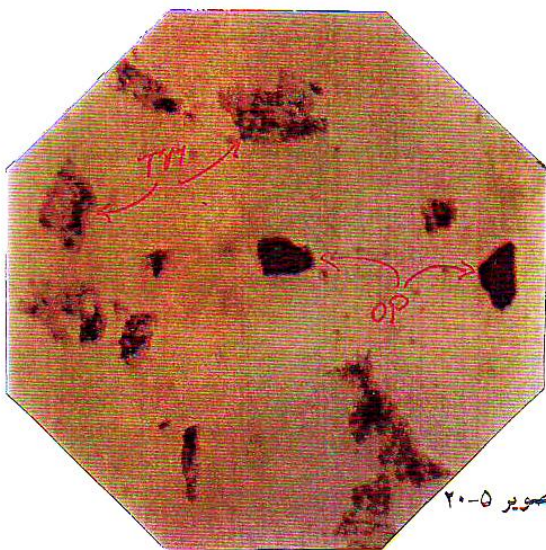




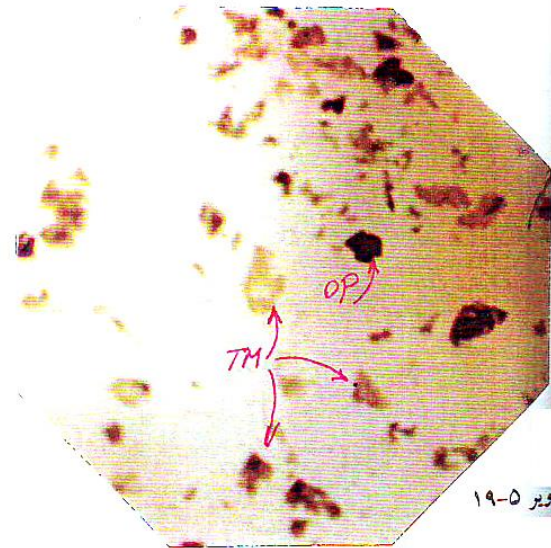
تصویر ۱۸-۵



تصویر ۱۷-۵



تصویر ۲۰-۵



تصویر ۱۹-۵

تصویر ۱۷-۵- قطعات کانه Op ، کانیهای شفاف T.M ( × ۸۵ )

تصویر ۱۸-۵- قطعات کانیهای کدر هم بصورت آزاد وهم بحالت درگیر با کانیهای شفاف T.M ( × ۸۵ )

تصویر ۱۹-۵- قطعات کانیهای شفاف شامل سرپانتین T.M و قطعات کدر شامل کرومیت Op ( × ۸۵ )

تصویر ۲۰-۵- قطعات کانه Op ، کانیهای شفاف T.M ( × ۸۵ )

### نمونه B+200 :

تشکیل دهنده‌ها : کانی‌های سرپانتین، کانی‌های سیلیس، میکاها، کانی‌های کدر و کانی‌های نیمه شفاف. بخش اعظم کانی‌های شفاف مربوط به کانی‌های سرپانتین بوده انواع باستیت، آنتیگوریت و کریزوتیل دیده می‌شود. قطعات سیلیسی از نوع کوارتز با ساخت مرکب و ندرتاً الیافی به مقدار حدود 5٪ وجود دارد. کربنات‌ها از نوع کلسیت نیز حضور داشته و مقدار آن در حد یک درصد است. ندرتاً نیز قطعات پراکنده مشکوک به میکا (فلوگوپیت؟) و آمفیبول‌ها دیده می‌شود. مقدار سینابر (از کانی‌های نیمه شفاف) نسبت به مورد قبل افزون‌تر بوده و قطعات آن عمدتاً متشکل از کانی‌های شفاف می‌باشد. تعدادی نیز قطعات کدر به حالت مستقل و آزاد وجود دارد که نسبت به سینابر افزون‌تر است (تصویر 5-21).

### نمونه B+275 :

تشکیل دهنده‌ها : کانی‌های شفاف، کانی‌های نیمه شفاف، کانی‌های کدر. در این دانه بندی تقریباً تمامی قطعات کانه شامل کدر، نیمه شفاف به صورت آزاد مشاهده شده و با کانی‌های شفاف هیچگونه درگیری ندارد. کانی‌های نیمه شفاف با انعکاسات قرمز رنگ مشخصاً سینابر بوده و مورد دیگر با انعکاسات داخلی زرد و نارنجی احتمالاً گوتیت؟ است. بعضی قطعات نیز کاملاً کدر بوده و مشکوک به کرومیت می‌باشند. مقدار کانی‌های شفاف زرد رنگ در این نمونه افزایش نشان می‌دهد. کانی‌های شفاف که قطعات مجزائی ایجاد کرده، شامل انواع کانی‌های سرپانتین و کمتر کانی‌های سیلیس و کلسیت می‌باشد غیر از همراهی کانی‌های سرپانتین هیچگونه درگیری بین کانی‌های شفاف مشهود نیست (تصویر 5-22).

### نمونه B+325 :

تشکیل دهنده‌ها : کانی‌های شفاف (کانی‌های سرپانتین، کانی‌های سیلیس، کربنات‌ها، کانی‌های مافیک) کانی‌های نیمه شفاف (سینابر، گوتیت، ترکیبات خاکی آهن)، کانی‌های کدر (کرومیت، ...). در این دانه بندی اندازه قطعات تا حدودی نسبت به یکدیگر متفاوت بوده و با اشکال طویل و ترانشه مانند زیاد دیده می‌شود. در بین کانی‌های شفاف حداقل 90٪ آنها مربوط به کانی‌های سرپانتین است. کانی‌های سیلیس به مقدار حدود 5٪ و کربنات‌ها به مقدار کمتر دیده می‌شوند. کانی‌های کدر و نیمه شفاف به صورت جدا از کانی‌های مذکور دیده شده و هیچگونه درگیری وجود ندارد. موارد درگیری خاص اکسیدهای خاکی آهن به کانی‌های سرپانتین است که در آنها آغشتگی ایجاد نموده است.

### نمونه B-325 :

تشکیل دهنده‌ها : کانی‌های سرپانتین، کانی‌های سیلیس، کربنات‌ها، کانی‌های نیمه شفاف، کانی‌های کدر. در این دانه بندی عمده کانی‌های شفاف به شکل قطعات بسیار ریز (نرمه) مشاهده شده و ندرتاً قطعات سرپانتین از نوع باستیت و تعداد کمی قطعات سیلیسی از نوع کوارتز با اندازه‌های بزرگتر و حالت متمایز مشاهده می‌شوند.

کانی‌های کدر و نیمه شفاف در مقایسه با کانی‌های موجود دارای ابعاد بزرگتری می‌باشند و هیچگونه درگیری مشاهده نمی‌شود (تصویر 5-23).

### 3-2-3-5- مطالعه مقاطع صیقلی نمونه اخذ شده از برش‌های هیدروترمالي

#### نمونه شماره B+12 :

بخش اعظم کانی‌های کدر موجود کرومیت بوده و مقدار آن حدود 7٪ تعیین شده است. سیناپر به صورت قطعات با ابعاد کوچک تنها دو مورد دیده می‌شود و مقدار آن جزئی است. اندازه قطعات کرومیت که زیاد دیده می‌شود حدود 70 میکرون و اندازه قطعات سیناپر در حد 40 میکرون می‌باشد.

علاوه بر کانی‌های فوق مواردی از قطعات بسیار ریز پیریت، مارکاسیت قابل ذکر است که به صورت ادخال‌های کوچک زرد رنگ، شکل دار، با مقاطع منشوری و اندازه کمتر از 30 میکرون در بعضی قطعات گانگ وجود دارد که مقدار آن در حد دهم درصد است. لازم به ذکر است که یک مورد قطعه زرد درخشان با مشخصات کالکوپریت یا طلا نیز وجود دارد.

#### نمونه شماره B+20 :

زوج‌های دیگر شامل کرومیت به علاوه گانگ، پیریت، مارکاسیت به علاوه گانگ، استینیت به علاوه گانگ می‌باشد. سیناپر مشاهده نشده و در صورت وجود مقدار آن جزئی می‌باشد. اندازه کانی‌های کدر فراوان (کرومیت) حدود 50 میکرون و در مورد قطعات پیریت – مارکاسیت از این کوچکتر است. مقدار

کاني‌هاي کدر حدود 7-8 درصد است که بخش اعظم آن را کرومیت تشکیل داده است (تصاویر 5-24 و 5-25).

تصویر 5-21- قطعات کدر OP، قطعات کاني‌هاي شفاف T.M، قطعه کدر وسط تصویر کرومیت است

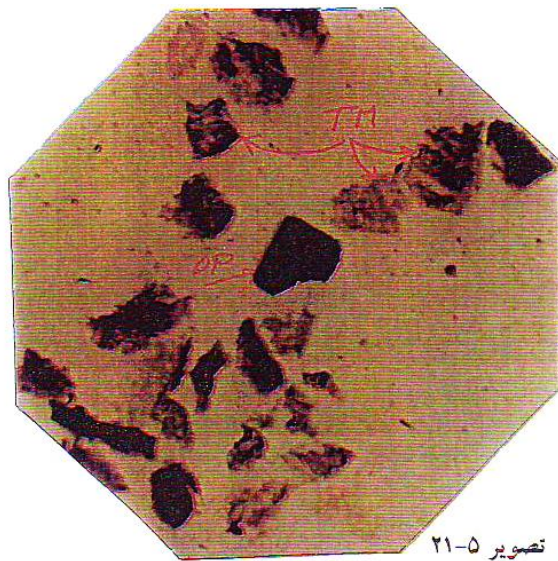
تصویر 5-22- قطعات کانه OP و کاني‌هاي شفاف T.M تقریباً به صورت کامل از یکدیگر مستقل می‌باشند

تصویر 5-23- قطعات کانه OP به حالت آزاد که کاني‌هاي نیمه شفاف (سینابر) را نیز شامل می‌گردد. کاني‌هاي شفاف T.M (85×)

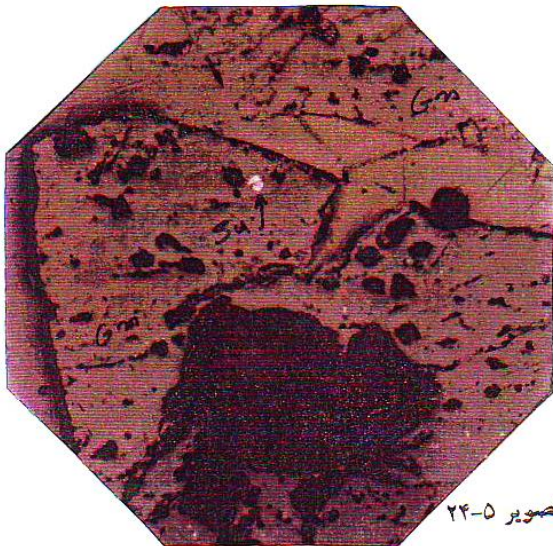
تصویر 5-24- قطعات کاني‌هاي سولفوري Su درگیر با گانگ Gn (100×)



تصویر ۲۲-۵



تصویر ۲۱-۵



تصویر ۲۴-۵



تصویر ۲۳-۵

تصویر ۲۱-۵ - قطعات کدر Op ، قطعات کانیهای شفاف T.M ، قطعه کدر وسط تصویر کرومیت است  
 تصویر ۲۲-۵ - قطعات کانه Op و کانیهای شفاف T.M تقریباً بصورت کامل از یکدیگر مستقل میباشند  
 تصویر ۲۳-۵ - قطعات کانه Op بحالت آزاد که کانیهای نیمه شفاف (سینابر) را نیز شامل میگردد . کانیهای  
 شفاف T.M (  $\times 85$  )  
 تصویر ۲۴-۵ - قطعات کانیهای سولفوری Su درگیر با گانگ Gn (  $\times 100$  )

نمونه B+30 :

تشکیل دهنده‌ها : کرومیت، سینابر، استینیت، پیریت، مارکاسیت، کانی‌های شفاف (گانگ).  
زوج‌های درگیر شامل : کرومیت به علاوه گانگ، پیریت، مارکاسیت به علاوه گانگ.  
کرومیت فراوانترین کانی کدر بوده مقدار آن حدود پنج درصد و اندازه قطعات فراوان آن 50 تا 100 میکرون می‌باشد. در این دانه‌بندی بخش اعظم قطعات محصور در کانی‌های گانگ است و از حدود 130 مورد قطعه شمارش شده 125 مورد گانگ و 5 مورد کرومیت درگیر با گانگ می‌باشد.  
قطعات سولفوری آهن ( پیریت - مارکاسیت) ادخال‌های ریزی را در زمینه کانی‌های گانگ تشکیل داده که اندازه این قطعات عموماً از 20 میکرون کوچکتر بوده و در شمارش این قطعات در نظر گرفته نشده است.  
لازم به تذکر است که قطعه سینابر و استینیت نیز یک قطعه به حالت آزاد مشاهده گردید که اندازه قطعات مذکور در حدود 20 میکرون تعیین شده است. علاوه بر این یک قطعه سینابر و همچنین یک قطعه استینیت آزاد مشاهده گردیده که اندازه قطعات مذکور در حدود 20 میکرون تعیین شده است. (تصاویر 5-26 و 27).

#### **نمونه B+60 :**

تشکیل دهنده‌ها : کرومیت، سینابر، استینیت، پیریت، مارکاسیت، کانی‌های شفاف (گانگ).  
زوج‌های درگیر شامل : کرومیت به علاوه گانگ، پیریت، مارکاسیت به علاوه گانگ می‌باشد.  
اندازه قطعات کرومیت حدود 150 میکرون بوده و حدود 20٪ قطعات آن آزاد می‌باشد.  
اندازه قطعات سولفوری آهن کمتر از 20 میکرون و مقدار آن کمتر از یک درصد است.  
علاوه بر موارد فوق یک قطعه سینابر با ابعاد کوچکتر حدود 50 میکرون و یک قطعه استینیت آزاد نیز در مجموعه رویت گردیده و بر این اساس مقدار این کانی‌ها در حد دهم درصد است ( تصویر 5-28).

#### **نمونه B+100:**

تشکیل دهنده‌ها : کرومیت، سینابر، پیریت - مارکاسیت، گوتیت، کانی‌های شفاف (گانگ).  
کرومیت فراوانترین کانی کدر بوده به مقدار کمتر از 5٪ مشاهده می‌شود که بخش کمی از آن هنوز به حالت درگیر با کانی‌های گانگ مشاهده می‌شود. اندازه قطعات این کانی 150 تا 200 میکرون است. در شمارش 700 قطعه یکمورد سینابر مشاهده می‌شود و بر این اساس مقدار سینابر در نمونه در حد دهم تا صدم درصد می‌باشد.

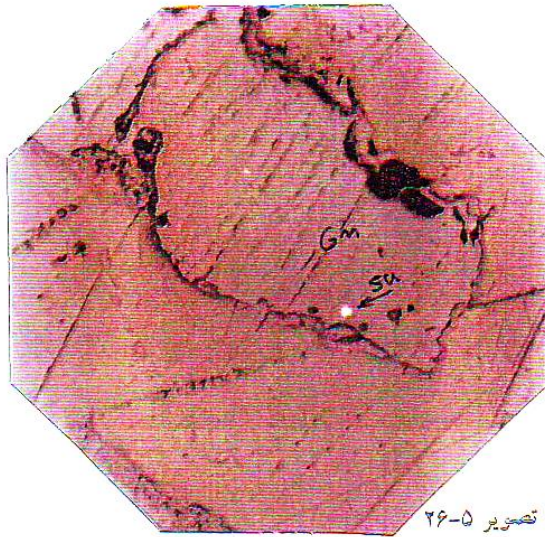
اندازه قطعات سینابر نیز 200 میکرون است. کانی‌های سولفوری آهن به مقدار جزئی با ابعاد چند میکرونی در بخشی از قطعات گانگ مشاهده می‌شود که بعضاً در اثر دگرسانی به گوتیت تبدیل شده است. یک قطعه سفیدرنگ با اندازه 20 میکرون مشکوک به استینیت نیز وجود دارد (تصاویر 5-29 و 5-30).

**تصویر 5-25- کرومیت Ch درگیر با گانگ (×100)**

**تصویر 5-26- کانی سولفوری Su درگیر با گانگ (×100)Gn**

**تصویر 5-27- کرومیت Ch درگیر با گانگ (×100) Gn**

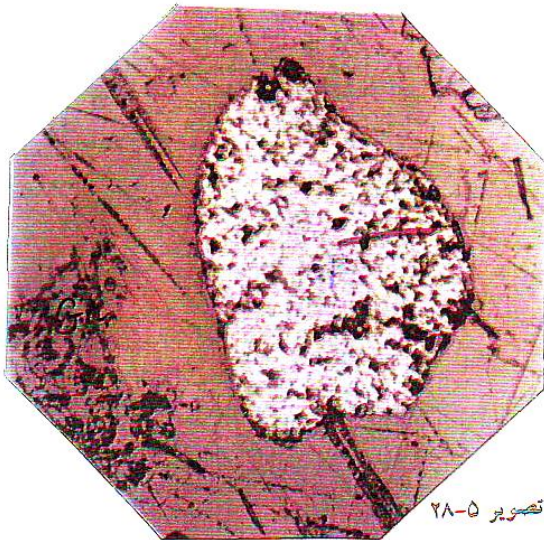
**تصویر 5-28- کانی‌های کدر Op به صورت آزاد در زمینه گانگ (×100) Gn**



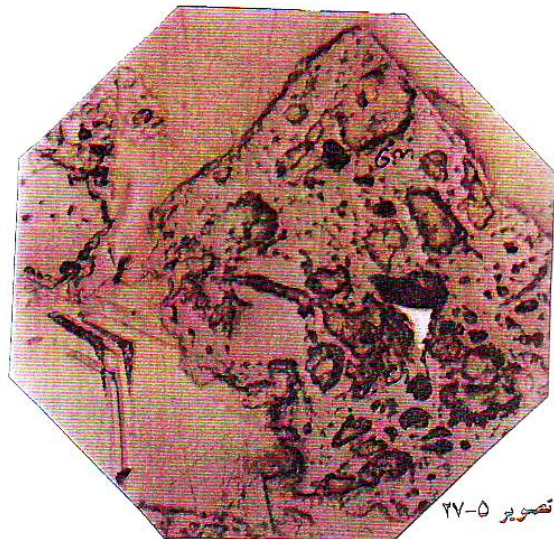
تصویر ۲۶-۵



تصویر ۲۵-۵



تصویر ۲۸-۵



تصویر ۲۷-۵

تصویر ۲۵-۵ - کرومیت Ch درگیر با گانگ (× ۱۰۰)

تصویر ۲۶-۵ - کانی سولفوری Su درگیر با گانگ Gn (× ۱۰۰)

تصویر ۲۷-۵ - کرومیت Ch درگیر با گانگ Gn (× ۱۰۰)

تصویر ۲۸-۵ - کانیهای کدر Op بصورت آزاد در زمینه گانگ Gn (× ۱۰۰)

نمونه B+200 :



تشکیل دهنده‌ها : کرومیت، سینابر، گوتیت، لپیدوکروسیت، پیریت، مارکاسیت، استینیت، کانی‌های گانگ. کرومیت فراوانترین کانی کدر بوده و مقدار آن حدود 7٪ تعیین شده است. بخشی از قطعات کرومیت هنوز با گانگ درگیر بوده و مقدار درگیر آن کمتر از 30٪ می‌باشد. در برخی قطعات کرومیت هم‌رشدی از اکسیدهای آهن مشاهده می‌شود.

سینابر به صورت قطعات با ابعاد 40 تا 200 میکرون مشاهده شده و اندازه قطعات متوسط آن حدود 100 میکرون است. مقدار سینابر در حد 0/3٪ تعیین گردید. استینیت قطعات کوچکتری را تشکیل داده و اندازه قطعات آن حدود 30 میکرون و مقدار این کانی نیز در حد 0/2 درصد تخمین زده می‌شود. پیریت از دو نسل در نمونه وجود دارد نسل دانه درشت که بعضاً هاله‌های گوتیت ناشی از دگرسانی آن را احاطه کرده است و نسل دانه ریز ( مارکاسیت) به صورت ادخال‌های ریز که در کانی‌های گانگ وجود دارد. مقدار سولفورهای آهن نیز در حد دهم درصد است. لپیدوکروسیت یک مورد مشاهده می‌شود (تصویر 5-31).

#### نمونه B+275 :

تشکیل دهنده‌ها : کرومیت، استینیت، سینابر، اکسید وئیدروکسیدهای آهن (گوتیت، لپیدوکروسیت) پیریت، مارکاسیت، کانی‌های گانگ.

کرومیت فراوانترین کانی کدر بوده و مقدار آن حدود 5٪ است. اندازه قطعات کرومیت در حد 100 میکرون می‌باشد. بخشی از قطعات کرومیت در کانی‌های گانگ محصور می‌باشد. پیریت از دو نسل در نمونه وجود دارد. نسل دانه درشت با ابعاد حدود 80 میکرون و نسل دانه ریز (بیشتر از نوع مارکاسیت) با ابعاد کمتر از 20 میکرون که مورد اخیر به حالت درگیر مشاهده می‌شود. پیریت دانه درشت بعضاً دگرسان و به ئیدروکسیدهای آهن عمدتاً گوتیت تبدیل شده است. مقدار این کانی‌ها از یک درصد کمتر است. سینابر ( کانه اصلی) با ابعاد حدود 100-80 میکرون مشاهده شده و مقدار آن در حد دهم درصد می‌باشد. استینیت با ابعاد کوچکتر در حد 10 تا 20 میکرون بوده و نیمی از قطعات آن هنوز با گانگ درگیر است. مقدار استینیت حداقل در حد سینابر می‌باشد ( تصاویر 5-32 تا 5-33).

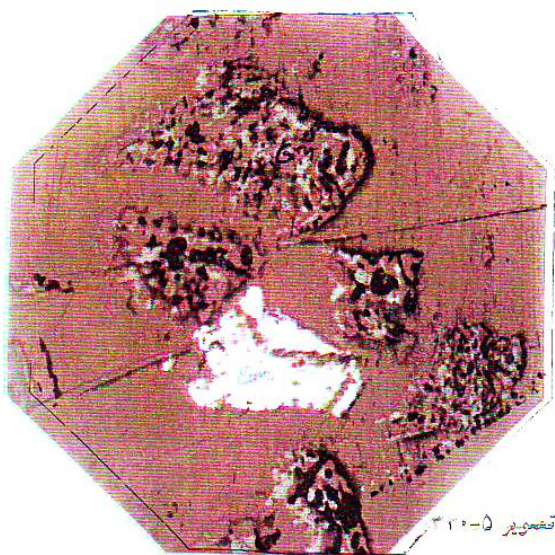
تصویر 5-29- کرومیت Ch، گانگ Gn به حالت آزاد، مارکاسیت Ma در زمینه گانگ (100×)

تصویر 5-30- سینابر Cin، گانگ Gn به حالت آزاد (100×)

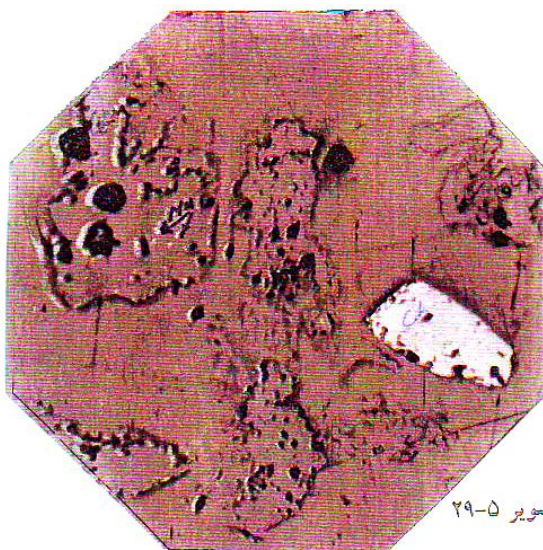
تصویر 5-31- سینابر Cin، کرومیت Ch، گانگ Gn (200×)

تصویر 5-32- استینیت St، کرومیت Ch، گانگ Gn (200×)

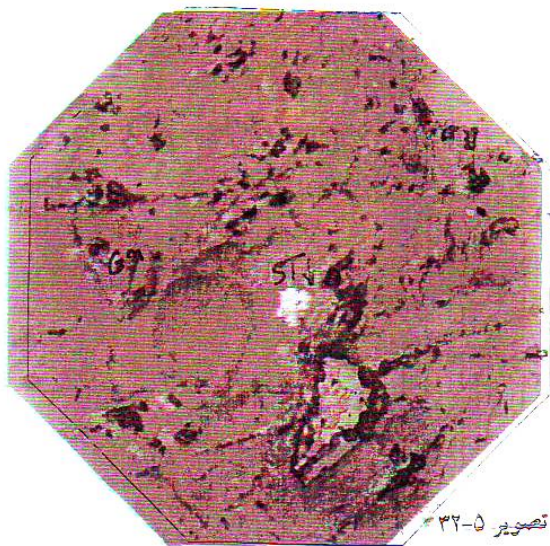




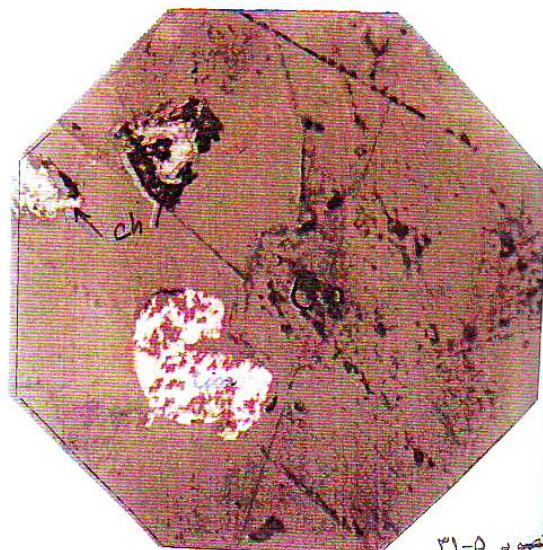
تصویر ۳۰-۵



تصویر ۲۹-۵



تصویر ۳۲-۵



تصویر ۳۱-۵

تصویر ۲۹-۵ - کرومیت Ch ، گانگ Gn بحالت آزاد ، مارکاسیت Ma در زمینه گانگ (  $\times 100$  )

تصویر ۳۰-۵ - سینابر Cin ، گانگ Gn بحالت آزاد (  $\times 100$  )

تصویر ۳۱-۵ - سینابر Cin ، کرومیت Ch ، گانگ Gn (  $\times 200$  )

تصویر ۳۲-۵ - استینیت St ، کرومیت Ch ، گانگ Gn (  $\times 200$  )

### نمونه B+325 :

تشکیل دهنده‌ها : کرومیت، سینابر، استینیت، گوتیت، پیریت، کانی‌های گانگ.  
در این دانه‌بندی تمامی قطعات کرومیت، سینابر، استینیت، گوتیت، و نسل دانه درشت پیریت به حالت‌آزاد و مستقل از کانی‌های گانگ مشاهده می‌شود. تنها مورد درگیر مشهود ادخل‌های ریز مارکاسیت با ابعاد چندمیکرون در برخی قطعات گانگ می‌باشند. مقدار پرومیت در حد 5٪، مقدار سولفورهای آهن در حد کمتر از درصد مقدار سینابر در حد دهم درصد و مقدار استینیت در حد دهم تا صدم درصد است (تصاویر 5-34 تا 5-35).

### نمونه B+325 :

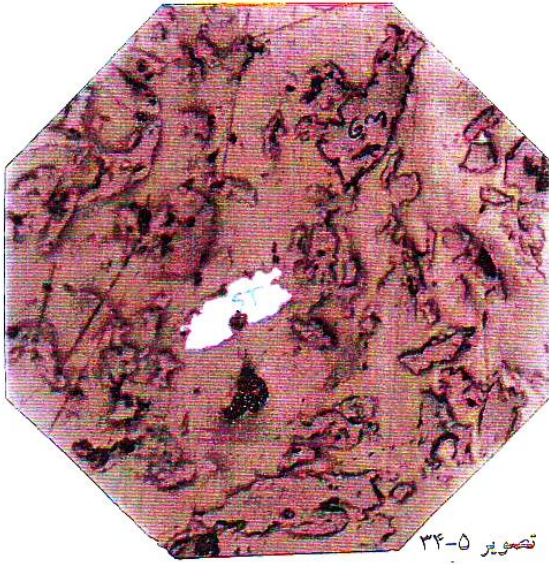
تشکیل دهنده‌ها : کرومیت، سینابر، استینیت، پیریت، مارکاسیت، اکسید وئیدروکسیدهای آهن، کالکوپیریت، کانی‌های گانگ، قطعات زردرنگ؟  
در این دانه‌بندی تمامی کانی‌های تشکیل دهنده به حالت مستقل از یکدیگر مشاهده شده و استثناء ادخال‌های میکرونی مارکاسیت در زمینه کانی‌های گانگ می‌باشد. اشکال ترانشه مانند زیاد مشاهده شده و اندازه قطعات تا حدودی نامتجانس است. تفاوت مشهود تغییر مقدار استینیت در این دانه بندی می‌باشد. بدین ترتیب که قطعات آن فراوان تر است (تصویر 5-36)

تصویر 5-33- قطعات سینابر Cin، گانگ Gn به حالت آزاد (200 ×)

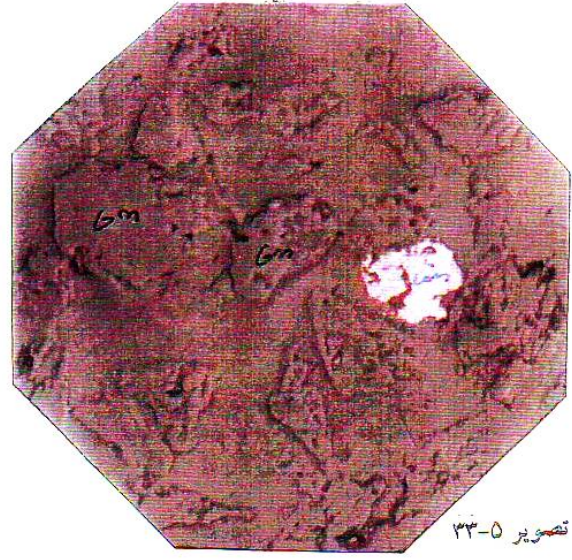
تصویر 5-34- قطعات استینیت St، کرومیت Ch، گانگ Gn به حالت آزاد (200 ×)

تصویر 5-35- قطعات سینابر Cin، کرومیت Ch، گانگ Gn به صورت آزاد (100 ×)

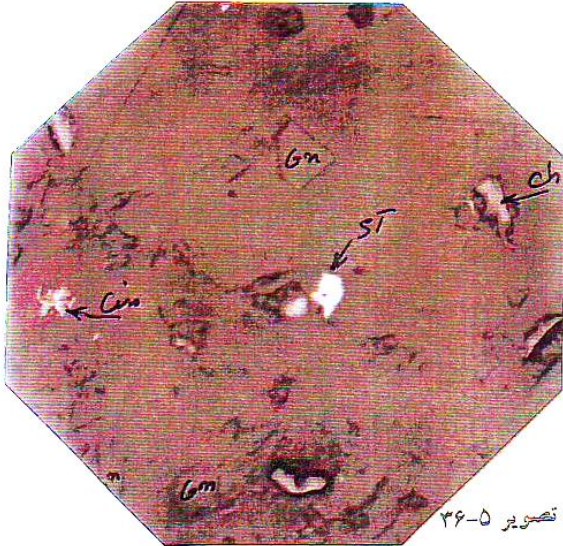
تصویر 5-36- قطعات سینابر Cin، قطعات استینیت St، گانگ Gn به حالت آزاد (200 ×)



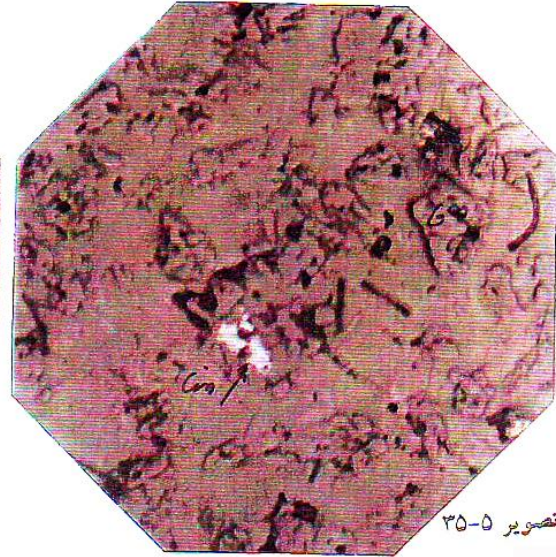
تصویر ۳۳-۵



تصویر ۳۴-۵



تصویر ۳۵-۵



تصویر ۳۶-۵

- تصویر ۳۳-۵- قطعات سینا پر Cin ، گانگ Gn بحالت آزاد (  $\times 200$  )  
 تصویر ۳۴-۵- قطعات استینیت St ، کرومیت Ch ، گانگ Gn بحالت آزاد (  $\times 200$  )  
 تصویر ۳۵-۵- قطعات سینا پر Cin ، کرومیت Ch ، گانگ Gn بصورت آزاد (  $\times 100$  )  
 تصویر ۳۶-۵- قطعات سینا پر Cin ، استینیت St ، گانگ Gn به حالت آزاد (  $\times 200$  )

#### 4-2-3-5- مطالعه مقاطع تیغه نازک نمونه اخذ شده از سرپانتینیت‌های مینرالیزه

##### نمونه A+12 :

تشکیل دهنده‌ها : کانی‌های شفاف، کانی‌های نیمه شفاف، کانی‌های کدر.

در بین کانی‌های شفاف بخشی از قطعات میکرو تا کریستوکریستالین بوده و دارای بافت برشی است که مربوط به نواحی دارای تنش می‌باشد. کانی‌های مذکور از نوع کانی‌های رسی بوده و در همراهی با این قطعات کانی‌های سرپانتین با اشکال الیافی و صفحه‌ای دیده می‌شود. کانی‌های سرپانتین به‌علاوه به صورت قطعات مجزا نیز وجود داشته و مقدار آن نسبت به بقیه قطعات افزون‌تر است. بخش کمی از قطعات نیز کوارتزی از نوع میکروکریستالین با اشکال مجموعه‌ای و بعضاً الیافی از نوع کالسدونی است. در این قطعات آغشتگی به کانی‌های نیمه شفاف از نوع گوتیت مشاهده می‌شود. دیگر کانی نیمه شفاف یعنی سینابر و قطعات کدر (کرومیت) به حالت درگیر مشاهده می‌شوند (تصویر 5-37).

##### نمونه A+20 :

تشکیل دهنده‌ها : کانی‌های شفاف (سرپانتین، کوارتز)، کانی‌های نیمه شفاف (شامل گوتیت و سینابر)، کانی‌های کدر.

بخشی از قطعات کانی‌های شفاف به صورت مجموعه‌های ریز بلور و میکرو کریستالین بوده در این قطعات میکروفرآکچرهای متعدد که توسط کانی‌های سرپانتین پر شده است مشاهده شده و این کانی‌ها احتمالاً رس‌های منیزیم دار می‌باشند. بخش دیگر از کانی‌های شفاف شامل کانی‌های سرپانتین (باستیت و انواع دیگر) می‌باشند. ندرتاً نیز قطعات کوارتزی به صورت مستقل از کانی‌های سرپانتین وجود دارد. کانی‌های نیمه شفاف شامل اکسید، نیدروکسیدهای آهن و سینابر می‌باشد. سینابر مشخصاً با کانی‌های سرپانتین ارتباط نزدیک داشته و در زمینه کانی‌های مذکور محصور است و به صورت آزاد از این کانی دیده نمی‌شود. ترکیبات اکسید آهن نیز در قطعات شفاف آغشتگی ایجاد نموده و بخشی از آن گوتیت می‌باشد. هیچ موردی از کانی‌های نیمه شفاف (شامل سینابر) و کدر به حالت آزار مشاهده نمی‌شود (تصویر 5-38).

##### نمونه A+30 :

تشکیل دهنده‌ها : کانی‌های سرپانتین، قطعات مجموعه‌ای میکروکریستالین ، کانی‌های سیلیس، سینابر ، کانی زردرنگ؟، اکسید و نیدروکسیدهای آهن، کانی‌های کدر.

قطعات سرپانتینیتی بخش اعظم کانی‌ها را تشکیل داده حداقل متشکل از دو کانی می‌باشند.

در برخی قطعات، باسیتیت به وضوح قابل تشخیص است. دیگر کانی‌های سرپانتین شامل نوع صفحه‌ای است در قطعات میکروکریستالین بافت برشی مشاهده شده و قطعات مخفی بلور توسط کانی‌های سرپانتین پیوند شده است. کانی‌های سیلیس به حالت مجزا به تعداد کم مشاهده می‌شوند که معمولاً در قطعات آن ساخت مرکب دیده می‌شود. کانی‌های نیمه شفاف حداقل شامل سینابر و کانی‌های زرد رنگ؟ می‌گردد. بخشی از قطعات نیمه شفاف آزاد و بخشی نیز به حالت درگیر وجود دارد. درگیری قطعات زرد رنگ بیشتر بوده و کانی همراه آن سرپانتین است (تصویر 5-39).

### نمونه A+60 :

تشکیل دهنده‌ها : کانی‌های سرپانتین، قطعات میکروکریستالین ( احتمالاً رس‌های Mg دار؟)، کانی‌های سیلیس (شامل کوارتز، میکروکریستالین و کالسدونی)، کانی‌های نیمه شفاف ( شامل سینابر ، کانی زرد رنگ؟، ترکیبات خاکی آهن)، کانی‌های کدر.

از کانی‌های مشروح فوق تنها کانی‌های سرپانتین و کانی‌های مشکوک به رس‌های Mg دار با یکدیگر درگیر بوده و قطعات مذکور از کانی‌های سیلیسی مجزا و مستقل می‌باشند. قطعات سیلیسی متشکل از مجموعه‌های ریزبلور دانه‌ای (کوارتز میکروکریستالین) و نوع الیافی (کالسدونی) می‌باشند. این قطعات با کانی‌های کدر و نیمه شفاف نیز رابطه‌ای ندارند. کانی‌های نیمه شفاف عمدتاً سینابر به صورت آزاد و جدا از کانی‌های شفاف مشاهده شده و ضمناً هیچگونه درگیری با کانی‌های کدر ( کرومیت؟) نشان نمی‌دهد. از دیگر کانی‌های نیمه شفاف قطعات زرد و نارنجی رنگ است که شناسائی نشد (تصویر 5-40).

### نمونه A+100 :

تشکیل دهنده‌ها : کانی‌های سرپانتین، قطعات شفاف میکروکریستالین، کانی‌های سیلیس، کانی‌های نیمه شفاف ( از سه نوع )، کانی‌های کدر.

بخش اعظم قطعات متشکل از کانی‌های سرپانتین و قطعات مجموعه‌ای مخفی بلور بوده که با یکدیگر در ارتباط بوده و در برخی قطعات، مجموعه آنها متشکل از سه فاز بلورین و مواد میکروکریستالین (آمورف؟) می‌باشد. از دیگر کانی‌های شفاف قطعات سیلیسی متشکل از کوارتز ریز بلور است که مستقل از کانی‌های شفاف دیگر هستند. کانی‌های نیمه شفاف از انواع قرمز رنگ، نارنجی و زرد و همچنین انواع خاکی می‌باشد که نوع قرمز مشخصاً سینابر بوده و بخش اعظم قطعات آن جدا از کانی‌های شفاف (گانگ) و به حالت آزاد مشاهده می‌شوند. در موارد دیگر سینابر با کانی‌های سرپانتین همراه است.

کاني‌هاي نيمه شفاف ديگر نيز با کاني‌هاي سرپانتين مخفي بلور درگير بوده و سبب آغشتگي قطعات مذکور شده‌اند (تصوير 5-41).

تصوير 5-37- قطعات سيليس از نوع کالسدوني Cha، قطعات سرپانتين Ser به صورت آزاد و مستقل از يکديگر (×100)

تصوير 5-38- کاني‌هاي شفاف T.M به صورت مخفي بلور و کريستالين، سينابر به حالت درگير Cin (×33)

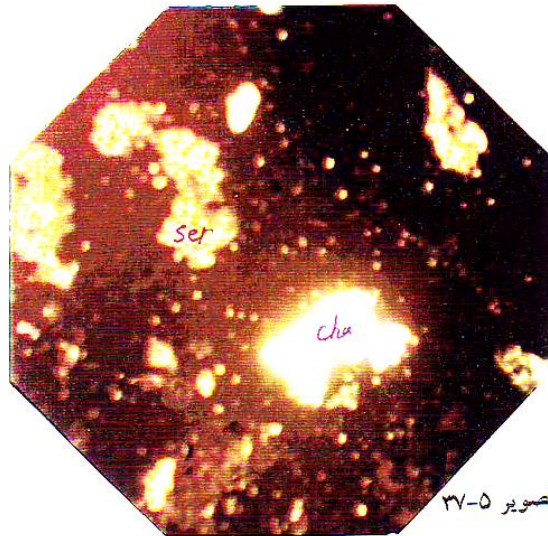
تصوير 5-39- قطعات کاني‌هاي شفاف T.M، کالسدوني Chal، سرپانتين Ser (×85)

تصوير 5-40- قطعات کانه Op درگير با کاني‌هاي شفاف T.M (×85)

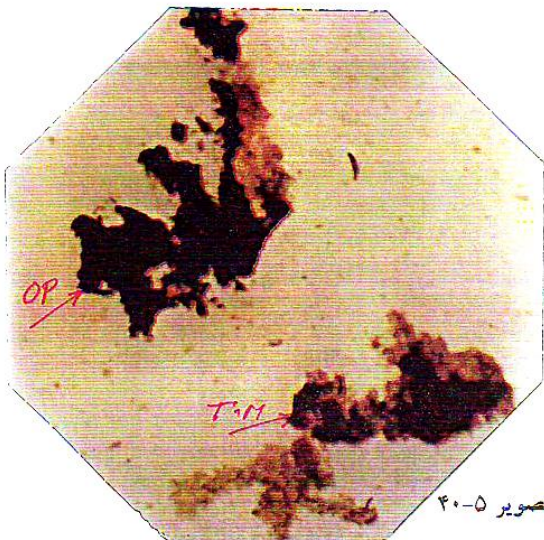




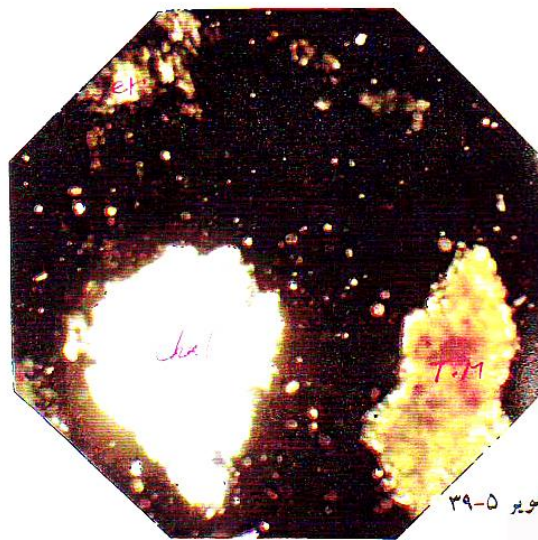
تصویر ۲۸-۵



تصویر ۲۷-۵



تصویر ۴۰-۵



تصویر ۳۹-۵

تصویر ۲۷-۵ - قطعات سیلیس از نوع کالسدونی Cha، قطعات سریانتین Ser بصورت آزاد و مستقل از یکدیگر (× ۱۰۰)

تصویر ۳۸-۵ - کانیهای شفاف T.M بصورت مخفی بلور و کریستالین، سینابر بحالت درگیر Cin (× ۳۳)

تصویر ۳۹-۵ - قطعات کانیهای شفاف T.M، کالسدونی Chal، سریانتین Ser (× ۸۵)

تصویر ۴۰-۵ - قطعات کانه Op درگیر با کانیهای شفاف T.M (× ۸۵)

### نمونه A+200 :

تشکیل دهنده‌ها : کانی‌های سرپانتین، مجموعه‌های میکرو کریستالین مشکوک به کانی‌های رسی ، کانی‌های سیلیس (کوارتز کالسئونی)، کانی‌های نیمه شفاف.

در بین کانی‌های شفاف نوع سرپانتینی و رسی فراوانترین و کانی‌های سیلیسی در اقلیت می‌باشند. قطعات مذکور هیچگونه درگیری با یکدیگر نشان نمی‌دهند. در بین کانی‌های نیمه شفاف سینابر نسبت به بقیه افزونتر بوده و کمتر از سی درصد آن به حالت درگیر با کانی‌های سرپانتین مشاهده شده و بقیه قطعات به حالت آزاد دیده می‌شوند. در مورد کانی‌های کدر نیز بخش اعظم قطعات آن به صورت مستقل مشاهده می‌شوند (تصویر 5-42)

### نمونه A+275:

تشکیل دهنده‌ها: کانی‌های سرپانتین، کانی‌های رسی، کانی‌های سیلیس، کربنات‌ها، میکاها، کانی‌های نیمه شفاف و کدر.

کانی‌های سرپانتین و رسی فراوانترین کانی‌های تشکیل دهنده بوده و به مقدار کمتر از آن قطعات کوترتزی و کربناتی دیده می‌شود. کانی‌های سرپانتین متنوع بوده و بعضاً با قطعات رسی همراهی دارند. ولی قطعات کوارتز وضعیت مستقلی نشان می‌دهند. در بین کانی‌های نیمه شفاف سینابر فراوانترین بوده و به مقدار کمتر قطعات زردرنگ؟ و ترکیبات خاکی آهن وجود دارد، کمتر از بیست درصد سینابر به حالت درگیر با کانی‌های سرپانتین رویت شده و بقیه قطعات آن آزاد است. بخش اعظم کانی‌های کدر نیز آزاد بوده و در مورد قطعات زرد رنگ نیز وضعیت مشابهی وجود دارد (تصویر 5-43).

### نمونه A+325:

تشکیل دهنده‌ها : کانی‌های سرپانتین، کانی‌های رسی، کانی‌های سیلیس، کربنات‌ها، میکاها، کانی‌های نیمه شفاف و کدر.

در این دانه بندی بخش اعظم قطعات متشکل از سرپانتین و کانی‌های رسی بوده و کمتر قطعات کوارتز و کربنات‌ها وجود دارد. قطعات مذکور جدا از یکدیگر و به حالت آزاد مشاهده می‌شود. خصوصاً در مورد کانی‌های سرپانتین قطعات مجزای باستیت دیده می‌شود. در مورد سینابر، بخش اعظم قطعات آن آزاد بوده و موارد دیگر کمتر از ده درصد می‌باشد. درگیری، با کانی‌های سرپانتین و رس‌های ناشی از آن می‌باشد. مورد دیگر درگیری، با کانی‌های زرد و ترکیبات خاکی آهن با کانی‌های سرپانتین و آغشته بودن قطعات آن می‌باشد (تصویر 5-44).

تصویر 5-41- قطعات کانه Op به حالت کدر و نیمه شفاف، قطعات کدر درگیر بوده و قطعات نیمه شفاف

آزاد هستند(کرومیت درگیر، سینابر آزاد)(×85)

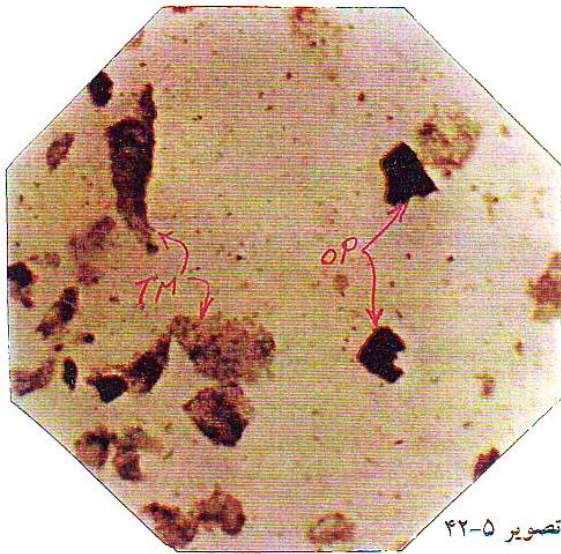
تصویر 5-42- قطعات کانه Op، کانی‌های شفاف T.M، قطعات کانه عمدتاً به صورت آزاد مشاهده

می‌شوند.

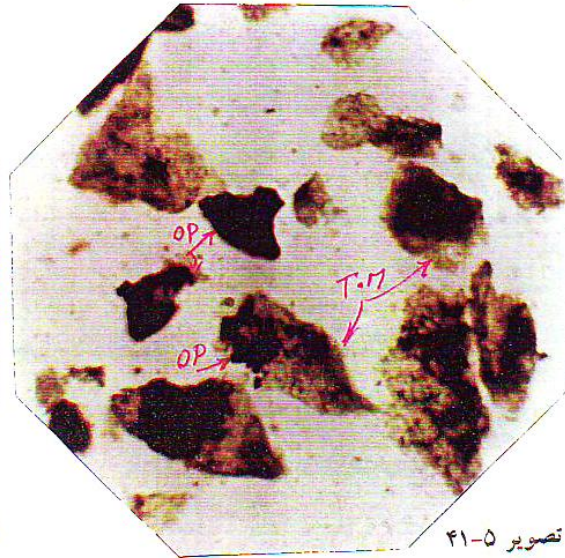
تصویر 5-43- قطعات کانه Op، قطعات گانگ (شفاف) T.M به حالت آزاد (×85)

تصویر 5-44- تقریباً تمامی قطعات کانه Op به حالت آزاد مشاهده شده و هیچگونه دزگیری با کانی‌های

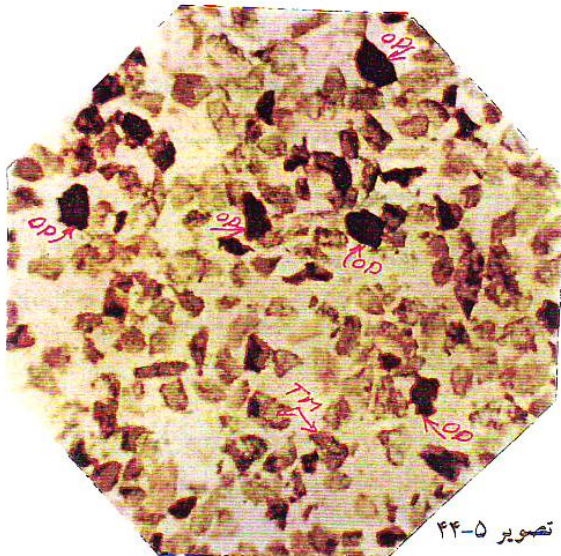
شفاف T.M وجود ندارد (×85).



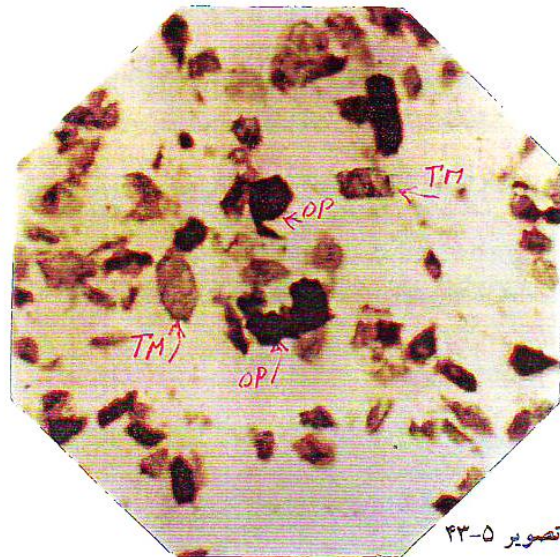
تصویر ۴۲-۵



تصویر ۴۱-۵



تصویر ۴۴-۵



تصویر ۴۳-۵

تصویر ۴۱-۵- قطعات کانه Op بحالت کدر ونیم شفاف ، قطعات کدر درگیر بوده و قطعات نیمه شفاف آزاد هستند ( کرومیت درگیر ، سینابر آزاد ) (  $\times 85$  )

تصویر ۴۲-۵- قطعات کانه Op ، کانیهای شفاف T.M ، قطعات کانه عمدتاً بصورت آزاد مشاهده میشوند .

تصویر ۴۳-۵- قطعات کانه Op ، قطعات گانگ ( شفاف ) T.M بحالت آزاد (  $\times 85$  )

تصویر ۴۴-۵- تقریباً تمامی قطعات کانه Op بحالت آزاد مشاهده شده وهیچگونه درگیری با کانیهای شفاف T.M وجود ندارد (  $\times 85$  )

### نمونه A-325 :

تشکیل دهنده‌ها : باستیت، سرپانتین، کانی‌های رسی، کانی‌های سیلیس، کربنات‌ها، کانی‌های نیمه شفاف و کانی‌های کدر.

دانه‌ها مختلف‌اند اندازه بوده و نرمه زیادی ایجاد شده است. کانی‌های ، سرپانتین و رسی تشکیل دهنده غالب هستند. قطعات سینابر به وضوح از بقیه تشکیل دهنده‌ها متمایز و مستقل می‌باشند.

علاوه بر این قطعات کدر و قطعات کانی زرد و همچنین قطعات کوارتزی به صورت آزاد مشاهده می‌شوند. کانی‌های ، سرپانتین جز موارد معدود که به صورت قطعات باستیت است بقیه موارد به قطعات ترانشه‌ای، الیافی و خاکی تبدیل شده است (تصویر 5-45).

### 5-3-2-5- مطالعه مقاطع صیقلی نمونه اخذ شده از سرپانتین‌های مینرالیزه

#### نمونه A+12:

تشکیل دهنده‌ها: سینابر، کرومیت، مارکاسیت، کانی‌های شفاف (گانگ)

کانی‌های درگیر شامل: سینابر درگیر با مارکاسیت، سینابر درگیر با گانگ، مارکاسیت درگیر با گانگ، کرومیت درگیر با گانگ.

اندازه‌ها : اندازه قطعات سینابر حداکثر 1/8 میلیمتر، در مورد مارکاسیت اندازه قطعات عموماً کوچکتر از 100 میکرون و در مورد کرومیت اندازه قطعات عموماً کوچکتر از 250 میکرون.

نتایج شمارش : قطعات آزاد کانه مشاهده نشده و 5 مورد درگیر و 63 مورد فقط قطعه گانگ شمارش شده است (تصویر شماره 5-46).

#### نمونه A+20 :

تشکیل دهنده‌ها : سینابر، کرومیت، مارکاسیت، نیدروکسیدهای آهن، کانی‌های شفاف (گانگ).

کانی‌های درگیر شامل : سینابر به علاوه مارکاسیت، سینابر به علاوه گانگ، مارکاسیت به علاوه گانگ، کرومیت به علاوه گانگ، نیدروکسیدهای آهن به علاوه گانگ.

اندازه‌ها : اندازه قطعات کرومیت از 200 میکرون کوچکتر است. در مورد مارکاسیت و ترکیبات اکسید آهن ناشی از دگرسانی مارکاسیت، اندازه قطعات از 100 میکرون تا حدود چند میکرون می‌باشد.

نتایج شمارش : دو مورد از قطعات کانه آزاد، 18 مورد درگیر با گانگ و تعداد قطعات گانگ 70 مورد است (تصویر 5-47).

### نمونه A+30 :

تشکیل دهنده‌ها : سینابر، کرومیت، پیریت، مارکاسیت، اکسید وئیدروکسیدهای آهن، کانی‌های شفاف (گانگ).

کانی‌های درگیر شامل : (سینابر + مارکاسیت)، (سینابر + گانگ)، (کرومیت + گانگ)، (مارکاسیت + گانگ)، (ئیدروکسیدهای آهن + گانگ).

نتایج شمارش : در شمارش انجام شده تعداد قطعات فقط گانگ 165 مورد، قطعات آزاد کانه 10 مورد و قطعات کانه درگیر با گانگ 33 مورد است (تصویر 5-48).

### نمونه A+60 :

تشکیل دهنده‌ها : سینابر، کرومیت، پیریت- مارکاسیت، ئیدروکسیدهای آهن، کانی‌های شفاف (گانگ).  
کانی‌های درگیر شامل : (سینابر + گانگ)، (مارکاسیت + گانگ)، (اکسیدهای آهن + گانگ)، (سینابر + مارکاسیت).

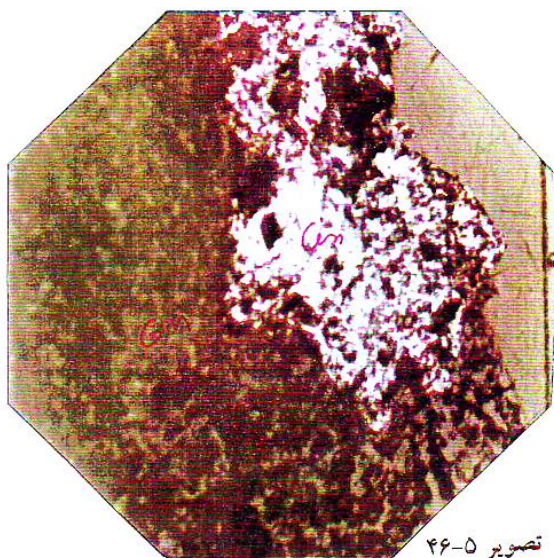
اندازه‌ها : اندازه قطعات مارکاسیت مشهود از 200 میکرون کوچکتر بوده و بخش اعظم قطعات آن ابعادی تا حدود 10 میکرون دارند. اندازه قطعات کرومیت و سینابر درگیر حدود 100 میکرون است.

تصویر 5-45- قطعات کانه Op (سینابر رنگ قرمز در مرکز تصویر، اندازه قطعات متفاوت و نرکه زیادی ایجاد شده است.) (×200)

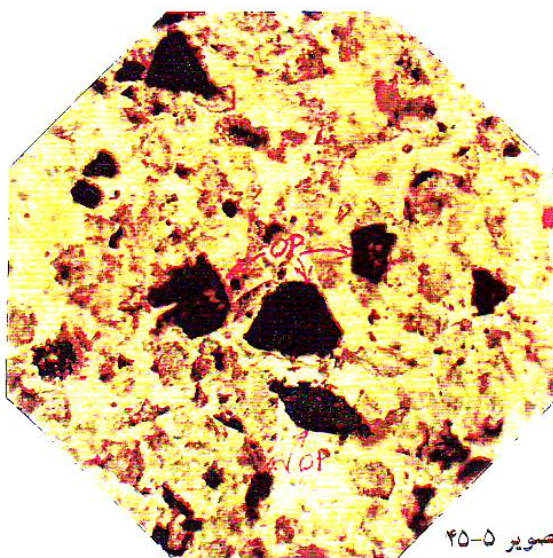
تصویر 5-46- قطعات شامل سینابر درگیر با گانگ Gn به علاوه Cin (×100)

تصویر 5-47- ادخال‌های پیریت- مارکاسیت (Su)Py در زمینه سینابر Cin درگیر با گانگ Gn (×200)

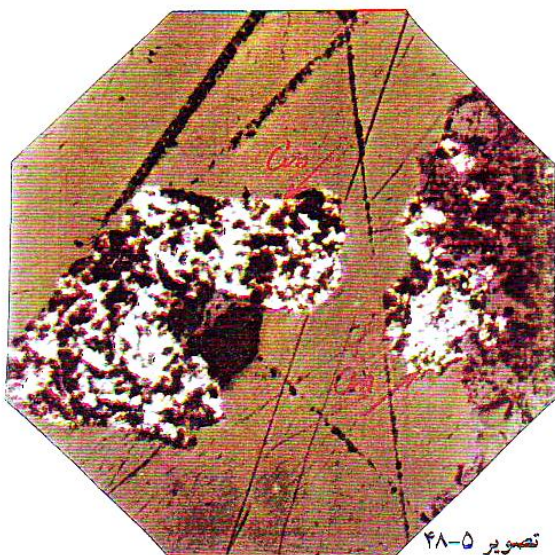
تصویر 5-48- درگیر سینابر با گانگ (کانی گانگ دو نوع است) (×100)



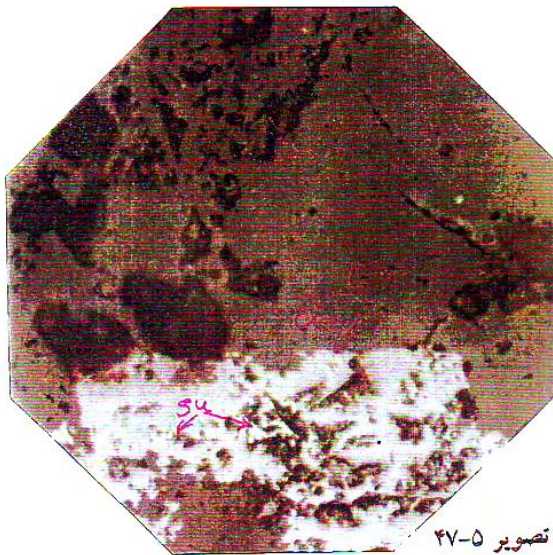
تصویر ۴۶-۵



تصویر ۴۵-۵



تصویر ۴۸-۵



تصویر ۴۷-۵

تصویر ۴۵-۵- قطعات کانه Op ( سینابر رنگ قرمز در مرکز تصویر ، اندازه قطعات متفاوت و فرمه زیادی ایجاد شده است . ) (  $\times 200$  )

تصویر ۴۶-۵- قطعات شامل سینابر درگیر با گانگ Gn بعلاوه Cin (  $\times 100$  )

تصویر ۴۷-۵- ادخالهای پیریت - مارکاسیت Py ( Su ) در زمینه سینابر Cin درگیر با گانگ Gn (  $\times 200$  )

تصویر ۴۸-۵- درگیر سینابر با گانگ ( کانی گانگ دو نوع است ) (  $\times 100$  )

نتایج شمارش : در شمارش انجام شده 292 مورد فقط قطعات گانگ، 28 مورد قطعات درگیر کانه و گانگ و 19 مورد قطعات آزاد کانه می باشد (تصویر 5-49).

قطعات آزاد شمارش شده بعضاً حاوی ادخال های مارکاسیت می باشند.

قطعات درگیر شمارش شده حاوی قطعات کرومیت نیز می باشند.

درگیری سینابر و گانگ عموماً به صورت پوششی (Coating) است.

#### نمونه A+100 :

تشکیل دهنده ها : سینابر، کرومیت، استینیت، پیریت- مارکاسیت، اکسید و نیدروکسیدهای آهن، کانی های شفاف.

کانی های درگیر شامل : (سینابر + گانگ)، (کرومیت + گانگ)، (پیریت - مارکاسیت + گانگ)، (اکسید و نیدروکسیدهای آهن + گانگ).

اندازه ها : اندازه قطعات درگیر فراوان سینابر حدود 100 میکرون، اندازه قطعات کرومیت درگیر حدود 50 میکرون و اندازه قطعات مارکاسیت درگیر کمتر از 50 میکرون است.

نتایج شمارش : در شمارش انجام شده 327 مورد قطعات گانگ، 11 مورد قطعات درگیر کانه با گانگ و 22 مورد قطعات آزاد کانی های کدر مشاهده می شود که یک مورد آن کرومیت و یک مورد آن نیز استینیت است (تصاویر 5-50 و 5-51).

#### نمونه A+200 :

تشکیل دهنده ها : سینابر، کرومیت، استینیت، پیریت- مارکاسیت، ترکیبات آهن (شامل گوتیت) گانگ. قطعات درگیر : (سینابر + گانگ)، (سینابر + مارکاسیت)، (مارکاسیت + گوتیت)، (مارکاسیت + گانگ).

اندازه ها : اندازه قطعات درگیر کانی های کدر عمدتاً شامل سینابر حدود 40 میکرون است.

نتایج شمارش : در شمارش انجام شده 353 مورد قطعات گانگ، 6 مورد قطعات درگیر با گانگ که یک مورد آن مربوط به پیریت درگیر با گانگ است و 38 مورد قطعات آزاد کانی های کدر که 33 مورد آن سینابر، 2 مورد آن پیریت و 3 مورد آن استینیت است.

استینیت درگیر مشاهده نمی شود.

سینابر حاوی ادخال های ریز مالرکاسیت است.

کرومیت در این دانه بندی تماماً آزاد بوده و قطعات آن شمارش نشده است (تصویر 5-52).

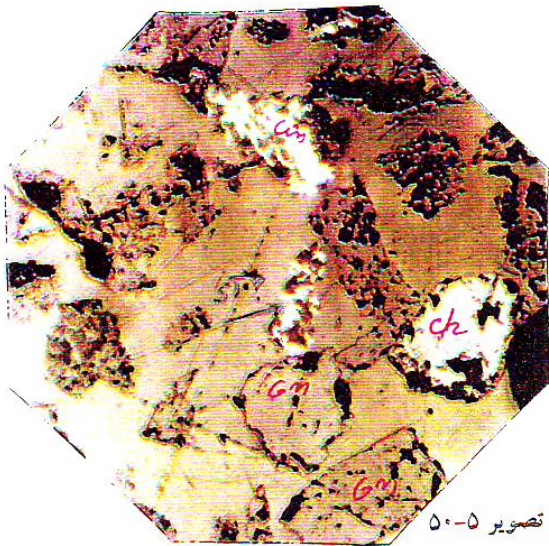


تصویر 5-49- سینابر آزاد، کرومیت Ch درگیر با گانگ Gn ( $\times 100$ )

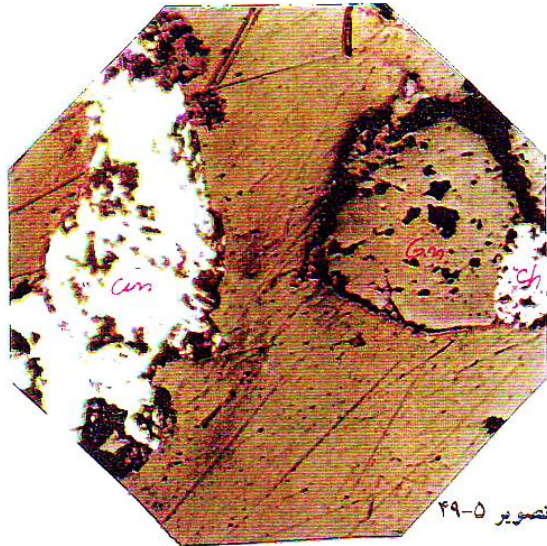
تصویر 5-50- کرومیت Ch، سینابر Cin، استینیت St? به حالت آزاد و مستقل از گانگ Gn ( $\times 100$ )

تصویر 5-51- استینیت به حالت آزاد Stn، سینابر درگیر با گانگ Gn+Cin ( $\times 100$ )

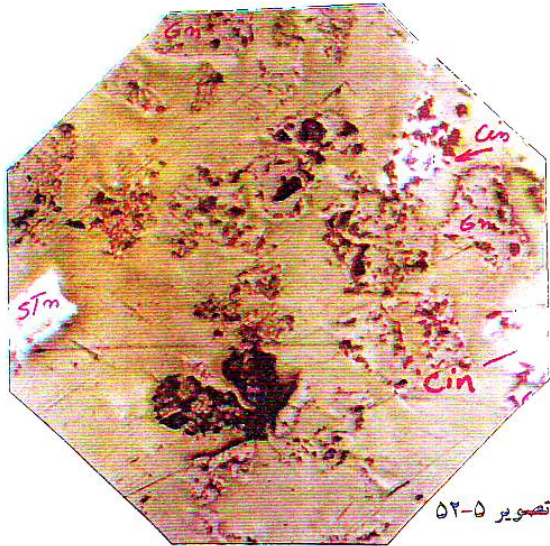
تصویر 5-52- سینابر Cin، استینیت Stn، کرومیت Ch به حالت آزاد و مستقل از گانگ Gn ( $\times 100$ )



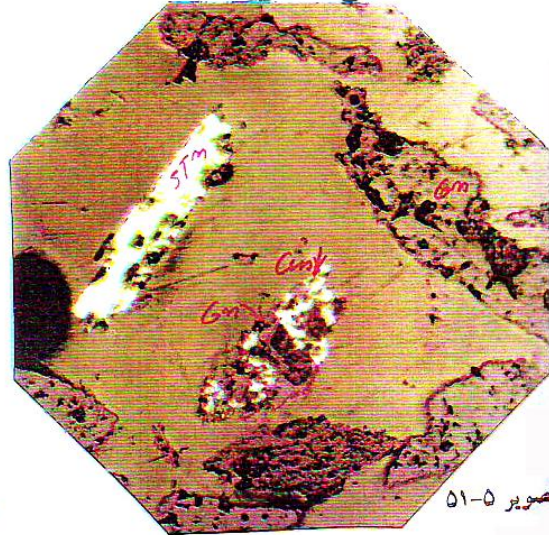
تصویر ۵۰-۵



تصویر ۴۹-۵



تصویر ۵۲-۵



تصویر ۵۱-۵

- تصویر ۴۹-۵ - سینابر آزاد ، کرومیت Ch درگیر با گانگ Gn (  $\times 100$  )  
 تصویر ۵۰-۵ - کرومیت Ch ، سینابر Cin ، استینیت St ؟ بحالت آزاد و مستقل از گانگ Gn (  $\times 100$  )  
 تصویر ۵۱-۵ - استینیت بحالت آزاد Stn ، سینابر درگیر با گانگ Gn+Cin (  $\times 100$  )  
 تصویر ۵۲-۵ - سینابر Cin ، استینیت Stn و کرومیت Ch بحالت آزاد و مستقل از گانگ Gn (  $\times 100$  )

نمونه A+275 :

تشکیل دهنده‌ها : سینابر، کرومیت، استینیت، پیریت- مارکاسیت، کانی‌های شفاف (گانگ).

کانی‌های درگیر شامل: (سینابر + مارکاسیت)، (سینابر + گانگ).  
اندازه‌ها: اندازه قطعات درگیر عمدتاً سینابر حدود 30-40 میکرون است.  
نتایج شمارش: 313 مورد گانگ، 3 مورد درگیر (یک مورد آن مارکاسیت است)، 19 مورد قطعات کدر آزاد (15 مورد سینابر، 3 مورد استینیت، 1 مورد کرومیت) (تصویر 5-53)

#### نمونه A+325:

تشکیل دهنده‌ها: سینابر، استینیت، کرومیت، پیریت- مارکاسیت، کانی‌های شفاف (گانگ).  
کانی‌های درگیر شامل: (سینابر + مارکاسیت).  
نتایج شمارش: 324 مورد گانگ، 9 مورد سینابر آزاد، 7 مورد استینیت آزاد.  
پیریت و کرومیت شمارش نشدند.  
اندازه قطعات متفاوت است.  
مقدار استینیت افزایش نشان می‌دهد.  
تمامی قطعات سینابر و استینیت آزاد می‌باشند (تصویر 5-45).

#### نمونه A-325:

تشکیل دهنده‌ها: سینابر، استینیت، کرومیت، پیریت- مارکاسیت، کانی‌های شفاف (گانگ).  
قطعات دارای ابعاد نسبتاً متفاوتی بوده و نرمه زیادی تشکیل شده است. اشکال ترانشه مانند زیاد دیده می‌شود. در این نمونه استینیت به‌خوبی قابل تشخیص بوده و مستقل از قطعات سینابر است. جز درگیری پیریت با کانی‌های گانگ و احتمالاً پیریت - مارکاسیت با سینابر مورد دیگری وجود ندارد (تصاویر 5-55 و 5-56).

#### 4-5- تعیین درجه آزادی سینابر:

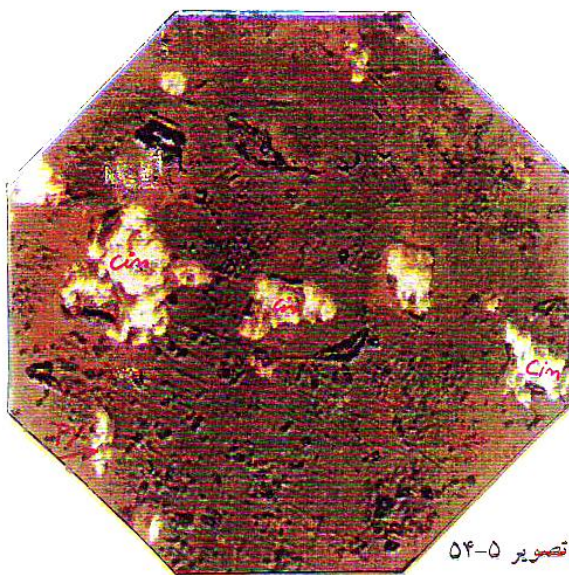
به منظور تعیین درجه آزادی سینابر همانطور که قبلاً ذکر گردید 18 مقطع صیقلی و 18 مقطع نازک حاصل از تجزیه سرندي دانه بندي شده سرپانتینیت‌ها به روش‌های هیدروترمالي آسیا شده توسط آسیای میله‌ای مورد مطالعه دقیق قرار گرفت که نتایج حاصل از مطالعات فوق به شرح زیر است:  
- زون‌های درگیر در مقاطع یاد شده شامل سینابر با گانگ، کرومیت با گانگ، پیریت با مارکاسیت با گانگ، استینیت با گانگ.

تصویر 5-53- قطعات کدر شامل سینابر **Cin**، استیبنیت **Stn**، کرومیت **Ch** مستقل از گانگ **Gn**  
(×100)

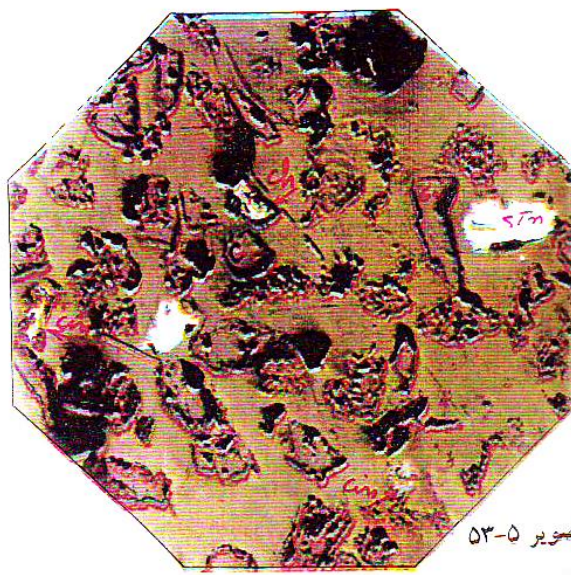
تصویر 5-54- کانی‌های کدر شامل سینابر و کمتر پیریت به حالت آزاد و مستقل از کانی‌های گانگ  
(×200)

تصویر 5-55- قطعات سینابر **Cin** و استیبنیت **Stn** به صورت مجزا و مستقل از کانی‌های گانگ  
(×200)

تصویر 5-56- قطعات سینابر و استیبنیت جدا و مستقل از کانی‌های گانگ (×100)



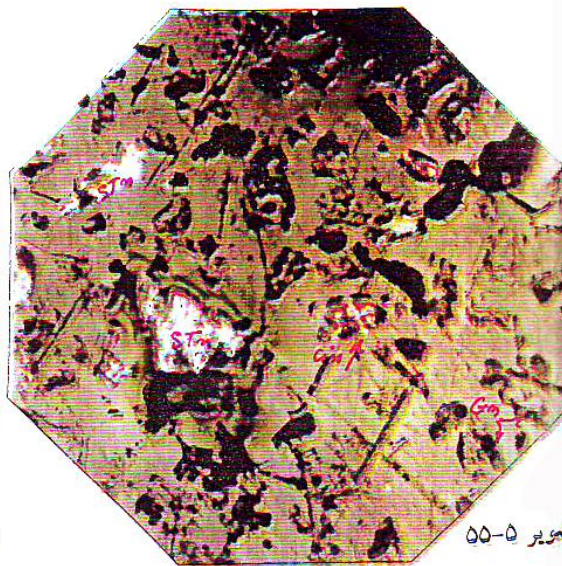
تصویر ۵۴-۵



تصویر ۵۳-۵



تصویر ۵۶-۵



تصویر ۵۵-۵

تصویر ۵۳-۵- قطعات کدر شامل سینابر Cin ، استینیت Stn ، کرومیت Ch مستقل از گانگ Gn  
( $\times 100$ )

تصویر ۵۴-۵- کانیهای کدر شامل سینابر و کمتر پیریت بحالت آزاد و مستقل از کانیهای گانگ ( $\times 200$ )

تصویر ۵۵-۵- قطعات سینابر Cin و استینیت Stn بصورت مجزا و مستقل از کانیهای گانگ ( $\times 200$ )

تصویر ۵۶-۵- قطعات سینابر و استینیت جدا و مستقل از کانیهای گانگ ( $\times 100$ )

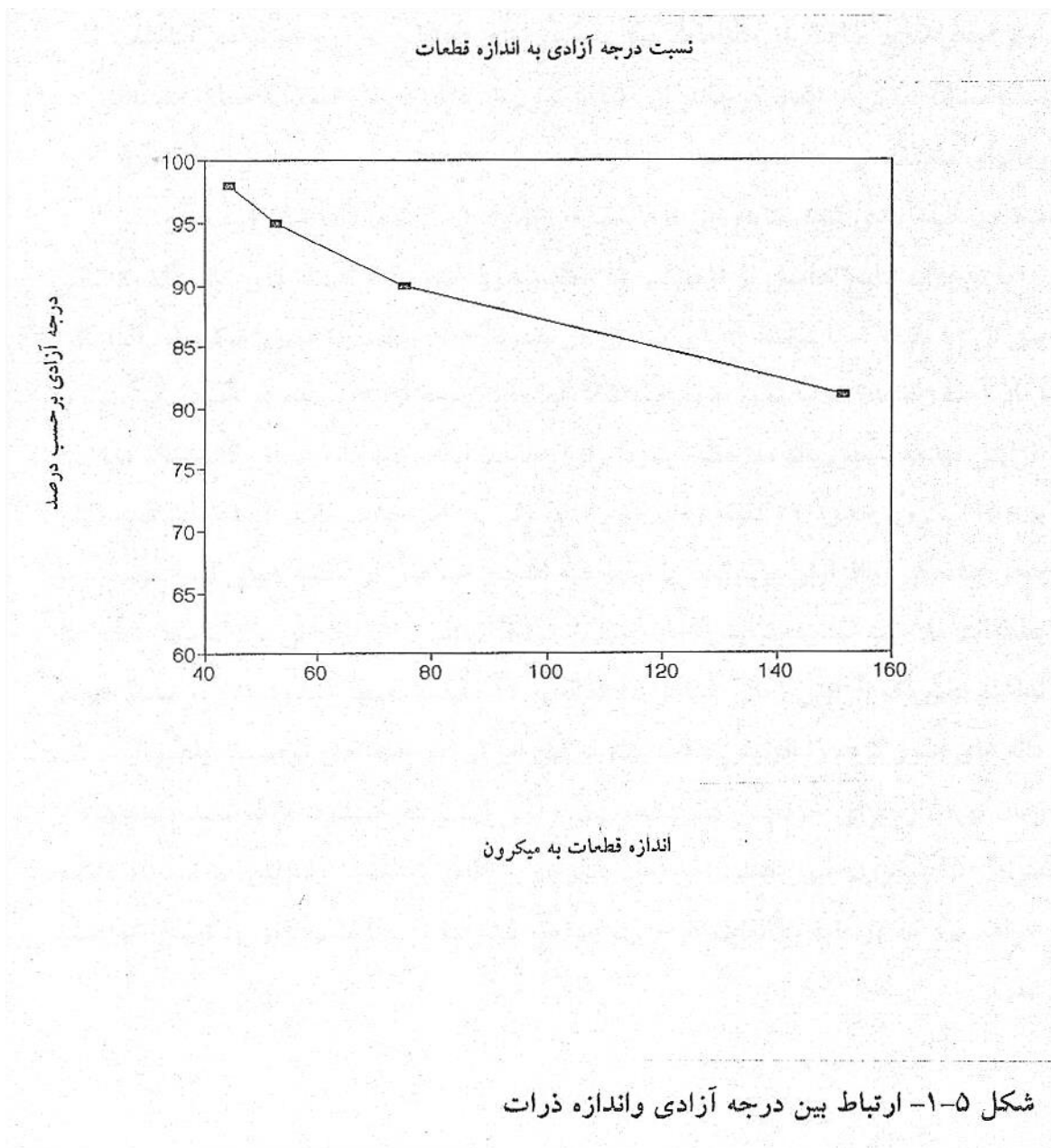
- میزان درجه آزادی در نمونه‌های سرپانتینیت میترا لیزه در دانه‌بندی‌های مختلف پس از شمارش قطعات درگیر و آزاد مشخص گردیده که نتایج حاصل از مطالعات فوق در جدول شماره 3-5 و شکل 1-5 ارائه شده است. بر اساس این نتایج، به منظور دستیابی به درجه آزادی حدود 100٪ برای سینابر، خردایش نمونه سنگ معدنی می‌بایست تا حدود 150 میکرون (200 مش) ادامه پیدا کند.

- میزان درجه آزادی در نمونه‌های برش‌های هیدروترمالی به علت کمی عیار سینابر چندان قابل استفاده نمی‌باشد ولی به طور کلی در ابعاد 150 میکرون تمامی کانه‌های کدر به صورت آزاد بوده و هیچ‌گونه درگیری خاص مشاهده نشده است.

### جدول 3-5- ارتباط درجه آزادی با دانه‌بندی های مختلف در سرپانتینیت مینرالیزه 57-5

جدول 3-5- ارتباط درجه آزادی با دانه بندی های مختلف در سرپانتینیت مینرالیزه 57-5

درجه آزادی	اندازه به میکرون	اندازه به مش	شماره نمونه
۰	۱۶۸۰	۱۲	A-۱۲
۱۸	۸۴۰	۲۰	A-۲۰
۳۸	۶۰۰	۳۰	A-۳۰
۵۸	۲۵۰	۶۰	A-۶۰
۸۰	۱۵۰	۱۰۰	A-۱۰۰
۹۰	۷۵	۲۰۰	A-۲۰۰
۹۵	۵۳	۲۷۵	A-۲۷۵
۹۸	۴۴	۳۲۵	A-۳۲۵



شکل 5-1- ارتباط بین درجه آزادی و اندازه ذرات

#### 5-5- آزمایش‌های انجام شده :

بر مبنای نتایج حاصل از مطالعات میکروسکوپی برای دستیابی به درجه آزادی مناسب لازم است سنگ معدنی تا ابعاد کوچکتر از 150 میکرون خرد شود. لذا نمونه‌های متعددی در زمان‌های مختلف توسط

آسیای میله ای خرد شد و محصول خرد شده توسط سرنند 150 میکرون طبقه بندی شد. نتایج این آزمایش‌ها در جدول 4-5 نشان داده شده است.

با توجه به نتایج حاصل از آزمایش‌ها ملاحظه می‌شود حدود 63٪ دانه‌های کانسنگ معدنی پس از 10 دقیقه آسیا توسط آسیای میله‌ای از سرنند 150 میکرون عبور می‌کنند. افزایش زمان آسیا راندمان عملیات را بهبود می‌بخشد ولی مقدار نرمه تولید شده در خلال فرآیند را افزایش می‌دهد. به طوری که ملاحظه می‌شود برای رساندن ابعاد کلیه دانه‌های کانسنگ معدنی به 150 میکرون حدود 21 دقیقه زمان لازم است ولی در این حالت مقدار نرمه تولید شده نیز به نحو چشمگیری افزایش می‌یابد. با توجه به نتایج حاصل از یافته‌های این مرحله از مطالعات ملاحظه می‌شود افزایش زمان آسیا در مراحل پایانی تأثیر چندانی بر راندمان عملیات نداشته به طوری که افزایش زمان آسیا از 18 دقیقه به 21 دقیقه فقط حدود 0/1 درصد حجم دانه‌های عبور کرده را افزایش داده است که این امر از نظر اقتصادی توصیه پذیر نیست. زمان تهیه لازم برای خردایش کانسنگ معدنی زمانی است که حدود 85 درصد دانه‌ها از سرنند 150 میکرون عبور می‌کنند. این زمان با توجه به نتایج مطالعات اولیه بین 10 تا 15 دقیقه خواهد بود که در ادامه مطالعات طرح و در مراحل پیشرفته‌تر مطالعات فرآوری تعیین خواهد شد.

**جدول 4-5 : ارتباط بین درجه آزادی و مدت زمان خردایش**



جدول ۴-۵: ارتباط بین درجه آزادی و مدت زمان خردایش

عبور از سرند ۱۵۰ میکرون		باقیمانده روی سرند ۱۵۰ میکرون		زمان خردایش ( دقیقه )
( % )	وزن ( گرم )	( % )	وزن ( گرم )	
۶۳/۲	۶۳۲	۳۶/۸	۳۶۸	۱۰
۹۹/۸	۹۸۰	۰/۲	۲۰	۱۸
۹۹/۹	۹۹۹	۰/۱	۱	۲۱

به منظور بررسی قابلیت جدایش سینابر از گانگ همراه نمونه‌های عبور کرده از سرند ۱۵۰ میکرون مجدداً توسط سری سرندهای آزمایشگاهی دانه بندی شد تا طیف دانه بندی نمونه عبور کرده از سرند ۱۵۰ میکرون و درصد وزنی هر دانه بندی در نمونه مادر مشخص شود.

در ادامه مطالعات هریک از طبقات دانه بندی محدودتر تحت آرایش قرار گرفتند. با توجه به وزن مخصوص کان سنگ معدنی و باطله و همراه آن نخستین شیوه برای آرایش کان سنگ معدنی استفاده از روش‌های ثقلی انتخاب شد و با توجه به مایعات سنگین موجود در بازار و بررسی چندین نمونه از آنها نهایتاً مایع سنگین برموفرم با چگالی ۲/۸۹ جهت ادامه مطالعات انتخاب و طبقات مختلف دانه بندی شده کانسنگ با این مایع تحت آرایش قرار گرفت. به علت وجود نرمه در بخش‌های دانه‌ریز طبقات مختلف دانه بندی این بخش از کانسنگ معدنی توسط هیدروسیکلون نرمه‌گیری شد. حد جدایش دانه‌ها در این فرآیند ۱۵ میکرون بود. در بخش‌های مختلف تجزیه سرندی نیز بخش عبور کرده از سرند ۴۰۰ مش (۳۸ میکرون) با توجه به اینکه حاوی مقدار قابل توجهی نرمه بود از آزمایش‌های مایع سنگین حذف شد. در این مرحله از مطالعات طبقات مختلف دانه بندی تحت آرایش قرار گرفت. جدول ۵-۵ نتایج حاصل از تجزیه سرندی نمونه معرف و جداول ۵-۶ الی ۵-۹ نتایج حاصل از مطالعات فرآوری را نشان می‌دهد. به طوریکه

ملاحظه می‌شود عیار جیوه در خلال این بخش از مطالعات از حدود 3 درصد متجاوز از 73 درصد افزایش یافته است که این امر بیانگر کارآرایی بسیار مفید و موثر روش‌های ثقلی برای فرآوری کانسنگ معدنی است. با توجه به جمع‌بندی نتایج حاصل از مطالعات فرآوری (جدول شماره 5-10) ملاحظه می‌شود با استفاده از روش واسطه سنگین می‌توان 83 درصد جیوه محتوی کانسنگ معدنی را با موفقیت و با صرف هزینه کم فرآوری نمود و عیار ماده معدنی از حدود 3 درصد به 64 درصد افزایش داد. و این در حالی است که عیار جیوه در بخش باطله فقط 0/5 درصد خواهد بود. با توجه به نتایج حاصل از مطالعات آزمایشگاهی به نظر می‌رسد روش ثقلی به عنوان یک روش اقتصادی در فرآوری کانسنگ جیوه خانگلی ماکو مورد استفاده قرار گیرد.

#### جدول 5-5 : نتایج حاصل از تجزیه سرندي نمونه معرف

جدول 5-5 : نتایج حاصل از تجزیه سرندي نمونه معرف

ردیف	ابعاد دانه ها	وزن ( گرم )	درصد وزنی
۱	-۱۵۰+۱۰۰	۱۳۵/۱	۱۳/۵۱
۲	-۱۰۰+۷۵	۳۱۹/۷	۳۱/۹۷
۳	-۷۵+۴۵	۱۴۱/۱	۱۴/۱۱
۴	-۴۵+۳۸	۴۰۴/۱	۴۰/۴۱

۱۰۰

۱۰۰۰

جمع

جدول 5-6- نتایج حاصل از فرآوری دانه بندي 150+100- میکرون سرپانتینیت مینرالیزه

جدول 5-7- نتایج حاصل از فرآوری دانه بندي 100+75- میکرون سرپانتینیت مینرالیزه

جدول 5-8- نتایج حاصل از فرآوری دانه بندي 75+45- میکرون سرپانتینیت مینرالیزه

جدول 5-9- نتایج حاصل از فرآوری دانه بندی 38+45- میکرون کانسنگ معدنی  
جدول 5-10- جمع بندی نتایج حاصل از مطالعه فرآوری به روش ثقلی

جدول 5-6- نتایج حاصل از فرآوری دانه بندی 100+150-  
میکرون سرپانتینیت مینرالیزه

ردیف	شرح	واحد	نمونه اولیه	محصول شناور شده	محصول غوطه ور شده
۱	وزن	گرم	۱۳۵/۱	۱۳۰/۶	۴/۵
۲	عیار جیوه	درصد	۱/۸۸	۰/۱۹	۵۰/۹۴
۳	توزیع جیوه	درصد	—	۰/۸۵	۷/۸۴

جدول 5-7- نتایج حاصل از فرآوری دانه بندی 75+100-  
میکرون سرپانتینیت مینرالیزه

ردیف	شرح	واحد	نمونه اولیه	محصول شناور شده	محصول غوطه ور شده
۱	وزن	گرم	۳۱۹/۷	۳۰۸/۵	۱۱/۲
۲	عیار جیوه	درصد	۲/۱۱	۰/۱۴	۵۶/۴۳
۳	توزیع جیوه	درصد	—	۱/۴۸	۲۱/۶۱

جدول شماره ۵-۸- نتایج حاصل از فرآوری دانه بندی ۴۵+۷۵-

میکرون سرپانتینیت مینرالیزه

ردیف	شرح	واحد	نمونه اولیه	محصول شناور شده	محصول غوطه ور شده
۱	وزن	گرم	۱۴۱/۱	۱۳۵/۱	۶
۲	عیار جیوه	درصد	۳/۲۳	۰/۵۱	۶۴/۵۹
۳	توزیع جیوه	درصد	—	۲/۳۶	۱۳/۲۵

جدول ۵-۹- نتایج حاصل از فرآوری دانه بندی ۴۵+۳۸-

میکرون کانسنگ معدنی

ردیف	شرح	واحد	نمونه اولیه	محصول شناور شده	محصول غوطه ور شده
۱	وزن	گرم	۴۰۴/۱	۳۸۸	۱۶/۱
۲	عیار جیوه	درصد	۳/۸۱	۰/۹۲	۷۳/۳۹
۳	توزیع جیوه	درصد	—	۱۲/۲۱	۴۰/۴

جدول ۵-۱۰- جمع بندی نتایج حاصل از مطالعه فرآوری

بروش ثقلی

ردیف	شرح	واحد	نمونه اولیه	محصول شناور شده	محصول غوطه ور شده
۱	وزن	گرم	۱۰۰۰	۹۶۲/۲	۳/۷۸
۲	عیار جیوه	درصد	۲/۹۲	۰/۵۱	۶۴/۳
۳	توزیع جیوه	درصد	—	۱۶/۹	۸۳/۱

با تعمیم نتایج حاصل از مطالعات فرآوری مایعات سنگین استفاده از سایر روش‌های ثقلی نظیر میز و جیگ نیز در فرآوری این کانسار می‌تواند مورد بررسی قرار گیرد. اساس همه این روش‌ها بر مبنای اختلاف وزن مخصوص کانسنگ و باطله پیریزی شده است. عملیات فرآوری انجام شده برای نمونه اخذ شده از برش هیدروترمالی نیز با توجه به درجه آزادی آنکه کاملاً مشابه نمونه اخذ شده از توده سنگی بود نتایج تقریباً مشابهی را حاصل نمود. با این تفاوت که چون عیار کانه در نمونه اولیه کمبود عیار محصول فرآوری شده نیز به همان نسبت کم می‌باشد. بدیهی است در ادامه مطالعات فرآوری در مقیاس Pilot scale و Bench scale با اخذ نمونه‌های حجیم‌تر و انجام مطالعات با کلیه روش‌های ثقلی و حتی روش فلوتاسیون بایستی ارزیابی اقتصادی در بین روش‌های مختلف به عمل آید و از میان آنها مناسب‌ترین و اقتصادی‌ترین روش که با طبیعت کانسار در مقیاس صنعتی نیز همخوانی داشته باشد انتخاب شود.

**5-6: نتایج حاصل از مطالعه فرآوری کانسار و پیشنهاد برای ادامه مطالعات**

- حداکثر درجه آزادی کانسنگ معدنی در دانه بندی 150 میکرون است در صورت ادامه خردایش کانسنگ معدنی به منظور افزایش درصد وزنی بخش عبور کرده از سرند 150 میکرون مقدار نرمة افزایش یافته و مشکلاتی را در خلال فرآیند ایجاد می‌کند.

- نتیجه حاصل از تجزیه سرندي نمونه‌هاي عبور کرده از سرندي 150 میکرون نشان مي‌دهد که قسمت اعظم دانه‌هاي عبور کرده از سرندي 400 مش نرمه بوده و بایستي از مقدار فرآوری خارج شوند.
- استفاده از هیدروسیکلون به منظور نرمه‌گیری و افزایش راندمان عملیات به‌خصوص در دانه بندي‌هاي ریز توصیه مي‌شود :
- با استفاده از روش‌هاي ثقلي به راندمان مطلوبی (83 درصد) برای جدایش کانه از باطله همراه آن مي‌توان دست یافت.
- با توجه به پیشرفت‌هاي موجود در زمینه فرآوری کانسارهاي جیوه استفاده از میز نرمه به منظور افزایش درصد بازیابی ماده معدني و افزایش راندمان مي‌توان امیدوار بود.
- در خلال مطالعات فرآوری انجام شده در مقیاس آزمایشگاهی عیار سنگ معدني از حدود سه درصد به 64 درصد افزایش یافت. انجام این فرآیند با استفاده از روش‌هاي ثقلي که هزینه کمی نیز دارند امکان پذیر است.
- مطالعات انجام شده نشان مي‌دهد که فرآوری کانسار جیوه خانگلي در مقیاس آزمایشگاهی با راندمان مطلوب امکان پذیر است ولي برای تضمین اقتصادي‌ترین شیوه آرایش سنگ معدني بایستي در مطالعات مرحله bench و pilot روش‌هاي موجود مورد ارزیابی اقتصادي قرار گرفته و روش تهیه فرآوری از میان آنها انتخاب شود.

## فصل ششم

### نتیجه‌گیری و پیشنهادها

#### 6- نتایج و پیشنهادات

همچنانکه در فصل اول ذکر گردید تاکنون مجموعه مطالعات اکتشافی و زمین شناسی در مراحل پتانسیل یابی و آثار یابی مواد معدني، اکتشاف مقدماتی، اکتشاف نیمه تفصیلی و اکتشاف تفصیلی در محدوده اکتشاف خان گلي ماکو انجام گرفته و اطلاعات کاملی در خصوص ساختار زمین‌شناسی، ژنز و نحوه تشکیل ذخیره جیوه، ژئوشیمی و تغییرات عیار در رخنمون‌هاي سطحي ( ترانشه‌هاي اکتشافی حفر شده

دزر مراحل نیمه تفصیلی و تفصیلی) به دست آمده است، لیکن کاستی‌هایی نیز از نظر اطلاعات عمقی نظیر گسترش عمقی و شکل کانسار در ترازهای پائین‌تر وجود دارد.

به طور کلی نتایج حاصل از مطالعات اکتشافی و زمین‌شناسی در مراحل نیمه تفصیلی به شرح زیر می‌باشند:

1- محدوده اکتشافی در زون افیولیتی خوی - ماکو واقع شده است. این افیولیت‌ها در جایگاه تکتونیک کمر بند آلپ - هیمالیا قرار دارند. واحدهای لیتولوژیک موجود در این محدوده شامل سرپانتینیت‌های برشی، ولکانیک کنگلومرای آندزیتی، شیل‌های رادیو لاریتی، کنگلومرا، شیل - مارن و ماسه سنگ می‌باشند که مجموعاً تحت تاثیر تکتونیک شدید و محلول‌های گرمابی آلتزه شده‌اند. عملکرد سیالات گرمابی و آلتراسیون در روندهای گسله به اوج خود رسیده به طوری که سنگ‌های دگرسانی با ماهیتی بسیار متفاوت از سنگ اولیه ایجاد کرده است. سه سیستم شکستگی به ترتیب با راستاهای شمال غربی - جنوب شرقی، شمالی - جنوبی و شرقی - غربی شناخته شده که سیستم اصلی (با گسل‌های معکوس و رانده خود) کانی زائی و آلتراسیون را کنترل می‌کند. در این میان گسل‌هایی که دارای شیب به سمت SW می‌باشند، حائز اهمیت زیادی هستند.

2- کانی‌زائی مورد بحث در یک سیستم اپی ترمال (درجه حرارت پائین و فشار کم) صورت گرفته و به لحاظ متالوژنی در گروه ذخائر جیوه « تیپ سرپانتینیتی» قرار می‌گیرد. آلتراسیون شدید سیلیسی با اختصاصات ژاسپی این کانی‌زائی را همراهی می‌کند. به طور کلی مجموعه کانی‌های کوارتز، کریستوبالیت، فازهای آمورف سیلیس، اکسیدهای آهن (عمدتاً گوتیت، لیمونیت و به ندرت هماتیت) کانی‌های رسی (مونت موریلونیت و کائولن)، کلریت، هورنبلد و تالک در زون‌های آلتزه یافت می‌شود که در حقیقت کانی‌های کانگ ماده معدن محسوب می‌شوند کانه‌های معدنی تشکیل دهنده ذخیره شاکل سینابر، پیریت، مارکازیت و به مقدار جزئی استینینیت و اولیژیست می‌باشد. استینینیت به صورت ادخال‌هایی داخل سینابر جای دارد. علاوه بر کانه‌های یاد شده، کانه‌های کرومیت، روتیل و اکسیدهای آهن نیز حضور دارند. کانه‌های کرومیت و روتیل مربوط به لیتولوژی سنگ درون‌گیر ماده معدن یبوده و هیچ ارتباطی با کانی زائی معدنی ندارند.

3- کانی زائی جیوه در ناحیه خانگلی ماکو متعاقب فعالیت ماگمایی الیگومیوسن تا پلیوسن و در نتیجه کنش وری (Reactivation) کمپلکس افیولیتی ناحیه توسط فرآیندهای حاصل از این فعالیت ماگمایی در روندهای گسله و شکستگی‌ها روی داده است. لذا سن کانی زائی را می‌توان به اواخر پلیوسن و یا پلیستوسن (؟) نسبت داد.

4- بر اساس اطلاعات به دست آمده از تراننده‌های عمیق اکتشافی می‌توان گفت که تمرکز و کانی زائی سینابر به دو فرم کلی در محدوده اکتشافی صورت گرفته است:

الف- به صورت پراکنده در متن رگه‌های نازک سیلیسی و برش‌های هیدروترمالی (واحد Si)، این بخش از کانسنگ، بخش عیار پائین کانسنگ را تشکیل می‌دهد.

ب- به صورت توده‌ای (Massive) و پرکننده فضاهای خالی در امتداد گسله‌های از نوع معکوس و رانده که از نوع کانسنگ پرعیار محسوب می‌شود. تعداد 5 رگه از فرم اخیر کانی زائی شناخته شده است. از 5 رگه مزبور، 4 رگه در ارتباط نزدیک با هم بوده و در جنوب غرب محدوده اکتشافی واقع هستند. این رگه‌ها در همبري سرپانتینیت‌های برشي با شیل و مارن‌های پالئوسن و واحد درهم افیولیتی (ملانژ) تشکیل شده‌اند. رگه چهارم در شمال محدوده اکتشافی و در همبري گسل اصلی منطقه با زون برش هیدروترمالی (واحد Si) قرار دارد.

5- آنالیز شیمیائی جیوه یکی از مشکلات اساسی در پروژه اکتشافی حاضر می‌باشد و این مسئله در مورد تمام پروژه‌هایی که با سنجش و اندازه‌گیری جیوه سرو کار دارند، صادق است. اصولاً جیوه عنصری است که به دلیل ماهیت شیمیائی و فیزیکی خاص به خود، تعیین عیار و سنجش آن در نمونه‌ها با خطای بالائی همراه است. بخشی از این خطاها مربوط به مرحله آماده سازی نمونه، بخش دیگر مربوط به خطای آنالیز دستگاهی می‌باشد. با توجه به تجربه این مهندسین مشاور در زمینه ارسال نمونه به آزمایشگاه‌های مختلف، علاوه بر مشکلات موجود در زمینه دقت آنالیز (تکرار آزمایش با نتایج مشابه)، رسیدن به صحت آنالیز (مقدار واقعی جیوه موجود در نمونه) نیز همواره مورد تردید است. این مسائل در هر سه مرحله اکتشاف مقدماتی، نیمه تفصیلی و تفصیلی به نوعی یک عامل منفی در پیشبرد برنامه اکتشافی بوده است. به طوری که تعدادی از آزمایشگاه‌های معتبر داخلی از قبول آنالیز جیوه سرباز زدند و در بقیه موارد هم که نمونه‌ها مورد آنالیز قرار گرفتند، خطای بالائی (به‌خصوص در مرحله اکتشاف مقدماتی و نیمه تفصیلی) بروز کرد. علاوه بر مشکلات یاد شده، عدم تجزیه کافی آزمایشگاه‌های داخلی در زمینه آنالیز جیوه نیز مزید بر علت است.

6- در رابطه با عیار کانسنگ‌ها باید گفت که در بخش کم عیار ذخیره (فرم پراکنده کانی زائی) متاسفانه مقادیر گزارش شده با شواهد قابل مشاهده در تراننده‌ها مطابقت نمی‌کند. برای مثال عیار جیوه در نمونه‌های Mp-LG-01, Mp-LG-02, Mp-LG-03, Mp-LG-04 که از زون مینرالیزه واقع در شمال محدوده اکتشافی (تراننده T1) برداشت شده‌اند به تدریج: 28/5 ، 374 ، 1300 و 32 گرم در تن گزارش شده است. در حالیکه کانه‌های سینابر در تمام نمونه‌های فوق الذکر به‌خوبی قابل مشاهده است، علی‌الخصوص در نمونه شماره Mp-LG-02 که از یک رگه نسبتاً پرعیار برداشت شده است. در رابطه با



رگه‌های پرعیار، آنالیز چهار نمونه T2A-LG-02 و T2A-LG-03, Mp-LG-08, BH10-LG-01 به ترتیب عیارهای 5/62 درصد، 4/2 درصد و 6/42 درصد و 3/87 درصد را به دست داده است که عیارهای قابل توجهی محسوب می‌شوند.

7- مطالعات فرآوری سینابر در مقیاس آزمایشگاهی بر روی نمونه اخذ شده از رگه‌های پرعیار انجام گرفت که حاکی از بازیابی سینابر به میزان 83٪ به روش ثقلی می‌باشد.

8- علیرغم اطلاعات به‌دست آمده در زمینه زمین شناسی کانسار، شکل گسترش و پراکندگی ماده معدنی، متاسفانه در حال حاضر محاسبه ذخیره ماده معدنی بنا به دو دلیل عمده امکان پذیر نیست. دلیل اول ماهیت ماده معدنی از نظر شکل و گسترش آن می‌باشد.

همان طوریکه قبلاً به طور مفصل بحث گردید کانی‌زائی به دو فرم پراکنده و کم عیار و رگه – رگچه‌ای (پرعیار) تشکیل شده است. گسترش سطحی کانی‌زائی پراکنده به خوبی قابل مشاهده بوده و نقش‌برداری شده است. با توجه به اینکه این زون‌ها توسط گسله‌ها محدود شده و مشخصات تکنیکی گسله‌های یاد شده نیز برداشت شده است، لذا گسترش و شکل عمقی آن قابل محاسبه است چنانچه در پروفیل‌های ترانشه‌های اکتشافی نشان داده شده است، لیکن به دلیل اینکه حفاری گمانه‌های اکتشافی در این مرحله میسر نگردید، لذا اطلاعاتی در زمینه تغییرات عیار در ترازهای پائین‌تر وجود ندارد. به‌خصوص اینکه بر طبق مدل کانی‌زائی ارائه شده وجود رگه – رگچه‌های پرعیار در ترازهای پائین این زون‌ها محتمل است. نکته قابل ذکر دیگر اینکه این زون‌ها از برش‌های هیدروترمالی نرم و متخلخل تشکیل یافته است که مغزگیری با ضریب بازیافت مناسب در آن به سختی امکان پذیر است. در مورد رگه‌های پرعیار نیز با توجه به ضخامت کم (عموماً 20-5 سانتیمتر) و کنترل آنها با گسل‌هایی که خود شدیداً تغییر جهت می‌دهند، امکان ردیابی آنها در عمق با حفاری گمانه اکتشافی بسیار بعید به نظر می‌رسد. علاوه بر آن وضعیت رگه‌ها به گونه‌ای است که در بعضی موارد قبل از رسیدن به سطح زمین بسته می‌شوند، بنابراین تمام رگه‌ها در سطح زمین رخنمون نداشته و برای شناسائی آنها نیاز به ادامه عملیات روبرداری و احداث ترانشه در محدوده اکتشافی می‌باشد. با توجه به نتایجی که تاکنون به دست آمده موارد زیر پیشنهاد می‌گردد:

1- اجرای عملیات اکتشافی در گستره طرح همواره با مسائل و مشکلات امنیتی، سیاسی و اجتماعی همراه بوده است. بدیهی است بدون رفع مشکلات مزبور امکان ادامه عملیات اکتشافی فراهم نخواهد شد. به طوری که در مقاطعی از اجرای طرح به علت بروز مسائل امنیتی و اجتماعی عملیات متوقف و با تاخیر های زمانی طولانی مجدد آغاز شده است. لذا اتخاذ تدابیر لازم در مورد رفع مزاحمت‌های ایجاد شده از سوی عشایر و همچنین همراهی و همگامی ارگان‌های انتظامی مستقر در منطقه با تیم‌های اکتشافی از ضروریات ادامه مطالعات مهندسی طرح است.

- 2- راه دسترسی به محدوده اکتشافی از ابتدای جاده خاکی خانگلی (از آبادی شاه بنده لو تا محدوده اکتشافی) نیاز اساسی به مرمت و در مواردی بازسازی دارد. در حال حاضر تردد در محور مذکور به خصوص در فصول بارندگی به سختی صورت می پذیرد.
- 3- در بخش‌هایی از محدوده اکتشافی با توجه به نقشه زمین شناسی 1/500 و زیر نظر کارشناس اکتشاف عملیات ترانشه‌زنی و روبرداری جهت آشکارسازی رگه‌های احتمالی سینا بر انجام پذیرد.
- 4- در حال حاضر به نظر می‌رسد که مناسب‌ترین و بهترین روش اکتشافی، اکتشاف حین استخراج می‌باشد. به این ترتیب که استخراج سینا بر از رگه‌های پرعیار با در نظر گرفتن دیدگاه‌های اکتشافی و زیر نظر مهندس اکتشاف صورت بگیرد. ماده معدنی استخراج شده می‌تواند در محل مناسبی دپو گردد و از پیشرفت حاصل از باطله برداری در امتداد رگه‌ها، می‌توان در مورد وضعیت امتداد، تغییر ضخامت و تغییر عیار رگه‌ها اطلاعاتی را به دست آورد.

## فهرست منابع

### الف - منابع فارسی :

- 1- اداره کل معادن و فلزات استان آذربایجان غربی، 1371: طرح پی‌جویی مقدماتی مواد معدنی منطقه سیه چشمه ماکو.
- 2- افتخارنژاد، جمشید، 1359: تفکیک بخش‌های مختلف ایران از نظر وضع ساختمانی در ارتباط با حوضه‌های رسوبی، نشریه انجمن نفت شماره 82.
- 3- امامعلی پور، علی، 1373: بررسی زمین شناسی، ژئوشیمی و کانی سازی جیوه و عناصر وابسته در منطقه سیه چشمه ماکو، رساله کارشناسی ارشد، دانشگاه شهید بهشتی، دانشکده علوم زمین.
- 4- پارسائی، حیدر و همکاران، 1368: طرح اکتشاف جیوه صائین دژ- تکاب، گزارش نهائی مؤسسه تحقیقات و کاربرد مواد معدنی ایران.
- 5- پدرامی، منوچهر، 1365: نظری اجمالی برسن بازالت‌های ماکو، سازمان زمین شناسی کشور، تهران، گزارش داخلی.
- 6- تدین اسلامی، ابوالحسن، 1358: استفاده از روش‌ها و محاسبات آماری در ژئوشیمی کاربردی، سازمان زمین شناسی کشور.
- 7- حسنی پاک، علی اصغر، 1362، اصول اکتشافات ژئوشیمیائی، مرکز نشر دانشگاهی.

8- دفتر مطالعات بازار شرکت مینرال اکسپورت، نشریه بازار جهانی فلزات غیر آهنی ( ترجمه مجله Metal Bulttin).

9- سازمان برنامه و بودجه، استان آذربایجان غربی، 1374، آمارنامه استان آذربایجان غربی.

10- کاوشگران، مهندسین مشاور، 1368: مطالعه پتانسیل یابی مواد معدنی در منطقه جنوب غربی ماکو.

11- کاوشگران، مهندسین مشاور، 1372: گزارش طرح اکتشاف مقدماتی جیوه سیاه چشمه ماکو.

12- کاوشگران، مهندسین مشاور، 1373: گزارش اکتشاف نیمه تفصیلی جیوه و عناصر وابسته در منطقه خانگلی ماکو.

13- کریم پور، محمدحسن، 1368: زمین شناسی اقتصادی کاربردی، انتشارات جاوید.

14- مدنی، حسن، 1373: مبانی زمین آمار، مرکز نشر دانشگاه صنعتی امیر کبیر

15- مر، فرید و همکار (ترجمه از میسون)، 1371: اصول ژئوشیمی انتشارات دانشگاه شیراز

#### ب- منابع لاتین :

16) Barnes, H.L., 1979, Geochemistry of Hydrothermal ore deposits , Wiley Interscience , Newyork.

17) British Geological survey , 1996 , World Mineral Statistics , 1990 – 1995.

18) Linda , C.C., 1985, Mineral Facts and Problems , Bureau of Mines, Newyork.

19) Laznicka , P., 1985, Empirical Metallogeny – Depositional Environments , Lithologic association and Metallic ores , vol., 1, Elsevir pub.

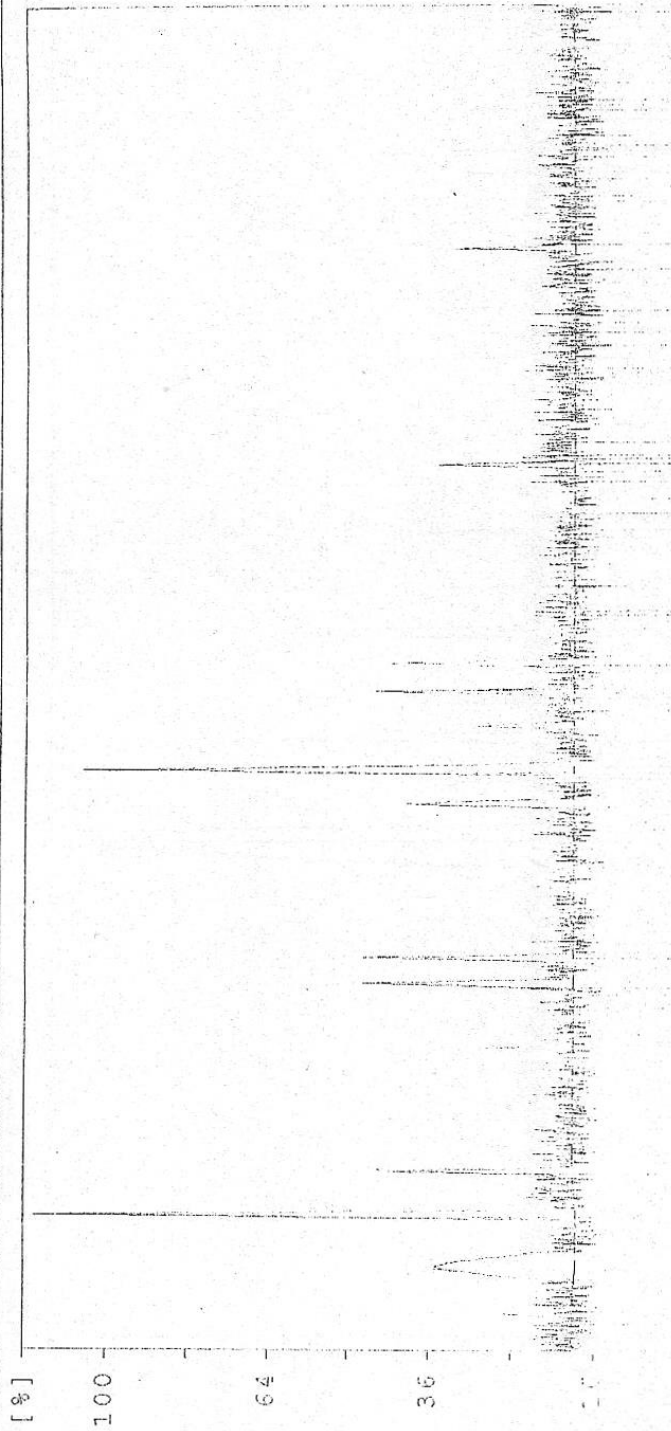
20) Roskill Information servies Itd , 1990 , the economics of seventh Edition , London. Mercury

21) Smirnov , V.L., And others , 1983 , studies of Mineral deposits , Mir publisher , Moscow.

پيوست گزارش  
نتايج مطالعات آزمايشگاهي

Sample ident.: MP-XR-01

2-mar-1998 10:14

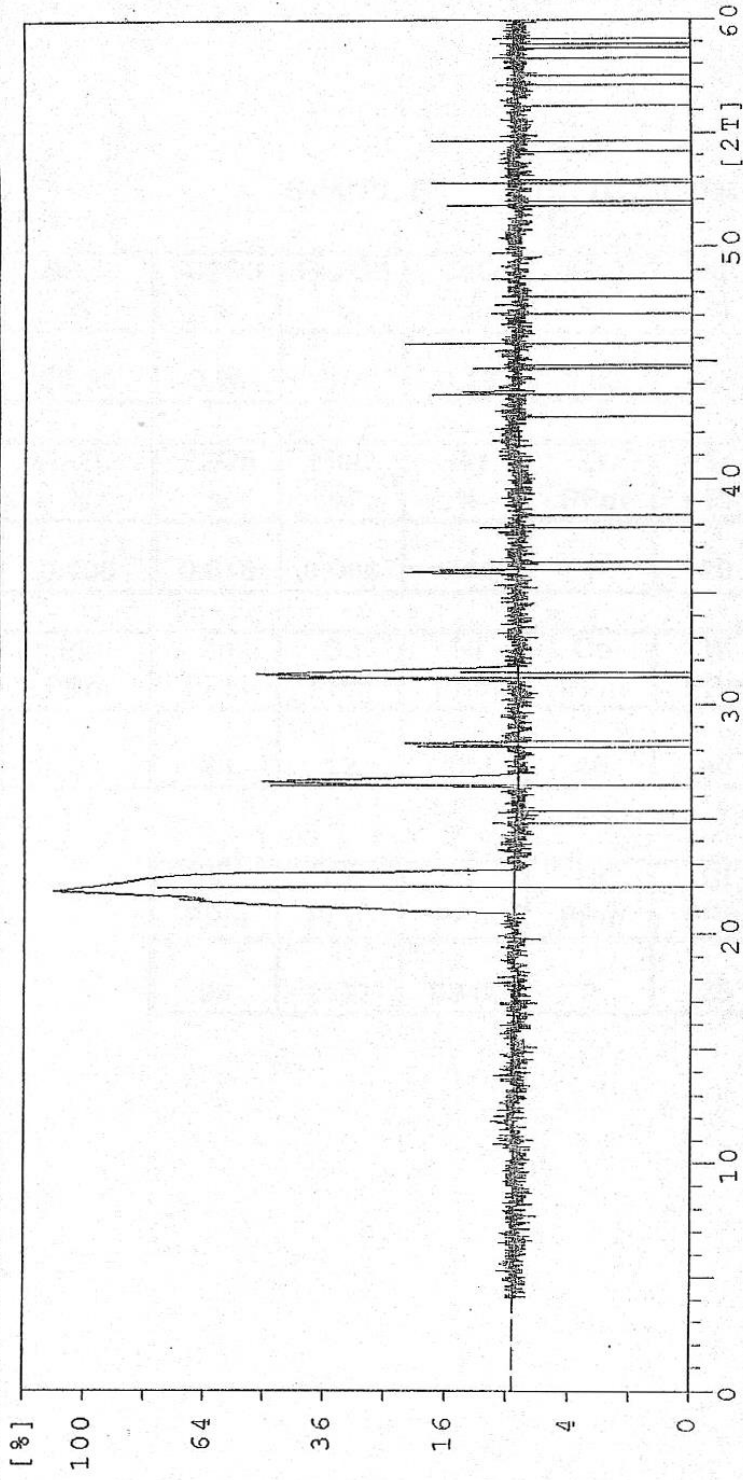


2-theta	Intensity
10	100
20	36
30	64
40	36
50	36
60	36
70	36
80	36
90	36
100	36

تلفظ اصلی این نمونه MagnesiumHydride بود. تلفظ فکری در متن آن کلریت و صوبه استواریت می باشد.

Sample ident.: MP-XR-02

1-jun-1998 8:25



MPXR02

Cristoba

Cinnabar

**SAMPLE = BH10-LG-01**

<b>SiO2</b> %	<b>Al2O3</b> %	<b>Fe2O3</b> %	<b>CaO</b> %	<b>K2O</b> %	<b>MgO</b> %	<b>TiO2</b> %
90.95	0.99	0.7	0.19	0.03	0.23	0.001

<b>Na2O</b> %	<b>P2O5</b> %	<b>MnO</b> %	<b>Hg</b> %	<b>Zr</b> PPm	<b>Sr</b> PPm	<b>Rb</b> PPm
0.106	0.018	0.006	5.62	7	20	44

<b>Pb</b> PPm	<b>Zn</b> PPm	<b>Cu</b> PPm	<b>Ni</b> PPm	<b>Co</b> PPm	<b>W</b> PPm	<b>F</b> PPm
9	36	12	423	46	nd	1206

<b>V</b> PPm	<b>Cr</b> PPm	<b>S</b> PPm	<b>Hf</b> PPm	<b>Cl</b> PPm
96	2997	8942	2	25

<i>Sample No.</i>	<i>Au(PPb)</i>	<i>Ag(PPm)</i>	<i>As(PPm)</i>	<i>Hg(PPm)</i>	<i>Cu(PPm)</i>
MP-LG-01	3.3	0.066	2.6	28.5	49.4
MP-LG-02	1.5	0.043	0.5	374	13.9
MP-LG-03	3.2	0.075	0.5	1300	11.5
MP-LG-04	2.4	0.161	2.6	32	31.1
MP-LG-05	2	0.076	0.3	177	55.4
MP-LG-06	1.5	0.046	0.2	35.7	20
MP-LG-07	2	0.056	0.15	40	46.5
MP-LG-08	4.3	0.047	1.7	42000	12.5
MP-LG-09	3.3	0.052	4.4	162	104
MP-LG-10	2.8	0.048	1.4	236	81.6
MP-LG-11	1.6	0.044	0.5	359	15
MP-LG-12	1.9	0.061	3.9	12.3	109
MP-LG-13	1.2	0.04	0.15	55.3	11.9
MP-LG-14	1	0.082	2.2	13.6	57.9
MP-LG-15	2.2	0.03	0.9	9.6	6
MP-LG-16	2.4	0.056	0.15	16.8	4.4
MP-LG-17	1.8	0.047	0.2	31.5	6
BH3-LG-01	2.2	0.046	0.2	32.5	21.2
BH3-LG-02	2.8	0.05	1	155	18.6
BH3-LG-03	13.8	0.049	0.9	18.7	80.7
BH3-LG-04	2.2	0.053	5.6	44.3	61.7
BH3-LG-05	2	0.055	1.2	639	52.6
BH3-LG-06	1.4	0.068	0.2	290	48.3
BH3-LG-07	2.2	0.055	0.15	51.7	46.6
BH3-LG-08	1.5	0.074	2.7	92.8	220
BH3-LG-09	2.2	0.038	3.9	31.4	584
BH3-LG-10	2.5	0.052	4.8	22.1	295
BH3-LG-11	3.3	0.043	7.5	7.9	53.4



<i>Sample No.</i>	<i>Au(PPb)</i>	<i>Ag(PPm)</i>	<i>As(PPm)</i>	<i>Hg(PPm)</i>	<i>Cu(PPm)</i>
BH3-LG-12	3.7	0.08	8.2	5.2	81
BH3-LG-13	3.9	0.07	6	3.5	75.8
BH1-LG-01	2.6	0.067	0.3	3500	10.1
BH1-LG-02	1.6	0.036	0.15	280	14.6
BH1-LG-03	4.6	0.054	0.15	42.4	12
BH1-LG-04	3.1	0.048	0.3	45.5	16.2
BH1-LG-05	1.4	0.055	0.5	701	16.1
BH1-LG-06	1.5	0.045	0.9	138	19.1
BH1-LG-07	2.3	0.035	11	22.2	63.9
BH1-LG-08	3.9	0.035	9.5	13.8	208
BH1-LG-09	2.6	0.065	12.1	19.2	232
MP-CN-01	4.5	0.063	2	43000	12.2
MP-CN-02	1.4	0.034	0.9	280	50.3
MP-CN-03	2.6	0.052	1.9	30.5	52.1
MP-CN-04	3.8	0.1	9.5	1.2	80.5
MP-CN-05	0.9	0.077	0.7	48.6	5.5
MP-CN-06	2.2	0.121	1.4	36.3	30.9
BH4-LG-01	3.1	0.079	9.2	18.7	471
BH4-LG-02	2.7	0.065	4.9	18.2	917
BH4-LG-03	6.5	0.066	15.3	3.7	342
BH4-LG-04	4	0.076	4.1	2.4	486
BH4-LG-05	3.1	0.099	4.3	2.4	78
BH4-LG-06	4.6	0.096	7.7	1.2	80
BH4-LG-07	4	0.045	10	2.3	78.1
BH4-LG-08	3.3	0.122	4.1	1.2	83.2
BH4-LG-09	4.4	0.072	2.9	0.4	87.8
BH4-LG-10	4.9	0.094	3.4	1.2	84.6
BH4-LG-11	3.5	0.058	1.5	0.5	86.4
BH4-LG-12	3.1	0.088	1.5	0.6	72.8