

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



دانشکده علوم زمین

پایان نامه کارشناسی ارشد رشته زمین شناسی اقتصادی

ریخت شناسی و شیمی کانه طلا در کانسار طلای پلاسری انگوران چای؛ ماه نشان؛ استان زنجان

نگارنده: مهسا محقق

استاد راهنما

دکتر مسعود علی پوراصل

دکتر مریم شیبی

مهر ۱۴۰۰

فرم صورتجلسه نهایی دفاع

به نام پروردگار بخشنده و مهربان

تختین پاس و ستایش از آن خداوندی است که بنده کوچکش را در دیای سیکران اندیشه، قطره ای ساخت تا وسعت آن را از دریچه اندیشه های ناب آموزگارانی بزرگ به تماشانشیند. لذا اکنون که در سایه سار بنده نوازی هایش پایان نامه حاضر به انجام رسیده است، بر خود الزام می دانم تا مراتب پاس را از بزرگوارانی به جا آورم که اگر دست یار گیرشان نبود، هرگز این پایان نامه به انجام نمی رسید.

ابتدا از استاد کرامت قدرم جناب آقای دکتر معود علی پور اصل که زحمات راهنمایی این پایان نامه را بر عهده داشتند، کمال پاس را دارم. همچنین از استاد عالی قدرم سرکار خانم دکتر مریم شیبی که زحمات استاد راهنما و دوم این پایان نامه را متحمل شدند و کمک های فراوانی در این راه به بنده نمودند، صمیمانه تشکر می کنم.

پاس آخر را به مهربانترین همراهن زندگیم، به پدر و مادر و خواهر و برادر عزیزم تقدیم می کنم که حضورشان در فضای زندگیم مصداق بی ریای سخاوت بوده است.

تعهد نامه

اینجانب مهسا محقق دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته زمین شناسی اقتصادی دانشکده علوم زمین دانشگاه صنعتی شاهرود نویسنده پایان نامه ریخت شناسی و شیمی کانه طلا در کانسار طلای پلاسی انگوران چای؛ ماه نشان؛ استان زنجان تحت راهنمایی جناب آقای دکتر مسعود علی پوراصل و خانم دکتر مریم شیبی متعهد می شوم.

- تحقیقات در این پایان نامه توسط اینجانب انجام شده است و از صحت و اصالت برخوردار است.
 - در استفاده از نتایج پژوهش های محققان دیگر به مرجع مورد استفاده استناد شده است.
 - مطالب مندرج در پایان نامه تاکنون توسط خود یا فرد دیگری برای دریافت هیچ نوع مدرک یا امتیازی در هیچ جا ارائه نشده است.
 - کلیه حقوق معنوی این اثر متعلق به دانشگاه شاهرود می باشد و مقالات مستخرج با نام «دانشگاه صنعتی شاهرود» و یا «Shahrood University of Technology» به چاپ خواهد رسید.
 - حقوق معنوی تمام افرادی که در به دست آمدن نتایج اصلی پایان نامه تأثیرگذار بوده اند در مقالات مستخرج از پایان نامه رعایت می گردد.
 - در کلیه مراحل انجام این پایان نامه، در مواردی که از موجود زنده (یا بافت های آنها) استفاده شده است ضوابط و اصول اخلاقی رعایت شده است.
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه، در مواردی که به حوزه اطلاعات شخصی افراد دسترسی یافته یا استفاده شده است اصل رازداری، ضوابط و اصول اخلاق انسانی رعایت شده است.

تاریخ:

امضای دانشجو

مالکیت نتایج و حق نشر

کلیه حقوق معنوی این اثر و محصولات آن (مقالات مستخرج، کتاب، برنامه های رایانه ای، نرم افزارها و تجهیزات ساخته شده است) متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می باشد. این مطلب باید به نحو مقتضی در تولیدات علمی مربوطه ذکر شود. استفاده از اطلاعات و نتایج موجود در پایان نامه بدون ذکر مرجع مجاز نمی باشد.

چکیده

کانسار طلای پلاسری انگوران چای با وسعت حدود ۰/۳۶ کیلومتر مربع، در استان زنجان، ۱۰ کیلومتری جنوب شرق ماهنشان، و در محل اتصال رود انگوران چای با رودخانه قزل اوزن واقع شده است. این نهشته معدنی در بخش شمالی پهنه سنج- سیرجان قرار می گیرد، که از مهم ترین ایالت های فلز زایی طلا دار در ایران محسوب می شود. واحدهای سنگی بالادست آبرفت های انگوران چای شامل مجموعه های سنگی پرکامبرین پسین با سنگ شناسی گنیس، آمفیبولیت، میکاشیست، مرمر و گرانیت، سازند قرمز پایینی به سن الیگوسن با ترکیب کنگلومرا و ماسه سنگ ضخیم لایه، توالی رسوبی- آذر آواری الیگو- میوسن با ترکیب سنگ آهک، مارن، آهک کنگلومرائی، توف و گدازه های ریولیتی و آندزیتی است. هوازدگی و فرسایش باعث آزاد سازی طلا و دیگر کانی های سنگین از سنگ های منشاء در نواحی بالادست، و تمرکز آنها در پلاسر انگوران چای شده است. بر پایه مطالعات ژئوشیمیایی توجیهی مقدار غلظت طلا در جزء مش کوچکتر از ۸۰ مش رسوبات بیشتر از دیگر جزء مش ها است. مقادیر متوسط و بیشینه غلظت طلا در جزء کوچکتر از ۸۰ مش آبرفت به ترتیب ۱۹۰ و ۳۵۷۰ میلی گرم در تن است که نسبت به فراوانی پوسته ای طلا (در حدود ۳ میلی گرم در تن)، ۶۳ و ۱۱۹۰ مرتبه غنی شدگی دارد. طلا مهم ترین کانه اقتصادی در این پلاسر است، که با کانی های سنگینی از قبیل مگنتیت، ایلمنیت، هماتیت، اولیژیست، اسپینل، گارنت، پیروکسن، آمفیبول، اپیدوت، کلریت، بیوتیت، آپاتیت، زیرکن، روتیل، آنتاز، اسفن، لوکوکسن، پیریت، گالن، اسفالریت، سروسیت، اسمیت زونیت، سرب خالص، کالکوپیریت، مالاکیت، کروندوم، سینابر، باریت، فلوریت، شیثلیت، ری آلگار، اورپیمنت، و استیبینیت همراهی می شود. مقادیر کمینه، متوسط، و بیشینه عیار طلای آزاد به ترتیب ۴۷، ۲۷۴، و ۹۹۱ میلی گرم در تن است. میانگین طول و عرض ذرات طلا بر اساس مشاهدات میکروسکوپی به ترتیب ۳۹۳ و

۲۳۹ میکرون، و بر اساس روش SEM ۳۳۱ و ۱۹۰ میکرون است. مطالعه ریخت‌شناسی ۲۶۰ ذره‌ی طلا نشان می‌دهد که ذرات طلا دارای اشکال لامپی (۱۹۰ ذره)، پلیتی (۵۰ ذره)، میله‌ای (۱۰ ذره)، صفحه‌ای- فیبری (۵ ذره)، و فیلمی (۵ ذره) هستند. ذرات طلای آزاد از انواع گرد شده (۶۰ درصد ذرات)، نیمه‌گرد شده (۲۵ درصد ذرات)، نیمه‌زاویه‌دار (۱۰ درصد ذرات)، و خوب گرد شده (۵ درصد ذرات) هستند، که نشان می‌دهد که سنگ‌های منشاء طلا در فاصله‌های متفاوت از پلاسرا انگوران‌چای قرار دارند. مطالعه شیمی ذرات طلا با روش میکروپروپ الکترونی نشان می‌دهد که عناصر طلا، نقره و مس بخش عمده ترکیب ذرات طلا را تشکیل می‌دهد. مقادیر متوسط طلا در حاشیه و هسته ذرات طلا به ترتیب ۹۱/۹۳ و ۸۸/۷۹ درصد، نقره به ترتیب ۲/۳۱ و ۵/۷۴ درصد، و مس به ترتیب ۰/۰۱ و ۰/۰۳ درصد است. مقدار غلظت طلا در حاشیه ذرات بیشتر از هسته آنها است که حکایت از انحلال نقره در طول فرسایش و هوازدگی ذرات طلا می‌باشد. شاخص درجه خلوص (Fineness) دانه‌های طلا از ۹۰۰ تا ۱۰۰۰ تغییر می‌کنند و بیانگر خلوص بالای ذرات طلا است. مقایسه شیمی ذرات طلای پلاسرا انگوران‌چای با آنهایی از کانسارهای مختلف طلا، مشابهت و قرابت آنها را با کانسارهای طلای اپی‌ترمال نشان می‌دهد. میزان ذخیره طلای آزاد (ذرات طلا با ابعاد بزرگتر از ۶۰ میکرون) پلاسرا انگوران‌چای تا عمق ۵ متری ۱۲۳۳ کیلوگرم برآورد می‌شود.

کلید واژه: پلاسرا، ذرات طلا، ریخت‌شناسی، ترکیب، کانسارهای طلای اپی‌ترمال، انگوران‌چای، زنجان.

فهرست مطالب

و	فهرست جداول
ح	فهرست نمودارها
ط	فهرست اشکال
۱	فصل ۱: کلیات
۲-۱-۱	مقدمه.....
۳-۱-۲	موقعیت جغرافیایی و راه‌های دسترسی به منطقه.....
۴-۱-۳	وضعیت آب و هوایی و پوشش گیاهی منطقه مورد مطالعه.....
۵-۱-۴	زمین ریخت‌شناسی.....
۸-۱-۵	مطالعات و کارهای انجام شده قبلی.....
۱۲-۱-۶	طرح مسئله و هدف از مطالعه.....
۱۴-۱-۷	ضرورت انجام تحقیق.....
۱۴-۱-۸	روش مطالعات.....
۱۵-۱-۹	کانسارهای طلا در منطقه تکاب - ماه‌نشان.....
۱۵-۱-۹-۱	کانسار طلای زرشوران.....
۱۵-۱-۹-۲	کانسار طلای آق‌دره.....
۱۶-۱-۹-۳	کانسار طلا (مس) توزلار.....
۱۷-۱-۹-۴	کانسار سرب و روی آی‌قلعه‌سی.....
۱۷-۱-۹-۵	کانسار چندفلزی بایچه باغ.....

۱۸.....	۶-۹-۱- کانسار طلای عربشاه.....
۲۱	فصل ۲: زمین شناسی
۲۲.....	۱-۲- مقدمه.....
۲۳.....	۲-۲- زمین شناسی ناحیه‌ای پهنه‌ی سنندج - سیرجان.....
۲۴.....	۱-۲-۲- تکامل تکتونیکی پهنه‌ی سنندج - سیرجان.....
۲۷.....	۲-۲-۲- لیتولوژی پهنه‌ی سنندج - سیرجان.....
۳۰.....	۳-۲-۲- پهنه‌ی‌های ساختاری غالب سنندج - سیرجان.....
۳۱.....	۴-۲-۲- متالورژی طلا در پهنه‌ی سنندج - سیرجان.....
۳۴.....	۳-۲- چینه‌شناسی ناحیه‌ای.....
۳۸.....	۴-۲- زمین شناسی ساختمانی.....
۴۰.....	۵-۲- زمین شناسی اقتصادی.....
۴۱.....	۶-۲- زمین شناسی و چینه‌شناسی منطقه‌ی کانسار طلای انگوران‌چای.....
۴۳.....	۱-۶-۲- پرکامبرین پسین.....
۴۴.....	۲-۶-۲- الیگوسن (Or).....
۴۴.....	۳-۶-۲- الیگو-میوسن (OM).....
۴۴.....	۴-۶-۲- میوسن (M).....
۴۵.....	۵-۶-۲- پلیوکواترنری.....
۴۷	فصل ۳: نمونه‌برداری، آماده‌سازی و تجزیه نمونه‌ها
۴۸.....	۱-۳- مقدمه.....
۴۸.....	۲-۳- مهاجرت عناصر و کانی‌ها توسط جریانات سطحی.....

۳-۳- طرحی شبکه نمونه برداری.....	۵۰
۳-۴- نمونه برداری ژئوشیمیایی و کانی سنگین.....	۵۲
۳-۴-۱- برداشت نمونه های ژئوشیمی سیلت.....	۵۲
۳-۴-۲- برداشت نمونه های کانی سنگین.....	۵۵
۳-۵- آماده سازی نمونه های ژئوشیمی سیلت و کانی سنگین.....	۵۶
۳-۵-۱- آماده سازی نمونه های ژئوشیمی سیلت.....	۵۶
۳-۵-۲- آماده سازی نمونه های کانی سنگین.....	۵۸
۳-۶- تجزیه و مطالعه نمونه های ژئوشیمی سیلت و کانی سنگین.....	۶۱
۳-۶-۱- تجزیه نمونه های ژئوشیمی رسوبات آبراهه ای.....	۶۱
۳-۶-۲- مطالعه نمونه های کانی سنگین.....	۶۲
۳-۶-۳- تجزیه شیمیایی ذرات طلای آزاد.....	۶۳
فصل ۴: اکتشافات ژئوشیمیایی در پلاسرا انگوران چای	۶۵
۴-۱- مقدمه.....	۶۶
۴-۲- مطالعه ژئوشیمی توجیهی.....	۶۷
۴-۳- داده های ژئوشیمیایی سیلت آبرفتی.....	۷۰
۴-۴- تحلیل آماری تک متغیره داده های ژئوشیمیایی.....	۷۱
۴-۴-۱- محاسبه پارامترهای آماری.....	۷۱
۴-۴-۲- رسم نمودارهای هیستوگرام فراوانی.....	۷۵
۴-۴-۳- نقشه توزیع ژئوشیمیایی طلا.....	۷۶
۴-۵- محاسبه ضرایب همبستگی ژئوشیمیایی عناصر.....	۷۸

۴-۶- تحلیل خوشه‌ای داده‌های ژئوشیمیایی.....	۸۰
فصل ۵: اکتشاف کانی‌های سنگین	۸۳
۵-۱- مقدمه.....	۸۴
۵-۲- کانی‌های سنگین.....	۸۴
۵-۳- نتایج مطالعات کانی‌های سنگین در پلاسرا انگوران چای.....	۸۵
۵-۴- تفسیر داده‌های کانی‌های سنگین.....	۸۶
۵-۴-۱- مگنتیت (Fe_3O_4).....	۸۷
۵-۴-۲- ایلمنیت (FeTiO_3).....	۸۹
۵-۴-۳- زیرکن (ZrSiO_4).....	۹۱
۵-۴-۴- شیئلیت (CaWO_4).....	۹۳
۵-۴-۵- گارنت.....	۹۵
۵-۴-۶- روتیل (TiO_2).....	۹۷
۵-۵- کانه طلا.....	۹۹
۵-۵-۱- ژئوشیمی طلا.....	۹۹
۵-۵-۲- زمین‌شناسی کانسارهای طلا.....	۹۹
۵-۵-۳- کاربردهای طلا.....	۱۰۳
۵-۵-۴- کانه طلا در پلاسرا انگوران چای.....	۱۰۳
فصل ۶: شیمی کانه‌ی طلا	۱۲۳
۶-۱- مقدمه.....	۱۲۴
۶-۲- آماده‌سازی نمونه‌های کانی سنگین برای جداسازی ذرات طلای آزاد.....	۱۲۴

۳-۶- تهیه مقاطع صیقلی از ذرات طلا.....	۱۲۵
۴-۶- تعیین ابعاد و شکل ذرات طلا با استفاده از میکروسکوپ الکترونی روبشی.....	۱۲۶
۵-۶- شیمی کانه‌ی طلا در پلاسما انگوران چای.....	۱۲۹
۶-۶- مطالعه درجه خلوص ذرات طلا.....	۱۳۳
فصل ۷ : بحث، نتیجه‌گیری و پیشنهادها	۱۳۷
۱-۷- بحث.....	۱۳۸
۱-۱-۷- وابستگی عیار به اندازه ذرات رسوب.....	۱۳۸
۲-۱-۷- ارزیابی پتانسیل معدنی پلاسما انگوران چای بر اساس داده‌های ژئوشیمی سیلت آبرفتی.....	۱۳۹
۳-۱-۷- ارزیابی پتانسیل معدنی پلاسما انگوران چای بر اساس داده‌های کانی‌های سنگین.....	۱۴۰
۴-۱-۷- ابعاد ذرات طلا.....	۱۴۱
۵-۱-۷- شکل و میزان گردش‌دگی ذرات طلا.....	۱۴۱
۶-۱-۷- تعیین لیتولوژی سنگ‌های بالادست بر اساس پاراژنز کانیایی.....	۱۴۲
۷-۱-۷- شیمی کانه‌ی طلا.....	۱۴۳
۲-۷- نتیجه‌گیری.....	۱۴۴
۳-۷- پیشنهادها.....	۱۴۵
پیوست	۱۴۹
منابع	۱۶۵
منابع داخلی.....	۱۶۵
منابع خارجی.....	۱۶۷

فهرست جداول

جدول ۴-۱.	مقدار غلظت طلا (میلی گرم در تن) در جزئی مش‌های مختلف رسوبات آبرفتی در پلاسرا انگوران‌چای.	۶۸
جدول ۴-۲.	مقادیر غلظت طلا (میلی گرم در تن) و دیگر عناصر (گرم در تن) در نمونه‌های ژئوشیمی سیلت آبرفتی پلاسرا انگوران‌چای.	۷۲
جدول ۴-۳.	پارامترهای آماری عناصر در آبرفت‌های پلاسرا انگوران‌چای (غلظت طلا بر حسب ppb و بقیه‌ی عناصر بر حسب ppm).	۷۳
جدول ۴-۴.	ماتریس ضریب همبستگی عناصر به روش پیرسن (سطح اعتماد ۹۹ درصد) بر پایه‌ی لگاریتم داده‌های ژئوشیمی سیلت آبرفتی در پلاسرا انگوران‌چای.	۸۰
جدول ۵-۵.	پارامترهای آماری برخی از کانی‌های سنگین با ارزش در پلاسرا انگوران‌چای بر پایه داده‌های کانی سنگین.	۸۷
جدول ۵-۶.	ویژگی‌های زمین‌شناسی و اکتشافی تیپ‌های مختلف کانسارهای طلا (نشریه شماره ۷۵۱ برنامه تهیه‌ی ضوابط و معیارهای معدن، ۱۳۹۶).	۱۰۱
جدول ۵-۷.	ریخت‌شناسی، ابعاد (طول (L)، عرض (W)، و ضخامت (T)، و کرویت ۲۶۰ ذره طلا از بخش کنسانتره نمونه‌های آبرفتی پلاسرا انگوران‌چای براساس مشاهدات میکروسکوپی.	۱۰۴
جدول ۵-۸.	تعیین ابعاد (طول و عرض) ۱۸ ذره طلا از بخش کنسانتره نمونه‌های آبرفتی پلاسرا انگوران‌چای بر اساس مطالعات میکروسکوپ الکترونی (SEM).	۱۱۰
جدول ۵-۹.	مقادیر گرم بر تن طلای آزاد در نمونه‌های آبرفتی پلاسرا انگوران‌چای.	۱۱۶
جدول ۵-۱۰.	پارامترهای آماری عیار کانه طلا در پلاسرا انگوران‌چای بر اساس نتایج نمونه‌های کانی سنگین.	۱۱۸
جدول ۶-۱۱.	نتایج تجزیه نقطه‌ای برای ۲۸ ذره طلای در پلاسرا انگوران‌چای با استفاده از روش میکروپروب الکترونی (غلظت عناصر بر حسب درصد وزنی).	۱۳۱
جدول ۶-۱۲.	مقادیر کمینه، متوسط و بیشینه عناصر طلا، نقره و مس (درصد وزنی) در حاشیه و مرکز ذرات طلا مطالعه شده در پلاسرا انگوران‌چای.	۱۳۲
جدول ۶-۱۳.	مقایسه‌ی ترکیب شیمیایی ذرات طلای پلاسرا انگوران‌چای با ترکیب ذرات طلا از کانسارهای طلای اپی ترمال و پورفیری (Townley et al., ۲۰۰۳) و کانسارهای طلای تیپ کوهزایی از ناحیه اورال جنوبی (Zaykov et al., ۲۰۱۷).	۱۳۵

جدول ۷-۱۴. مقایسه میانگین عناصر در پلاسرا انگوران چای با فراوانی پوسته‌ای آنها (طلا بر
حسب میلی گرم در تن و بقیه عناصر گرم در تن). ۱۴۰

فهرست نمودارها

- نمودار ۴-۱. نمودارهای ستونی تغییرات مقدار غلظت طلا در جزء مش‌های مختلف رسوبات آبرفتی پلاسرا انگوران‌چای: الف) نمونه A-S-۰۱، ب) A-S-۱۲، و پ) نمونه A-S-۲۵ ۷۰
- نمودار ۴-۲. نمودارهای هیستوگرام فراوانی غلظت عناصر در پلاسرا انگوران‌چای (طلا بر حسب میلی‌گرم در تن و سایر عناصر گرم در تن). الف) طلا، ب) تیتانیوم، پ) آهن، ت) قلع، ث) جیوه، و ج) تنگستن ۷۶
- نمودار ۴-۳. نمودار تحلیل خوشه‌ای داده‌های ژئوشیمیایی رسوبات آبرفتی پلاسرا انگوران‌چای. ۸۲
- نمودار ۵-۴. نمودار هیستوگرام فراوانی مگنتیت (گرم در تن) بر پایه داده‌های خام کانی سنگین در پلاسرا انگوران‌چای. ۸۸
- نمودار ۵-۵. نمودار هیستوگرام فراوانی ایلمنیت (گرم در تن) بر پایه داده‌های خام کانی سنگین در پلاسرا انگوران‌چای. ۹۰
- نمودار ۵-۶. نمودار هیستوگرام فراوانی زیرکن (گرم در تن) بر پایه داده‌های خام کانی سنگین در پلاسرا انگوران‌چای. ۹۲
- نمودار ۵-۷. نمودار هیستوگرام فراوانی شیئلیت (گرم در تن) بر پایه داده‌های خام کانی سنگین در پلاسرا انگوران‌چای. ۹۴
- نمودار ۵-۸. نمودار هیستوگرام فراوانی کانی گارنت (گرم در تن) بر پایه داده‌های خام کانی سنگین در پلاسرا انگوران‌چای. ۹۶
- نمودار ۵-۹. نمودار هیستوگرام فراوانی کانی روتیل (گرم در تن) بر پایه داده‌های خام کانی سنگین در پلاسرا انگوران‌چای. ۹۸
- نمودار ۵-۱۰. نمودار فراوانی شکل ذرات طلا در پلاسرا انگوران‌چای. ۱۰۸
- نمودار ۵-۱۱. نمودار درصد فراوانی ذرات طلا بر اساس طول آنها. ۱۱۱
- نمودار ۵-۱۲. نمودار درصد فراوانی ذرات طلا از نظر میزان گردش‌دگی در پلاسرا انگوران‌چای. ۱۱۲
- نمودار ۵-۱۳. شاخص صاف‌شدگی در ۲۶۰ ذره طلای از آبرفت‌های انگوران‌چای که ۷۹ درصد ذرات دارای مقدار صاف‌شدگی در دامنه ۱/۶ تا ۲/۵ هستند. ۱۱۵
- نمودار ۵-۱۴. هیستوگرام فراوانی توزیع عیار کانه طلا در پلاسرا انگوران‌چای بر پایه نتایج نمونه‌های کانی سنگین. ۱۱۹
- نمودار ۶-۱۵. نمودار ستونی توزیع طلا، نقره و مس (%). در مرکز و حاشیه ذرات طلای پلاسرا انگوران‌چای ۱۳۳

فهرست اشکال

- شکل ۱-۱. نقشه موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه: الف) موقعیت منطقه در شمال غرب ایران، و ب) نقشه‌ی راه‌های دسترسی به محدوده پلاسرا انگوران چای (برگرفته از نقشه راه‌های کشور، ۱۳۹۴)..... ۳
- شکل ۱-۲. زیر پهنه‌های موجود در منطقه از شمال شرق به جنوب غرب..... ۵
- شکل ۱-۳. محل اتصال دره انگوران چای با رودخانه قزل‌اوزن و رسوبات آبرفتی عهد حاضر محدوده پلاسرا انگوران چای..... ۶
- شکل ۱-۴. اشکال زمین‌ریختی خاص که در اثر فرسایش و هوازدگی در ماسه‌سنگ‌ها و کنگلومراهای سفت نشده پلیوسن بوجود آمده‌اند..... ۷
- شکل ۱-۵. موقعیت کانسارهای طلا در منطقه تکاب - ماه‌نشان..... ۱۹
- شکل ۲-۶. نقشه زمین‌ساختی ایران و جایگاه کانسار طلای انگوران چای در پهنه‌ی دگرگونی سنندج - سیرجان..... ۲۳
- شکل ۲-۷. تصویر شماتیک از تکامل ژئودینامیکی از همگرایی بین عربستان و ایران (اوراسیا) (after Agard et al., ۲۰۰۵)..... ۲۶
- شکل ۲-۸. نقشه طرح تکتونیکی غرب ایران که نشان‌دهنده‌ی مکان و توزیع پنج زیر پهنه‌ی سنندج - سیرجان و روابط آنها با ویژگی‌های مهم ساختاری، واحدهای ملانژ افیولیتی و کمر بند ماگمایی ارومیه - دختر (Mohajjel et al., ۲۰۰۳)..... ۲۸
- شکل ۲-۹. واحدهای اصلی تکتونیکی ایران نشان‌دهنده مکان و توزیع انواع مختلف کانسارهای طلا در شمال و جنوب پهنه‌ی سنندج - سیرجان..... ۳۴
- شکل ۲-۱۰. نقشه زمین‌شناسی ساده منطقه تکاب و گسل چهار طاق (باباخانی و قلمقاش، ۱۳۸۴)..... ۴۰
- شکل ۲-۱۱. نقشه زمین‌شناسی حوضه آبریز کانسار طلای پلاسرا انگوران چای برگرفته از نقشه زمین‌شناسی ۱/۲۵۰۰۰۰ تکاب (Alavi and Amidi, ۱۹۷۶)..... ۴۲
- شکل ۳-۱۲. رسوبات آبرفتی محدوده‌ی پلاسرا طلای انگوران چای (دید به سمت شمال خاور)..... ۵۰
- شکل ۳-۱۳. موقعیت مکانی ۳۰ حلقه چاهک اکتشافی در محدوده‌ی پلاسرا انگوران چای..... ۵۱
- شکل ۳-۱۴. حفر چاهک‌های اکتشافی به طریقه‌ی سنتی توسط مقنی‌های محلی..... ۵۲
- شکل ۳-۱۵. حفر سنتی چاهک‌های اکتشافی و ریختن رسوبات حاصل از حفر هر متر از چاهک به صورت کوبه‌های جدا در اطراف دهانه چاهک و شماره‌گذاری آنها از سطح به عمق چاهک..... ۵۳

- شکل ۳-۱۶. انتخاب نمونه ژئوشیمی رسوب معرف به وزن اولیه ۱۰ کیلوگرم به روش همگن کردن و تقسیم بخشی. ۵۴
- شکل ۳-۱۷. تجزیه سرنندی نمونه ژئوشیمی رسوب آبراهه‌ای با استفاده از الک‌های ۱۰، ۴۰، ۸۰ و ۱۲۰ مش. ۵۷
- شکل ۳-۱۸. آماده‌سازی نمونه‌های کانی سنگین. الف) شستشوی نمونه با لاوک بزرگ جهت حذف ذرات سبک و تغلیظ کانی‌های سنگین، ب) شستشوی نمونه با لاوک کوچک، پ) عبور دادن حجم انتخابی از بخش کنسانتره نمونه از مایع سنگین، و ت) جدایش مغناطیسی کنسانتره نمونه به بخش‌های فرو مغناطیس، پارامغناطیس و دیامغناطیس. ۶۰
- شکل ۴-۱۹. نقشه توزیع ژئوشیمیایی عنصر طلا در پلاسرا انگوران‌چای. ۷۷
- شکل ۵-۲۰. نقشه توزیع و انتشار مگنتیت در محدوده‌ی پلاسرا انگوران‌چای. ۸۸
- شکل ۵-۲۱. نقشه توزیع و انتشار ایلمنیت در محدوده‌ی پلاسرا انگوران‌چای. ۹۰
- شکل ۵-۲۲. نقشه توزیع و انتشار زیرکن در محدوده‌ی پلاسرا انگوران‌چای. ۹۲
- شکل ۵-۲۳. نقشه توزیع و انتشار شیئلیت در محدوده‌ی پلاسرا انگوران‌چای. ۹۴
- شکل ۵-۲۴. نقشه توزیع و انتشار کانی گارنت در محدوده‌ی پلاسرا انگوران‌چای. ۹۶
- شکل ۵-۲۵. نقشه توزیع و انتشار کانی روتیل در محدوده‌ی پلاسرا انگوران‌چای. ۹۸
- شکل ۵-۲۶. تصاویری از شکل‌های مختلف ذرات طلا در پلاسرا انگوران‌چای. ۱۰۹
- شکل ۵-۲۷. میزان گردش‌دگی ذرات طلا در پلاسرا انگوران‌چای. الف) خوب گرد شده، ب) و ج) نیمه گرد شده، د) گرد شده. ۱۱۳
- شکل ۵-۲۸. نقشه نمادین توزیع عیار کانه طلا در پلاسرا انگوران‌چای بر پایه میانگین عیار طلا در هر چاهک اکتشافی. ۱۲۰
- شکل ۵-۲۹. تغییرات عیار کانه طلا در برخی از چاهک‌های اکتشافی از سطح به عمق در پلاسرا انگوران‌چای. ۱۲۱
- شکل ۶-۳۰. ذرات طلای آزاد از پلاسرا انگوران‌چای که پس از انجام مراحل مختلف آماده‌سازی از نمونه‌های آبرفتی جدا شده، و برای تهیه مقاطع صیقلی استفاده شده است. ۱۲۵
- شکل ۶-۳۱. تصاویر SEM از انواع مختلف دانه‌های طلا در پلاسرا انگوران‌چای. ۱۲۷
- شکل ۶-۳۲. تصاویر SEM از انواع مختلف دانه‌های طلا در پلاسرا انگوران‌چای. ۱۲۸
- شکل ۶-۳۳. موقعیت نقاط میکروپروب الکترونی بر روی ذرات طلا از بخش تغلیظ یافته نمونه‌های آبرفتی انگوران‌چای. ۱۲۹

شکل ۶-۳۴. موقعیت نقاط میکروپروب الکترونی بر روی ذرات طلا از بخش تغلیظ یافته نمونه‌های
 آبرفتی انگوران‌چای. ۱۳۰

شکل ۶-۳۵. موقعیت نقاط میکروپروب الکترونی بر روی ذرات طلا از بخش تغلیظ یافته نمونه‌های
 آبرفتی انگوران‌چای. ۱۳۰

شکل ۶-۳۶. نمودار سه‌گانه $(\text{Cu} \times 100) - (\text{Ag} \times 10) - \text{Au}$ ، نمونه‌های طلای منطقه پلاسرا انگوران‌چای
 اغلب در محدوده کانسارهای طلای تیپ اپیترمال و تا حدودی پورفیری‌های غنی از طلا قرار
 می‌گیرد (Townley et al., ۲۰۰۳; Palacios et al., ۲۰۰۱). ۱۳۴

فصل ۱ : کلیات

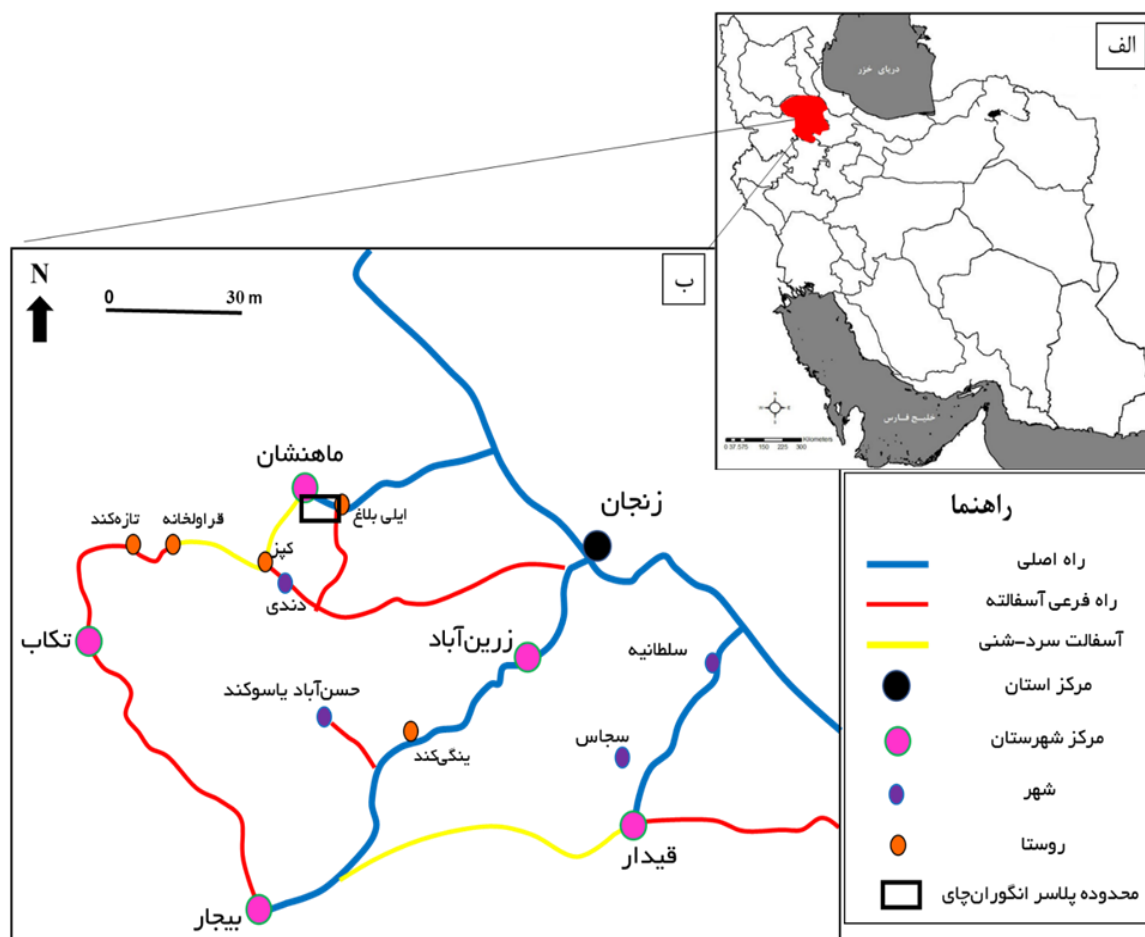
۱-۱- مقدمه

از مهم‌ترین زیرساخت‌های اقتصادی هر کشوری، می‌توان به منابع و ذخایر معدنی آن اشاره کرد. بهره‌برداری و استفاده اصولی از این منابع بدون داشتن دانش زمین‌شناسی اگر غیرممکن نباشد به سختی ممکن است. طلا از عناصر با ارزش و گرانبه‌ای موجود در جهان می‌باشد. از نظر زمین‌شناسی اقتصادی، تیپ‌های مختلف کانه‌زایی طلا در طبیعت شناخته شده است، که کانسارهای طلا در سنگ‌های سبز آرکئن، کنگلومرای طلادار، اپی-ترمال‌های کم سولفید و پرسولفید، تیپ کارلین، تیپ کوهزایی، پورفیری، اسکارن‌های طلادار، اکسیدهای آهن-مس-طلا (IOCG)، سولفیدهای توده‌ای غنی از طلا، سازندهای آهن نواری طلادار و پلاسرها را شامل می‌شوند. کانسارهای طلای پلاسری از پرکامبرین تا عهدحاضر تشکیل شده‌اند.

در این میان پلاسرها، آرکئن و پروتروزوئیک مهم‌ترین کانسارهای پلاسری طلا بوده و حدود ۵۵ درصد منابع معدنی طلای پلاسری دنیا را تشکیل می‌دهند (Robert *et al.*, ۱۹۹۷, Phillips *et al.*, ۲۰۱۵). اگرچه پلاسرها، طلادار در تولید جهانی طلا نقش دارند، ولی در حال حاضر در ایران معدن طلای پلاسری فعالی وجود ندارد. از کانسارها و اندیس‌های طلای پلاسری در ایران می‌توان آبرفت‌های طلادار زرشوران (تکاب)، آبرفت‌های طلادار رودخانه حاج‌علی‌اکبری آستانه (اراک)، آبرفت‌های طلادار کوه‌زر-باغو (دامغان)، آبرفت‌های طلادار زرین (اردکان)، آبرفت‌های طلادار زرمهر (تربت حیدریه)، پلاسر کلوچ-گلیوان (حاشیه رودخانه قزل‌اوزن، شمال شرق زنجان) و آبرفت‌های طلادار انگوران چای (ماه‌نشان) را نام برد (مقصودی و همکاران، ۱۳۸۳).

۲-۱- موقعیت جغرافیایی و راه‌های دسترسی به منطقه

کانسار طلای پلاسری انگوران چای با وسعت حدود ۲ کیلومتر مربع، در شمال غرب ایران، و در استان زنجان (شکل ۱-۱ الف)، ۱۰ کیلومتری جنوب شرق ماهنشان و در محل اتصال رود انگوران چای با رودخانه اصلی قزل اوزن واقع شده است. راه‌های دسترسی به منطقه مورد مطالعه از طریق جاده آسفalte زنجان به سمت ماهنشان و سپس مسیر کوتاهی در ۱۰ کیلومتری جنوب شرق ماهنشان امکان پذیر می‌باشد (شکل ۱-۱ ب).



شکل ۱-۱

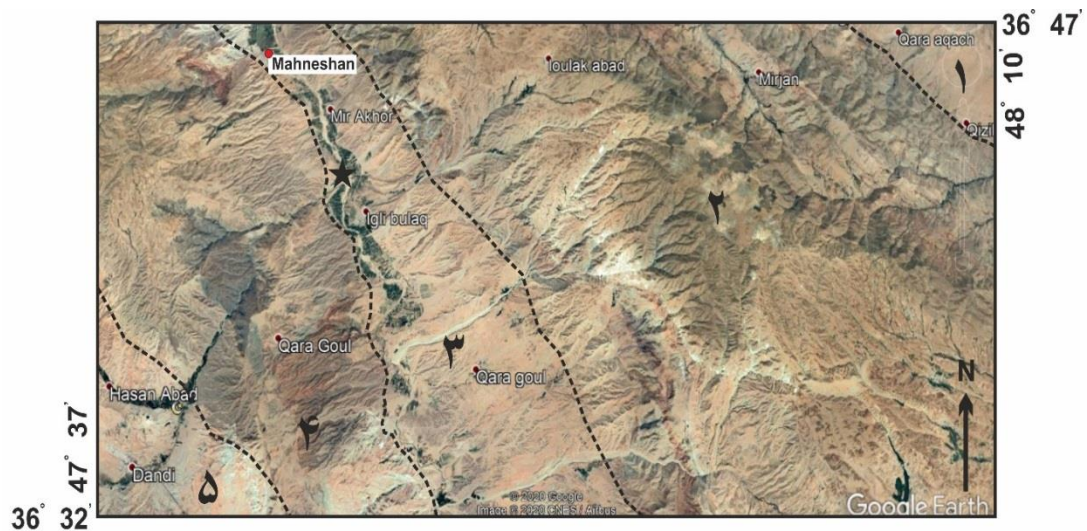
شکل ۱-۱. نقشه موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه: الف) موقعیت منطقه در شمال غرب ایران، و ب) نقشه راه‌های دسترسی به محدوده پلاسر انگوران چای (برگرفته از نقشه راه کشور، ۱۳۹۴).

۳-۱- وضعیت آب و هوایی و پوشش گیاهی منطقه مورد مطالعه

استان زنجان دارای آب و هوای کوهستانی، با زمستان‌های سرد و تابستان‌های معتدل است. میزان بارش سالیانه بطور متوسط ۳۴۰ میلی‌متر و میزان رطوبت در فصل گرم ۴۰ درصد و در فصل سرد ۶۰ درصد است. این منطقه هم دارای آب‌های سطحی و هم دارای آب‌های زیرزمینی است. آب‌های سطحی آن شامل رودهای فصلی و دائمی هستند، که از مهمترین آن‌ها می‌توان به سرشاخه‌های رودخانه قزل اوزن اشاره کرد که در این منطقه قرار دارند. از منابع آب‌های زیرزمینی آن می‌توان به چشمه‌ها، قنات‌ها و چاه‌ها اشاره کرد. شهرستان ماه‌نشان از آب و هوای نسبتاً سرد و خشک برخوردار است. بیشینه‌ی دمای این شهرستان در مرداد ماه ۴۰ درجه سانتی‌گراد و کمینه‌ی آن در بهمن ماه ۲۰- درجه سانتی‌گراد است. از نظر پوشش گیاهی در این منطقه جنگل طبیعی وجود ندارد ولی بدلیل داشتن چراگاه این منطقه برای دامداری مناسب است. بدلیل تنوع آب و هوایی جانوران گوناگونی در این منطقه وجود دارند. مردم منطقه به زبان ترکی گویش کرده و زبان رسمی آنان فارسی می‌باشد. دین آنان اسلام و مذهب رسمی آن‌ها شیعه می‌باشد. به دلیل نزدیکی به راه اصلی و ترانزیت شرق به غرب و استقرار کارخانجات متعدد صنعتی در این مسیر، برخی از اهالی این منطقه در کارخانجات صنعتی اطراف مشغول به کار می‌باشند. استان زنجان از نظر معدنی نیز بسیار مستعد است، و مواد معدنی فلزی و غیرفلزی از قبیل معادن سرب و روی (انگوران)، آهن، منگنز، مس، گچ، نمک، سنگ‌های تزئینی و ... در این استان وجود دارد که در رونق اقتصادی استان و ایجاد اشتغال پایدار بسیار حائز اهمیت هستند. از سویی با توجه آب و هوای مساعد منطقه و بارش نزولات آسمانی دامداری در این منطقه رایج و یکی از منابع اصلی درآمد ساکنین می‌باشد. وجود باغات در حاشیه رودخانه‌های فصلی از دیگر منابع درآمد این اهالی می‌باشد ولی عمده محصول کشاورزی اهالی کاشت گندم بصورت دیم می‌باشد.

۴-۱- زمین ریخت شناسی

منطقه ماهنشان دارای ساختاری از زیر پهنه‌های مختلف است که به پیروی از رشته کوه‌های البرز دارای جهت شمال غربی- جنوب شرقی هستند، که در دو طرف رودخانه قزل‌اوزن قرار گرفته‌اند و بین آن‌ها را دشتهایی پست فرا گرفته است (لطفی، ۱۳۸۰). این زیر پهنه‌ها از شمال شرق به جنوب غرب به ترتیب زیر هستند (شکل ۱-۲):



- ۱: اندآباد - مشمپا ۲: حبش - نصیرآباد ۳: دشت دوزکند - ماهنشان - ینگجه
- ۴: ابراهیم‌آباد - اینچه - آلمالو ۵: دشت دندی - انگوران ★: پلاسرا انگوران چای

شکل ۱-۲. زیر پهنه‌های موجود در منطقه از شمال شرق به جنوب غرب.

حوضه اندآباد- مشمپا: شامل ردیفی ضخیم از رسوبات تبخیری الیگوسن زیرین و طبقات متناوب قرمز و سبز نئوژن وابسته به محیط‌های کم عمق و تبخیری است که به صورت تپه ماهوری دیده می‌شوند.

رشته کوه‌های حبش- نصیرآباد (مغانلو- حبش): با امتداد طولی حدود ۵۲۵ کیلومتر و پهنای تا ۱۵ کیلومتر یک زیر پهنه طولی رورانده با ساختار فلسی است که بر اثر انباشتگی ورقه‌های رورانده با شیب راندگی به طرف شمال شرق به وجود آمده و در آن واحدهای سنگی پرکامبرین فانروزوئیک رخنمون دارند.

دشت دوزکند- ماهنشان- ینگجه: با طول تقریبی ۶۲ کیلومتر و پهنای ۵ تا ۱۲/۵ کیلومتر، دارای ویژگی دشت‌های بی‌آب و علف است و به‌طور مایل در جهت شمال‌غرب- جنوب‌شرق منطقه را فرا گرفته و توسط نهشته‌های سیلابی یا دریاچه‌ای محلی پوشیده شده است. شیب ملایم آن از دوزکند با ارتفاع ۱۶۰۰ متر شروع شده و تا ارتفاع ۱۲۰۰ متر در ینگجه واقع در شمال‌غرب ادامه می‌یابد. این دشت، به‌ویژه در پای کوهستان‌های شمال‌غربی، توسط ساختارهای دره مانند و ژرف بریده می‌شود که در راستای دشت مزبور امتداد می‌یابند. سرانجام به رودخانه قزل‌اوزن می‌پیوندند به همین دلیل، روستاها معمولاً متفرق و مجزا هستند و بیشتر در مرز کوهستان‌ها یا تپه‌ها متمرکزند. محدوده پلاسر انگوران‌چای در دشت دوزکند- ماهنشان- ینگجه و در محل اتصال دره انگوران‌چای با رودخانه قزل‌اوزن تشکیل شده است. رسوبات آبرفتی عهد حاضر محدوده پلاسر انگوران‌چای بوسیله کنگلومرا سفت نشده‌ی پلیوسن و تراس‌های رودخانه‌ای قدیم و جدید احاطه شده است (شکل ۱-۳).



شکل ۱-۳. محل اتصال دره انگوران‌چای با رودخانه قزل‌اوزن و رسوبات آبرفتی عهد حاضر محدوده پلاسر انگوران‌چای.

رشته کوه‌های ابراهیم آباد- اینچه- آمالو: این رشته کوه‌ها با حداکثر ارتفاع ۲۳۸۴ متر از سطح دریا، در بخش شمال غرب منحصر از واحدهای سنگی دگرگونه درجه بالا مربوط به پرکامبرین تشکیل شده، در صورتیکه در بخش جنوب شرق از نهشته‌های نئوژن پوشیده شده‌اند. فرآیند فرسایش و هوازدگی در ماسه‌سنگ‌ها و کنگلومراهای سفت نشده پلیوسن اشکال زمین‌ریختی خاصی را بوجود آورده است (شکل ۱-۴).



شکل ۱-۴. اشکال زمین‌ریختی خاص که در اثر فرسایش و هوازدگی در ماسه‌سنگ‌ها و کنگلومراهای سفت نشده پلیوسن بوجود آمده‌اند.

دشت دندی- انگوران: این دشت به وسیله نهشته‌های سیلابی و واریزه‌ای پوشیده و به وسیله شاخه‌هایی از رودهای حلب‌رود، کاکارود و انگوران‌چای بریده شده است. این شاخه‌های فرعی دره مانند ضمن جریان بطرف شمال، سرانجام به رودخانه اصلی قزل‌اوزن می‌پیوندند.

۵-۱- مطالعات و کارهای انجام شده قبلی

بررسی‌ها بر روی آبرفت‌های طلادار ایران بسیار اندک بوده، و بیشتر این مطالعات جنبه کاربردی داشته‌اند. لیکن در دنیا مطالعات پژوهشی بی‌شماری در ارتباط با پلاسره‌های طلادار صورت پذیرفته، که منجر به نتایج ارزشمندی شده است. در ادامه به توصیف مختصر پاره‌ای از این مطالعات در ایران و جهان پرداخته می‌شود:

الف) کارهای انجام یافته در ارتباط با آبرفت‌های طلادار ایران:

- اجاقی و مظفر زاده (۱۳۸۱)، طرح پی‌جویی و اکتشاف پلاسره‌های حاشیه رودخانه قزل‌اوزن (گلوچ-گیلوان) واقع در شمال‌شرق استان زنجان را اجرا نموده و آثار کانه طلا را در آبرفت‌های رودخانه قزل‌اوزن معرفی نموده‌اند، که مستندی بر وجود ذرات طلای آزاد در پلاسره‌های ناحیه می‌باشد.

- آزر (۱۳۶۶)، اکتشافات ژئوشیمی رسوب آبراهه‌ای و کانی سنگین در ناحیه زرین اردکان را انجام داده، و ۶ آنومالی طلا را در این ناحیه معرفی کرده است، که در این میان آنومالی‌های شماره ۱ و ۲ منطبق بر تراس‌های آبراهه کازه‌زرین کوچک می‌باشد. بر اساس این مطالعه مقدار بیشینه طلای آزاد در رسوبات آبرفتی با دانه‌بندی ۱۵- مش آنومالی‌های شماره یک و دو به ترتیب ۰/۵۵ و ۰/۱۰ گرم در تن اندازه‌گیری شده است. آنومالی ۵ بر آبرفت‌های دره خیارزار منطبق می‌باشد، و مقدار بیشینه طلا در رسوبات آبرفتی با دانه بندی ۱۵- مش این آنومالی ۰/۳۵ گرم در تن اندازه گیری شده است.

- شمس و کوثری (۱۳۷۰)، اکتشاف طلا در آبرفت‌های رودخانه حاجی علی‌اکبری در جنوب شهر شازند (حداصل شهرهای شازند و آستانه) را بررسی کردند. از ۴۷ نمونه کانی سنگین برداشت شده از آبرفت‌های این رودخانه، کانه طلا در ۱۴ نمونه گزارش شده است. میزان ذخیره احتمالی طلا در آبرفت‌های این رودخانه با عیار متوسط ۰/۱۲ گرم در تن، ۲۱۶ کیلوگرم گزارش شده است.

- علی پوراصل و همکاران (۱۳۸۱)، اکتشافات سیستماتیک ژئوشیمیایی در ورقه ۱/۱۰۰۰۰۰ ماه نشان را انجام دادند، و طلای انگوران چای برای اولین بار در آبرفت‌های انگوران چای و بر اساس مطالعه نمونه‌های کانی سنگین شناسایی و معرفی گردید.

- ماروسی و همکاران (۱۳۹۷)، اثر توزیع اندازه ذرات بر ژئوشیمی غلظت عناصر بویژه طلا در آبرفت‌های طلا دار کوه زر دامغان را مطالعه کرده‌اند. در این مطالعه، نمونه‌های رسوب آبرفتی به ۶ بخش (۰/۴۲۵-۲، ۰/۱۸۰-۰/۴۲۵، ۰/۱۲۵-۱۸۰/۰، ۰/۰-۱۲۵/۰۶۳، ۰/۰۶۳-۰/۱۵۰ میلی‌متر <) سرند شد. مطالعه توزیع اندازه ذرات نشان داد که ذرات با اندازه‌های ۰/۴۲۵ تا ۲ و ۰/۱۲۵ تا ۰/۱۸۰ میلی‌متر به ترتیب بیشترین و کمترین درصد وزنی رسوبات آبراهه‌ای کوه زر را تشکیل می‌دهند. بررسی داده‌های ژئوشیمیایی نیز اثبات نمود که عنصر Au و عناصر همراه (Ag, As, Cu, Pb, Sb, Mo, S) غنی‌شدگی قابل‌ملاحظه‌ای در جزء مش ۰/۴۲۵ تا ۰/۰۶۳ میلی‌متر رسوبات آبرفتی دارند. در نمونه‌های کانی سنگین این پژوهش، تعداد ذرات طلا از ۳ تا ۱۱۲ ذره متغیر بوده است. اندازه ذرات طلای آزاد در رسوبات آبراهه‌ای کوه زر از حدود ۰/۰۸۲ تا ۱ میلی‌متر تغییر می‌کند، که در این میان ذرات با اندازه‌های ۰/۰۸۲ تا ۰/۱۷۷ میلی‌متر غالب هستند. ذرات طلای مشاهده شده در محدوده کوه زر از نظر گرد-شدگی زاویه‌دار (Angular)، نیمه‌زاویه‌دار (Sub-angular)، نیمه‌گرد شده (Sub-rounded)، و خوب گرد شده (Well-rounded) و به لحاظ کرویت منشوری (Prismoidal)، نیمه‌منشوری (Sub-prismoidal)، صفحه‌ای (Discoidal)، و نیمه‌صفحه‌ای (Sub-Discoidal) هستند. با وجود این، غالب ذرات طلای پلاسز کوه زر زاویه‌دار، نیمه‌زاویه‌دار و از نظر کرویت منشوری تا نیمه‌منشوری است.

- مقصودی و همکاران (۱۳۸۳)، گزارش کرده‌اند که در پلاسره‌های ناحیه کوه زر- باغو بیش از ۷۰ چاه اکتشافی با شبکه ۵×۴۰ متر مربع تا عمق ۲۰ متری حفر شده است. از دیواره چاهک‌ها به طور سیستماتیک تعداد ۶۰۰ نمونه ژئوشیمی و ۱۱۴ نمونه کانی سنگین برداشت شده است. بر اساس تجزیه نمونه‌های ژئوشیمیایی عیار طلا از حدود ۰/۱ تا ۹ گرم در تن متغیر بوده است. مطالعه نمونه‌های کانی سنگین نیز عیار طلا را از

۰/۰۰۴ گرم در تن تا بیش از ۲۷ گرم در تن نشان می دهد. مقدار ذخیره طلا در پلاسره‌های ناحیه از سطح تا عمق ۲۰ متری ۱۷۸۶ کیلوگرم محاسبه شده است، که بیشترین مقدار ذخیره در عمق ۴ تا ۸ متری (۶۷۰ کیلوگرم) و کمترین ذخیره در عمق ۱۶ تا ۲۰ متری (۱۱۴ کیلوگرم) می باشد.

ب) برخی از کارهای انجام یافته در ارتباط با آبرفت‌های طلا دار جهان:

- اسوتلیتس کایا و همکاران (Svetlitskaya et al., ۲۰۱۸)، ویژگی‌های ژئوشیمیایی ذرات طلا در کانسار پلاسر پلاتین-طلا ایناگلی (Inagli) در جمهوری ساخا (Sakha) روسیه را مطالعه کرده‌اند. ذرات طلا در این پلاسر ترکیب ناهمگن داشته، و سه تیپ طلا با ویژگی ژئوشیمیایی متفاوت شناسایی شده است. ذرات طلای تیپ ۱ از فراوانی بالایی برخوردار هستند و دارای ۴-۳۴ درصد وزنی نقره، مقدار مس پایین (تا ۰/۰۸ درصد وزنی)، و مقادیر ناچیزی جیوه، پلاتین و پالادیم، و میانبارهایی از سولفوسالت‌های نقره و تلور (ترکیبات Ag-Cu-Te-S-As) هستند. میانبارهای سیلیکاتی در این تیپ ذرات طلا شامل بیوتیت، پتاسیم فلدسپار، پلاژیوکلاز، پیروکسن، آمفیبول، کلریت، زیرکن و اسفن می باشد. ویژگی‌های این نوع از ذرات طلا بسیار مشابه ذرات طلایی هستند که از کانسنگ‌های طلای اپی ترمال سولفید پایین مرتبط با کانسارهای IOCG و یا اسکارن‌های آهن مشتق می شوند. سنگ بستر این نوع ذرات طلا در کراتون ایناگلی به احتمال توده‌های نفوذی مونزونیتی و سینیت هستند. ذرات طلای تیپ ۲ دارای دامنه وسیع و ناپیوسته‌ای از نقره (۵ تا ۸ درصد وزنی)، مقدار جیوه بالا (۰/۵ تا ۱ درصد وزنی)، مقادیر ناچیزی مس، پالادیم و پلاتین، و میانبارهایی کمی از ترکیبات مس-سرب و پتاسیم فلدسپار است. ویژگی‌های میکروشیمیایی ذرات طلای تیپ‌های ۲ و ۳ ارتباط آنها را با سیالات مرتبط با ماگماهای آکالن نشان می دهد. بر پایه شواهد مرفولوژی و میکروشیمیایی، سنگ منشاء این دو تیپ ذرات طلا در ناحیه ایناگلی می تواند رگه‌های آکالن بی شمار و مناطق دگرسانی پتاسیک درون هسته‌های دونیتی باشد. بنابراین مرفولوژی و شیمی ذرات طلا اطلاعات با ارزشی را برای درک چگونگی زایش طلا در کمپلکس‌های اولترامافیک آکالن نوع اورال-آلاسکا در سپر آلدان (Aldan shield) فراهم می سازد.

- مل‌شیوره و هندرسون (Melchiorre and Henderson, ۲۰۱۹)، اثر شیب توپوگرافی و فاصله از کانسنگ منشاء را بر روی شیمی و شکل ذرات طلا در کرانه شرقی رودخانه سان‌گابریل کالیفرنیا (آمریکا) را مطالعه کردند. شیب توپوگرافی زیاد، ذرات طلای گرد شده و سه بعدی، غنی از نقره، مقدار پایین طلا در حواشی ذرات، و با میانبارهای فراوانی از کانی‌های شکننده و واکنش‌پذیر ایجاد می‌نماید، در حالیکه شیب توپوگرافی کم، ذرات طلای پهن، فقیر از نقره، مقدار بالای طلا در حواشی ذرات، و با میانبار کم تولید می‌نماید. علاوه بر این، نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که ذرات طلای پلاسری تا فاصله بیش از ۸ کیلومتری از کانسنگ‌های منشاء قابل ردیابی است.

- مولز و چاپمن (Moles and Chapman, ۲۰۱۹)، معتقد هستند که در اکتشاف ناحیه‌ای فلزات کمیاب و گرانبها در نواحی با ویژگی زمین‌شناسی پیچیده (مانند نواحی پوشیده از رسوبات یخچالی)، تجزیه ژئوشیمیایی جزء کمتر از $150 \mu\text{m}$ سبب از دست رفتن آنومالی‌های ژئوشیمیایی عناصر ارزشمند می‌گردد. از اینرو، این پژوهشگران ترکیبی از تکنیک‌های ژئوشیمی رسوب آبراهه‌ای و کانی سنگین را برای بررسی فلززائی ناحیه‌ای در نواحی پوشیده از رسوبات یخچالی جنوب‌شرق ایرلند استفاده کردند. در این مطالعه تعداد ۲۱۶۰ ذره طلای آزاد از ۴۰ ایستگاه به روش ریزکوالکترونی (EPMA) تجزیه گردید. نتایج بررسی‌ها نشان داد که ذرات طلا در رسوبات یخچالی این ناحیه از مناطقی با ویژگی زمین‌شناسی و کانه‌زائی متفاوت منشاء گرفته‌اند.

ذرات طلای موجود در جنوب ناحیه (Wexford) از کانه‌زائی استراتی‌باند Au-AS-Fe-S، در حالیکه ذرات طلای موجود در شمال ناحیه (Wicklow) از معادن طلای پلاسری قدیمی (Goldmines River Placers) منشاء گرفته‌اند. ذرات طلای ناشی از معادن طلای پلاسری قدیمی همیافتی ژئوشیمیایی مشخصی از عناصر Pb-Bi-As نشان می‌دهند. نتایج این پژوهش ثابت نمود که ترکیبی از ژئوشیمی رسوبات آبراهه‌ای، مطالعه کانی‌های سنگین، و شیمی ذرات طلا می‌تواند اطلاعات با ارزشی را در باره موقعیت و ماهیت کانه‌زائی طلا و متالورژی ناحیه‌ای در منطق پوشیده و کم‌رخنمون و با ویژگی زمین‌شناسی پیچیده در اختیار بگذارد (Moles and Chapman, ۲۰۱۹).

۶-۱- طرح مسئله و هدف از مطالعه

کانسار طلای پلاسری انگوران چای با وسعت حدود ۰/۳۶ کیلومتر مربع، در شمال غرب ایران، در استان زنجان و در ۱۰ کیلومتری جنوب شرق ماهنشان و در محل اتصال رود انگوران چای با رودخانه اصلی قزل اوزن واقع شده است (شکل ۱-۱). در تقسیم بندی زمین شناسی ایران، این محدوده در چهار گوش های زمین شناسی ۱/۲۵۰۰۰۰ تکاب (Alavi and Amidi, ۱۹۷۶) و ۱/۱۰۰۰۰۰ ماهنشان (Lotfi, ۲۰۰۱) قرار دارد. این کانسار برای نخستین بار در بررسی های ژئوشیمیایی ناحیه ای در چهار گوش ۱/۱۰۰۰۰۰ ماهنشان شناسایی و معرفی شده است (علی پوراصل، ۱۳۸۱). بر پایه اطلاعات نقشه های زمین شناسی تکاب و ماهنشان، سازندهای زمین شناسی که در حوضه آبریز پلاسر انگوران چای رخنمون دارند، از قدیم به جدید به شرح زیر می باشد:

پرکامبرین: مجموعه های سنگی پرکامبرین بخش وسیعی از حوضه آبریز رود انگوران چای را تشکیل می دهند و شامل واحدهای دگرگونی با سنگ شناسی گنایس، آمفیبولیت، میکاشیست، مرمر و توده گرانیته دوران می باشند. ذکر این نکته حائز اهمیت است که واحدهای شیستی و مرمری پرکامبرین در ناحیه تکاب- ماهنشان، میزبان کانسارهای روی (سرب و نقره) انگوران و طلا- آرسنیک زرشوران هستند. کانسار روی انگوران در حوضه آبریز انگوران چای و کانسار طلا- آرسنیک زرشوران خارج از حوضه آبریز انگوران چای و در فاصله بسیار اندکی در باختر آن واقع است .

الیگوسن: در حوضه آبریز انگوران چای، زمان الیگوسن شامل سازند قرمز پایینی (Or) با ترکیب سنگی کنگلومرا و ماسه سنگ ضخیم لایه به رنگ قرمز تا قهوه ای است .

الیگومیوسن: الیگومیوسن در منطقه مورد مطالعه توالی رسوبی سازند قم را شامل می شود که از سنگ آهک و مارن (OM)، مارن سبز و مارن ماسه ای (OMm)، و سنگ آهک کنگلومرائی (OMl) تشکیل شده است. بر روی واحدهای سازند قم به ترتیب واحد توف ریولیتی و سنگ آهک (OMr)، و واحد گدازه آندزیتی و ریولیتی (OMv^۱) قرار گرفته است. از میان واحدهای سنگی الیگومیوسن، بیشترین گسترش مربوط به واحدهای OM، OMm، و OMv^۱ است. لازم به ذکر است که واحدهای سنگی OMm و OMv^۱ در ناحیه تکاب- ماهنشان و

در فاصله کمی از حوضه آبریز انگوران چای، میزبان کانسارهای طلای اپی ترمال با سنگ میزبان کربناتی آق دره، طلای اپی ترمال پر سولفید توزلار، رگه‌ای چندفلزی بایچه‌باغ، و رگه‌ای گرمایی سرب آی‌قلعه‌سی است. میوسن: میوسن در منطقه مورد مطالعه توالی رسوبی تخریبی سازند قرمز پایینی را شامل می‌شود که از واحدهای مارن و مارن‌های گچ‌دار (M^1)، مارن ماسه‌ای و ماسه‌سنگ (M^2) ترکیب یافته است.

پلیوکواترنری: پلیوکواترنری در حوضه آبریز انگوران چای شامل واحدهای Qpl ، Qt و Qal است. واحد Qpl به سن پلیوکواترنری آمیزه‌ای از کنگلومرا، ماسه‌سنگ، رس‌سنگ، توف برشی، خاکستر آتشفشانی به رنگ سفید تا خاکستری روشن است. واحد Qt تراس‌های رودخانه‌ای قدیمی و جوان را در بر می‌گیرد. واحد Qal شامل آبرفت‌های عهد حاضر است. آبرفت‌های عهد حاضر در دهانه رود انگوران چای، پلاسر طلای انگوران چای را تشکیل می‌دهند. بخشی از ذرات طلای آزاد در پلاسر انگوران چای به احتمال از فرسایش واحدهای Qt و Qpl تأمین می‌گردد. ذرات طلای موجود در واحدهای Qt و Qpl نیز به نوبه خود از هوازدگی و فرسایش کانسنگ‌های طلا دار ناحیه تکاب- ماه‌نشان منشاء می‌گیرند.

مطالعات بر روی پلاسره‌های طلا در ایران به برداشت نمونه‌های آبرفتی از سطح پلاسرها، ترانشه‌ها و چاهک‌های اکتشافی برای تعیین عیار و ذخیره احتمالی آنها بوده است. بنابراین ذرات طلا در پلاسره‌های ایران از نظر شکل، ابعاد و ترکیب شیمیایی بررسی نشده است. این اطلاعات برای تعیین فاصله پلاسرها از کانسنگ‌ها منشاء، چگونگی حمل ذرات، ریخت‌شناسی بستر رودخانه، تیپ کانه‌زایی کانسنگ منشاء، ناخالصی ذرات طلا و انتخاب روش مناسب کانه‌آرایی و فرآوری بسیار مفید خواهد بود. در پژوهش حاضر، این مطالعات بر روی ذرات طلا از پلاسر انگوران چای انجام شده است. در این تحقیق، از داده‌های زمین‌شناسی، کانی‌شناسی، ژئوشیمی و کانی‌های سنگین استفاده شده است.

۷-۱- ضرورت انجام تحقیق

در این پژوهش، تلاش می‌گردد برخی از مهمترین ابهامات زمین‌شناسی مرتبط با کانسار طلای پلاسی انگوران‌چای بررسی شود. تعدادی از این سوالات در زیر آمده است.

۱- ریخت‌شناسی ذرات طلا در پلاسر انگوران‌چای چگونه است؟

۲- ابعاد ذرات طلا در این پلاسر چقدر است؟

۳- ترکیب شیمیایی ذرات طلا چگونه است؟

۴- آیا بر اساس شکل، ابعاد، میزان گردش‌دگی و کرویت ذرات طلا می‌توان فاصله حمل ذرات را از کانسنگ یا کانسنگ‌های منشاء برآورد کرد؟

۵- آیا بر پایه شیمی ذرات طلا در پلاسر می‌توان تیپ کانه‌زائی کانسنگ‌های منشاء را تعیین نمود؟

۸-۱- روش مطالعات

۱- مطالعات کتابخانه‌ای مرتبط با منطقه مورد مطالعه و موضوعات مشابه پژوهش حاضر در ایران و جهان.

۲- عملیات صحرایی و نمونه‌برداری از آبرفت‌های طلادار برای مطالعه کانی‌های سنگین و تجزیه‌های شیمیایی. در این پژوهش تعداد ۸۷ نمونه کانی سنگین و ۵۰ نمونه ژئوشیمیایی از تعداد ۳۰ حلقه چاهک اکتشافی برداشت شده است.

۳- آماده‌سازی نمونه‌های کانی سنگین که به ترتیب شامل سرند کردن نمونه‌ها با الک ۱۰ مش در محیط آب، گل شویی، لاوک‌شویی، عبور از مایع سنگین، و جدایش مغناطیسی می‌باشد.

۴- مطالعه کانی‌شناسی نمونه‌های کانی سنگین با استفاده از میکروسکوپ بینوکولار.

۵- ثبت تعداد و مشخصات (شکل، اندازه، گردش‌دگی و کرویت) ذرات طلا در بخش تغلیط یافته نمونه‌های کانی سنگین.

۶- آماده سازی و تجزیه نمونه‌های ژئوشیمیایی برای طلا به روش غال‌گذاری (Fire Assay) و چند عنصری به

روش‌های ICP-ES/MS.

۷- تجزیه شیمیایی نقطه‌ای (حدود ۴۲ نقطه) بر روی ذرات انتخابی طلا (تعداد ۲۸ ذره طلا) به روش ریز کاوالکترونی (EPMA).

۹-۱- کانسارهای طلا در منطقه تکاب - ماه‌نشان

۹-۱-۱- کانسار طلای زرشوران

کانسار طلای نوع کارلین در زرشوران در فاصله ۳۰ کیلومتری شمال شهرستان تکاب، استان آذربایجان غربی، شمال غرب ایران واقع است. واکنش سیال‌های کانه‌ساز با کربنات‌ها و شیل‌های میزبان منجر به تشکیل و گسترش پهنه‌های دگرسانی، کربناتی، آرژیلی، آلونیتی، سیلیسی و سولفیدی در منطقه مورد بررسی شده است. بر اساس بررسی‌های صورت گرفته بر نمونه‌های مغزه حفاری، کانه‌سازی طلا در ارتباط با پیریت‌های طلادار و آرسنیک‌دار بوده است که طی دو مرحله تشکیل شده‌اند. مجموعه کانی‌های مربوط به این مراحل شامل پیریت آرسنیک‌دار، رالگار، اورپیمنت، سینابر، استیبنیت و اسفالریت کلوفرم به همراه مقادیر کمتری سولفوسالت به صورت هم‌رشدی با ژاسپروئید و کوارتز می‌باشد (Asadi, ۲۰۰۰; Daliran et al., ۲۰۰۲; Mehrabi et al., ۲۰۰۳). (شکل ۱-۵)

۹-۱-۲- کانسار طلای آق‌دره

این کانسار در ۳۱ کیلومتری شمال-شمال غرب شهرستان تکاب و در فاصله کمی در خارج از حوضه آبریز پلاسر طلای انگوران‌چای واقع است. سنگ‌آهک‌های ریفی سازند قم به سن الیگو-میوسن میزبان کانه‌زائی طلا در این محدوده است. طلا به صورت غیرقابل رویت در سیلیس‌های آهن‌دار (ژاسپروئیدها) و به‌ویژه در بخش‌های اکسید-هیدروکسیدهای آهن و منگنز همراه با سیلیس‌های آهن‌دار غنی شده است. ژاسپروئیدهای غنی از طلا بیشتر در

امتداد سطوح لایه‌بندی و فضاهای کارستی سنگ‌های آهکی جای گرفته‌اند. عناصر آرسنیک، آنتیموان، جیوه، تلوریم، سلنیوم، سرب، روی، نقره، باریم، بیسموت، کادمیم، و مس از پاراژنهای ژئوشیمیایی طلا در این کانسار هستند. بخش عمده‌ای از طلای غیرقابل رویت به احتمال زیاد توسط پیریت‌های آرسنیک‌دار حمل می‌شود. طلا به صورت خالص با کانی سینابر و اکسیدهای آهن مرحله تاخیری همراهی می‌شود. طلای آق‌دره، به عنوان کانسار طلای اپی‌ترمال با سنگ میزبان کربناتی معرفی شده است. میزان ذخیره‌ی این کانسار ۲۴/۵ تن با عیار ۳/۷ گرم در تن طلا برآورد شده است (Daliran, ۲۰۰۸). (شکل ۵-۱)

۳-۹-۱- کانسار طلا (مس) توزلار

این کانسار در نزدیکی دهستان پری و در فاصله ۲۵ کیلومتری شمال‌غرب شهر ماه‌نشان و در فاصله کمی در خارج از حوضه آبریز پلاسر طلای انگوران‌چای واقع است. سنگ‌های آذرآواری و گدازه‌های آتشفشانی با ترکیب آندزیت تا تراکیت به سن الیگو-میوسن میزبان کانه‌زائی طلا در این محدوده است. این مجموعه آتشفشانی-آذرآواری به‌وسیله توده نفوذی میکرودیوریتی قطع شده است. این فعالیت‌های آتشفشانی در محیط‌های دریایی کم عمق الیگو-میوسن که طبقات قرمز در داخل آنها نهشته می‌شده است، رخ داده است. دگرسانی‌های محدوده‌ی کانسار شامل پروپیلیتیک، آرژیلیک، آرژیلیک پیشرفته، سیلیسی، و سولفیدی است. کانه‌زائی طلا (مس) با عدسی‌های سیلیسی، رگه-رگچه‌های سیلیسی و مناطق برشی رخ داده است. طلا در بخش‌های اکسید-هیدروکسیدهای آهن سوپرژن غنی‌شدگی بیشتری دارد و مقدار طلا در این بخش‌ها به بیش از ۵ گرم در تن می‌رسد. کانه‌زائی طلا (مس) توزلار، به عنوان کانسار طلای اپی‌ترمال با درجه سولفیداسیون بالا معرفی شده است، که با فعالیت‌های ماگمایی-گرمابی میوسن زیرین در یک رژیم تکتونیکی کششی رخ داده است. میزان ذخیره‌ی احتمالی این کانسار ۱/۵ میلیون تن کانسنگ با عیار متوسط ۲/۲ گرم در تن طلا و ۰/۳۰ درصد مس برآورد شده است

(Heidari et al., ۲۰۱۵). (شکل ۵-۱)

۴-۹-۱- کانسار سرب و روی آی قلعه‌سی

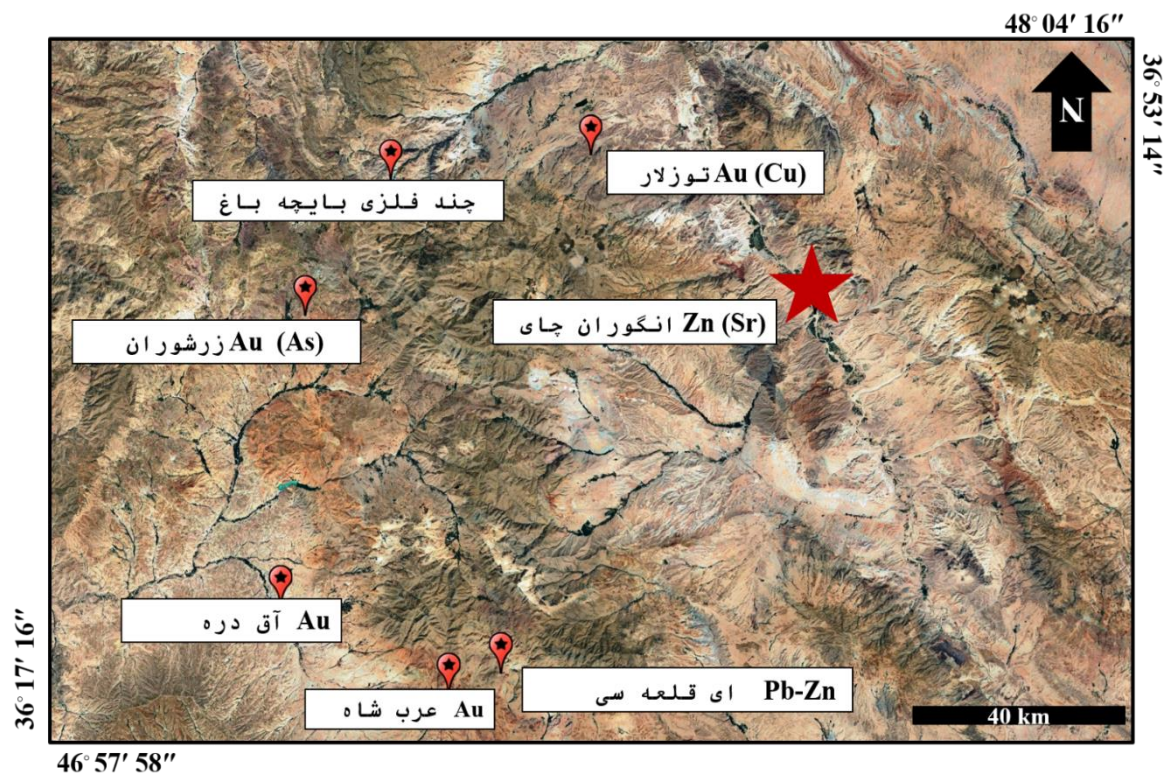
این کانسار در ۳۰ کیلومتری شرق شهرستان تکاب و در فاصله کمی در خارج از حوضه آبریز پلاسر طلای انگوران‌چای واقع است. واحدهای سنگی میزبان و اطراف کانسار متشکل از چینه‌های مارن و ماسه‌سنگ مارنی سبز تا نخودی رنگ و توف‌های ریوآلیتی تا آندزیتی است. توده‌ی گرانیت پورفیری در حدود یک کیلومتری شمال کانسار رخنمون دارد. به نظر می‌آید که یک توده‌ی نفوذی با ترکیب سنگ‌شناسی احتمالی گرانو-دیوریتی در زیر محدوده‌ی کانسار آی قلعه‌سی نفوذ کرده است و کانه‌زائی با فعالیت گرمابی آن در ارتباط است. کانسار سرب و روی آی قلعه‌سی، یک کانسار رگه‌ای با ابعاد ۲۰۰ متر طول و ۰/۸ متر ستبراست که کانی‌های غالب آن گالن و اسفالریت است و با کالکوپریت همراهی می‌شود (قربانی، ۱۳۸۷). (شکل ۱-۵)

۵-۹-۱- کانسار چندفلزی بایچه باغ

این کانسار در ۱۰ کیلومتری غرب دهستان پری (حدود ۳۵ کیلومتری شمال غرب شهر ماه‌نشان) و در فاصله کمی در خارج از حوضه آبریز پلاسر طلای انگوران‌چای واقع است. سنگ‌های میزبان و محدوده‌ی کانسار شامل توف با ترکیب ریولیت تا آندزیت، برش هیدروترمالی، و آگلومرا به سن الیگو-میوسن است. گدازه و دایک‌های آندزیت بازالتی به‌طور پراکنده سنگ‌های آذرآواری را می‌پوشانند. توده‌ی پورفیری با ترکیب تونالیتی در سنگ‌های آتشفشانی نفوذ کرده است، و اثر این نفوذی در دره‌های عمیق مشاهده می‌شود. کانه‌زائی در کانسار متروکه بایچه باغ در دو مرحله رخ داده است: الف) فاز کانه‌زائی الیگوسن-میوسن پیشین، که با فعالیت گرمابی توده‌های نفوذی مافیک تا حدواسط (تونالیت‌ها) در ارتباط است. در این فاز کانه‌زائی کبالت، نیکل، و مولیبدن بر مس، سرب و روی غالب است، و ب) فاز کانه‌زائی میوسن پسین-پلیوسن، که با فعالیت گرمابی توده‌های نیمه‌عمیق فلسیک (گرانیت تا گرانودیوریت) مرتبط است و باعث کانه‌زائی سرب، روی، مس و طلا شده است (قربانی، ۱۳۸۷). (شکل ۱-۵)

۶-۹-۱- کانسار طلای عربشاه

کانسار طلای عربشاه طی فعالیت گرمایی حدود ۱۱ میلیون سال پیش (بر پایه سن سنجی اورانیم-سرب زیرکن به روش (LA-ICPMS)، در شمال باختر کشور تشکیل شده است. این فعالیت، بخشی از کمان ماگمایی ارومیه-دختر بوده که عامل کانه‌زایی در این ناحیه، مشابه ذخایر طلای زرشوران، آق دره و ساری گونی شده است. سنگ میزبان کانه‌زایی شامل مجموعه‌ای از توالی‌های رسوبی متعلق به پالئوزویک زیرین است که توسط توده‌های نیمه-ژرف داسیتی کالک آلکالن با تمایل آلکالن (پتاسیم بالا) قطع شده‌اند. کانه‌زایی طلا در این کانسار به لحاظ بافتی بیشتر به صورت رگه-رگچه‌ای، پرکننده فضاهای خالی، برشی، توده‌ای و دانه‌پراکنده رخ داده است. کانه‌زایی طلا در کانسار عربشاه از دید نوع دگرسانی‌های گرمایی (کربنات‌زدایی، آرژلیک، دولومیتی، سولفیدی و سیلیسی شدن) و روند تکوین کانه‌زایی در ارتباط با برشی شدن و ته نشینی سولفیدهای فلزات پایه، آهن، آرسنیک و آنتیموان شبیه به کانسارهای مرتبط با سامانه های زمین گرمایی (اپی‌ترمال کم سولفید) در جایگاه‌های آتشفشانی است. با این تفاوت که سنگ میزبان آن رسوبی است. بیشتر کانه‌های سولفیدی در این کانه‌زایی، شامل پیریت، آرسنوپیریت، ارپیمنت و رآلگار، استینیت، گالن، اسفالریت، طلا و کمتر کالکوپیریت است. طلا در این کانه‌زایی به صورت آزاد شده از دانه های پیریت اکسیده، همچنین بسیار ریز (نامری) درون فازهای سولفیدی به صورت محلول جامد همچون پیریت‌های آرسنیک‌دار رخ داده است. با توجه به جایگاه ساختاری، سنگ میزبان، پاراژنز کانی‌ها، حضور آرسنیک، آنتیموان، جیوه و فلزات پایه، دگرسانی گرمایی و حضور طلا به صورت نامریی در پیریت‌های آرسنیک‌دار، کانسار طلای عربشاه را می‌توان در گروه کانسارهای اپی‌ترمال با میزبان رسوبی که در محیط‌های کششی درون قاره‌ای تشکیل شده‌اند، طبقه‌بندی کرد (حیدری و همکاران، ۱۳۹۶). (شکل ۱-۵)

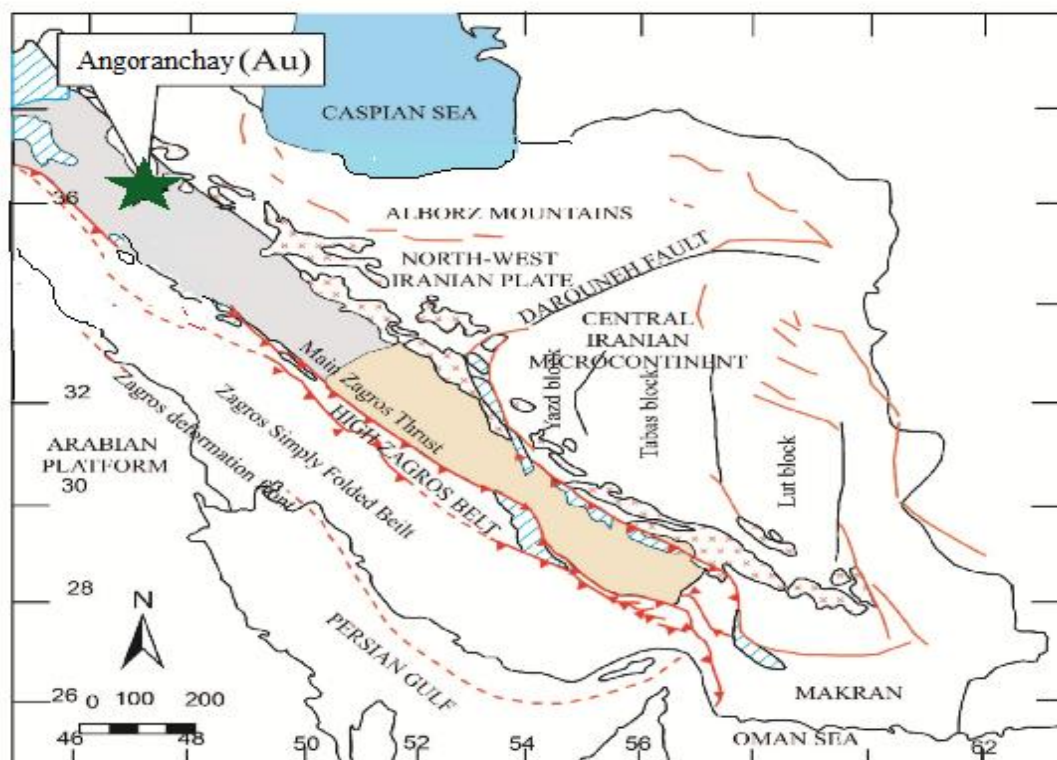


شکل ۱-۵. موقعیت کانسارهای طلا در منطقه تکاب- ماه‌نشان

فصل ۲ : زمین شناسی

۱-۲- مقدمه

محدوده‌ی اکتشافی پلاسر طلای انگوران‌چای در استان زنجان، جنوب‌شرق ماه‌نشان و در محل اتصال رود انگوران‌چای با رودخانه اصلی قزل‌اوزن واقع شده است. بر اساس تقسیمات محیط‌های تکتونیکی - رسوبی ایران (Alavi, ۱۹۹۴, ۲۰۰۴) این رخداد معدنی در بخش شمالی پهنه‌ی سنندج - سیرجان قرار می‌گیرد (شکل ۲-۶). از دیدگاه متالوژنی پهنه‌ی سنندج - سیرجان یکی از مهم‌ترین ایالت‌های فلززایی در ایران محسوب شده و میزبان انواع مهمی از کانه‌زایی‌های فلزی طلا، روی، سرب، آهن، مس، جیوه، تنگستن، و قلع می‌باشد (قربانی، ۱۳۸۷). در تقسیم‌بندی چهارگوش‌های ۱/۲۵۰۰۰۰ زمین‌شناسی، این محدوده در قسمت میانی ورقه تکاب واقع می‌باشد (Alavi and Amidi, ۱۹۷۶). در این فصل به شرح زمین‌شناسی ناحیه‌ای و چینه‌شناسی منطقه پرداخته خواهد شد، و در انتها ویژگی‌های زمین‌شناسی محدوده‌ی کانسار مورد نظر توصیف می‌گردد.



شکل ۲-۶. نقشه زمین‌ساختی ایران و جایگاه کانسار طلای انگوران چای در پهنه‌ی دگرگونی سنندج- سیرجان (Ghasemi and Talbot, ۲۰۰۶).

۲-۲- زمین‌شناسی ناحیه‌ای پهنه‌ی سنندج - سیرجان

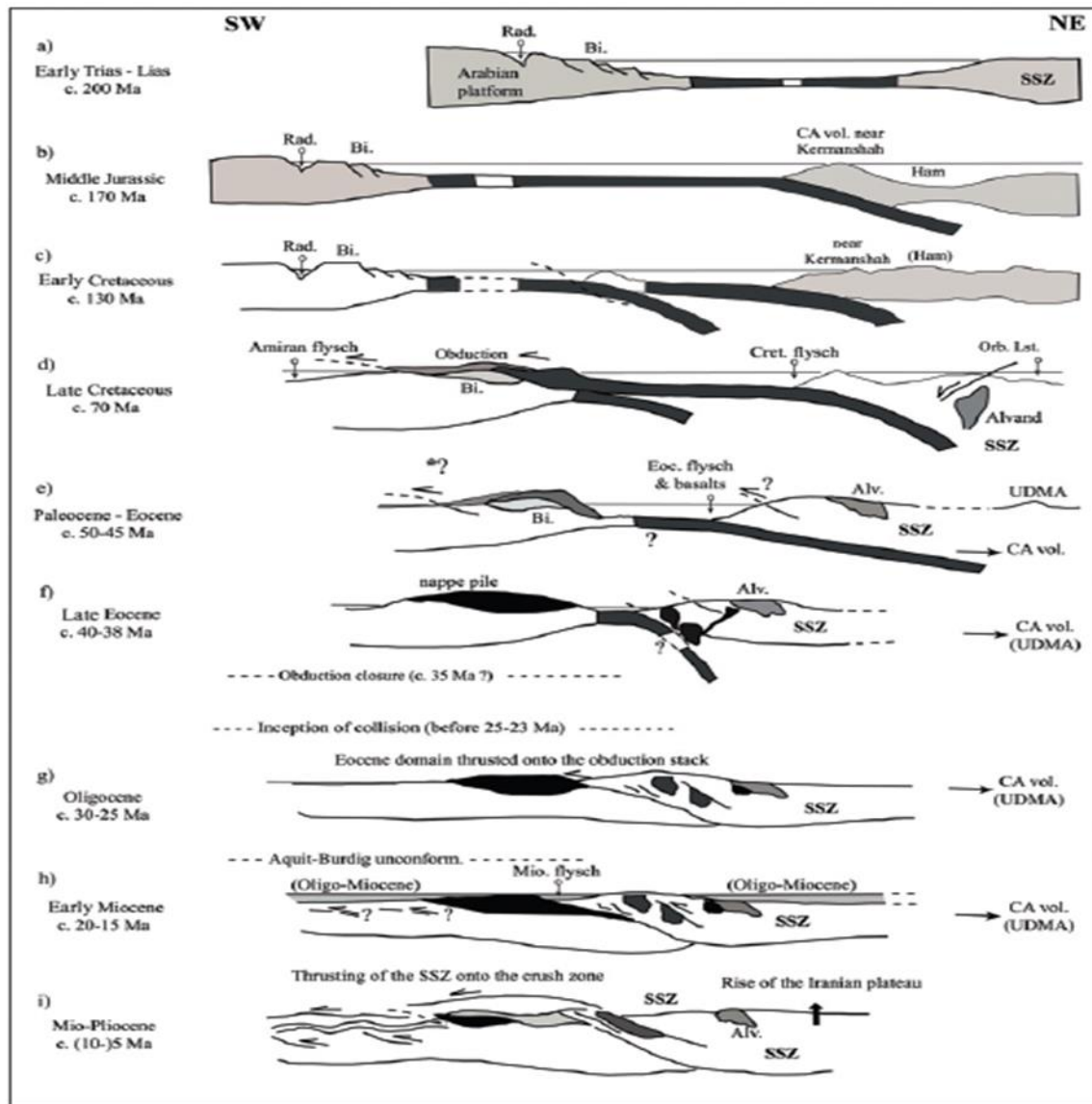
در مقیاس ناحیه‌ای و از نظر زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه بخشی از پهنه‌ی زمین‌ساختی سنندج - سیرجان شمالی است. از اینرو، نخست زمین‌شناسی عمومی پهنه‌ی سنندج - سیرجان به اختصار توصیف می‌گردد. سنندج - سیرجان یک پهنه‌ی ساختاری پیچیده‌ی دینامیکی است که بین کمربند چین خورده - تراستی زاگرس در جنوب غرب و کمان ماگمایی ارومیه - دختر در شمال شرق واقع شده است. این پهنه با طول ۱۵۰۰

کیلومتر و عرض ۲۵۰ - ۱۵۰ کیلومتر از جنوب شرقی تا شمال غربی ایران امتداد دارد و به کمربند توروس در ترکیه می‌پیوندد. بیشترین سنگ‌های رخنمون یافته در این پهنه مربوط به دوران مزوزوئیک است در حالی که نهشته‌های مربوط به دوران پالئوزوئیک به ندرت در قسمت شمال غربی سندج - سیرجان رخنمون دارند، اما در قسمت‌های جنوب شرقی رخنمون آنها بیشتر است. سنگ‌های نفوذی موجود در این پهنه متنوع بوده، اما بیشتر از نوع فلسیک تا حدواسط بوده، و دارای سن مزوزوئیک هستند (آقانباتی، ۱۳۸۳).

۱-۲-۲- تکامل تکتونیکی پهنه‌ی سندج - سیرجان

سندج- سیرجان به عنوان پرتکاپوترین پهنه‌ی ساختاری در ایران بخشی از کوهزاد زاگرس و سامانه کوهزاد آلپ - هیمالیا است، که در اثر همگرایی میان بخش شمالی گندوانا با بلوک‌های سیمیرین و جنوب اوراسیا شکل گرفته است (Brunet et al., ۲۰۰۹). از اواخر پرکامبرین تا اواخر زمان پالئوزوئیک، جنوب شرقی ترکیه، ایران میانی (پهنه‌های البرز، ایران مرکزی، سندج - سیرجان، شرق ایران، و مکران)، ایران جنوبی (پهنه‌ی زاگرس) و عربستان بخشی از قاره‌ی بزرگ گندوانا محسوب می‌شدند، که به سبب اقیانوس تتیس قدیم از صفحه اوراسیا جدا بوده‌اند، و بسته شدن اقیانوس تتیس قدیم در طی تریاس بالایی تا پایینی بر اثر حرکات به سمت شمال - شمال شرق کوچک قاره‌ی ایران میانی است، که منجر به جوش خوردگی ایران میانی با صفحه اوراسیا در امتداد اقیانوس تتیس قدیم شد، که هم‌اکنون اثرات این اقیانوس به صورت پوسته‌های اقیانوسی قدیمی (پهنه‌های افیولیتی) در بخش‌های شمال غرب، شمال و شمال شرقی ایران در مناطق اهر، گرگان، مشهد، و آق‌دربند مشاهده می‌شود. به موازات بسته شدن اقیانوس تتیس قدیم، جداشدگی در امتداد کمربند گسلی- تراستی زاگرس فعلی (که در آن زمان بخش شمالی قاره گندوانا را تشکیل می‌داد) در پرمین تا تریاس رخ داد و در نتیجه‌ی آن اقیانوس تتیس جدید تشکیل شد و ایران میانی را از ایران جنوبی (پهنه‌ی زاگرس) و گندوانا جدا کرد. برخی از زمین‌شناسان بر این باور هستند که آغاز بسته شدن تدریجی اقیانوس تتیس جدید ممکن است در اوایل ژوراسیک میانی رخ داده باشد هنگامی که یک فرورانش به سمت شمال جدید در زیر پهنه‌ی

سنندج - سیرجان تشکیل شده است (Masoudy, ۱۹۹۷). همگرایی بیشتر پوسته اقیانوسی تتیس جدید زیر مرز جنوب‌غربی ایران میانی منجر به تشکیل پهنه‌های افیولیتی و واحد تکتونیکی رادیولاریتی در امتداد حاشیه غیرفعال صفحه‌ی عربستان از عمان تا جنوب‌شرقی ترکیه شده است (Ricou, ۱۹۷۷), (شکل ۷-۲-b). بر طبق مطالعات، پهنه‌ی سنندج - سیرجان بلوک قاره‌ای مستقل است که با صفحه عربی در اواخر کرتاسه قبل از بسته شدن نهایی تتیس جدید برخورد کرده است که با شکل‌گیری فلیش‌های دوره کرتاسه و نفوذ گرانیتوئیدهای الوند همزمان است و با فلیش‌های کرتاسه و گرانیتوئیدهای الوند در زون سنندج سیرجان همپوشانی دارد (شکل ۷-۲-d). برخی از محققین ادعا دارند که بسته شدن نهایی تتیس جدید در اواخر کرتاسه همزمان با رخدادهای فرورانش اولیه صورت گرفته است (Alavi, ۱۹۹۴, ۲۰۰۴). اکنون پذیرفته شده است که بسته شدن نهایی تتیس جدید در سنوزوئیک رخ داده است. داده‌های ساختاری پیشنهاد دهنده‌ی برخورد قاره‌ای نهایی بین ائوسن و میوسن میانی در امتداد زمین درز بیتلیس و قبل از اواخر اولیگوسن در شمال غربی زاگرس آغاز شده است (Robertson et al., ۲۰۰۶; Agard et al., ۲۰۰۵). با توجه به بازسازی تکتونیکی صفحه‌ای، برخورد باید در زمان میوسن رخ داده باشد (شکل ۷-۲-e-g) (McQuarrie et al., ۲۰۰۳). پس از اینکه عربستان و ایران به هم پیوستند گسل‌های امتداد لغز پس از کوهزایی با آتشفشان‌های بایمدال در امتداد بازوی شکسته شده پهنه‌ی سنندج - سیرجان شمالی در ائوسن میانی همراه شدند. اواخر میوسن همزمان با خروج توالی‌های برش‌های تکتونیکی پهنه‌ی سنندج - سیرجان بر روی کمربند چین خورده‌ی زاگرس می‌باشد (شکل ۷-۲-i) (Agard et al., ۲۰۰۵).



شکل ۲-۷. تصویر شماتیک از تکامل ژئودینامیکی از همگرایی بین عربستان و ایران (اوراسیا)

(after Agard et al., ۲۰۰۵)

Alv. Alvand intrusion; Bi Bisotun sub-zone; CA volc. calc-alkaline volcanism; Cret. Cretaceous; Ham. Hamedan; Orb. Lst. Orbitolina limestone; Rad. Radiolarian through; SSZ. Sanandaj-Sirjan zone; UDMA. Urumieh-Dokhtar Magmatic Arc; ZFB. Zagros Fold belt. Early Tertiary deformation within the ZFB (Mouthereau et al., ۲۰۰۶).

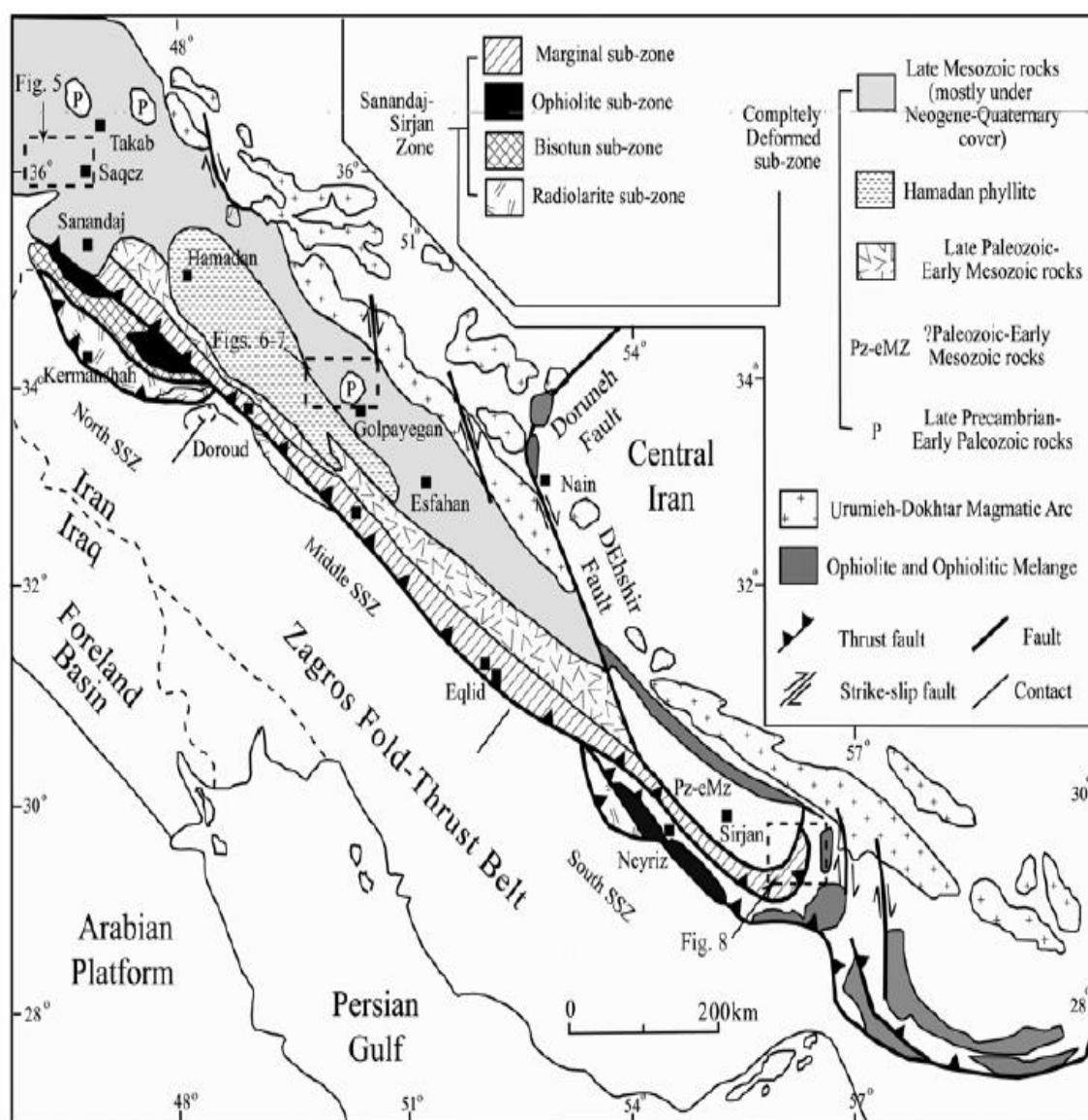
فعالیت‌های آذرین در پهنه‌ی سنندج - سیرجان سازگار با شروع فرورانش در اواخر ژوراسیک می‌باشد که ولکانیسم‌های کالک-آلکالن در نزدیکی کرمانشاه از آن جمله هستند (شکل ۲-۷-b). این فعالیت‌ها در فاصله

ژوراسیک - کواترنری در داخل و مجاورت پهنه‌ی سنندج سیرجان شامل: الف) فعالیت پلوتونیک اواخر ژوراسیک (۱۹۸۱، Berberian and Berberian)، ب) فعالیت ولکانیکی فلسیک تا مافیک ژوراسیک و با فراوانی کمتر کرتاسه در زیرپهنه‌ی حاشیه‌ای، ج) نفوذی‌های گابروئی پالتوسن تا نفوذی‌های گرانودیوریتی در زیرپهنه‌ی دگرذیسی پیچیده، و د) ماگماتیسم گسترده ائوسن - کوارترنری مجموعه ماگمائی ارومیه - دختر (Mohajjel et al., ۲۰۰۳).

۲-۲-۲- لیتولوژی پهنه‌ی سنندج - سیرجان

پهنه‌ی سنندج - سیرجان حاوی هسته دگرگونی برخورد قاره‌ای زاگرس در غرب ایران می‌باشد و به دو کمربند بیرونی شامل برش‌های رورانده و کمربند داخلی که شامل سنگ‌های دگرگونی مزوزوئیک است، تقسیم‌بندی می‌شود (Mohajjel et al., ۲۰۰۳). نقشه‌برداری دقیق در قسمت شمال غربی پهنه‌ی سنندج سیرجان تاریخچه ساختاری پیچیده‌ای از این سنگ‌ها را مشخص کرده است (Mohajjel and Fergusson, ۲۰۰۰). علاوه بر این، پهنه‌ی سنندج - سیرجان در ناحیه گلیپایگان به دو بخش تقسیم می‌شود (۱۹۸۱، Eftekharnejad): الف) بخش جنوبی (سنندج - سیرجان جنوبی)، شامل سنگ‌های تغییر شکل یافته و دگرگونی در تریاس میانی تا پایانی، و ب) بخش شمالی (سنندج - سیرجان شمالی)، تغییر شکل یافته در اواخر کرتاسه، شامل سنگ‌های فلسیک نفوذی (مانند نفوذی‌های الوند، اراک و ملایر) (۲۰۰۶، Ghasemi and Talbot). واحدهای سنگ‌شناسی در سراسر پهنه‌ی سنندج سیرجان شامل؛ سنگ آهک دریایی کم عمق، توریدیت‌های دریایی عمیق و رادیولاریت، رسوبات دریایی کم عمق (Kazmin et al., ۱۹۸۶)، افیولیت‌ها (Ghazi and Hassanipak, ۱۹۹۹)، سنگ‌های ولکانیکی (Alavi ۱۹۹۴)، نفوذی‌های تغییر شکل یافته گسترده و تغییر نیافته (Mohajjel et al., ۲۰۰۳) و مجموعه‌های ولکانیکی - نفوذی (Hacker et al., ۱۹۹۶) می‌باشد. سنندج - سیرجان از ۵ زیرپهنه کشیده تشکیل شده است که از جنوب غربی تا شمال شرقی عبارتند از:

الف) زیرپهنه‌ی رادیولاریتی، ب) زیرپهنه‌ی بیستون، ج) زیرپهنه‌ی افیولیتی، د) زیرپهنه‌ی حاشیه‌ای، و ه) زیرپهنه‌ی با دگر شکلی پیچیده (Mohajjel et al., ۲۰۰۳، شکل ۲-۸).



شکل ۲-۸. نقشه طرح تکتونیکی غرب ایران که نشان‌دهنده‌ی مکان و توزیع پنج زیر پهنه‌ی سندج - سیرجان و روابط آنها با ویژگی‌های مهم ساختاری، واحدهای ملانژ افیولیتی و کمربند ماگمایی ارومیه - دختر (Mohajjel et al., ۲۰۰۳).

زیرپهنه‌ی رادیولاریتی؛ شامل سنگ‌آهک‌های دریایی کم عمق تریاس - کرتاسه و رادیولاریت‌های دریایی

عمیق می‌باشد و معادل Hawasina Nappes در عمان است (Bechennec *et al.*, ۱۹۹۰).

زیرپهنه‌ی بیستون؛ همچنین به عنوان پلاتفرم‌های کربنات داخلی نامیده می‌شود (Kazmin *et al.*, ۱۹۸۶)،

و توسط سنگ‌آهک تریاس پایانی تا کرتاسه پایانی مشخص می‌شود. این زیرپهنه‌ی معادل سنگ‌آهک‌های عمان

با گستردگی بیشتر است (Golonka, ۲۰۰۴).

زیرپهنه‌ی افیولیتی؛ در حاشیه جنوب غربی پهنه‌ی سنندج - سیرجان واقع شده است. در اینجا افیولیت دارای

ژئوشیمی آلکالن و ساب آلکالن در ساختار جزایر قوسی و جزایر اقیانوسی تشکیل می‌شوند

(Ghazi and Hassanipak, ۱۹۹۹). افیولیت‌های زاگرس که نمایانگر لیتوسفر فورلند هستند به دو کمربند افیولیتی

زاگرس خارجی و زاگرس درونی تقسیم‌بندی می‌شوند. این دو کمربند توسط پهنه‌ی سنندج - سیرجان از هم جدا

شده‌اند و به عنوان مواد فروروانده خروجی تفسیر می‌شوند. کمربند افیولیتی زاگرس بیرونی شامل افیولیت‌های

کرمانشاه، نیریز و اصفهان از شمال غربی تا جنوب شرقی، در جنوب گسل تراستی زاگرس اصلی برداشت می‌شود.

کمربند افیولیتی زاگرس داخلی در حاشیه جنوب غربی بلوک مرکزی ایران قرار دارد که شامل افیولیت‌های نائین،

دهشیر، شهر بابک و بافت است. توالی گوشته افیولیت‌ها مشابه هستند، شامل هارزبورژیت‌های تهی شده با دایک‌های

دیابازی- گابرو است (Shafaii Moghadam and Stern, ۲۰۱۱).

زیرپهنه‌ی حاشیه‌ای؛ از نظر چینه‌شناسی متمایز است زیرا که حاوی سنگ‌های آتشفشانی ژوراسیک پایانی

- اوایل کرتاسه علاوه بر لایه‌های دریایی کم عمق به ویژه در واحدهای کرتاسه است.

زیرپهنه‌ی دگرشکلی پیچیده؛ از زیرپهنه‌ی‌های دیگر به وسیله فراوانی سنگ‌های دگرگونی متمایز می‌شود.

بخش عمده‌ای از زیرپهنه‌ی شامل سنگ‌های آواری دگرگون شده مزوزوئیک، کربنات و سنگ‌های آتشفشانی

می‌باشد.

محجل و همکاران (Mohajjel *et al.*, ۲۰۰۳)، شکل‌گیری ساختارهای اصلی در پهنه‌ی سنندج - سیرجان را

در سه رخداد مرتبط با دوره همگرایی بیان می‌کند:

(۱) فرورانش در امتداد حاشیه فعال ایران مرکزی در شمال شرقی تتیس جوان در ژوراسیک - کرتاسه اولیه،

(۲) فرورانش افیولیتی در امتداد شمال شرقی حاشیه تتیس جوان در اواخر کرتاسه و

(۳) برخورد قاره‌ای صفحه عربی و ایران مرکزی در میوسن.

۳-۲-۲- پهنه‌های ساختاری غالب سنندج - سیرجان

شدت دگرذیسی و واورنگی ساختاری در سراسر پهنه‌ی سنندج - سیرجان متفاوت است، هر چند که ایالت‌های جنوبی و شمالی سنندج - سیرجان همگی با ساختارهای متمایل به شمال غرب مشخص می‌شوند (Ghasemi and Talbot, ۲۰۰۶). این ساختارها با شیب زیاد در سطح سرازیر می‌شوند اما در قسمت میانی پوسته شروع به خطی شدن می‌کنند (شکل ۲-۸)، نقشه‌برداری سطحی از هندسه گسلی تاریخچه پیچیده‌ای از انقباض، گسترش و حرکات شیب لغز را نشان می‌دهد. (Alavi, ۱۹۹۴) تغییر شکل محلی اواخر کرتاسه در سراسر سنندج سیرجان، ساختارهای گسلی وارونه با روند جنوب غربی، شمال غربی همراه با دگرذیسی رخساره‌های گرین‌شیست را ایجاد می‌کنند (Mohajjel and Fergusson, ۲۰۰۰). این دگرذیسی همگرا به ضخیم‌شدگی پوسته در ناحیه قوسی و پشت قوسی شمال شرق پهنه‌ی سنندج سیرجان مربوط می‌شود (شکل ۲-۹). در رخدادهای برخوردی میوسن، سنگ‌های دگرگونی از اعماق پوسته میانی بالا آمدگی را نشان می‌دهند. دگرذیسی غالب در سنندج - سیرجان شیستوزیته‌ای با چین‌های هم‌شیب فراوان را تشکیل داده است (Mohajjel and Fergusson, ۲۰۰۰). ارتباط ذاتی بین سیستم‌های کانی‌سازی وسیع و ساختارهای پوسته‌ای اصلی به خوبی شناخته شده است (Kerrich et al., ۲۰۰۰). در پهنه‌ی سنندج - سیرجان کانسارهای طلا از لحاظ مکانی در ارتباط با سیستم‌های گسله عمیق هستند (Aliyari et al., ۲۰۰۹). در بخش شمالی این پهنه کانسارهای طلا در ارتباط با گسل‌های عمیقی هستند که به عنوان منشأ سیالات گرمایی می‌توانند تا عمق بیشتری نفوذ یابند. به طور مثال؛ پهنه‌ی گسله سقز - سردشت تقریباً با ۱۰۰ کیلومتر طول و با سن اواخر کرتاسه تا اوایل تریاس یک گسل معکوس اصلی با شیب فرورنده بر گسل بزرگ زاگرس عمود است. این گسل به عنوان یک ساختار

متمرکز منطقه‌ای برای سیالات پوسته‌ای، کنترل کننده استقرار توده‌های نفوذی و مکان قرارگیری کانسارهای طلا در منطقه فلززائی طلای پیرانشهر- سردشت- سقز عمل می‌کند (Mohajjel *et al.*, ۲۰۰۳). در بخش مرکزی و جنوبی پهنه‌ی سنندج سیرجان، چندین کمر بند آتشفشانی حدواسط تا مافیک، توالی‌های ولکانو کلاستیک و نفوذی توسط گسل اصلی تراستی زاگرس با روند شمالی-جنوبی و گسل‌های با درجه پایین‌تر که میزبان تعدادی زیادی از کانسارهای طلا مانند موته و آستانه-سربند هستند، از هم جدا می‌شوند. در طی کرتاسه زیرین، ماگما و سیالات مشتق شده از آنها مسئول تشکیل کانه‌زائی طلای نوع کوهزایی در محل تقاطع گسل‌ها در پهنه‌ی سنندج سیرجان می‌باشند در حالیکه، اغلب کانسارهای طلا مرتبط با نفوذی‌ها در این پهنه از نظر ژنتیکی در ارتباط با نفوذی‌های برخوردی کالک آلکالن تا آلکالن ائوسن- پلیوسن تا نفوذی‌های پس از برخورد در کمان ماگمایی ارومیه - دختر می‌باشد (Aliyari *et al.*, ۲۰۱۲).

۴-۲-۲- متالوژنی طلا در پهنه‌ی سنندج- سیرجان

تولید طلا در ایران به طور متوسط حدود ۶۰۰ کیلوگرم در سال است. از کانسارهای طلایی که تاکنون شناخته شده‌اند، فقط تعداد محدودی از آنها به تفصیل توصیف شده‌اند (Aliyari *et al.*, ۲۰۱۰). بسیاری از کانسارهای طلای کوهزایی در ایران در سنگ‌های دگرگونی کربونیفر تا کرتاسه در امتداد مناطق برشی و شکننده رخ می‌دهند. کانه‌های اولیه در کانسارهای طلای تیپ کوهزایی، سولفیدهای دانه‌ریز تا دانه‌درشت هستند، که بوسیله کانه‌های سولفیدی دانه‌ریز حاوی طلا در مرحله بعدی دنبال می‌شوند. رایج‌ترین کانی‌های سولفیدی شامل پیریت با مقادیر زیاد و پس از آن با مقادیر کمتری از پیروتیت، آرسنوپیریت، کالکوپیریت و اسفالریت می‌باشند. طلا هم به صورت خالص و یا به صورت میانبار درون پیریت و آرسنوپیریت در اغلب کانسارها یافت می‌شوند. سبک کانه‌زائی در کانسارهای طلای کوهزایی ایران که توسط گسل‌ها کنترل می‌شود از نظر کانی‌شناسی، الگوی دگرسانی و سن سنگ میزبان با کانسارهای طلا کوهزایی در دنیا سازگار است (Aliyari *et al.*, ۲۰۱۰). اغلب کانسارهای شناخته شده طلا در ایران در امتداد پهنه‌ی سنندج - سیرجان و

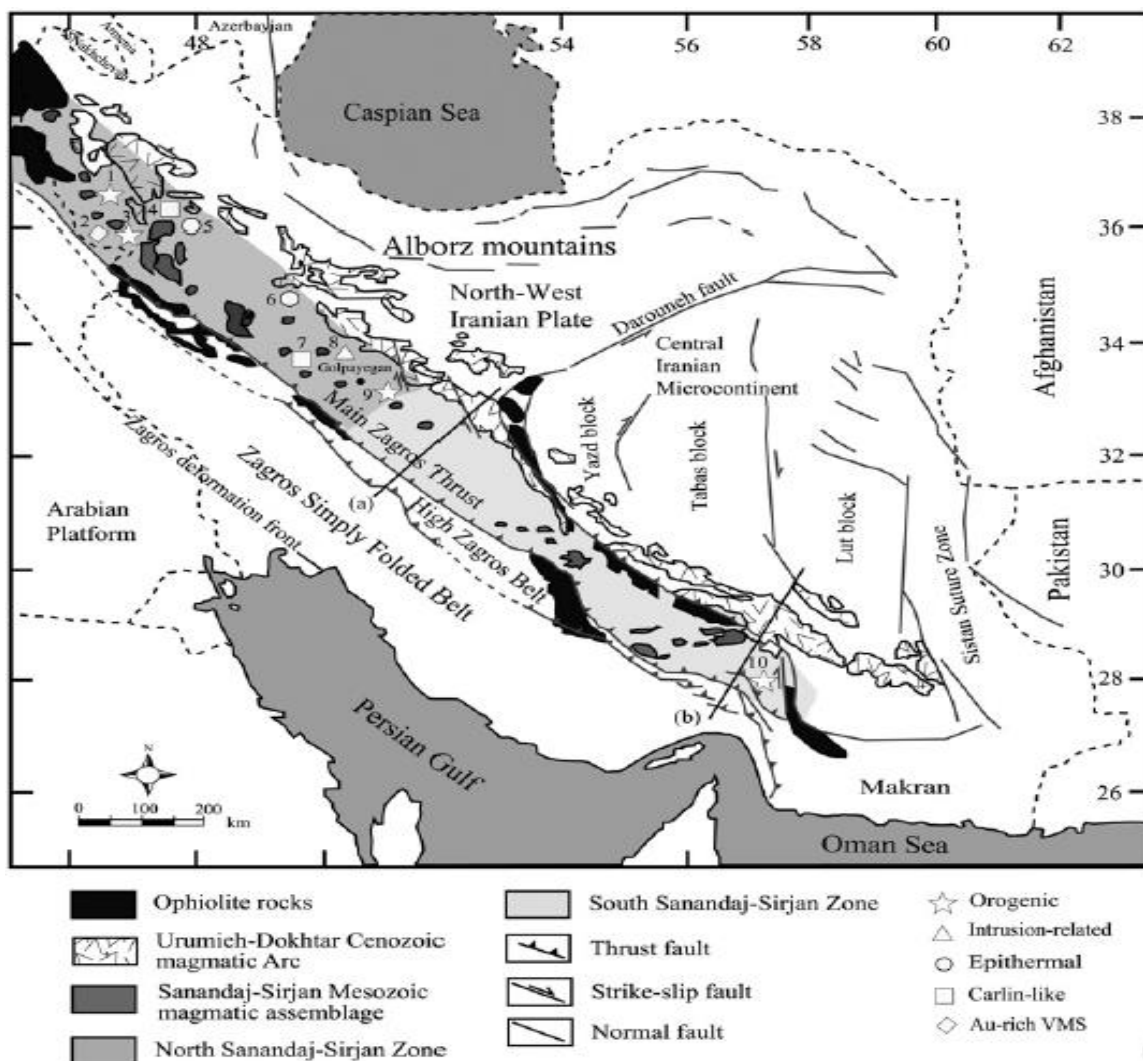
شرق ایران قرار دارند. در واقع پهنه‌ی سنندج - سیرجان میزبان طیف وسیعی از انواع کانسارهای طلا می‌باشد. کانسارهای طلا در این کمربند، در توالی‌های آتشفشانی-رسوبی مزوزوئیک فوقانی تا پالئوزوئیک فوقانی با دگرگونی درجه پایین شیبست سبز تا آمفیبولیت نمایانگر انواع کانسارهای طلایی است که به طور عمده در ارتباط با کوهزایی و وابسته به نفوذی‌ها می‌باشند. کانسارهای طلا در پهنه‌ی سنندج - سیرجان به سه ایالت متالوژنی مجزا شامل ایالت‌های متالوژنی شمالی، مرکزی و جنوبی طبقه‌بندی شده‌اند و شامل حداقل ۵ نوع اصلی از کانسارهای طلا در امتداد این پهنه‌ی می‌باشند (شکل ۲-۹)، که می‌توان به موارد زیر اشاره نمود:

- ۱- کانسارهای طلا کوهزایی (به طور مثال: قلقله، کرویان، قبغلوچه، خراپه، آلت، و ...).
 - ۲- کانسارهای طلای اپی‌ترمال (به طور مثال: کانسارهای آق دره، ساری گونی، توزلار، کاوند، اخترچی، گوزل بلاغ، و ...).
 - ۳- کانسارهای طلای نوع کارلین (به طور مثال: کانسارهای زرشوران، دره زرشک، و ...).
 - ۴- کانسار طلا مرتبط با نفوذی‌ها (به طور مثال: کانسار موته، آستانه-سربند، زر ترشت، و ...).
 - ۵- کانسارهای طلای مرتبط با کانسارهای سولفید توده‌ای (به طور مثال: کانسار باریکا).
- پهنه‌ی سنندج - سیرجان با توجه به کانسارهای طلای کوهزایی، قابل مقایسه با سایر کوهزایی‌های فانروزوئیکی است که با افزایش پوسته قاره‌ای در امتداد پهنه‌ی فرورانش گندوانا مانند آمریکای جنوبی و نیوزلند شکل گرفته است (Bierlein et al., ۲۰۰۱).

توزیع مکانی انواع کانسارهای طلا در پهنه‌ی سنندج - سیرجان در ارتباط با شکل‌گیری آن‌ها در چارچوب تکتونیکی منحصر به فردی است که به نوبه خود سرنخ‌های مهمی را در مورد متالوژنی این کانسارها ارائه می‌دهد. طلا برای اولین بار در سال ۱۸۲۳ در پهنه‌ی سنندج - سیرجان در مناطق طلای موته و زرترشت در بخش مرکزی و جنوبی پهنه‌ی سنندج - سیرجان ثبت شد. در دو دهه اخیر، کانه‌زائی‌های طلا از جمله قلقله، قبغلوچه، کروین، آلت، باریکا و خراپه در سرتاسر این پهنه کشف شده است (Angeles, ۲۰۰۵). از بزرگترین منبع طلا در پهنه‌ی سنندج - سیرجان می‌توان به کانسارهای ساری گونی، زرشوران، آق دره، و موته اشاره

نمود، پس از آن کانسارهای کوچکتر شامل زرترشت، قلقله، کروین، قبلغوجه، خراپه، توزلار و آستانه در الویت‌های بعدی قرار دارند. اگرچه بخش عمده‌ایی از کانه‌زائی‌های طلا در پهنه‌ی سنندج – سیرجان در ارتباط با دگرگونی‌ها می‌باشند اما در برخی از کانسارها مثل موته و آستانه، مرتبط با رژیم تکتونیکی کششی و با تولید و جانشینی ماگما و سیالات گرمایی همراه هستند. سن تشکیل کانسارهای طلای کوهزایی کرتاسه پایینی تا ترشیری است و منعکس کننده اوج دگرگونی در طول همگرایی کرتاسه – پالئوسن و فشردگی محلی است. سن الیگوسن تا پلیوسن اکثر سیستم‌های طلا وابسته به نفوذی‌ها سازگار با ساختارهای تکتونیکی جوان هستند که در امتداد گسل‌های نرمال تشکیل شده‌اند، و در ارتباط با رخدادهای تکتونیکی کششی ترشیری میانی – پایانی می‌باشند، به طوریکه در کمربند ماگمایی- متالوژنی ارومیه – دختر انواع مختلفی از کانسارهای طلا و مس به دنبال توسعه قوس‌ماگمایی شکل گرفته‌اند. در واقع، کانه‌زائی طلا در پهنه‌ی سنندج – سیرجان در دو مرحله اصلی رخ داده است، که شامل موارد زیر می‌باشد:

- ۱- فاز فشارشی : فاز فشارشی مرتبط با کانه‌زائی طلا تیپ کوهزائی در طی دوره کرتاسه تا ترشیری اولیه – میانی مانند کانسارهای قلقله، کروین، قبلغوجه، خراپه، زرترشت، و ... می‌باشد.
- ۲- فاز کششی: فاز کششی با کانه‌زائی‌های طلای مرتبط با توده‌های نفوذی (مانند موته، آستانه-سربند، و ...) و اپی‌ترمال (زرشوران، ساری‌گونی، آق‌دره، توزلار، کاوند، و ...) در طی دوره ائوسن تا پلیوسن مرتبط است.



شکل ۲-۴-

شکل ۲-۹. واحدهای اصلی تکتونیکی ایران نشان‌دهنده مکان و توزیع انواع مختلف کانسارهای طلا در شمال و جنوب پهنه‌ی سنندج - سیرجان

۲-۳- چینه‌شناسی ناحیه‌ای

به طور کلی منطقه تکاب از قدیم به جدید شامل سنگ‌های دگرگونه پرکامبرین، سنگ‌های دگرگونه پیش از پرمین، نهشته‌های کرتاسه، سنگ‌های آذرآواری و آتشفشانی انوسن، نهشته‌های آواری الیگوسن، نهشته‌های

آواری - کربناته - الیگو- میوسن، نهشته‌های آواری میو- پلیوسن، سنگ‌های آتشفشانی میو پلیوسن و کواترنری و نهشته‌های کواترنری است (Alavi and Amidi, ۱۹۷۶).

پرکامبرین - پالئوزوئیک: قدیمی‌ترین واحدهای سنگی در ورقه تکاب توالی نسبتاً ضخیمی از میکاشیست‌ها و کوارتزیت پرکامبرین پسین است، که در شمال شرقی این چهارگوش رخنمون دارد. این واحد از بسیاری جهات شبیه سازند کهر می‌باشد که مجموعه رسوبات آن در بخش‌های خاصی دچار دگرگونی شده است. یک سری سنگ‌های دگرگونه گنایسی به سن پرکامبرین پسین به رنگ صورتی روشن بخش‌هایی از شمال شرقی ناحیه را دربر گرفته‌اند. همبری گنایس‌های پرکامبرین با توده‌های نفوذی دیوریتی عاملی برای کریستالیزه بودن کانی‌های تشکیل دهنده‌ی آن‌ها می‌باشد. آمفیبولیت‌های پرکامبرین پسین احتمالاً سنگ‌های گابرویی یا بازالتی هستند، که دگرگون شده‌اند، و با شیست‌ها، واحدهای مرمر دلومیتی، و سرپانتینیت‌ها همبری دارد. واحد سرپانتینی متشکل از سرپانتینیت و کلریت با ضخامتی در حدود ۲ تا ۵۰ متری در بین سنگ‌های دگرگونه میکاشیست و کوارتزیت و مرمر دلومیتی در شمال شرق ناحیه رخنمون دارد و به صورت تکتونیکی با شیست و آمفیبولیت پرکامبرین پسین همبری دارد. بر روی مجموعه سنگ‌های دگرگونی میکاشیست و افق سرپانتینی واحد لایه‌بندی شده از جنس مرمر به ضخامت ۳۰۰ - ۲۵۰ متر در بخش‌های شمال و شمال شرق ناحیه رخنمون دارد. این واحد با شیبی نزدیک به ۳۰ درجه در زیر واحد دلومیتی سفید رنگ قرار گرفته است. واحد دلومیت سفید رنگ ارتفاعات شمال شرق منطقه را تشکیل می‌دهد و به صورت بین انگشتی در لابه لای واحد دلومیتی فوقانی مرمری شده است. این واحد دلومیتی به همراه واحد مرمری زیرین هم ارز بخش زیرین دولومیت سلطانیه با زمان پرکامبرین پسین معرفی شده است.

مزوزوئیک: واحد دگرگونه به سن کرتاسه با ترکیب فیلیت و اسلیت در بخش‌هایی از ناحیه رخنمون دارند. از عمده‌ترین کانی‌های تشکیل دهنده این واحد می‌توان به مسکویت و کلریت که حذفاصل بلورهای کوارتز را پر کرده‌اند، اشاره نمود. مجموعه سنگ‌های رسوبی شیل و شیل ماسه‌ای به شده خرد شده به سن کرتاسه پایینی، بصورت دگرشیب روی این واحد دگرگونی نشسته‌اند.

اٲوسن: سنوزٲیک در منطقه با ماسه‌سنگ‌های ریز تا متوسط دانه اٲوسن آغاز می‌شود. این واحد سنگی بر روی شیل و ماسه سنگ و فیلیت‌های کرتاسه قرار گرفته است، و به نوبه خود بوسیله کنگومرای اولیگوسن پوشیده می‌شود. در بین لایه‌های ماسه‌سنگی اٲوسن کنگلومرا با ضخامت ۲۰ متر با سیمان سخت ماسه‌ای رخنمون دارد. قطعات کنگلومرا اغلب شیست، فیلیت و اسلیت می‌باشد. فعالیت‌های ولکانیکی اٲوسن با یک سری انفجارهای آتشفشانی شامل توف و توف برش آغاز می‌شود. همبری پایین واحد توفی اٲوسن ماسه‌سنگ‌های اٲوسن و همبری بالایی آن شامل گدازه‌های اٲوسن با ضخامت ۵۰ تا ۷۰ متر با ترکیب گدازه آندزیتی- تراکی- آندزیتی است که به شدت خرد شده هستند. لابه لای این واحد گدازه‌ای توف برشی آندزیتی نیز وجود دارد. همبری بالایی این واحد ماسه سنگ‌های اٲوسن است.

الیگوسن و الیگو- میوسن: کنگلومرای الیگوسن با ضخامت ۱۵۰ متر معادل سازند قرمز زیرین در قم در نظر گرفته شده است و بر روی ماسه سنگ‌های اٲوسن به طور ناپیوسته قرار می‌گیرد. علاوه بر این واحد آهکی الیگو-میوسن با ضخامت ۳۰ تا ۸۰ متر معادل سنگ آهک A سازند قم است. واحد مارنی الیگو- میوسن نیز با واحد کنگلومرای پلیوسن به دلیل شیب کم بیشترین گستره منطقه را پوشش داده است. گسترش این واحد بیشتر در بخش مرکزی و شرقی ورقه بوده و به صورت همشیب بر روی واحد آهکی الیگو- میوسن قرار گرفته است. در بین این واحد مارنی، ژپس و انیدریت به رنگ خاکستری و شیری تیره رخنمون دارد. بر روی واحد مارنی سبز رنگ، واحد مارنی- ماسه‌ای به رنگ قرمز به طور همشیب قرار می‌گیرد تفاوت واحد مارنی - ماسه‌ای با واحد مارنی در رنگ و لیتولوژی آنها است. در واحد مارنی ماسه سنگ به صورت میان لایه‌ای حضور دارد. علاوه براین، واحد ماسه سنگی الیگو- میوسن به عنوان بخشی از واحد مارنی- ماسه‌سنگی با روند شمال غربی -جنوب شرقی در بین واحد مارنی جای گرفته است. در حاشیه جنوبی واحد ماسه سنگی الیگو- میوسن واحد کنگلومرای به شکل نوار باریکی در شمال ورقه رخنمون دارد. بخش آتشفشانی الیگو- میوسن با ترکیب آندزیت بازال و بافت پورفیریک، آندزیت تا داسیت و توف برش آندزیتی با ضخامت ۴۰ متر آخرین بخش از قسمت الیگو- میوسن می‌باشد.

میوسن: بر روی مجموعه سنگ‌های آواری - کربناته، الیگو - میوسن یک ردیف ضخیم مارنی و ماسه سنگی قرمز رنگ به صورت دگر شیب جای می‌گیرد که احتمالاً معادل سازند قرمز بالایی بوده و از واحدهای کنگومرا، ماسه سنگی - مارنی و مارنی تشکیل شده است.

پلیوسن: واحد کنگلومرای پلیوسن شامل یک کنگلومرای سخت نشده با زمینه ماسه‌ای - رسی همراه با میان‌لایه‌هایی از ماسه سنگ نرم و سبز و واحد مارنی الیگو - میوسن بیشترین گستره محدوده ورقه را پوشش می‌دهند.

کوارترنری: واحد ولکانیکی کوارترنری با ترکیب غالباً بازالتی تا آندزیتی در شمال و شمال غرب ناحیه بیشترین رخنمون را دارد. پادگانه‌های آبرفتی و مخروطه افکنه‌های کهن با ترکیب کنگلومرای سست با میان‌لایه‌های رسی - ماسه‌ای با ضخامت متفاوت در منطقه رخنمون دارند. علاوه بر این، رسوبات آهکی (تراورتن) در بخش - های مرکزی و شمالی ورقه مشاهده می‌شوند. پادگانه‌های آبرفتی و مخروطه افکنه‌های جوان حاصل از رسوبات آواری سخت نشده مربوط به سازندهای قدیمی و همچنین رسوبات آبرفتی در بستر رودخانه‌ها نیز در منطقه رخنمون می‌یابند.

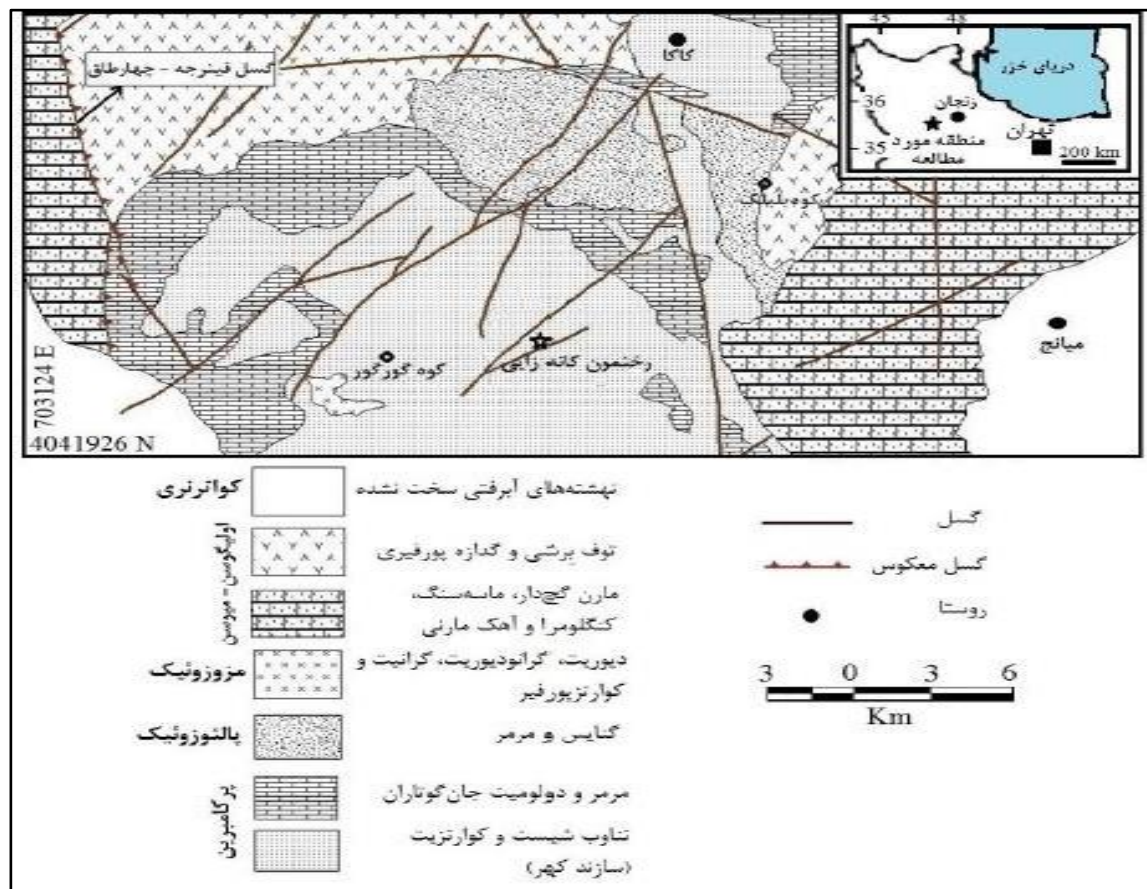
توده‌های نفوذی موجود در منطقه: نفوذهای منطقه شامل تعدادی گنبد داسیتی نیمه ژرف، گرانودیوریت، دیوریت و یک توده موسکویت گرانیات می‌باشد. توده‌ی گرانیات در شمال شرقی ورقه تکاب در شمال روستای آی‌قلعه‌سی در واحد ماسه‌سنگی ائوسن نفوذ کرده است و با توجه به جایگزینی آن در واحدهای ماسه سنگی ائوسن می‌توان زمان بعد از ائوسن برای آن در نظر گرفت. کانی‌شناسی این واحد اغلب آلکالی فلدسپار، کوارتز، و پلاژیوکلاز می‌باشد. پگماتیت گرانیات‌ها کانی‌شناسی پلاژیوکلاز با ترکیب آلبیت - الیگوکلاز است که در اغلب موارد سریسیتی و رسی شده به همراه آلکالی فلدسپار سریسیتی شده و کوارتزهای بی‌شکل ترکیب این سنگ‌ها را تشکیل می‌دهند. تعداد بی‌شماری توده‌ی دیوریتی نیز در محدوده‌ی ورقه ۱/۲۵۰۰۰۰ تکاب در ماسه‌سنگ - های ائوسن نفوذ کرده است. این واحدهای ماسه‌سنگی در تماس با توده‌ی دیوریتی دگرگون شده و نوار باریکی از واحد هورنفلسی را به وجود آورده‌اند. توده‌های نیمه عمیق داسیتی میوسن تا پلیوسن سنگ‌های ائوسن و

الیگو- میوسن را در چندین نقطه قطع می کنند همچنین می توان گفت فعالیت های ژئوترمالی موجود در منطقه احتمالاً در ارتباط با مراحل پایانی سرد شدن ماگمای تشکیل دهنده آنها در عمق است. واحد توفی با ترکیب لیتیک توف- توف برش اسیدی با ترکیب داسیتی - ریوداسیتی در حاشیه شمال شرقی ورقه تکاب و در شمال غرب روستای آی قلعه سی برونزد یافته است. پهنه های دگرسانی محصول دگرسانی واحدهای میکاشیست، سنگ های آذرآواری، و توده های نیمه عمیق داسیتی در مناطق مختلف به خصوص در نقاط مرکزی، غربی و شمال ورقه پراکنده هستند. تعدادی دایک نیز درون گنبدهای داسیتی در این ناحیه مشاهده می شود.

۴-۲- زمین شناسی ساختمانی

وضعیت ساختاری منطقه تکاب مانند دیگر پدیده های زمین شناسی آن است؛ به این صورت که بخش هایی از چهارگوش ۱/۲۵۰۰۰ تکاب، ویژگی های زمین شناسی و ساختاری ایران مرکزی را نشان می دهند. در حالیکه مناطقی از آن، ویژگی های زمین شناسی و ساختاری مشابه البرز و یا سنندج - سیرجان را دارند. اغلب گسل های موجود در ورقه تکاب به طور فراوان در شمال شرق آن و جنوب شرقی منطقه رخنمون دارند. دو دسته گسل اصلی در شمال شرق تکاب کنترل کننده تغییر شکل مناطق مرتبط با آن محدوده هستند. دسته اول با شیب زیاد و روند شمال شمال باختر- جنوب جنوب خاور دارای سازوکار اصلی راستالغز راست بر و مولفه وارون است. دسته دوم با شیب متوسط، سازوکار وارون و روند باختر شمال باختری- خاور جنوب خاوری که به روشنی با گسل های دسته اول جابه جا شده اند. گسل های اصلی که سازو کار راستالغز راست بر با مولفه وارون دارند موجب شکل گیری ترافشارش شیب دار شده اند. چین های مرتبط با گسلش که در فرادیواره و فرودیواره گسل ها به وجود آمده اند - به ویژه در رسوبات سنوزوییک به خوبی فعالیت جوان منطقه و بالا آمدگی را نشان می دهند. گسترش گسل های عادی و چین های محلی و در پی آن، روند کانون رخداد زمین لرزه ها شاهدهی بر فعال بودن زمین ساخت است. گسل های عادی با روند شمال غرب- جنوب شرق، شمال شرقی- جنوب غربی و شمالی

- جنوبی متعددی در واحد مارنی-ماسه‌سنگی الیگو- میوسن با جابه جایی قائم در بخش‌های مختلف و به خصوص در جنوب شرق ناحیه وجود دارد. مهمترین گسل منطقه، گسل تراستی چهار طاق است که سبب راندگی سنگ‌های دگرگونی پرکامبرین بر روی سازند ائوسن شده است. این گسل در محل چرخش خود در جنوب شرق آبادی چیچکلو دچار شکستگی‌هایی شده است. این گسل با شیبی بین ۴۰ تا ۵۰ درجه به طرف شمال شرق به صورت راستگرد عمل کرده است. گسل چهار طاق دارای امتداد شمال شمال غربی - جنوب جنوب شرقی است (شکل ۲-۱۰). اثر این گسل را می‌توان به سوی شمال غربی تا شمال غربی روستای تازه‌کند پیگیری کرد. در این منطقه شیب آن زیاد و تقریباً قائم است و پس از آن در زیر رسوبات جوان و تراورتن‌ها پوشیده می‌شود؛ به سمت جنوب شرق شیب این گسل کاهش می‌یابد و در نزدیکی روستای چهار طاق به حدود ۶۰ درجه می‌رسد. در پایانه جنوب شرقی گسل چهار طاق امتداد آن تغییر می‌کند و شرقی- غربی می‌شود. البته این احتمال نیز وجود دارد که این بخش شرقی- غربی، یک گسل وارون در پایانه فشاری گسل چهار طاق باشد که در اثر حرکت راست بر این گسل ایجاد شده است. در مورد ساز و کار این گسل اختلاف نظر وجود دارد، برخی آن را یک گسل عادی (Shafaii Moghadam, ۲۰۱۶) و برخی دیگر آن را یک گسل راستالغز (Allen et al., ۲۰۱۱) با جابه جایی راست بر ۱۵ کیلومتری ولی بیشتر افراد آن را راندگی (Saki, ۲۰۱۰) در نظر می‌گیرند.



شکل ۲-۱۰. نقشه زمین‌شناسی ساده منطقه تکاب و گسل چهار طاق (باباخانی و قلمقاش، ۱۳۸۴).

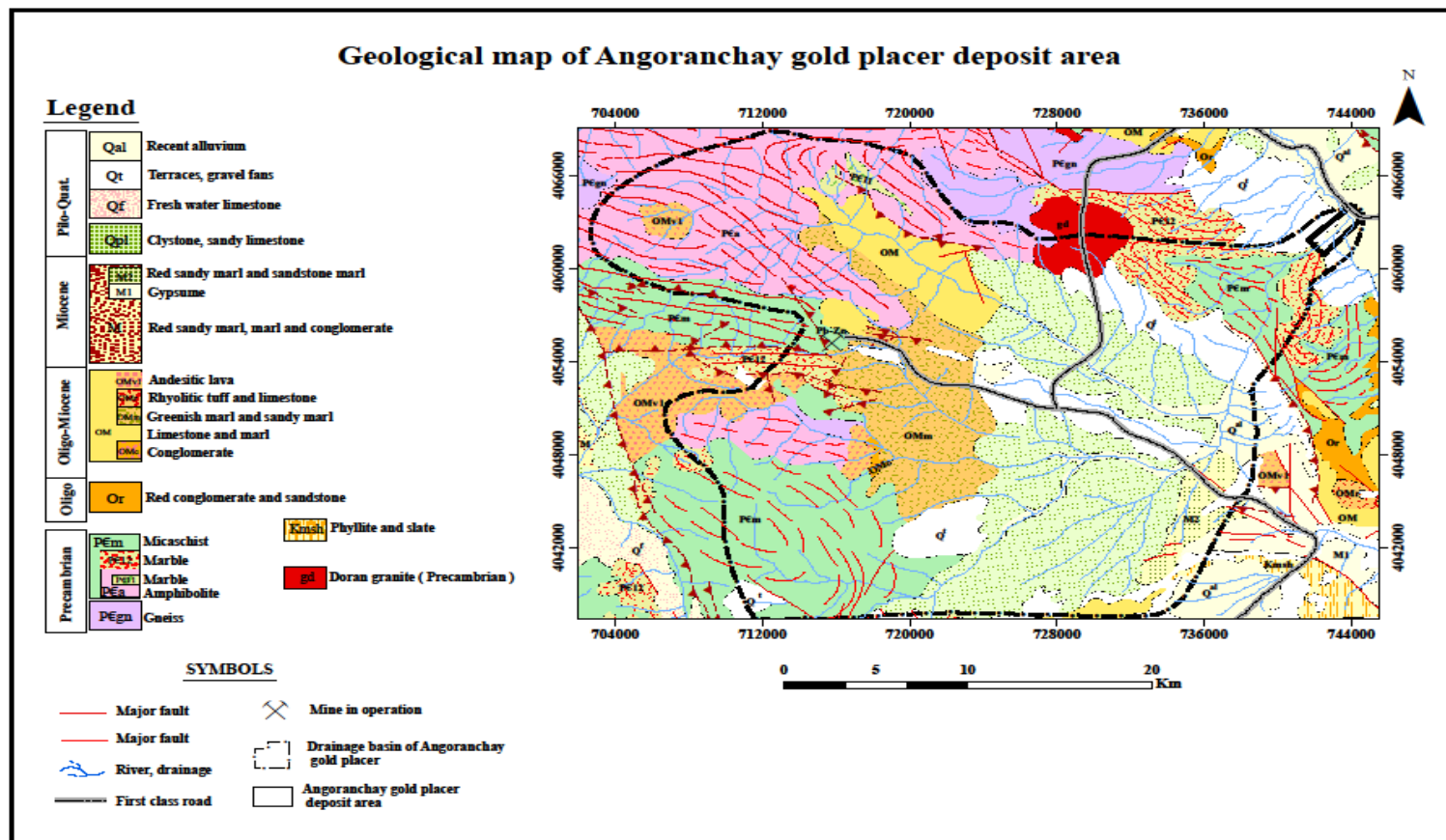
۵-۲- زمین‌شناسی اقتصادی

قربانی (۱۳۸۱) از دیدگاه زمین‌شناسی اقتصادی و پراکندگی کانسارها پهنه‌ی سمنج - سیرجان را به سه بخش زیر تقسیم می‌کند: بخش جنوبی، با داشتن کروم در اولترامافیک‌های آبدشت، و فاریاب، آهن، و آهن-مگنز در گل‌گوهر، هنشک، بافت، و موته، سرب، روی و مس در نواحی چاه‌گز، سرگز، بوانات، و ... شاخص است. در بخش میانی، کانی‌سازی اصلی سرب، روی، نقره، آهن، مگنز، قلع، تنگستن، و طلا است، که در محور گلپایگان-اصفهان، و شمس‌آباد - نظام‌آباد مشاهده می‌شود. علاوه بر این، در این بخش از سمنج-سیرجان کانسارهای تالک، گرافیت، باریت و سنگ‌های ساختمانی نیز اهمیت ویژه‌ای دارند. در بخش شمالی این پهنه، کانسار روی، سرب و نقره انگوران، کانسارهای آهن (کانسارهای آهن همه‌کسی شمال همدان و شمال سُنقر،

شمال باختری دیواندره)، کانسارهای طلا-آنتیموان داشکسن، طلا-آرسنیک زرشوران، طلای آق دره، طلای توزلار، پلی متال بایچه باغ، سرب آی قلعه سی و ... وجود دارند. کانسارهایی که پیش از همه می تواند در پهنه ی سنندج - سیرجان از نظر اقتصادی با اهمیت باشد، وجود انواع مختلف سنگ های تزئینی و نما (مرمر، دولومیت های مرمری شده، تراورتن، دیوریت، و ...) و کانی های صنعتی (آزبست، تالک، گارنت، بوکسیت، بریل، باریت، فلوریت، آلومینوسیلیکات ها، فلدسپات، کائولن، شن و ماسه، و ...) با ذخایر زیاد است. در محدوده ورقه ۱/۲۵۰۰۰۰ تکاب که در بخش شمالی پهنه ی سنندج سیرجان واقع است، نشانه های معدنی فراوان و همچنین معادن فعال و متروکه ای یافت می شود؛ که می توان به سنگ های ساختمانی از جمله مرمر، تراورتن، دولومیت، و دیوریت، کانی های صنعتی مانند آزبست، تالک، فلدسپار، کائولن، شن و ماسه، گچ، نمک، باریت، بر، سلسیت، و پتاس، کانسارهای فلزی مانند طلا، آهن، منگنز، سرب، روی، مس، و آنتیموان اشاره نمود.

۶-۲- زمین شناسی و چینه شناسی منطقه ی کانسار طلای انگوران چای

در حوضه ی آبریز کانسار پلاسر طلای انگوران چای، سازندهای زمین شناسی از پرکامبرین پسین تا کواترنری رخنمون دارد، که در زیر به شرح آن پرداخته می شود (Alavi and Amidi, ۱۹۷۶). (شکل ۲-۱۱).



شکل ۱۱-۲. نقشه زمین‌شناسی حوزه آبریز کانسار طلای پلاسرا انگوران‌چای برگرفته از نقشه زمین‌شناسی ۱/۲۵۰۰۰۰ تکاپ (۱۹۷۶, Alavi and Amidi).

۱-۶-۲- پرکامبرین پسین

مجموعه‌های سنگی پرکامبرین پسین بخش وسیعی از حوضه آبریز رود انگوران‌چای را تشکیل می‌دهند و شامل واحدهای دگرگونی با سنگ‌شناسی گنایس، آمفیبولیت، میکاشیست، مرمر و توده‌ی گرانیته‌ی دوران می‌باشند.

واحد گنایس (Pegn): از گنایس بیوتیت‌دار با بافت پورفیروبلاستیک تا گرانوبلاستیک و به رنگ خاکستری روشن تشکیل شده است، که در بعضی جاها فابریک میلونیتی از خود نشان می‌دهند.

واحد آمفیبولیت (Pfa): با بافت نماتوبلاستیک و به رنگ خاکستری تیره، میان‌لایه‌هائی از گنایس گرانیته‌ی و در بعضی جاها توده‌هایی از سنگ‌های اولترامافیک را در بر دارد.

واحد میکاشیست (Pcm): از کوارتز شیست میکادار با بافت لپیدوبلاستیک و گستردگی یکنواخت و به رنگ خاکستری تیره تشکیل شده است، که تا اندازه‌ای به رخساره لکه‌دار کیانیت-گرونا تبدیل شده است.

واحد مرمر (Pc^۱): تناوبی از مرمر و شیست به رنگ خاکستری روشن است که در آن لایه‌های مرمر واحدهای سنگی غالب هستند.

توده گرانیته‌ی (gd): گرانیته آناتکسی با ترکیب قلیائی، در مطالعات میکروسکوپی با بافت هیپایدیومورفیک و در مشاهدات صحرایی به رنگ سفید تا خاکستری روشن است (Alavi and Amidi, ۱۹۷۶).

ذکر این نکته حائز اهمیت است که واحدهای شیستی و مرمری پرکامبرین در ناحیه تکاب-ماه‌نشان، میزبان کانسارهای روی (سرب و نقره) انگوران و طلا-آرسنیک زرشوران، و تعداد بیشماری نشانه‌های معدنی و معادن متروکه طلا، روی، سرب، آرسنیک، و مس هستند. کانسار روی انگوران در حوضه‌ی آبریز انگوران‌چای و کانسار طلا-آرسنیک زرشوان خارج از حوضه آبریز انگوران‌چای و در فاصله بسیار اندکی در باختر آن واقع است.

۲-۶-۲- الیگوسن (Or)

در حوضه آبریز انگوران چای، الیگوسن شامل سازند قرمز پایینی با ترکیب سنگی کنگلومرا و ماسه سنگ ضخیم لایه به رنگ قرمز تا قهوه‌ای است .

۳-۶-۲- الیگو-میوسن (OM)

الیگو-میوسن در منطقه مورد مطالعه توالی رسوبی-آذرآواری سازند قم را شامل می‌شود که از سنگ‌آهک و مارن، مارن ماسه‌ای، آهک کنگلومرانی و توف ترکیب یافته است. بر روی واحدهای سازند قم به ترتیب واحد توف ریولیتی، سنگ آهک و واحد گدازه آندزیتی و ریولیتی قرار گرفته است.

واحدهای رسوبی و آذرآواری الیگو-میوسن در ناحیه تکاب-ماه‌نشان میزبان کانه‌زائی‌های رگه-رگچه‌ای و برشی گرمابی طلا، سرب، روی، مس، مولیبدن، کبالت، و بیسموت است، که کانه‌زائی‌های طلای آق‌دره، طلا (مس) توزلار، سرب و روی آی‌قلعه‌سی، چندفلزی بایچه باغ، سرب و روی علم‌کندی از نمونه‌های بارز آن هستند که در فصل (۱) به توصیف مختصر این کنسارها پرداخته شده است.

۴-۶-۲- میوسن (M)

میوسن در منطقه مورد مطالعه توالی رسوبی تخریبی سازند قرمز بالایی را شامل می‌شود که از واحدهای مارن و مارن‌های گچ‌دار، مارن ماسه‌ای و ماسه سنگ ترکیب یافته است. واحدهای مارنی و مارن‌های گچ‌دار تناوبی از مارن‌های سبز و قهوه‌ای است که در آن لایه‌های قهوه‌ای رنگ غالب هستند، در مواردی لایه‌های سفید رنگ توف و گچ نیز در این واحد مشاهده می‌شود. واحد مارن ماسه‌ای و ماسه سنگ، تناوبی از مارن و مارن‌های ماسه‌ای سبز

و قهوه‌ای و ماسه‌سنگ است که در بخش پایینی این واحد لایه‌های مارن قهوه‌ای و در بخش بالایی آن لایه‌های مارن سبز رنگ غالب است.

۵-۶-۲- پلیوکواترنری

پلیوکواترنری در حوضه آبریز انگوران‌چای شامل آمیزه‌ای از کنگلومرا، ماسه‌سنگ، رس‌سنگ، توف برشی، خاکستر آتشفشانی به رنگ سفید تا خاکستری روشن و تراس‌های رودخانه‌ای جوان و همچنین شامل آبرفت‌های عهد حاضر و پادگانه‌های آبرفتی است. آبرفت‌های عهد حاضر در دهانه رود انگوران‌چای، پلاسر طلای انگوران‌چای را تشکیل می‌دهند. بخشی از ذرات طلای آزاد در پلاسر انگوران‌چای به احتمال از فرسایش آمیزه‌های کنگلومرا به همراه تراس‌های رودخانه‌ای جوان تأمین می‌گردد. همچنین ذرات طلای موجود در آبرفت‌های عهد حاضر و تراس‌های رودخانه‌ای نیز به نوبه خود از هوازدگی و فرسایش کانسنگ‌های طلادار ناحیه تکاب- ماه‌نشان منشاء می‌گیرند.

فصل ۳ : نمونه برداری، آماده سازی و تجزیه نمونه ها

۱-۳- مقدمه

نمونه‌برداری به عنوان انتخاب بهینه و برداشت جزء معرف از یک جامعه تعریف می‌شود. عملیات نمونه‌برداری نخستین گام در راه کسب اطلاعات از زمین است و کارشناسان از طرق گوناگون کوشیده‌اند تا کارآمدترین شیوه‌های اکتشافی را برای کسب این اطلاعات در پیش گیرند. این اطلاعات تا زمان انجام تجزیه‌های شیمیایی به صورت نهان و خام در دل نمونه‌ها نهفته است. مراحل گوناگون از جمله آماده‌سازی صحرایی (انتخاب قطر بهینه ذرات، انتخاب وزن بهینه نمونه، خشک کردن، تقسیم بخشی)، و مراحل آماده‌سازی آزمایشگاهی (خردایش، تقسیم بخشی، نرمایش، انتخاب نمونه مورد آزمایش و نمونه بایگانی) بر روی نمونه‌ها انجام می‌شود تا نمونه از حالت خام در آید و نتایج آن پس از سیر روند آنالیز به صورت کمی یا نیمه کمی در اختیار داده‌پرداز قرار گیرد. در طراحی، برداشت و آماده‌سازی نمونه‌ها سعی بر این است که خطاهای احتمالی موجود به مقدار کمینه رسیده، و داده‌هایی با دقت و صحت بالا تولید شود. در این فصل، انواع نمونه‌ها، روش‌های نمونه‌برداری، آماده‌سازی و تجزیه شیمیایی نمونه‌ها که در مطالعه‌ی حاضر انجام شده است، توضیح داده می‌شود.

۲-۳- مهاجرت عناصر و کانی‌ها توسط جریان‌ات سطحی

عناصر ممکن است از محل منشا تا فواصل مختلف مهاجرت کنند. این امر می‌تواند به صورت مهاجرت کانی‌های موجود در قطعات حاصل از فرسایش رخنمون‌های سنگی و کانسنگی باشد که حامل عناصر مختلف هستند. عناصر همچنین می‌توانند به صورت مواد جذب شده در سطح ترکیبات دیگر مانند رس‌ها و اکسید-هیدروکسیدهای آهن و منگنز مهاجرت کنند، و نوعی دیگر از مهاجرت عناصر به صورت یون‌ها و مولکول‌های محلول در آب است. در فرآیند مهاجرت عناصر، کانی‌ها و قطعات سنگی، پارامترهای فیزیکی از قبیل شیب توپوگرافی، سرعت آب، مرفولوژی بستر آبراهه‌ها، حجم جریان‌ات سطحی، تنداب‌های فصلی، وزن مخصوص و مقاومت مواد در مقابل فرسایش نقش اساسی دارند. در مناطقی که شیب توپوگرافی نسبتاً آرام باشد، مواد

سنگین تر و دانه درشت ته نشین شده و تمرکز بیشتری پیدا می کنند. مواد دانه ریز از قبیل رس و سیلت تا مناطق دورتر حمل شده، و در صورتی که عناصری به صورت جذب سطحی در بخش های رسی متمرکز شده باشند، به نوعی از سایر مواد معلق در آب های سطحی جدا شده و در مناطق پائین دست با توپوگرافی آرام متمرکز می شوند. الگوی پراکندگی عناصر در رسوبات رودخانه ای، در جهت نقاط مرتفع تر و بالا دست آبراهه ها با آهنگ نسبتاً ملایمی افزایش یافته تا به یک مقدار بیشینه می رسد و پس از عبور از این حد به سرعت کاهش می یابد. نقش مواد آلی را نباید در الگوی مهاجرت عناصر توسط آب های سطحی از نظر دور داشت، زیرا اغلب به علت ارتباط با پدیده جذب غلظت فلزات در آنها بالا است. برای اکثریت قریب به اتفاق عناصر کمیابی که غلظت آنها در آب های مناطق سطحی خیلی کم است. عمل ته نشست از طریق پدیده هم رسوبی یا مواد جذب کننده آنها صورت می گیرد. جذب عناصر کمیابی که توسط کلوئیدها و مواد آلی در آب های سطحی حمل می شوند، بایستی در کلیه بررسی های ژئوشیمیائی که در آنها الگوی توزیع عناصر کمیاب در رسوبات جوان و یا خاک ها انجام می گیرد، در نظر گرفته شود. عناصری نظیر آهن و منگنز که در محیط های احیا کننده محلول هستند در سطح رودخانه ها و در مجاورت با اکسیژن رسوب می کنند و به علت توانائی عناصر مذکور در جذب بعضی از عناصر کمیاب تمرکزهایی از این عناصر کمیاب ایجاد می شود. در نواحی که درجه سختی آب (یون های کلسیم و منیزیم) بالا باشد، قابلیت تحرک بعضی از فلزات سنگین که به صورت کمپلکس توسط آهن و منگنز مهاجرت می کنند، کم می شود. نقش درجه حرارت نیز به لحاظ بررسی میزان و نحوه مهاجرت عناصر قابل توجه است و در نواحی سردسیر و قطبی مهاجرت مواد بیشتر به صورت مکانیکی صورت می پذیرد. میزان مهاجرت مواد در این مناطق بسیار کم بوده و ممکن است حداکثر به چند کیلومتر برسد. در مناطق گرم و مرطوب عموماً پدیده های فرسایش به صورت شدیدتر عمل کرده و لایه های ضخیمی از کانی های غنی از آلومینیم بر روی رخنمون های سنگی تشکیل می شود. در این محیط به علت وجود رس ها و مواد آلی، مهاجرت از نوع غیرمکانیکی نیز نقش اساسی پیدا می کند.

۳-۳- طراحی شبکه نمونه برداری

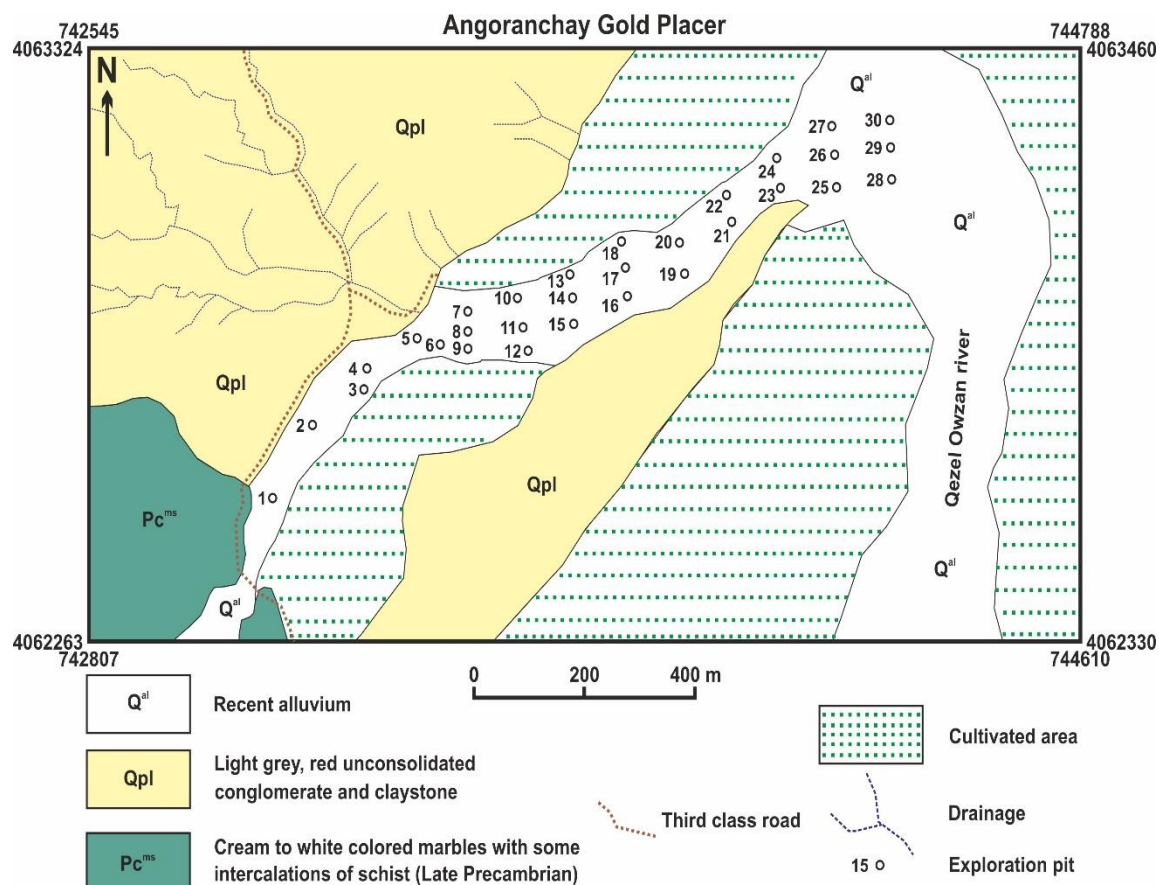
یکی از مراحل مهم و اساسی هر پروژه اکتشافی طراحی نقاط نمونه برداری است که به عنوان پایه و اساس کار بایستی بدون خطا و یا با کمترین خطا صورت گیرد. این طراحی با بررسی و شناخت حوضه های پلاسر و با هدف نمونه برداری از رسوبات آن ها انجام می گیرد. در پروژه حاضر، بر اساس نتایج مطالعات مراحل پی جویی و اکتشاف مقدماتی، مساحت رسوبات آبرفتی طلا دار، مقیاس عملیات اکتشافی، و همچنین با در نظر گرفتن زمان و بودجه به طراحی شبکه حفر چاهک های اکتشافی و نمونه برداری از چاهک ها اقدام شده است. پلاسر انگوران چای با امتداد جنوب غرب- شمال شرق دارای متوسط طول و عرض ۱۲۰۰ و ۳۰۰ متر است. رسوبات آبرفتی عهد حاضر، پلاسر طلا دار انگوران چای را تشکیل می دهند (شکل ۳-۱۲).



شکل ۳-۱۲. رسوبات آبرفتی محدوده ی پلاسر طلای انگوران چای (دید به سمت شمال خاور).

محدوده ی پلاسر انگوران چای از قسمت جنوب غرب بوسیله واحدهای مرمری و میکاشیستی پرکامبرین، از طرفین بوسیله کنگلومرا و رس سنگ های سفت نشده و تراس های قدیمی تر کواترنری، و از قسمت شمال شرقی

بوسیله آبرفت‌های عهد حاضر رودخانه قزل اوزن احاطه شده است. در این مرحله از اکتشاف، در محدوده پلاسر انگوران چای تعداد ۳۰ حلقه چاهک اکتشافی در ابعاد شبکه ۱۰۰ در ۵۰ متر طراحی و حفر شده است (شکل ۳-۱۳).



شکل ۳-۱۳. موقعیت مکانی ۳۰ حلقه چاهک اکتشافی در محدوده پلاسر انگوران چای.

چاهک‌های اکتشافی به طریقه دستی و توسط مقنی‌های محلی حفر شده است (شکل‌های ۳-۱۴). عمق چاهک‌های حفر شده از ۲ تا ۷ متر متغیر است، و به دلیل ریزش دیواره چاهک‌ها و هجوم آب از دیواره‌ها به داخل چاهک‌ها ادامه حفاری بیشتر در بعضی از چاهک‌ها مقدور نبوده است. این مشکل به ویژه در چاهک‌های واقع در بخش شمال شرقی پلاسر انگوران چای (نزدیکی محل اتصال رود انگوران چای به رودخانه قزل اوزن) وجود داشته است. به دلیل ضخامت زیاد رسوبات آبرفتی، سنگ بستر در هیچکدام از چاهک‌های اکتشافی نمایان

نشده است. آبرفت‌های طلادار انگوران چای با متوسط ۱۲۰۰ متر طول و ۳۰۰ متر عرض به احتمال زیاد دارای متوسط ضخامت (عمق) بیش از ۲۵ متر می‌باشد و ضخامت آبرفت از ابتدای پلاسر در بخش شمال غربی تا خروجی و محل اتصال آن به رودخانه قزل اوزن در بخش شمال شرقی افزایش می‌یابد.



شکل ۳-۱۴. حفر چاهک‌های اکتشافی به طریقه‌ی سنتی توسط مقنی‌های محلی.

۳-۴- نمونه برداری ژئوشیمیایی و کانی سنگین

در این مرحله از کارهای اکتشافی در پلاسر انگوران چای، برای ارزیابی عیار و ذخیره طلا، بررسی تغییرات جانبی و عمودی مقدار عیار طلا، و شناسایی عناصر و کانی‌های همراه طلا به برداشت نمونه‌های ژئوشیمی سیلت و کانی سنگین اقدام شده است.

۳-۴-۱- برداشت نمونه‌های ژئوشیمی سیلت

به طور کلی مراحل مختلف اجرای پروژه‌های اکتشافات ژئوشیمیایی شامل طراحی نمونه‌ها، نمونه‌برداری، تجزیه شیمیایی نمونه‌ها، پردازش داده‌ها، بررسی و تدوین گزارش زنجیروار و سلسه مراتبی به هم پیوسته می‌باشند و از آنجا که داده‌های حاصل از تجزیه نمونه‌ها در تعیین آنومالی‌های ژئوشیمیایی و تعیین عیار و

ذخیره مواد معدنی نقش اساسی دارد، لذا دقت در تعیین قطر بهینه ذرات رسوبات (جزء مش بهینه رسوبات) همچون سایر مراحل بسیار مهم است. یکی از دلایل اصلی انتخاب جزئی خاصی از رسوبات، شدت بخشی به هاله‌های ژئوشیمیایی ثانویه عناصر می‌باشد. انتخاب قطر بهینه ذرات رسوب در کاوش‌های ژئوشیمیایی از طریق انجام مطالعات ژئوشیمیایی توجیهی امکان‌پذیر است. در مطالعه حاضر، بررسی‌های ژئوشیمیایی توجیهی با برداشت نمونه‌های معرف از محل چاهک‌های اکتشافی شماره‌های ۱، ۱۲ و ۲۵ انجام شده است، که در مبحث اکتشافات ژئوشیمیایی با جزئیات بیشتر تشریح شده است. بر پایه نتایج مطالعات ژئوشیمی توجیهی، ذرات با قطر کمتر از ۸۰ مش رسوبات برای اهداف اکتشافات ژئوشیمیایی انتخاب شده است. انتخاب این جزء مش در حقیقت نوعی آماده‌سازی مقدماتی برای ثبت مقادیر بسیار پایین غلظت عناصر کمیاب و گرانبها در محیط‌های ژئوشیمیایی ثانویه است. هر نمونه ژئوشیمی سیلت آبراهه‌ای از هر یک متر در امتداد چاهک‌های اکتشافی انتخاب شده است. از آنجایی که عملیات حفر چاهک‌های اکتشافی به صورت سنتی انجام شده است، بنابراین رسوبات حاصل از حفر هر متر چاهک به صورت کوبه‌های جداگانه در اطراف چاهک جمع شده، و بر روی هر کوبه شماره چاهک و عمق برداشت رسوبات یادداشت شده است (شکل ۳-۱۵).



شکل ۳-۱۵. حفر سنتی چاهک‌های اکتشافی و ریختن رسوبات حاصل از حفر هر متر از چاهک به صورت کوبه‌های جدا در اطراف دهانه چاهک و شماره‌گذاری آن‌ها از سطح به عمق چاهک.

برای انتخاب نمونه سیلت معرف از هر متر، ابتداء کوپه‌های رسوب هر متر همگن شده، و در نهایت به روش تقسیم بخشی، نمونه رسوب خام و اولیه (الک نشده) به وزن ۱۰ کیلوگرم برداشت شده است، و برای هر نمونه شماره سریالی اختصاص یافته است (شکل‌های ۳-۱۶).



شکل ۳-۱۶. انتخاب نمونه ژئوشیمی رسوب معرف به وزن اولیه ۱۰ کیلوگرم به روش همگن کردن و تقسیم بخشی.

برای مثال شماره هر نمونه ژئوشیمی سیلت به صورت (S-۱-۵) بوده است، که حرف A نماینده کلمه انگوران‌چای، حرف S نماینده سیلت، و اعداد ۱ و ۵ به ترتیب بیانگر شماره چاهک و عمق برداشت نمونه بوده است. نمونه‌ها پس از برداشت در هوای طبیعی خشک شده تا رطوبت آن‌ها به طور کامل برداشته شود. در مرحله بعد تمامی وزن نمونه‌ها (۱۰ کیلوگرم) با استفاده از الک استاندارد ۸۰ مش سرند شده است، از بخش زیر سرند (۸۰- مش) دو نمونه معرف که وزن هر کدام ۳۰۰ گرم بوده است، انتخاب و در کیسه‌های پلاستیکی مناسب بسته‌بندی شده و بر روی هر کدام شماره سریالی درج شده است. یکی از نمونه‌ها برای انجام تجزیه‌های شیمیایی و دیگری برای بایگانی انتخاب شده است (لازم به ذکر است که انتخاب جزء مش کوچکتر از ۸۰ مش نمونه‌های رسوب بر اساس نتایج مطالعات ژئوشیمیایی توجیهی بوده است که در ادامه به توضیح آن پرداخته خواهد شد). در این مطالعه، بهتر بود که به ازای هر متر از چاهک‌های اکتشافی یک نمونه سیلت معرف برداشت

و تجزیه می‌شد. از آنجایی که تعداد چاهک‌ها و عمق آنها زیاد بوده است، تجزیه ژئوشیمیایی تعداد زیاد نمونه‌های سیلت برای طلا و آنالیز چند عنصری مستلزم پرداخت هزینه تجزیه هنگفت بوده است، که برای مدیران این پروژه مقدور نبوده است. از اینرو، به طور تصادفی و تا حدودی بر اساس نتایج مطالعات ژئوشیمیایی سطحی مرحله پی‌جویی، تعداد ۵۰ نمونه ژئوشیمی سیلت (۸۰- مش) از مکان‌های مختلف پلاسرو از عمق‌های مختلف چاهک‌های اکتشافی برداشت شده است.

۲-۴-۳- برداشت نمونه‌های کانی سنگین

در این پروژه اکتشافی، نمونه‌های کانی سنگین به موازات طراحی و برداشت نمونه‌های ژئوشیمی سیلت انجام شده است. هر نمونه کانی سنگین از هر یک متر در امتداد چاهک‌های اکتشافی انتخاب شده است. از آنجایی که عملیات حفر چاهک‌های اکتشافی به صورت سنتی انجام شده است، بنابراین رسوبات حاصل از حفر هر متر چاهک به صورت کوبه‌های جداگانه در اطراف چاهک جمع شده، و بر روی هر کوبه شماره چاهک و عمق برداشت رسوبات یادداشت شده است. برای انتخاب نمونه کانی سنگین معرف از هر متر، ابتداء کوبه‌های رسوب هر متر همگن شده، و در نهایت به روش تقسیم بخشی، نمونه رسوب خام و اولیه (الک نشده) به حجم ۱۰ لیتر (در حدود ۲۵ کیلوگرم) برداشت شده، و در کیسه‌های پلاستیکی مناسب بسته‌بندی شده و برای هر نمونه شماره سریالی اختصاص یافته است. برای مثال شماره هر نمونه کانی سنگین به صورت $A-H-1^{(5)}$ بوده است، که حرف A نماینده کلمه انگوران‌چای، حرف H نماینده کانی سنگین، و اعداد ۱ و ۵ به ترتیب بیانگر شماره چاهک و عمق برداشت نمونه بوده است. در این مرحله تعداد ۸۷ نمونه کانی سنگین برداشت شده است. نمونه‌های کانی سنگین پس از برداشت وارد مرحله آماده‌سازی می‌شوند.

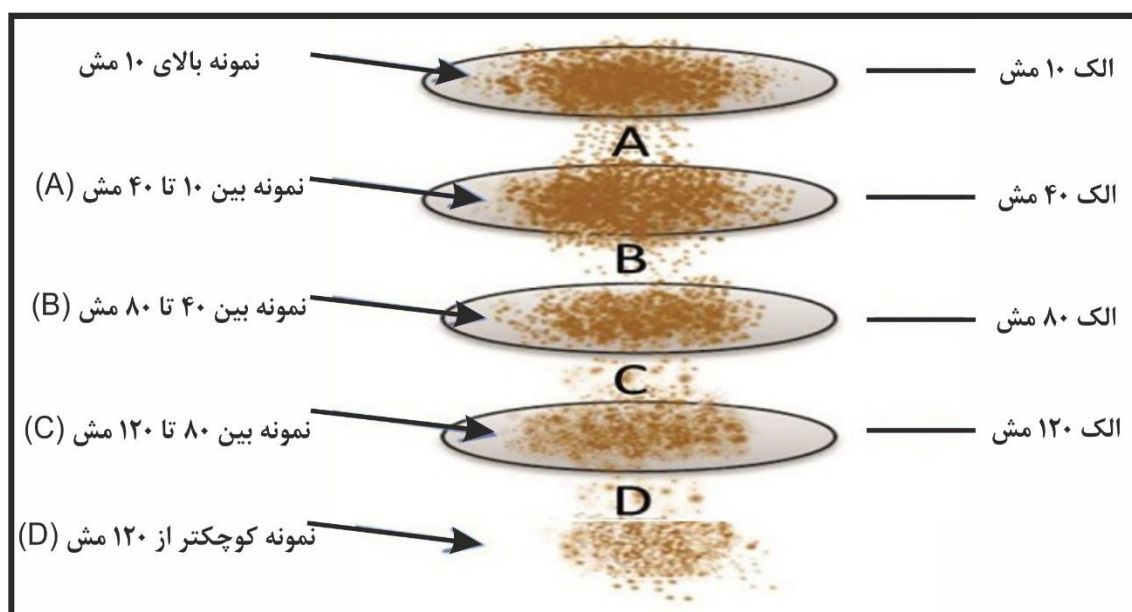
۵-۳- آماده‌سازی نمونه‌های ژئوشیمی سیلت و کانی سنگین

همانگونه که در بخش نمونه‌برداری گفته شد، در این مطالعه تعداد ۵۰ نمونه ژئوشیمی سیلت و تعداد ۸۷ نمونه کانی سنگین انتخاب شده است. نمونه‌های ژئوشیمیایی برای تجزیه شیمیایی چندعنصری، و نمونه‌های کانی سنگین برای مطالعات کانی‌شناسی باید مراحل مختلف آماده‌سازی را به صورت‌های زیر طی نمایند.

۱-۵-۳- آماده‌سازی نمونه‌های ژئوشیمی سیلت

روش‌های آماده‌سازی نمونه‌ها از اهمیت بالایی برای دستیابی به نتایج آزمایشگاهی معتبر برخوردار هستند. هدف اصلی از آماده‌سازی نمونه، این است که توزیع عناصر اصلی در زمان نمونه‌گیری حفظ شود و از ورود عناصر خارجی جلوگیری شود. باتوجه به تاثیر اندازه ذرات روی توزیع ژئوشیمیایی عناصر در رسوبات آبراهه‌ای، باید بر روی نمونه‌ها تجزیه سرنندی انجام شود. از آنجایی که اجزای بزرگتر از ۲ میلی‌متر رسوبات آبراهه‌ای دارای قطعات سنگی با جنس‌های مختلف هستند و کانی‌ها در این بخش از رسوب به صورت آزاد نمی‌باشد، از این رو جزء بزرگتر از ۲ میلی‌متر از بررسی‌های ژئوشیمیایی کنار گذاشته می‌شود. انجمن زمین‌شناسی اروپا بخش کوچکتر از ۱۵۰ میکرون ($150 \mu m$) رسوب را به عنوان مش استاندارد معرفی کرده است. در این تحقیق، جزء مش‌های مختلف رسوبات آبراهه‌ای برای بررسی احتمال وابستگی غلظت برخی از عناصر به اندازه دانه‌ها مورد مطالعه قرار گرفته است. بر این اساس، الک‌های استاندارد با مش‌های ۱۰، ۴۰، ۸۰ و ۱۲۰ مش برای تجزیه سرنندی نمونه‌های رسوبات آبراهه‌ای انتخاب شده است. برای تجزیه سرنندی نمونه، ابتدا نمونه با الک ۱۰ مش (۲ میلی‌متر) سرنند شده، تا بخش بزرگتر از ۲ میلی‌متر نمونه جدا شود. از آنجایی برای انتخاب نمونه معرف از رسوبات آبراهه‌ای، وزن اولیه و الک نشده نمونه‌ها در حدود ۱۰ کیلوگرم برای هر نمونه ژئوشیمی رسوب بوده است، از این رو پس از سرنند کردن تمامی وزن نمونه با الک ۱۰ مش، جزء کوچکتر از ۱۰ مش نمونه‌ها زیاده‌تر از حجم معمول آنها برای تجزیه سرنندی و آنالیز شیمیایی می‌باشد. بنابراین برای هر نمونه، جزء زیر ۲ میلی‌متر بوسیله دستگاه تقسیم کن تا رسیدن وزن آن به حدود ۱/۵ کیلوگرم در چند مرحله تقسیم

بخشی شده و مقدار اضافی و باقیمانده‌ی نمونه بایگانی می‌شود. پس از ثبت دقیق وزن انتخابی، هر نمونه رسوب به داخل دستگاه لرزان (شیکر) منتقل شده و شیکر برای مدت ۴۰ دقیقه تنظیم شد. پس از، نمونه رسوب آبراهه‌ای به طور کامل به جزءهای A (۱۰ تا ۴۰ مش)، B (۴۰ تا ۸۰ مش)، C (۸۰ تا ۱۲۰ مش) و D (کوچکتر از ۱۲۰ مش) تجزیه‌ی سرندي شده، و پس از شماره‌گذاری برای نرمایش و آسیاب به آزمایشگاه نمونه‌کوبی ارسال شد (شکل ۳-۱۷). در این مرحله، هر جزء نمونه تا زیر ۲۰۰ مش آسیاب شده تا به طور کامل همگن شود. در نهایت، تمامی جزء نمونه‌ها به همراه لیستی از نام، کد، روش آماده‌سازی، روش آنالیز بسته‌بندی شده، و برای تجزیه به روش غال‌گذاری (Fire Assay) به آزمایشگاه مطالعات مواد معدنی زراآرما ارسال شده است.



شکل ۳-۱۷. تجزیه سرندي نمونه ژئوشیمی رسوب آبراهه‌ای با استفاده از الک‌های ۱۰، ۴۰، ۸۰ و ۱۲۰ مش.

بر اساس نتایج مطالعات ژئوشیمی توجیهی، جزء مش بهینه برای رسوبات پلاسرا انگوران‌چای، جزء مش کمتر از ۸۰ مش انتخاب شد. از اینرو، تعداد ۵۰ نمونه رسوب انتخابی از چاهک‌های اکتشافی از الک ۸۰ مش عبور داده شده و برای تجزیه‌شیمیایی به آزمایشگاه ارسال شدند.

۲-۵-۳- آماده‌سازی نمونه‌های کانی سنگین

نمونه‌های کانی سنگین پس از برداشت باید مراحل آماده‌سازی زیر را پشت سر بگذارند، در ادامه هر یک از این مراحل با جزئیات بیشتر توصیف می‌گردد:

الف) شستشوی نمونه: نمونه‌های کانی سنگین پس از برداشت صحرایی و حجم‌سنجی (A حجم اولیه نمونه بر حسب سانتیمتر مکعب) بایستی برای مطالعه‌ی کانی‌های سنگین تغلیظ شوند. شستشوی نمونه در چهار مرحله انجام می‌پذیرد:

مرحله اول (سرنند کردن نمونه در محیط آب): در این مرحله اغلب با قرار دادن لاوک فلزی بزرگ در زیر الک ۱۰ مش، به الک کردن و خارج کردن ذرات بزرگتر از ۲ میلی‌متر در محیط آب می‌پردازند. مرحله دوم **(گل‌شویی):** در این مرحله ذرات به ابعاد رس از نمونه خارج می‌شوند و باید توجه داشت که ذرات طلا به علت خاصیت جذب سطحی روی آب قرار نگرفته و همراه گل و لای خارج نشوند. همچنین نمونه باید طوری شستشو شود که عاری از رس و گل و لای باشد. زیرا وجود این ذرات از جدایش کانی‌های سبک و سنگین در مرحله لاوک‌شویی جلوگیری می‌نماید.

مرحله سوم (تغلیظ نمونه با لاوک بزرگ): در این مرحله نمونه با حرکت دورانی لاوک و آب دادن ذرات سبک تغلیظ می‌شود. این کار احتیاج به مهارت و دقت خاصی داشته و با حرکت آرام نمونه در لاوک می‌توان کانی‌های سبک را خارج نمود. حرکت دورانی لاوک در این مرحله تا جایی ادامه می‌یابد که ذرات سبک حذف بشوند (شکل ۳-۱۸ الف).

مرحله چهارم (تغلیظ نمونه با لاوک کوچک): در این مرحله برای اطمینان از جداسازی کانی‌های سبک و سنگین و جلوگیری از هدر رفتن کانی‌های سنگین، محصول تغلیظ یافته‌ی لاوک بزرگ به لاوک کوچک هدایت می‌شود. با حرکت دادن و چرخش لاوک در جهات مختلف به علت نیروی گریز از مرکز کانی‌های سنگین‌تر در داخل گودی لاوک قرار گرفته و کانی‌های سبک‌تر توسط آب از داخل آن خارج می‌شوند (شکل ۳-۱۸ ب).

سپس نمونه را با دقت روی صفحه کاغذ که از قبل شماره گذاری شده خالی کرده تا خشک شود. در آخر این مرحله، حجم نمونه پس از لاوکشویی تعیین می‌گردد (B حجم نمونه پس از لاوکشویی بر حسب سانتی‌متر مکعب).

ب) عبور دادن نمونه از مایع سنگین (بروموفرم گیری): پس از عمل لاوکشویی و خشک کردن، نمونه حجم-سنجی شده و برای جداسازی کامل بخش‌های سبک و سنگین از محلول‌های سنگین عبور داده می‌شود. در این مرحله، تمام یا حجم معینی از بخش سنگین نمونه برای عبور از مایع سنگین انتخاب می‌شود (C حجم انتخابی نمونه برای عبور از مایع سنگین بر حسب سانتی‌متر مکعب). مایع سنگین مورد استفاده در این بخش بروموفرم (CHBr_3) با وزن مخصوص $2/89$ گرم بر سانتی‌متر مکعب می‌باشد (شکل ۳-۱۸ پ). پس از جدایش بخش سنگین نمونه با استفاده از مایع سنگین، این بخش توسط مایع استون شستشو می‌شود تا اثر سمی و بوی بد مایع بروموفرم از نمونه برداشته شود. در مرحله بعد نمونه به مدت ۲۴ ساعت در معرض نور آفتاب قرار داده می‌شود تا خشک شده و باقی مانده بوی بروموفرم برطرف شود. حجم بخش سنگین نمونه در این مرحله تعیین می‌گردد (Y حجم بخش سنگین نمونه بر حسب سانتی‌متر مکعب).

پ) جداسازی مغناطیسی: به منظور تسهیل و بالا بردن دقت مطالعه در مرحله کانی‌شناسی، برای شناخت کانی‌های با تعداد ذرات محدوده، بخش کنسانتره‌ی نمونه کانی سنگین با استفاده از آهنرباهای دستی ویژه با شدت مغناطیسی متفاوت به بخش‌های با خاصیت مغناطیسی مختلف تقسیم می‌گردد. کانی‌های سنگین از نظر خاصیت مغناطیسی به سه گروه تقسیم می‌شوند:

- کانی‌های فرومغناطیس (بخش AA): کانی‌هایی که خود خاصیت مغناطیسی دارند و بوسیله آهنربای معمولی جذب می‌شوند مانند مگنتیت، تیتانومگنتیت، پیروتیت و غیره.

- کانی‌های پارامغناطیس (بخش AV): کانی‌هایی که دارای خاصیت مغناطیسی متوسط هستند و به وسیله مغناطیس قوی جذب می‌شوند مانند گارنت، پیروکسن، آمفیبول، ایلمنیت، هماتیت، پیریت هماتیتی شده، گوتیت، لیمونیت، مالاکیت، ولفرامیت، بیوتیت، فلوگوپیت، کلریت، اپیدوت، و غیره.

- کانی‌های دیامغناطیس (بخش NM): کانی‌هایی هستند که خاصیت مغناطیسی ندارند مانند زیرکن، باریت، آپاتیت، اسفن، کوارتز، فلدسپار، موسکویت، روتیل، طلا، آنتاز، کانه‌های سرب و روی، کانه‌های مس، سینابر، استینیت، رآلگار، اورپیمنت، شلتیت، مولیبدنیت، موناژیت، الماس، کاسیتريت، و غیره .

پس از انجام عمل جدایش مغناطیسی، هربخش (AA، AV و NM) از کنسانتره کانی سنگین بوسیله میکروسکوپ بینوکولار به منظور شناسایی نوع کانی‌ها و تعیین مقدار کمی آنها مورد مطالعه قرار می‌گیرد (شکل ۳-۱۸ ت).



شکل ۳-۱۸. آماده‌سازی نمونه‌های کانی سنگین. الف) شستشوی نمونه با لاوک بزرگ جهت حذف ذرات سبک و تغلیظ کانی‌های سنگین، ب) شستشوی نمونه با لاوک کوچک، پ) عبور دادن حجم انتخابی از بخش کنسانتره نمونه از مایع سنگین، و ت) جدایش مغناطیسی کنسانتره نمونه به بخش‌های فرو مغناطیس، پارامغناطیس و دیامغناطیس.

۶-۳- تجزیه و مطالعه نمونه‌های ژئوشیمی سیلت و کانی سنگین

نمونه‌های سیلت و کانی سنگین پس از انجام آماده‌سازی‌های لازم، آماده تجزیه‌های شیمیایی و مطالعات کانی‌شناسی می‌باشند. تجزیه شیمیایی نمونه‌های سیلت و مطالعه نمونه‌های کانی سنگین از بخش‌های مهم و پرهزینه پروژه‌های اکتشاف ژئوشیمیایی هستند، که بایستی با نهایت دقت و صحت انجام گیرند. مدیران پروژه‌های اکتشافی باید در انتخاب نوع آزمایشگاه، روش آنالیز، عناصر مورد آنالیز، حد حساسیت دستگاه‌های تجزیه، سرعت، دقت، و هزینه‌ها آگاهی لازم را داشته باشند. در ادامه تجزیه نمونه‌های ژئوشیمی سیلت و کانی سنگین به طور جداگانه توصیف می‌شود.

۱-۶-۳- تجزیه نمونه‌های ژئوشیمی رسوبات آبراهه‌ای

در این مرحله، نمونه‌های ژئوشیمی سیلت تا حد زیر ۲۰۰ مش آسیاب و کاملاً همگن شده و جهت تجزیه شیمیایی چندعنصری و طلا به آزمایشگاه مطالعات مواد معدنی زرآرما ارسال شد. در این آزمایشگاه طلا به روش غال گذاری (Fire Assay) و عناصر دیگر به روش انحلال در مخلوط اسید نیتریک و اسید کلریدریک (آکوارجیعا) و با استفاده از ابزارهای ICP-OES/MS تجزیه شدند. همه نمونه‌های سیلت برای عناصر Au, Ag, Al, A, B, Be, Ca, Cd, Ce, Co, C, Cu, Fe, K, La, Li, Mg, Mn, Mo, Na, Ni, P, Pb, S, Sb, Sc, Sr, Th, Ti, U, V, Y, Yb, Zn, Zr تجزیه شده‌اند. در شرکت زرآرما نمونه‌ها برای عنصر طلا به روش غال گذاری آماده‌سازی شده است. این روش در اصل روش تجزیه طلا با بازیابی کامل است. در این روش، ۵۰ گرم از نمونه تا دمای ۱۱۰۰ درجه سانتی گراد در حضور کمک ذوب‌هایی مانند کربنات سدیم، بوراکس، سیلیس، فلورید کلسیم و اکسید سرب به مدت ۱ ساعت ذوب می‌شود. در این حالت طلا و فلزات گرانبها از سرباره جدا شده و جذب ملغمه سربی می‌گردد. سرب در مرحله کوپلاسیون حذف و فلزات گرانبها جدا می‌شود. در پایان ملغمه حاصله در مخلوط اسیدنیتریک و اسید کلریدریک (آکوارجیعا) حل شده و با استفاده از طیف‌سنجی جذب اتمی تعیین عیار می‌شود. ذکر این نکته ضروری است که برخی از ترکیبات مانند کرومات‌ها، سولفیدهای فلزی،

سلیندها و تلوریدها ممکن است در این روش مزاحمت ایجاد کنند و بازیابی طلا را کاهش دهند. در صورت اطلاع از وجود کانی‌های فوق در نمونه، میتوان با تغییر در اجزا متشکله کمک ذوب و افزایش نسبت کمک ذوب‌ها به نمونه درصد بازیابی را افزایش داد.

۲-۶-۳- مطالعه نمونه‌های کانی سنگین

در این مرحله، هر سه بخش (AA، AV و NM) از کنسانتره نمونه‌های کانی سنگین با استفاده از میکروسکوپ بینوکولار مطالعه می‌شود. در این روش، مشخصات فیزیکی کانی‌ها مانند رنگ، رنگ خاکی، سیستم تبلور، جلا، سختی، شفافیت، همیافتی کانی‌ها، آزمایش‌های میکروشیمیایی و ... اساس تشخیص و شناسایی کانی‌ها می‌باشد. بر اساس مطالعات کانی‌شناسی نوع و درصد حجمی هر کانی در بخش کنسانتره نمونه تعیین می‌شود. پس از آن برای محاسبه فراوانی نسبی کانی‌های سنگین در نمونه‌ها از فرمول زیر استفاده شده است (آزرم، ۱۳۶۹، حسنی پاک، ۱۳۷۸):

$$\text{مقدار کانی سنگین (گرم بر تن)} = \frac{X \times Y \times B \times D \times 10000}{A \times C \times D'} \quad (1-3)$$

در فرمول (۱-۳) متغیرها عبارتند از:

X : درصد حجمی هر کانی در بخش سنگین نمونه، Y : حجم سنگین نمونه پس از بروموفرم‌گیری، B : حجم نمونه پس از لاوک‌شویی، D : وزن مخصوص کانی مورد مطالعه، A : حجم کل نمونه اولیه و الک نشده، C : حجم نمونه انتخابی برای جدایش با بروموفرم، D' : وزن مخصوص رسوب برداشت شده در صحرا که در این پروژه معادل $2/5 \text{ g/cm}^3$ در نظر گرفته شده است. علاوه بر این در هنگام مطالعات کانی‌شناسی، تعداد، شکل، اندازه و ابعاد ذرات طلای آزاد در هر یک از نمونه‌های کانی سنگین تعیین شده و با استفاده از این مشخصات به محاسبه میلی‌گرم در تن طلای آزاد در نمونه‌ها اقدام شده است که در فصل‌های آینده به

جزئیات آن اشاره می‌شود.

۳-۶-۳- تجزیه شیمیایی ذرات طلای آزاد

در این پژوهش، تعداد ۲۸ ذره طلای آزاد از بخش تغلیظ‌یافته نمونه‌های رسوبات آبرفتی پلاسرا انگوران‌چای در زیر میکروسکوپ بینوکولار جداسازی شد. این ذرات طلا با دستگاه میکروپروب الکترونی (EPMA) مدل Cameca SX۱۰۰ ساخت کشور فرانسه در بخش کانی‌شناسی آزمایشگاه مرکز تحقیقات مواد معدنی ایلمیدرو در کرج تجزیه شده است. در ۲۸ ذره طلای آزاد تعداد ۴۲ نقطه تجزیه شیمیایی شده است. برای تعدادی از ذرات طلا تنها یک نقطه در هسته ذره، در حالیکه برای برخی دیگر حاشیه و هسته ذرات تجزیه شده است. در هر نقطه مقادیر غلظت عناصر Hg, Au, Te, Sb, Cd, Ag, Mo, As, Zn, Cu, Co, S, Ni, Mn, Ti, Mg, Fe, Pb و Bi اندازه‌گیری شده است، که در این میان عناصر Au, Ag و Cu از نظر مطالعه شیمی ذرات طلا مهم هستند. این اندازه‌گیری‌ها تحت شرایط ولتاژ ۲۵ keV برای فلزات و ۱۵ keV برای سیلیکات‌ها و اکسیدها، جریان بیم ۲۰ nA و قطر بیم ۵ μ انجام گرفته است، و مقدار حد حساسیت روش EPMA برای همه عناصر در این تحقیق ۱۰۰ گرم در تن بوده است.

فصل ۴ : اکتشافات ژئوشیمیایی در پلاسرا نکور ان چای

۱-۴- مقدمه

اکتشافات ژئوشیمیایی رسوبات آبراهه‌ای متداول‌ترین شیوه اکتشاف ژئوشیمیایی در مراحل شناسایی و پی‌جویی است که برای انجام عملیات اکتشافی در مقیاس‌های کوچک تا متوسط کاربرد دارد. رسوبات آبراهه‌ای حاصل فرسایش و حمل مواد از سنگ‌های بالادست بوده و بنابراین معرف مناسبی از محیط‌های واقع در مسیر حرکت آب می‌باشند. از مزایای دیگر این محیط‌های رسوبی، شرایط اکسیدان در اغلب آن‌ها می‌باشد که موجب تحرک عناصر کانساری و در نتیجه افزایش وسعت هاله‌های آن‌ها می‌شود. همچنین بزرگی میدان اثر نمونه‌ها، سهولت نمونه‌برداری و آماده‌سازی نمونه‌ها از سایر مزایای این روش اکتشافی می‌باشد. البته تاثیر عواملی همچون طراحی اصولی، نمونه‌برداری بهینه، آنالیزهای با حد تشخیص مناسب و دقت بالا و پردازش اطلاعات نیز نبایستی از نظر دور بماند (یزدی، ۱۳۸۱). مطالعه و تجزیه نمونه‌های رسوبات آبراهه‌ای مهمترین شیوه جهت شناسایی و توصیف ناهنجاری‌های ژئوشیمیایی و الگوی توزیع عناصر شیمیایی جهت اکتشافات بعدی می‌باشند (Reimam *et al.*, ۲۰۰۵). در محدوده‌ی پلاسری انگوران‌چای، برای پتانسیل‌یابی طلا و عناصر همراه تعداد ۵۰ نمونه ژئوشیمی سیلت (رسوب آبرفتی) از چاهک‌های اکتشافی برداشت شده است. هر نمونه سیلت به ازای هر یک متر طول در امتداد چاهک‌ها گرفته شده است. بر اساس نتایج مطالعات ژئوشیمی توجیهی نمونه‌های آبرفتی از بخش ۸۰- مش رسوبات انتخاب شده است. در اصل از بخش زیر سرند ۸۰ مش دو نمونه معرف که وزن هر کدام ۳۰۰ گرم بوده است، انتخاب و در کیسه‌های پلاستیکی مناسب بسته‌بندی شده و بر روی هر کدام شماره سریالی درج شده است. یکی از نمونه‌ها برای انجام تجزیه‌های شیمیایی و دیگری برای بایگانی انتخاب شده است. در این تحقیق، نمونه‌های سیلت برای عنصر طلا به روش غال‌گذاری (Fire Assay) و برای تجزیه چند عنصری به روش‌های طیف‌سنجی پلاسمای جفت شده القایی نشر نوری / طیف‌سنجی جرمی (ICP-OES/MS) آنالیز شده است. در ادامه، به پردازش آماری و توصیف نتایج ژئوشیمیایی نمونه‌های سیلت پرداخته می‌شود.

۲-۴- مطالعه ژئوشیمی توجیهی

این مطالعات مقدم بر اجرای یک پروژه اکتشافی به منظور دستیابی به اطلاعاتی درباره اندازه بهینه ذراتی از رسوب که در آن کانه‌ها تمرکز دارند، نوع عناصر مفید، توزیع ژئوشیمیایی و نظایر آن‌ها انجام می‌شود. انجام مطالعات توجیهی در اکتشاف ژئوشیمیایی رسوبات آبراهه‌ای از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است و در مناطقی که قبلاً این گونه مطالعات به منظور تعیین مناسب‌ترین ابعاد رسوبات و تراکم نمونه برداری انجام نشده، الزامی است. مطالعات توجیهی، یک تحقیق اولیه طراحی شده برای برنامه‌ریزی بهینه یک پروژه اکتشافی است. در این مطالعات بسته به شرایط زمین‌شناسی، معدنی و دگرسانی ایستگاه‌های نمونه‌برداری محدوده طبق استانداردهای موجود انتخاب شده و در هر ایستگاه نمونه‌های رسوب با مش‌های مختلف برداشت و برای عناصر مختلف تجزیه می‌شود. نتایج این مطالعات اطلاعات با ارزشی را درباره مش مناسب رسوبات آبرفتی و نیز چگالی طرح نمونه‌ها و عناصر مورد اکتشاف در اکتشاف ژئوشیمیایی آتی در اختیار می‌گذارد. این مطالعات باید در نواحی فاقد اطلاعات ژئوشیمیایی قبلی انجام شود. در این نواحی، نمونه‌های توجیهی رسوبات آبراهه‌ای باید از مجاورت کنسارهای شناخته شده، رگه‌ها و شواهد معدنی و همچنین از مناطق غیر کانی‌سازی به فواصل ۱۰۰، ۲۰۰، ۳۰۰، ۵۰۰، ۱۰۰۰ و ۱۵۰۰ متری و یا بیشتر در امتداد آبراهه‌ها برداشت شوند. به‌طوری که نمونه‌های انتخابی نمایان‌گر محدوده کانی‌سازی شده و فاقد کانی‌سازی باشند تا وضعیت پراکنش ژئوشیمیایی طبیعی برای طراحی بهینه مشخص شود. اطلاعات پایه زیر باید بر اساس نتایج مطالعات توجیهی تعیین شود (کوثری، ۱۳۸۹):

-مناسب‌ترین اندازه ذرات

-مناسب‌ترین فاصله نمونه‌برداری

-شناخت ماهیت ژئوشیمیایی پراکنش عناصر در منطقه

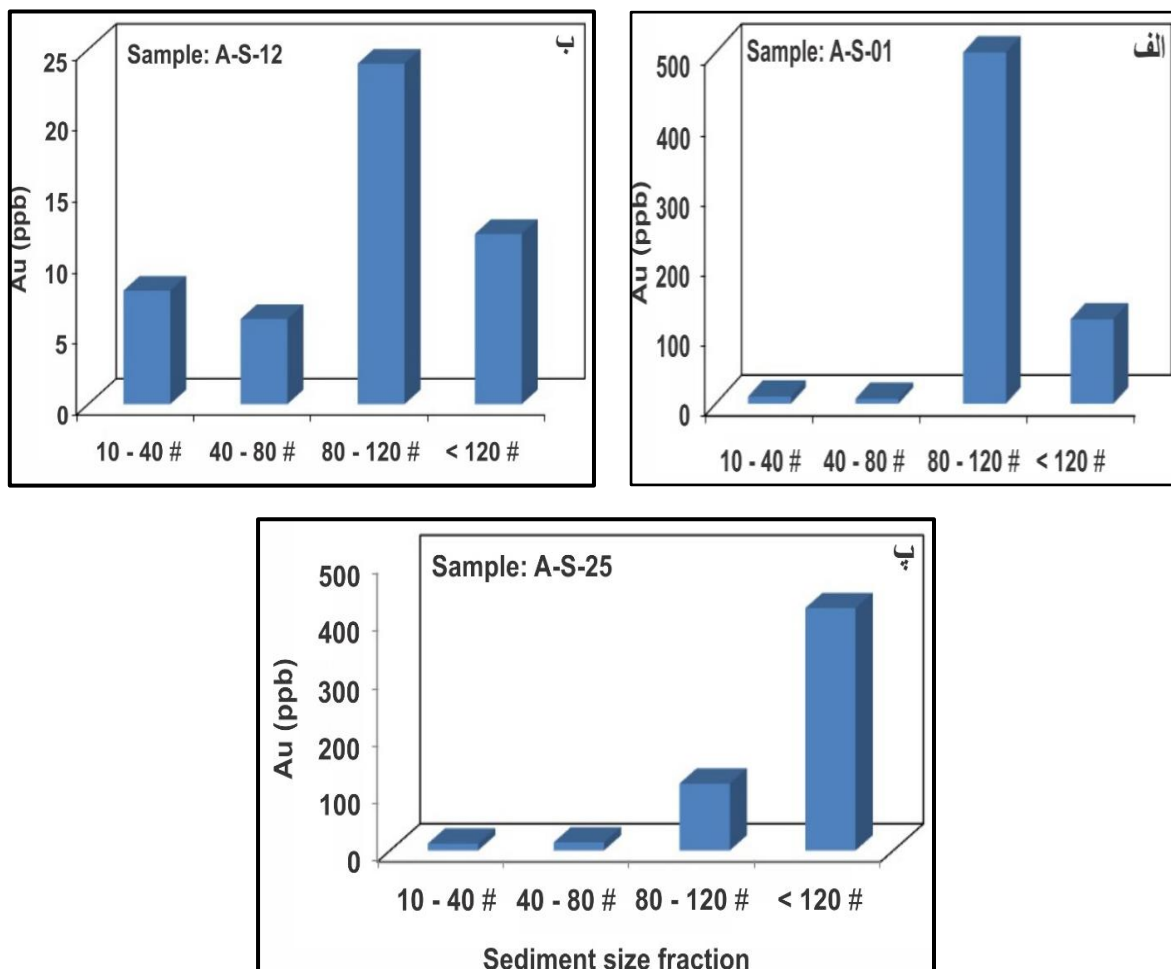
در مطالعه حاضر، بررسی‌های ژئوشیمیایی توجیهی با برداشت نمونه‌های معرف از محل چاهک‌های اکتشافی شماره‌های ۱، ۱۲ و ۲۵ انجام شده است. جزء مش‌های مختلف رسوبات آبرفتی برای بررسی احتمال وابستگی

غلظت برخی از عناصر به اندازه دانه‌ها مورد مطالعه قرار گرفته است. بر این اساس، الکهای استاندارد با مشهای ۱۰، ۴۰، ۸۰ و ۱۲۰ مش برای تجزیه سرنندی نمونه‌های رسوب آبرفتی انتخاب شده است. برای انتخاب نمونه معرف از رسوبات آبرفتی، وزن اولیه و الک نشده هر نمونه در حدود ۱۰ کیلوگرم بوده است، از این رو پس از سرنند کردن تمامی وزن نمونه با الک ۱۰ مش، جزء کوچکتر از ۱۰ مش نمونه‌ها برای تجزیه سرنندی انتخاب شده است. برای هر نمونه، جزء زیر ۱۰ مش بوسیله دستگاه تقسیم کن تا رسیدن وزن آن به حدود ۱/۵ کیلوگرم در چند مرحله تقسیم بخشی شده و مقدار اضافی و باقیمانده‌ی نمونه بایگانی می‌شود (برای اینکه تمامی وزن کوچک‌تر از ۱۰- مش نمونه‌ها برای تجزیه سرنندی زیاد بوده است). پس از ثبت دقیق وزن انتخابی، هر نمونه رسوب به داخل دستگاه لرزان (شیکر) منتقل شده و شیکر برای مدت ۴۰ دقیقه تنظیم شد. پس از آن، نمونه رسوب آبرفتی به طور کامل به جزءهای A (۱۰ تا ۴۰ مش)، B (۴۰ تا ۸۰ مش)، C (۸۰ تا ۱۲۰ مش) و D (کوچک‌تر از ۱۲۰ مش) تجزیه‌ی سرنندی شده، و پس از شماره‌گذاری برای نرمایش و آسیاب به آزمایشگاه نمونه‌کوبی ارسال شد. در این مرحله، هر جزء نمونه تا زیر ۲۰۰ مش آسیاب شده تا به طور کامل همگن شود. در نهایت، تمامی جزء نمونه‌ها به روش غال‌گذاری (Fire Assay) برای عنصر طلا در آزمایشگاه مطالعات مواد معدنی زراژما تجزیه شده است (جدول ۴-۱).

جدول ۴-۱. مقدار غلظت طلا (میلی‌گرم در تن) در جزئی‌های مش‌های مختلف رسوبات آبرفتی در پلاسرا انگوران‌چای.

Row	Location	Field No.	Size fraction	Au (ppb)
۱	Placer	A-S-۰۱-A	۱۰ - ۴۰ #	۱۰
۲		A-S-۰۱-B	۴۰ - ۸۰ #	۷
۳		A-S-۰۱-C	۸۰ - ۱۲۰ #	۵۰۰
۴		A-S-۰۱-D	< ۱۲۰ #	۱۲۰
۵		A-S-۱۲-A	۱۰ - ۴۰ #	۸
۶		A-S-۱۲-B	۴۰ - ۸۰ #	۶
۷		A-S-۱۲-C	۸۰ - ۱۲۰ #	۲۴
۸		A-S-۱۲-D	< ۱۲۰ #	۱۲
۹		A-S-۲۵-A	۱۰ - ۴۰ #	۱۲
۱۰		A-S-۲۵-B	۴۰ - ۸۰ #	۱۴
۱۱		A-S-۲۵-C	۸۰ - ۱۲۰ #	۱۱۶
۱۲		A-S-۲۵-D	< ۱۲۰ #	۴۲۰

بر اساس نتایج ژئوشیمیایی نمونه‌های تجزیه‌ی سرندی، در ایستگاه شماره ۱ مقدار غلظت طلا در جزء مش‌های ۱۰ تا ۴۰، ۴۰ تا ۸۰، ۸۰ تا ۱۲۰، و کوچک‌تر از ۱۲۰ مش به ترتیب ۱۰، ۷، ۵۰۰، و ۱۲۰ میلی‌گرم در تن است (جدول ۱-۴، و نمودار ۱-۴ الف). در ایستگاه شماره ۱۲ مقدار غلظت طلا در جزء مش‌های ۱۰ تا ۴۰، ۴۰ تا ۸۰، ۸۰ تا ۱۲۰، و کوچک‌تر از ۱۲۰ مش به ترتیب ۸، ۶، ۲۴، و ۱۲ میلی‌گرم در تن است (جدول ۱-۴، و نمودار ۱-۴ ب). در ایستگاه شماره ۲۵ مقدار غلظت طلا در جزء مش‌های ۱۰ تا ۴۰، ۴۰ تا ۸۰، ۸۰ تا ۱۲۰، و کوچک‌تر از ۱۲۰ مش به ترتیب ۱۲، ۱۴، ۱۱۶، و ۴۲۰ میلی‌گرم در تن است (جدول ۱-۴، و نمودار ۱-۴ پ). بررسی و تحلیل نتایج مطالعات ژئوشیمیایی توجیهی نشان می‌دهد که در هر سه ایستگاه نمونه‌برداری، توزیع ژئوشیمیایی و مقدار غلظت طلا در جزء مش‌های ۸۰ تا ۱۲۰ و کوچک‌تر از ۱۲۰ مش بیشتر از جزء مش‌های ۱۰ تا ۴۰ و ۴۰ تا ۸۰ مش می‌باشد. بنابراین، جزء مش بهینه برای رسوبات پلاسرا انگوران‌چای، جزء مش کمتر از ۸۰ مش انتخاب شد.



نمودار ۴-۱. نمودارهای ستونی تغییرات مقدار غلظت طلا در جزء‌های مختلف رسوبات آبرفتی پلاسرا انگوران‌چای: الف) نمونه A-S-۰۱، ب) A-S-۱۲، و پ) نمونه A-S-۲۵

۳-۴- داده‌های ژئوشیمیایی سیلت آبرفتی

همانگونه که در فصل برداشت و آماده‌سازی نمونه‌های ژئوشیمی سیلت گفته شد، در این مطالعه تعداد ۵۰ نمونه سیلت آبرفتی با جزء ۸۰- مش از چاهک‌های اکتشافی پلاسرا انگوران‌چای برداشت شده است. هر نمونه سیلت به ازای هر یک متر طول در امتداد چاهک‌ها گرفته شده است. نمونه‌های سیلت برای عنصر طلا به روش غال‌گذاری و برای تجزیه چند عنصری به روش‌های ICP-OES/MS آنالیز شده است. مقادیر غلظت عناصر در نمونه‌های سیلت آبرفتی پلاسرا انگوران‌چای در جدول (۴-۲) ارائه شده است.

۴-۴- تحلیل آماری تک‌متغیره داده‌های ژئوشیمیایی

در این قسمت برای بررسی توزیع ژئوشیمیایی عناصر در آبرفت‌های پلاسرا انگوران چای پردازش‌های آماری تک‌متغیره در محیط نرم افزار IBM Statistics ۲۰ انجام گرفته است. این تحلیل‌ها شامل: محاسبه آماره‌های توزیع، آزمون میزان انحراف توزیع داده‌ها از حالت نرمال، رسم منحنی‌های هیستوگرام توزیع فراوانی و تهیه نقشه‌های توزیع ژئوشیمیایی عناصر مهم بر پایه داده‌های خام می‌باشد.

۴-۴-۱- محاسبه پارامترهای آماری

در کاوش‌های ژئوشیمیایی، کثرت مشاهدات (نمونه‌ها) و متغیرها (عناصر) استفاده از تکنیک‌های آماری را امری اجتناب‌ناپذیر می‌سازد. گام نخست در تحلیل آماری داده‌های ژئوشیمیایی، محاسبه پارامترهای آماری عناصر بر پایه داده‌های خام است. آماره‌های توزیع مقادیر کمینه، بیشینه، میانگین، میانه، انحراف معیار، واریانس، چولگی، کشیدگی، و غلظت‌های معادل ۲۵، ۵۰ و ۷۵ درصد فراوانی تجمعی را شامل می‌شود. با بررسی پارامترهای توزیع اطلاعات ارزشمندی در باره تغییرات مقادیر غلظت، پراکندگی داده‌ها حول مقدار مرکزی، میزان چولگی و کشیدگی، مقادیر غیرعادی غلظت عناصر بدست می‌آید. این اطلاعات پردازشگر را در ارزیابی میزان اهمیت ژئوشیمیایی و معدنی عناصر، جدایش مناطق آنومالی از زمینه، و ... یاری می‌کند. این پارامترها برای هر یک از عناصر در آبرفت‌های انگوران چای در جدول (۴-۳) ارائه شده است.

جدول ۴-۲. مقادیر غلظت طلا (میلی گرم در تن) و دیگر عناصر (گرم در تن) در نمونه‌های ژئوشیمی سیلت آبرفتی پلاسرا انگوران چای.

Element	Au	Hg	Co	Cr	Cu	Mn	Ni	Sr	Zn	Ba	Be	Ti	Fe	Ag	As	Bi	Mo	Pb	Sb	Sn	W
A-S-۱,۱	۷	۰,۱۷	۱۵,۴	۱۰۸	۲۱,۴	۹۱۳	۴۳	۳۵۹	۱۵۲	۷۱۲	۱,۴	۵۱۶۰	۴۳۲۰۰	۰,۱۲	۳۸,۵	۰,۳	۱,۵	۱۰۲	۴,۱	۱,۷	۳,۴
A-S-۱,۳	۳۹	۰,۱۲	۱۷,۱	۱۱۱	۲۵,۳	۹۷۹	۴۳	۳۴۶	۱۵۱	۷۷۲	۱,۵	۵۵۶۰	۴۹۲۰۰	۰,۱۸	۴۴,۴	۰,۳	۱,۷	۱۱۹	۴,۲	۱,۸	۲,۶
A-S-۱,۴	۱۴	۰,۱۶	۱۵,۲	۱۲۲	۳۰,۹	۹۰۹	۴۶	۲۹۱	۱۶۲	۴۴۵	۱,۵	۴۶۷۰	۴۲۸۰۰	۰,۲۷	۴۹,۴	۰,۳	۱,۹	۱۶۰	۴,۸	۱,۹	۳,۴
A-S-۱,۵	۲۰	۰,۰۵	۱۴,۸	۱۰۶	۲۷	۹۱۱	۴۲	۳۱۱	۹۰	۴۳۵	۱,۴	۴۴۸۰	۴۲۰۰۰	۰,۲۲	۴۶	۰,۴	۲,۳	۴۷,۸	۴,۵	۱,۸	۵۴,۸
A-S-۱,۶	۱۴۸	۰,۱۶	۱۴,۵	۱۰۹	۳۲	۹۹۹	۴۳	۲۹۸	۷۲,۵	۴۳۶	۱,۵	۵۲۶۰	۴۵۶۰۰	۰,۲	۴۱,۶	۰,۴	۲	۳۴,۳	۴,۹	۲	۱۱,۴
A-S-۱,۷	۱۱	۰,۱۵	۱۵,۱	۱۴۱	۳۵,۸	۱۰۲۰	۴۴	۲۹۳	۸۶,۳	۴۱۳	۱,۴	۵۶۷۰	۴۹۸۰۰	۰,۱۵	۳۷,۱	۰,۳	۱,۸	۳۵,۴	۴,۶	۱,۷	۹,۸
A-S-۲,۱	۱۴	۰,۱	۱۵,۱	۸۹	۲۷	۹۱۷	۴۰	۳۵۹	۱۳۶	۶۳۸	۱,۴	۴۵۴۰	۳۹۸۰۰	۰,۱۳	۳۸,۱	۰,۳	۱,۹	۹۱,۲	۴,۲	۱,۸	۵,۸
A-S-۲,۲	۷	۰,۱	۱۴,۴	۹۹	۲۹,۵	۹۴۷	۴۲	۳۸۲	۱۴۶	۶۷۱	۱,۴	۴۹۷۰	۴۲۱۰۰	۰,۱۱	۳۲,۶	۰,۳	۱,۶	۸۸,۲	۳,۸	۱,۹	۷,۹
A-S-۳,۴	۱۵	۰,۱۶	۱۴	۱۳۳	۲۷	۸۸۹	۴۰	۳۰۸	۱۹۵	۷۹۰	۱,۳	۵۴۰۰	۴۲۷۰۰	۰,۲۸	۵۱,۶	۰,۳	۲	۲۱۲	۵,۷	۱,۷	۶,۱
A-S-۴,۳	۵	۰,۱۲	۱۴,۲	۱۵۱	۲۴,۲	۹۰۹	۳۷	۳۳۵	۱۲۴	۶۸۴	۱,۴	۵۳۳۰	۴۴۸۰۰	۰,۱۹	۴۶,۴	۰,۳	۲,۱	۱۳۵	۵,۶	۱,۷	۱۰,۱
A-S-۴,۴	۱۴	۰,۱۵	۱۵,۹	۱۴۵	۱۹,۲	۹۵۵	۳۶	۳۲۶	۱۷۴	۸۵۱	۱,۲	۵۵۰۰	۴۴۷۰۰	۰,۲۷	۵۴,۹	۰,۳	۲,۴	۱۹۵	۵	۱,۶	۴,۱
A-S-۵,۱	۶	۰,۰۷	۱۵,۳	۱۰۷	۲۸,۲	۹۷۶	۴۳	۳۶۲	۱۴۱	۶۹۰	۱,۴	۴۹۷۰	۴۳۳۰۰	۰,۱۵	۳۴,۶	۰,۳	۱,۹	۱۰۲	۳,۹	۱,۸	۵,۱
A-S-۵,۲	۱۰	۰,۱۲	۱۶,۵	۱۵۱	۲۷,۸	۹۶۴	۴۴	۳۲۳	۱۱۹	۷۰۴	۱,۴	۵۶۵۰	۴۹۵۰۰	۰,۱۵	۴۲,۷	۰,۴	۱,۹	۹۵,۱	۴	۱,۹	۳,۳
A-S-۵,۳	۶	۰,۱۷	۱۳,۹	۱۰۰	۲۵,۹	۸۶۳	۳۸	۳۱۵	۱۳۶	۷۴۷	۱,۳	۴۸۷۰	۴۱۷۰۰	۰,۲۲	۴۷,۵	۰,۴	۱,۸	۱۵۱	۴,۳	۱,۷	۳,۴
A-S-۵,۴	۷۴	۰,۱۷	۱۵,۶	۱۲۹	۳۰,۱	۹۷۹	۴۱	۳۲۶	۱۵۸	۷۳۴	۱,۴	۵۶۵۰	۴۶۰۰۰	۰,۲۲	۴۶,۵	۰,۴	۱,۹	۱۵۶	۵,۶	۱,۷	۶,۹
A-S-۵,۵	۱۰	۰,۴۵	۱۵,۱	۱۱۶	۳۰,۳	۸۲۲	۴۳	۲۶۸	۱۲۲	۴۶۵	۱,۳	۴۷۶۰	۴۱۵۰۰	۰,۸۱	۳۸,۴	۰,۳	۱,۴	۱۰۴	۵,۱	۲	۸
A-S-۶,۴	۱۸	۰,۰۸	۱۷,۱	۱۴۸	۲۸,۲	۱۰۸۰	۴۳	۳۱۵	۱۰۸	۶۸۸	۱,۴	۵۷۴۰	۵۵۰۰۰	۰,۱۷	۴۲,۲	۰,۴	۲,۱	۶۴,۹	۵,۲	۱,۶	۲,۶
A-S-۶,۵	۲۵۵۰	۰,۰۹	۱۶,۲	۱۲۰	۳۲,۸	۹۴۰	۴۴	۳۰۱	۱۰۰	۵۲۸	۱,۴	۵۴۰۰	۴۷۰۰۰	۰,۲۶	۴۶,۲	۰,۶	۲,۱	۳۸,۷	۴,۶	۱,۸	۹,۹
A-S-۸,۱	۱	۰,۰۸	۱۴,۲	۸۹	۱۹,۲	۹۳۳	۴۱	۳۸۱	۱۴۴	۷۳۲	۱,۴	۴۷۰۰	۴۰۳۰۰	۰,۱۲	۳۱,۷	۰,۲	۱,۵	۱۱۶	۳,۹	۱,۶	۳۳,۶
A-S-۸,۲	۱	۰,۱۱	۱۴,۵	۸۶	۳۱	۸۴۱	۴۲	۳۱۳	۱۴۵	۶۲۱	۱,۴	۴۲۰۰	۳۹۵۰۰	۰,۱۵	۳۵,۲	۰,۳	۱,۵	۶۸,۶	۳,۷	۱,۶	۳۱,۱
A-S-۸,۴	۴	۰,۱۲	۱۷,۶	۱۹۴	۳۱,۴	۱۰۳۰	۴۹	۲۸۲	۲۵۳	۵۲۹	۱,۳	۵۴۲۰	۴۶۷۰۰	۰,۲۹	۷۱,۴	۰,۳	۲,۲	۲۷۹	۶,۸	۲,۸	۲,۴
A-S-۸,۵	۲۳۲۰	۰,۴	۲۲,۷	۲۶۵	۴۰,۴	۱۲۵۰	۴۸	۳۰۲	۱۲۶	۵۱۸	۱,۴	۸۰۰۰	۷۵۰۰۰	۰,۲۳	۵۰,۹	۰,۸	۲,۵	۴۹,۸	۶,۷	۲,۱	۲۰,۴
A-S-۸,۶	۱۱	۰,۰۶	۱۵,۴	۱۱۴	۴۳	۹۹۶	۴۷	۳۲۱	۱۵۵	۶۲۸	۱,۵	۴۶۳۰	۴۴۲۰۰	۰,۲	۴۶,۷	۰,۶	۲,۴	۱۳۱	۶	۲,۱	۸,۲
A-S-۱۰,۱	۱۳	۰,۱۳	۱۵,۳	۱۲۷	۲۵,۳	۱۰۳۰	۴۲	۳۶۵	۱۹۸	۸۱۳	۱,۴	۵۸۶۰	۴۷۹۰۰	۰,۱۶	۴۸,۸	۰,۳	۱,۸	۱۷۲	۴,۷	۱,۸	۱۱,۱
A-S-۱۰,۴	۱۰	۰,۰۸	۱۲	۷۹	۲۴,۹	۸۱۰	۳۶	۳۳۳	۱۵۶	۷۵۳	۱,۳	۴۳۶۰	۳۳۹۰۰	۰,۲	۴۰,۶	۰,۳	۱,۵	۱۴۶	۴,۴	۱,۵	۲,۵
A-S-۱۰,۵	۸	۰	۱۴	۹۴	۲۷,۱	۹۰۷	۴۱	۳۴۲	۱۵۲	۷۳۳	۱,۴	۴۴۴۰	۴۰۳۰۰	۰,۱۵	۴۴	۰,۳	۱,۵	۱۳۷	۴,۴	۱,۷	۲,۱
A-S-۱۱,۳	۱۵۸	۰,۲۷	۱۷,۲	۱۷۴	۲۰,۴	۱۰۵۰	۴۱	۳۳۸	۱۳۶	۹۴۴	۱,۳	۶۰۲۰	۵۲۰۰۰	۰,۲۳	۵۴,۷	۰,۴	۲,۵	۱۶۹	۴,۸	۲	۴,۵
A-S-۱۲,۴	۱۰	۰,۱۱	۱۷,۱	۱۲۶	۴۰,۴	۹۵۶	۴۶	۲۷۲	۸۹,۷	۴۷۹	۱,۴	۵۲۹۰	۴۵۴۰۰	۰,۱۹	۵۲,۲	۰,۴	۲,۱	۳۸,۸	۴,۱	۲	۷,۶
A-S-۱۳,۳	۷	۰,۱۲	۱۶,۸	۱۳۴	۳۳,۶	۹۳۲	۵۰	۳۲۸	۱۸۵	۷۵۰	۱,۴	۵۳۳۰	۴۶۵۰۰	۰,۱۷	۵۱,۷	۰,۳	۱,۹	۱۴۲	۴,۹	۱,۸	۱۵,۶
A-S-۱۳,۴	۵	۰,۰۹	۱۶,۲	۱۳۲	۳۶,۹	۹۵۹	۵۰	۳۴۵	۱۵۶	۷۷۲	۱,۴	۵۴۵۰	۴۸۰۰۰	۰,۲۵	۵۴,۸	۰,۴	۳,۳	۱۵۵	۶,۱	۲,۴	۵
A-S-۱۴,۱	۱۲	۰,۱۶	۱۶,۷	۱۶۷	۲۸,۲	۱۱۰۰	۴۴	۳۶۲	۱۶۷	۸۱۹	۱,۵	۶۰۰۰	۵۵۰۰۰	۰,۱۸	۴۳,۹	۰,۳	۲	۱۲۹	۴,۹	۲	۹,۵
A-S-۱۴,۲	۵	۰,۰۷	۱۴,۳	۸۹	۳۱	۹۳۷	۳۸	۳۵۴	۲۰۹	۷۰۱	۱,۳	۴۲۸۰	۴۰۹۰۰	۰,۱۹	۴۰,۸	۰,۲	۱,۸	۱۰۹	۴,۴	۱,۶	۶,۵
A-S-۱۴,۴	۲۸	۰,۱۹	۱۶,۳	۱۲۷	۴۱,۴	۱۰۴۰	۴۴	۳۰۳	۱۰۱	۵۷۴	۱,۴	۵۷۷۰	۴۹۰۰۰	۰,۲	۴۶,۹	۰,۴	۲,۲	۴۶	۵,۷	۲,۴	۷,۹
A-S-۱۵,۳	۳۵۷۰	۰,۰۵	۱۵,۶	۱۳۱	۲۷,۴	۹۹۳	۴۶	۳۵۰	۲۰۸	۷۰۴	۱,۵	۵۱۳۰	۴۵۰۰۰	۰,۱۷	۴۱,۱	۰,۴	۱,۹	۱۱۵	۴,۳	۱,۹	۶,۹
A-S-۱۶,۲	۶	۰,۰۷	۱۴,۵	۸۳	۲۳	۹۱۱	۳۹	۲۹۴	۷۲,۸	۵۰۲	۱,۳	۵۱۳۰	۳۹۰۰۰	۰,۱۵	۳۹,۲	۰,۳	۱,۸	۳۴,۷	۴,۶	۱,۶	۲,۹
A-S-۱۶,۳	۸	۰,۲	۱۳,۱	۸۰	۲۵,۲	۸۰۴	۳۹	۲۷۵	۷۲,۴	۴۳۵	۱,۳	۴۰۳۰	۳۵۰۰۰	۰,۲۳	۴۱,۳	۰,۳	۱,۹	۳۶,۴	۴	۱,۹	۵
A-S-۱۷,۲	۱۰	۰,۱	۱۷,۱	۱۵۳	۳۱,۷	۱۰۸۰	۴۹	۳۲۹	۱۵۰	۷۴۱	۱,۵	۵۷۲۰	۵۳۶۰۰	۰,۲	۴۷,۹	۰,۳	۲,۳	۹۰,۵	۴,۸	۱,۹	۸,۸
A-S-۱۸,۳	۲۲۵	۰,۱۱	۱۶	۱۴۸	۲۸	۱۰۶۰	۴۱	۳۱۳	۸۷,۵	۶۲۱	۱,۴	۶۲۰۰	۴۹۹۰۰	۰,۲۱	۴۰,۵	۰,۳	۱,۹	۳۴,۶	۴,۸	۱,۸	۹,۲

ادامه جدول (۴-۲). مقادیر غلظت طلا (میلی گرم در تن) و دیگر عناصر (گرم در تن) در نمونه‌های ژئوشیمی سیلت آبرفتی پلاسرا انگوران چای.

Element	Au	Hg	Co	Cr	Cu	Mn	Ni	Sr	Zn	Ba	Be	Ti	Fe	Ag	As	Bi	Mo	Pb	Sb	Sn	W
A-S-۱۸,۴	۴	۰,۱۲	۱۵,۷	۱۳۵	۲۷	۱۰۰۰	۴۳	۳۱۷	۱۰۱	۶۱۳	۱,۴	۵۴۸۰	۴۶۹۰۰	۰,۲۷	۵۳,۹	۰,۴	۲,۲	۷۰,۶	۵,۳	۲	۶,۲
A-S-۱۹,۱	۳	۰,۱	۱۵,۲	۱۱۸	۳۰,۷	۹۳۴	۴۴	۳۳۸	۱۳۹	۷۱۴	۱,۴	۴۷۷۰	۴۲۸۰۰	۰,۲۱	۴۳,۲	۰,۳	۲	۱۱۴	۴,۱	۱,۹	۸,۹
A-S-۲۰,۳	۹	۰,۱۱	۱۶,۴	۱۳۱	۲۷,۸	۱۰۶۰	۴۳	۲۷۷	۹۷,۵	۵۵۶	۱,۴	۵۲۶۰	۴۶۴۰۰	۰,۲۱	۴۵,۵	۰,۴	۲	۳۶,۴	۴,۳	۲	۳,۶
A-S-۲۲,۱	۵۳	۰,۰۹	۱۳,۵	۸۹	۲۳,۶	۸۶۷	۴۳	۳۳۵	۱۵۳	۶۱۹	۱,۳	۴۴۹۰	۳۷۱۰۰	۰,۱۴	۳۵,۱	۰,۲	۱,۵	۱۰۳	۳,۸	۱,۸	۴,۱
A-S-۲۲,۲	۷	۰,۱۳	۱۵,۸	۱۰۷	۳۳,۹	۹۰۹	۴۷	۳۱۷	۲۸۵	۷۰۴	۱,۳	۴۷۹۰	۴۲۱۰۰	۰,۱۶	۵۷,۳	۰,۴	۱,۷	۱۷۹	۵,۲	۱,۷	۴
A-S-۲۳,۱	۱۴	۰,۰۷	۱۳,۵	۸۷	۳۱,۶	۸۶۲	۴۳	۳۳۲	۱۶۵	۶۰۷	۱,۳	۴۴۳۰	۳۸۶۰۰	۰,۱۶	۳۴,۶	۰,۴	۲	۱۰۷	۵	۱,۹	۹,۴
A-S-۲۵,۲	۳	۰,۱	۱۴,۸	۱۱۰	۲۵,۹	۹۰۲	۴۶	۳۴۰	۴۲۱	۷۱۷	۱,۴	۴۸۹۰	۴۲۱۰۰	۰,۳۴	۷۵	۰,۳	۲	۲۵۵	۵,۹	۱,۸	۲,۶
A-S-۲۶,۲	۱۰	۰,۱۴	۱۶,۲	۱۳۷	۲۵,۸	۱۰۳۰	۴۳	۳۴۹	۱۷۳	۷۵۶	۱,۴	۵۶۳۰	۴۷۷۰۰	۰,۱۳	۴۴,۶	۰,۳	۱,۹	۱۳۲	۴,۷	۱,۷	۷,۴
A-S-۲۷,۱	۳	۰,۲۷	۱۳,۴	۹۶	۲۰,۶	۹۰۷	۳۹	۳۲۵	۱۴۰	۷۰۹	۱,۳	۴۷۱۰	۳۸۷۰۰	۰,۷۹	۳۸,۶	۰,۲	۱,۴	۹۵,۹	۴,۸	۱,۸	۵,۲
A-S-۲۸,۱	۱	۰,۴	۱۵	۱۱۹	۲۲,۲	۹۲۹	۴۲	۳۴۰	۱۴۹	۶۳۰	۱,۴	۵۳۹۰	۴۴۴۰۰	۰,۱۲	۴۶,۸	۰,۳	۱,۹	۹۹,۳	۴,۷	۲,۲	۳,۹
A-S-۲۹,۲	۱۱	۰,۱۲	۱۴	۱۰۳	۲۳,۹	۹۱۷	۴۲	۳۵۳	۱۴۷	۶۴۵	۱,۴	۵۱۱۰	۴۰۲۰۰	۰,۱۲	۳۱,۳	۰,۳	۱,۶	۱۰۱	۳,۵	۱,۶	۸,۲
A-S-۳۰,۲	۱	۰,۱	۱۲,۷	۷۳	۲۳,۹	۸۸۸	۳۹	۳۸۷	۱۶۶	۶۱۳	۱,۴	۴۳۳۰	۳۵۴۰۰	۰,۱۲	۳۰,۸	۰,۲	۱,۵	۸۸,۹	۳,۷	۱,۸	۳,۴

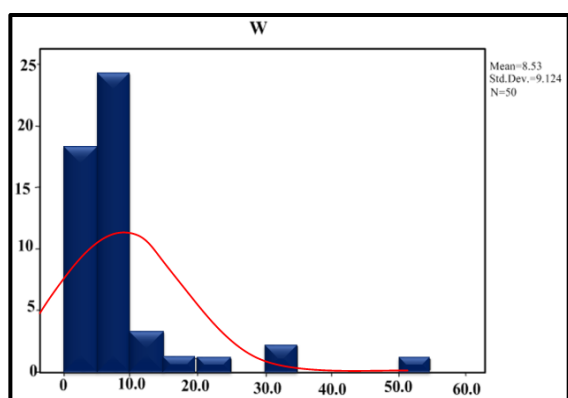
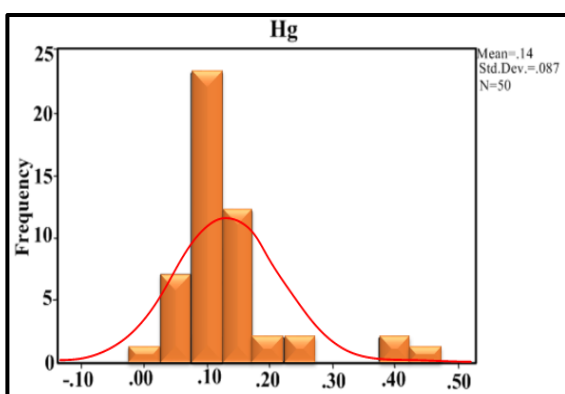
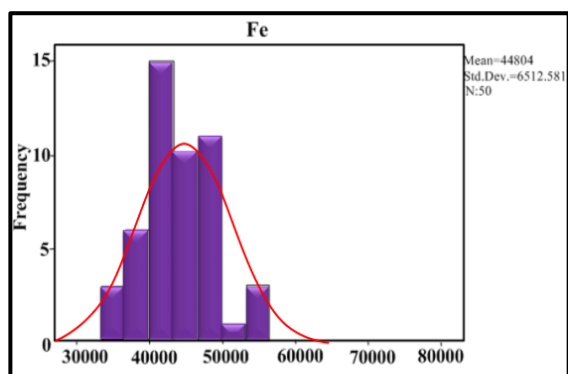
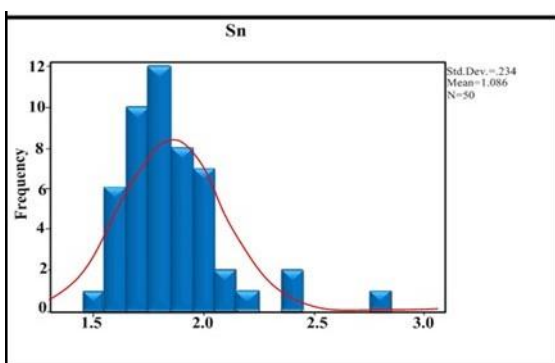
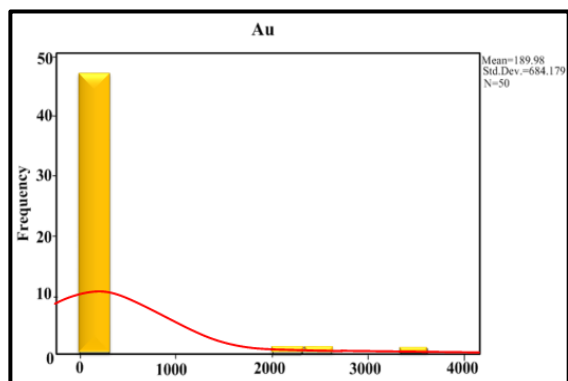
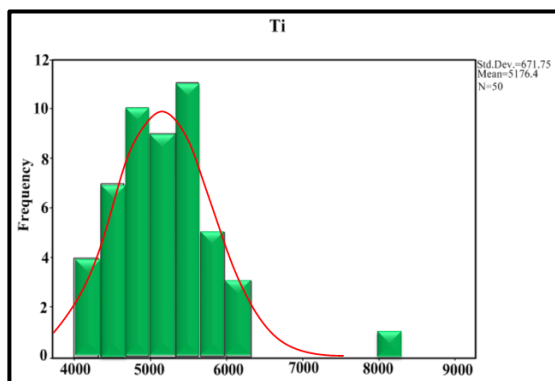
جدول ۴-۳. پارامترهای آماری عناصر در آبرفت‌های پلاسرا انگوران چای (غلظت طلا بر حسب ppb و بقیه‌ی عناصر بر حسب ppm).

El	Mean	Median	Mode	Std. Dev	Variance	Skewness	Kurtosis	Min	Max	۲۵ Percentiles	۵۰	۷۵
Au	۱۸۹,۹۸	۱۰	۱۰	۶۸۴	۴۶۸۱۰۰	۴	۱۶	۱	۳۵۷۰	۵,۷۵	۱۰	۱۵,۷۵
Hg	۰,۱۳۷۲	۰,۱۲	۰,۱۲	۰,۰۹	۰	۲	۵	۰	۰,۴۵	۰,۰۹	۰,۱۲	۰,۱۶
Co	۱۵,۳۶۴	۱۵,۲۵	۱۷,۱	۲	۳	۲	۷	۱۲	۲۲,۷	۱۴,۲۷۵	۱۵,۲۵	۱۶,۲۲۵
Cr	۱۲۱,۶۴	۱۱۸,۵	۸۹	۳۳	۱۱۲۲	۲	۶	۷۳	۲۶۵	۹۸,۲۵	۱۱۸,۵	۱۳۵,۵
Cu	۲۸,۵۸	۲۷,۸	۲۷	۶	۳۱	۱	۰	۱۹,۲	۴۳	۲۵,۱۲۵	۲۷,۸	۳۱,۴۵
Mn	۹۵۵,۹۲	۹۳۸,۵	۹۰۹	۸۳	۶۹۵۳	۱	۲	۸۰۴	۱۲۵۰	۹۰۸,۵	۹۳۸,۵	۱۰۰۵
Ni	۴۲,۷۸	۴۳	۴۳	۳	۱۱	۰	۰	۳۶	۵۰	۴۱	۴۳	۴۴
Sr	۳۲۶,۶	۳۲۷	۳۱۳	۲۹	۸۳۹	۰	۰	۲۶۸	۳۸۷	۳۰۶,۷۵	۳۲۷	۳۴۶,۷۵
Zn	۱۴۹,۴۵۴	۱۴۶,۵	۱۳۶	۵۸	۳۳۸۵	۲	۹	۷۲,۴	۴۲۱	۱۱۶,۲۵	۱۴۶,۵	۱۶۵,۲۵
Ba	۶۵۳,۱	۶۸۶	۷۰۴	۱۲۲	۱۴۷۸۸	۰	۰	۴۱۳	۹۴۴	۵۶۹,۵	۶۸۶	۷۳۵,۷۵
Be	۱,۳۸۴	۱,۴	۱,۴	۰	۰	۰	۰	۱,۲	۱,۵	۱,۳	۱,۴	۱,۴
Ti	۵۱۷۶,۴	۵۲۱۰	۴۹۷۰	۶۷۲	۴۵۱۲۴۸	۱	۵	۴۰۳۰	۸۰۰۰	۴۶۹۲,۵	۵۲۱۰	۵۵۷۷,۵
Fe	۴۴۸۰۴	۴۴۳۰۰	۴۲۱۰۰	۶۵۱۳	۴۲۴۱۳۴۵۳	۲	۸	۳۳۹۰۰	۷۵۰۰۰	۴۰۷۵۰	۴۴۳۰۰	۴۷۷۵۰
Ag	۰,۲۱۴۸	۰,۱۹	۰,۱۵	۰	۰	۴	۱۵	۰,۱۱	۰,۸۱	۰,۱۵	۰,۱۹	۰,۲۳
As	۴۴,۷۹۴	۴۴,۲	۳۴,۶	۹	۷۹	۱	۳	۳۰,۸	۷۵	۳۸,۵۷۵	۴۴,۲	۴۸,۹۵
Bi	۰,۳۴۲	۰,۳	۰,۳	۰,۱۱	۰,۰۱	۲	۷	۰,۲	۰,۸	۰,۳	۰,۳	۰,۴
Mo	۱,۹۳	۱,۹	۱,۹	۰,۳۵	۰,۱۲	۱	۴	۱,۴	۳,۳	۱,۷	۱,۹	۲,۱
Pb	۱۱۰,۲۶۲	۱۰۳,۵	۳۶,۴	۵۶	۳۱۷۹	۱	۱	۳۴,۳	۲۷۹	۶۷,۶۷۵	۱۰۳,۵	۱۴۳
Sb	۴,۷۴۲	۴,۷	۴,۸	۱	۱	۱	۰	۳,۵	۶,۸	۴,۱۷۵	۴,۷	۵,۱۲۵
Sn	۱,۸۵۸	۱,۸	۱,۸	۰	۰	۲	۵	۱,۵	۲,۸	۱,۷	۱,۸	۲

در ادامه، پارامترهای آماری عنصر بارزش طلا در پلاسرا انگوران چای توصیف می‌شود. لازم به ذکر است که این عنصر از نظر تشکیل کانسارهای پلاسری مهم است. مقادیر غلظت کمینه، میانگین، و بیشینه طلا در آبرفت‌های انگوران چای به ترتیب ۱، ۱۹۰، و ۳۵۷۰ میلی‌گرم در تن است. مقایسه میانگین غلظت طلا در پلاسرا انگوران چای (۱۹۰ میلی‌گرم در تن) با فراوانی پوسته‌ای این عنصر (۳ تا ۶ میلی‌گرم در تن)، و آستانه اقتصادی طلا در کانسارهای پلاسری (بیش از ۲۰۰ میلی‌گرم در تن)، اهمیت معدنی طلا را در این پلاسرا نشان می‌دهد. میزان پراکندگی عیار طلا در آبرفت‌های انگوران چای بسیار بالا است و از کمینه ۱ تا بیشینه ۳۵۷۰ میلی‌گرم در تن تغییر می‌کند. مقدار واریانس ۴۶۸۱۰۰ گواه این مسئله است. مقدار انحراف غلظت‌های طلا از میانگین آن ۶۸۴ است که بیان از عدم تمرکز عیارها در حول مقدار میانگین و یا انحراف غلظت‌ها از مقدار میانگین است. در منحنی‌های توزیع نرمال و زنگوله‌ای متقارن مقادیر چولگی و کشیدگی به ترتیب ۰ و ۳ می‌باشد. بنابراین با انحراف شکل توزیع از حالت نرمال و متقارن مقادیر چولگی و کشیدگی از مقادیر ۰ و ۳ فاصله می‌گیرد (حسینی پاک و شرف‌الدین، ۱۳۹۰). در آبرفت‌های انگوران چای مقادیر چولگی و کشیدگی به ترتیب ۴ و ۱۶ است که نشان از انحراف از حالت نرمال و چولگی مثبت (تمایل شکل توزیع به سمت راست) آن است. در منحنی‌های توزیع ژئوشیمیایی وجود غلظت‌های بالا و با فراوانی اندک سبب چولگی مثبت شکل توزیع می‌شود. منحنی هیستوگرام توزیع طلا در آبرفت‌های انگوراچای نیز این مسئله را تایید می‌کند (نمودار ۲-۴ الف). با توجه به اینکه مقادیر غلظت بقیه عناصر (مانند تیتانیوم، آهن، قلع، تنگستن، و ...) در پلاسرا انگوران چای از کمینه عیار اقتصادی آنها پایین‌تر است از توصیف پارامترهای آماری آنها صرف‌نظر می‌شود و برای آگاهی از ویژگی توزیع ژئوشیمیایی آنها به داده‌های جدول (۳-۴) مراجعه شود.

۲-۴-۴- رسم نمودارهای هیستوگرام فراوانی

برای مطالعه چگونگی توزیع ژئوشیمیایی عناصر در آبرفت‌های انگوران‌چای منحنی‌های هیستوگرام فراوانی عناصر بر پایه‌ی داده‌های ژئوشیمیایی خام ترسیم شد. منحنی‌های هیستوگرام برای پاره‌ای از عناصر مانند طلا، تیتانیوم، آهن، قلع، تنگستن، و جیوه که از نظر تشکیل کانسارهای پلاستی مهم هستند، تهیه شده است (نمودارهای ۲-۴ الف-ج). همانطور که در منحنی هیستوگرام فراوانی طلا مشاهده می‌شود شکل توزیع غیرنرمال و دارای چولگی مثبت است. چولگی مثبت نمودار اهمیت این عنصر را در منطقه نشان می‌دهد و بیان از وجود نمونه‌های با غلظت زیاد طلا و فراوانی کم در جامعه نمونه‌ها است (نمودار ۲-۴ الف). نمودارهای هیستوگرام فراوانی عناصر تیتانیوم، آهن، قلع، و جیوه به تقریب نرمال است و بیان از پراکندگی عیارها حول مقدار میانگین است و وجود تعداد اندکی نمونه پرعیار سبب تمایل جزئی شکل توزیع‌ها به سمت راست شده است (نمودارهای ۲-۴ ب-ث). شکل توزیع عنصر تنگستن غیرنرمال و دارای چولگی مثبت است (نمودار ۲-۴ ج)، که بیان از وجود نمونه‌های با غلظت زیاد و فراوانی کم در جامعه نمونه‌ها است. مقایسه مقادیر میانگین و بیشینه عناصر تیتانیوم، آهن، قلع، جیوه و تنگستن در پلاستر انگوران‌چای با مقادیر فراوانی پوسته‌ای و کمینه عیار اقتصادی آنها در کانسارهای پلاستی، نشان از اهمیت کم آنها در آبرفت‌های انگوران‌چای است.

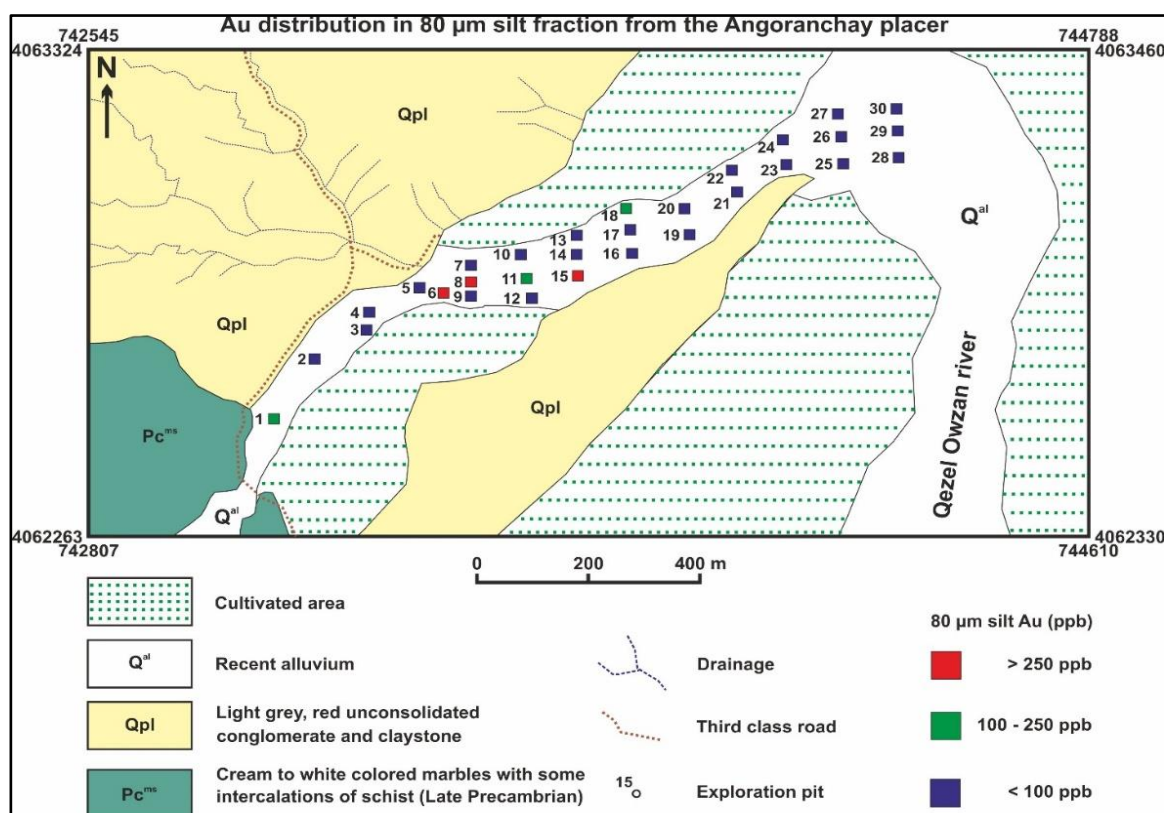


نمودار ۴-۲. نمودارهای هیستوگرام فراوانی غلظت عناصر در پلاسما انگوران چای (طلا بر حسب میلی گرم در تن و سایر عناصر گرم در تن). الف (طلا، ب) تیتانیوم، پ) آهن، ت) قلع، ث) جیوه، و ج) تنگستن.

۳-۴-۴- نقشه توزیع ژئوشیمیایی طلا

تحلیل‌های آماری تک‌متغیره داده‌های ژئوشیمیایی سیلت آبرفتی نشان داد که طلا تنها عنصر با ارزش معدنی در آبرفت‌های انگوران چای است. بنابراین، از میان عناصر آنالیز شده تنها نقشه توزیع ژئوشیمیایی طلا رسم شده

است. برای رسم این نقشه ابتدا مقدار میانگین طلا در هر یک از چاهک‌های اکتشافی محاسبه شده است (محاسبه میانگین عیار طلا در هر چاهک بر اساس نتایج نمونه‌های ژئوشیمی سیلت آبرفتی برداشت شده از آن چاهک محاسبه شده است). نقشه ناهنجاری‌های ژئوشیمیایی به صورت‌های طیفی، کانتوری، و نمادین ارائه می‌شوند. نقشه‌های نمادین (سیمبلی) برای مساحت‌های کم با تعداد نمونه اندک پیشنهاد می‌شود. برای مساحت‌های زیاد و با تعداد نمونه بیشتر و شبکه‌های نمونه‌برداری منظم مربعی و مستطیلی نقشه‌های طیفی مناسب هستند. در پلاسرا انگوران چای نقشه‌ی ژئوشیمیایی توزیع طلا به صورت نمادین تهیه و ارائه شده است. به طوریکه از نقشه مشخص است مقدار میانگین غلظت طلا در محل چاهک‌های شماره‌های ۶، ۸، و ۱۵ بیشتر از ۲۵۰ میلی گرم در تن، در محل چاهک‌های ۱، ۱۱، و ۱۸ در دامنه عیار ۱۰۰ تا ۲۵۰ میلی گرم در تن، و در سایر ایستگاه‌ها کمتر از ۱۰۰ میلی گرم در تن است (شکل ۴-۱۹).



شکل ۴-۱۹. نقشه توزیع ژئوشیمیایی عنصر طلا در پلاسرا انگوران چای.

۵-۴- محاسبه ضرایب همبستگی ژئوشیمیایی عناصر

برای شناسایی روابط ژنتیکی میان متغیرها (عناصر) و تفسیر آنها، تحلیل‌های دو متغیره به عنوان نخستین گزینه انتخاب می‌شود. بررسی‌های دو متغیره شامل مطالعه و تفسیر نمودار پراکنش و محاسبه ضریب همبستگی میان دو متغیر (عناصر) است. محاسبه مقادیر ضریب همبستگی و بررسی تغییرات آن در مطالعات زمین‌شناسی اقتصادی و ژئوشیمی سنگ‌ها و کانسنگ‌ها و نیز در مراحل مختلف اکتشافات ژئوشیمیایی کاربردهای زیادی دارد. مقدار ضریب همبستگی دو متغیر بین ۱- تا ۱ تغییر می‌کند که (۱) به معنای همبستگی مثبت کامل، صفر (۰) به معنی نبود همبستگی و (۱-) به معنی همبستگی منفی کامل است. وجود همبستگی مثبت بیشتر از ۰/۵ نشان‌دهنده خروج یا ورود همزمان دو عنصر از یک محیط و یا معرف منشاء یکسان دو عنصر است. همبستگی منفی بیشتر از ۰/۵ نشان‌دهنده ارتباط معکوس دو عنصر با یکدیگر است. به این معنی که ورود یک عنصر به محیط، همزمان با خروج دیگری صورت می‌پذیرد و یا دو عنصر از دو منبع جدا از یکدیگر مشتق می‌شوند. اعداد ۰/۵+ تا صفر و ۰/۵- تا صفر نشان از همبستگی‌های ضعیف و عدم همبستگی بین دو عنصر دارد. در این پژوهش، برای محاسبه مقادیر ضرایب همبستگی میان عناصر از ضریب همبستگی پیرسن که تابع نوع توزیع داده‌ها است، استفاده شده است. بررسی‌های آماری دومتغیره و چندمتغیره معمولاً بر روی داده‌های نرمال صورت می‌گیرد. تحلیل‌های آماری تک‌متغیره نشان داد که در آبرفت‌های انگوران‌چای توزیع ژئوشیمیایی اغلب عناصر نرمال نبوده و دارای چولگی هستند. بنابراین داده‌های ژئوشیمیایی برای انجام بررسی‌های دو متغیره و چند متغیره باید نرمال شوند. روش‌های ریاضی مختلفی برای نزدیک کردن توزیع داده‌ها به حالت نرمال وجود دارد که روش لگاریتمی ساده یکی از آنها است. در گام نخست، در محیط نرم افزار Excel لگاریتم داده‌های خام محاسبه شد، و پس از آن در محیط نرم افزار IBM SPSS Statistics ۲۰ ماتریس ضرایب همبستگی و سطح معنی‌دار بودن آنها به روش پیرسن محاسبه شده است (جدول ۴-۴).

طلا مهم‌ترین عنصر در رسوبات آبرفتی انگوران چای است. با توجه به داده‌های جدول (۳-۴) عنصر طلا با عنصر بیسموت ($r=0.58$) دارای بیشترین همبستگی مثبت می‌باشد که نشان‌دهنده رفتار ژئوشیمیایی یکسان بین این عناصر می‌باشد.

طلا با عناصر آهن، تیتانیوم، منگنز، کروم و کبالت همبستگی مثبت متوسط تا خوب دارد (0.4 تا 0.5). عنصر کبالت دارای همبستگی مثبت با عناصر کروم ($r=0.85$)، منگنز ($r=0.81$)، نیکل ($r=0.62$)، تیتانیوم ($r=0.80$)، آهن ($r=0.62$)، بیسموت ($r=0.58$) و مولیبدن ($r=0.57$) است. کروم با عناصر منگنز ($r=0.79$)، تیتانیوم ($r=0.87$)، آهن ($r=0.90$)، آرسنیک ($r=0.56$)، مولیبدن ($r=0.61$) و قلع ($r=0.61$) دارای همبستگی مثبت می‌باشد، و با عنصر استرانسیوم ($r=-0.24$) همبستگی منفی دارد. تیتانیوم با عناصر آهن، کروم، کبالت، و منگنز همبستگی مثبت بالا دارد (ضریب همبستگی 0.8 تا 0.9). همبستگی میان عناصر سرب، روی، باریوم و استرانسیم بالا است (ضریب همبستگی 0.6 تا 0.9). همبستگی میان دو عنصر آرسنیک و آنتیموان نیز بالا است (ضریب همبستگی 0.7). به طور کلی نتایج بررسی ضرایب همبستگی میان جفت عناصر نشان می‌دهد که در پلاسما انگوران چای عناصری که قرابت ژنتیکی و ژئوشیمیایی با یکدیگر دارند و یا کانی‌های سنگین مقاوم تشکیل می‌دهند از ضریب همبستگی بالایی برخوردار هستند.

جدول ۴-۴. ماتریس ضریب همبستگی عناصر به روش پیرسن (سطح اعتماد ۹۹ درصد) بر پایه‌ی لگاریتم داده‌های ژئوشیمی سیلت آبرفتی در پلاسرا انگوران چای.

Au	1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
----	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

۴-۶- تحلیل خوشه‌ای داده‌های ژئوشیمیایی

هر تجزیه و تحلیل همزمان بیش از یک متغیر، می‌تواند آنالیز چندمتغیره تلقی شود. در تحلیل‌های چندمتغیره، شناخت ارتباط و بستگی‌های ژنتیکی متقابل موجود میان عناصر گوناگون، می‌تواند در شناخت دقیق‌تر تغییرات موجود در محیط‌های ژئوشیمیایی به کار گرفته شود. در ضمن تجمع ژنتیکی بعضی از عناصر ممکن است به عنوان راهنمای مستقیمی در تفسیر نوع نهشته‌ای که به احتمال در ناحیه وجود دارد، به کار رود. بر عکس، تجمع بعضی از عناصر نیز ممکن است دلالت بر وجود آنومالی‌هایی داشته باشند که بی‌اهمیت و گمراه‌کننده هستند. تحلیل خوشه‌ای، یکی از روش‌های آماری چندمتغیره است، و همانند تکنیک‌های تحلیل مولفه‌های

اصلی، تحلیل عاملی، تحلیل تمایز، تحلیل تطبیقی، و تحلیل ویژگی نیاز به داده‌های نرمال است. روش‌های مختلفی برای نرمال‌سازی داده‌های ژئوشیمیایی وجود دارد که روش لگاریتمی از متداول‌ترین آنها است. معمولاً نتایج حاصل از محاسبات تحلیل خوشه‌ای را به صورت یک نمودار سلسله مراتبی به نام دندروگرام نمایش می‌دهند. دندروگرام یک ساختار سلسله مراتبی است که نحوه اتصال نمونه‌ها و یا متغیرها را به یکدیگر نشان می‌دهد. در این نمودار یک مقیاس خطی افقی در بالای آن قرار داده می‌شود. محل اتصال هر نمونه یا متغیر به یک خوشه یا یک خوشه به یک خوشه دیگر روی این مقیاس خطی متناظر با درجه شباهت آن است (حسنی پاک و شرف الدین، ۱۳۹۰). نتیجه آنالیز خوشه‌ای عناصر در منطقه مورد مطالعه به صورت یک نمودار درختی (نمودار ۴-۳) ارائه شده است. با توجه به این نمودار عناصر به دو گروه اصلی مطابق زیر گروه‌بندی شده‌اند:

خوشه اول: این خوشه خود به چهار زیر گروه قابل تقسیم است:

زیرگروه اول: شامل تیتانیوم، آهن، کروم، کبالت، منگنز است. که در این زیر گروه همه عناصر با هم همبستگی بالایی را نشان می‌دهد.

زیرگروه دوم: این زیر گروه شامل عناصر آرسنیک، آنتیموان، مولیبدن، بیسموت، و طلا است، که از ضریب همبستگی متوسط تا بالا برخوردار هستند.

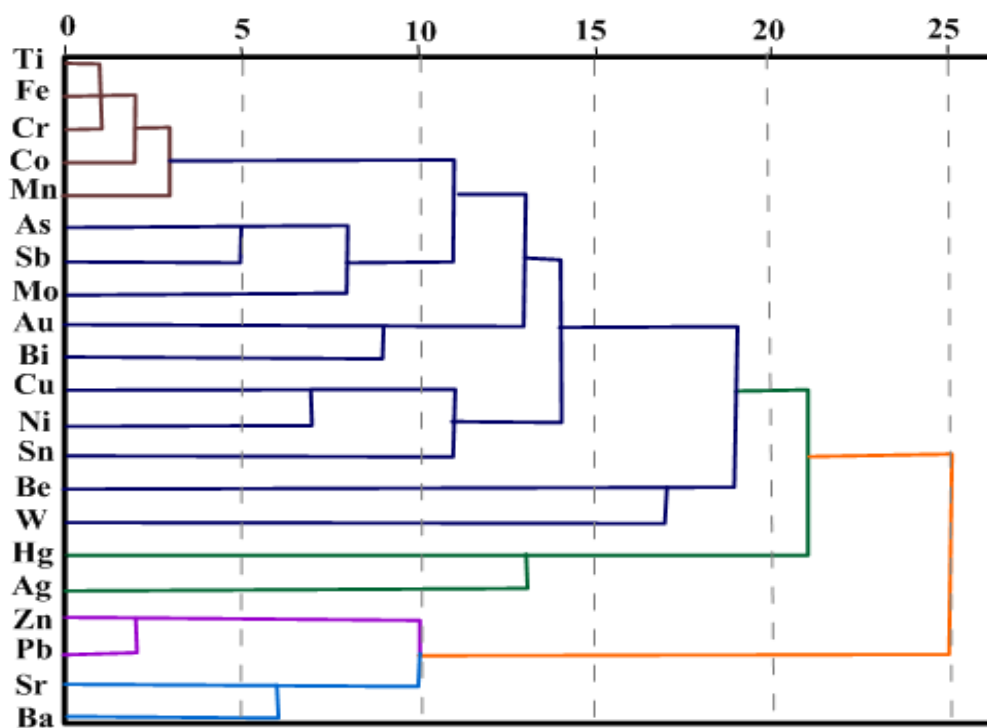
زیرگروه سوم: مس، نیکل، قلع، بریلیوم، و تنگستن در این زیر گروه قرار دارند و داری همبستگی‌های متوسط تا خوب می‌باشند.

زیرگروه چهارم: جیوه و نقره در این زیر گروه هستند و همبستگی متوسطی دارند.

خوشه دوم: این خوشه شامل عناصر روی، سرب، استرانسیم، و باریم است که بیشترین قرابت ژئوشیمیایی را با یکدیگر دارند.

Dendrogram Using Average Linkage (Betwin Groups)

Rescaled Distance Cluster Combine



نمودار ۳-۴. نمودار تحلیل خوشه‌ای داده‌های ژئوشیمیایی رسوبات آبرفتی پلاسرا انگوران چای.

فصل ۵ : اکتشاف کانی های سنگین

۱-۵- مقدمه

در شناسایی و پی‌جویی مواد معدنی، مطالعه کانی‌های سنگین در بخش تغلیظ یافته نمونه‌های رسوب آبرفتی به موازات کاوش‌های ژئوشیمیایی بسیار حائز اهمیت است. در اکتشاف کانسارهای پلاسری مطالعه کانی‌های سنگین کلیدی است، برای اینکه اجزای با ارزش پلاسرهای کانی‌های سنگین با وزن مخصوص بیش از ۲/۹۷ گرم بر سانتی‌متر مکعب هستند (Mitchell, ۱۹۷۵). در پلاسر انگوران‌چای مطالعه کانی‌های سنگین بر روی نمونه‌های آبرفتی انتخابی از چاهک‌های اکتشافی انجام شده است. در محدوده این پلاسر تعداد ۳۰ حلقه چاهک اکتشافی در ابعاد شبکه ۵۰ در ۱۰۰ متر طراحی و حفر شده است. به منظور مطالعه کانی‌های سنگین تعداد ۸۷ نمونه آبرفتی از چاهک‌های اکتشافی برداشت شده است. به ازای هر یک متر در امتداد چاهک‌ها یک نمونه آبرفتی انتخاب شده است. نمونه‌ها بعد از مراحل مختلف شست‌شو (گل‌شویی و لاوک‌شویی)، خشک کردن، وزن و حجم‌سنجی، جدایش‌های ثقلی و مغناطیسی، برای شناسایی کانی‌های سنگین و تعیین درصد حجمی آنها با استفاده از میکروسکوپ بینوکولار مطالعه شده‌اند. بر اساس نتایجی که از مطالعه کانی‌شناسی نمونه‌ها بدست می‌آید مقدار گرم در تن کانی‌های سنگین در نمونه‌ها محاسبه شده است، و برای پردازش‌های آماری و شناسایی کانی‌های با ارزش از این نتایج استفاده شده است. علاوه براین، برای کانه طلا در پلاسر انگوران‌چای تعداد، شکل، ابعاد، و میزان کرویت و گردش‌دگی ذرات نیز تعیین شده است. این قبیل اطلاعات برای تعیین عیار دقیق طلا در پلاسر، فاصله پلاسر از سنگ‌های منشای، تنوع سنگ و کانسنگ‌های منشای، و تیپ کانه‌زایی بکار گرفته می‌شوند.

۲-۵- کانی‌های سنگین

کانی‌های سنگین به آن دسته از کانی‌هایی گفته می‌شود که دارای چگالی بیشتر از کوارتز با وزن مخصوص ۲/۶۵ گرم بر سانتی‌متر مکعب است (یزدی ۱۳۸۱). در عمل، کانی‌هایی که دارای چگالی بیش از چگالی مایع بروموفرم (۲/۸۴ تا ۲/۹۷ گرم بر سانتی‌متر مکعب) یا تترا برومومتان (۲/۹۴ گرم بر سانتی‌متر مکعب) هستند،

در گروه کانی‌های سنگین قرار می‌گیرند. در مقابل، کانی‌هایی با چگالی کمتر از کانی‌های سنگین، از قبیل میکاها، دولومیت، آراگونیت، آنیدریت، منیزیت و کوارتز، کانی‌های سبک نامیده می‌شوند. کانی‌های سنگین در همه رسوب‌ها و سنگ‌های رسوبی وجود دارند، اما کانسارهای آنها زمانی تشکیل می‌شود که غنی‌شدگی بسیار زیادی از کانی‌های سنگین صورت گرفته باشد. از میان تعداد بی‌شماری از کانی‌های سنگین، تنها تعداد اندکی از آنها به دلیل خواص و توزیع خودشان، دارای اهمیت اقتصادی می‌باشند، که از آنها به عنوان کانی‌های سنگین با ارزش نام برده می‌شود. در منابع انگلیسی اصطلاحاتی مانند تمرکز کانی‌های سنگین، کانی‌های سنگین کلی برای کل کانی‌های سنگین موجود در یک نهشته پلاستی و کانی‌های زائد برای کانی‌های سنگینی که نمی‌توانند مورد استفاده قرار بگیرند، نیز بکار برده می‌شود.

کانی‌های سنگین مفید بر اساس چگالی آنها بصورت زیر تقسیم بندی می‌شوند:

- کانی‌های سنگین با چگالی $6/8$ تا 21 گرم بر سانتی‌متر مکعب (اساساً شامل طلا، عناصر گروه پلاتین، کاسیت، مس خالص و سرب خالص و غیره است).

- کانی‌های سنگین با چگالی $4/2$ تا $6/7$ گرم بر سانتی‌متر مکعب (اساساً شامل باریت، گالن، ایلمنیت، روتیل، مونازیت، زیرکن، زنونیم، شیلیت، گارنت، لوکوکسن، مگنتیت، کرومیت و غیره است).

- سنگ‌های قیمتی با چگالی $2/9$ تا $4/1$ گرم بر سانتی‌متر مکعب (آندالوزیت، سیلیمانیت، کیانیت، تورمالین، پیروکسن، اپیدوت، هورنبلند، یاقوت سرخ و یاقوت کبود، الماس و غیره).

۳-۵- نتایج مطالعات کانی‌های سنگین در پلاسرا انگوران چای

بر پایه مطالعات کانی‌شناسی، کانی‌های سنگینی که در پلاسرا انگوران چای مشاهده می‌شود، از نظر شدت خاصیت مغناطیسی آنها به سه دسته تقسیم می‌شوند: الف) کانی‌های که خاصیت مغناطیسی بالایی دارند مثل مگنتیت، ب) کانی‌هایی که دارای خاصیت مغناطیسی متوسط تا ضعیف دارند شامل کانی‌های هماتیت، گوتیت، لیمونیت، پیروکسن، آمفیبول، اپیدوت، گارنت، کلریت، بیوتیت، پیریت لیمونیتی شده، پیریت هماتیتی شده، اولیژیست، ایلمنیت، مارتیت، اسپینل، و پ) کانی‌هایی که فاقد خاصیت مغناطیسی هستند شامل کانی‌های

آپاتیت، زیرکن، روتیل، آنتاز، اسفن، لوکوسن، باریت، پیریت، کلسیت، نیگرین (روتیل سیاه)، گروه سرب و روی، طلا، سافیر (کروندوم)، سینابر، فلوریت، گروه مس، نقره، ری آلگار، اورپیمنت، و استینیت می باشد. در جدول پیوست (۱) مقدار گرم در تن هر یک از کانی های سنگین در پلاسرا انگوران چای ارائه شده است. لازم به ذکر است محاسبه گرم در تن کانی های سنگین در نمونه های آبرفتی پس از مطالعات کانی شناسی و تعیین درصد حجمی کانی ها در بخش کنسانتره (تغلیظ یافته) نمونه ها انجام می شود، که در فصل (۳) به طور کامل توصیف شده است.

۴-۵- تفسیر داده های کانی های سنگین

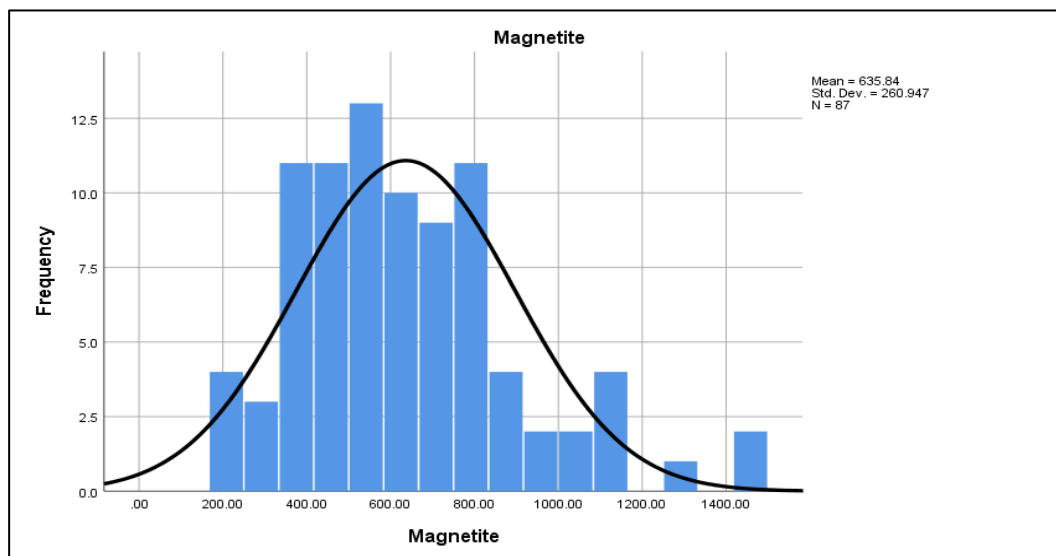
اولین مرحله در پردازش داده های حاصل از مطالعه کانی سنگین، آماده سازی داده ها در یک محیط نرم افزار مناسب می باشد. تحلیل آماری داده ها برای مطالعه توزیع و انتشار هر یک از کانی های سنگین در پلاسرا، تعیین کانی های سنگین با ارزش اصلی و جنبی، پاراژنز کانیایی، و تشخیص لیتولوژی سنگ و کانسنگ های بالا دست و ... صورت می گیرد. در این بخش، بر اساس داده های جدول پیوست (۱) مقادیر غلظت و توزیع پاره های از کانی های سنگین با ارزش مانند طلا، مگنتیت، ایلمنیت، زیرکن، شلیت، گارنت و روتیل در پلاسرا انگوران چای توصیف می شود. پارامترهای آماری (شامل مقادیر کمینه، بیشینه، میانگین، مد، انحراف معیار، واریانس، چولگی، و کشیدگی) این کانی ها بر پایه داده های خام کانی سنگین در جدول (۵-۵) آورده شده است. با توجه به اهمیت و جایگاه ویژه کانه طلا در این پلاسرا، ویژگی های آن در ادامه این بخش به طور جداگانه تفسیر شده است.

جدول ۵-۵. پارامترهای آماری برخی از کانی‌های سنگین با ارزش در پلاسرا انگوران چای بر پایه داده‌های کانی سنگین.

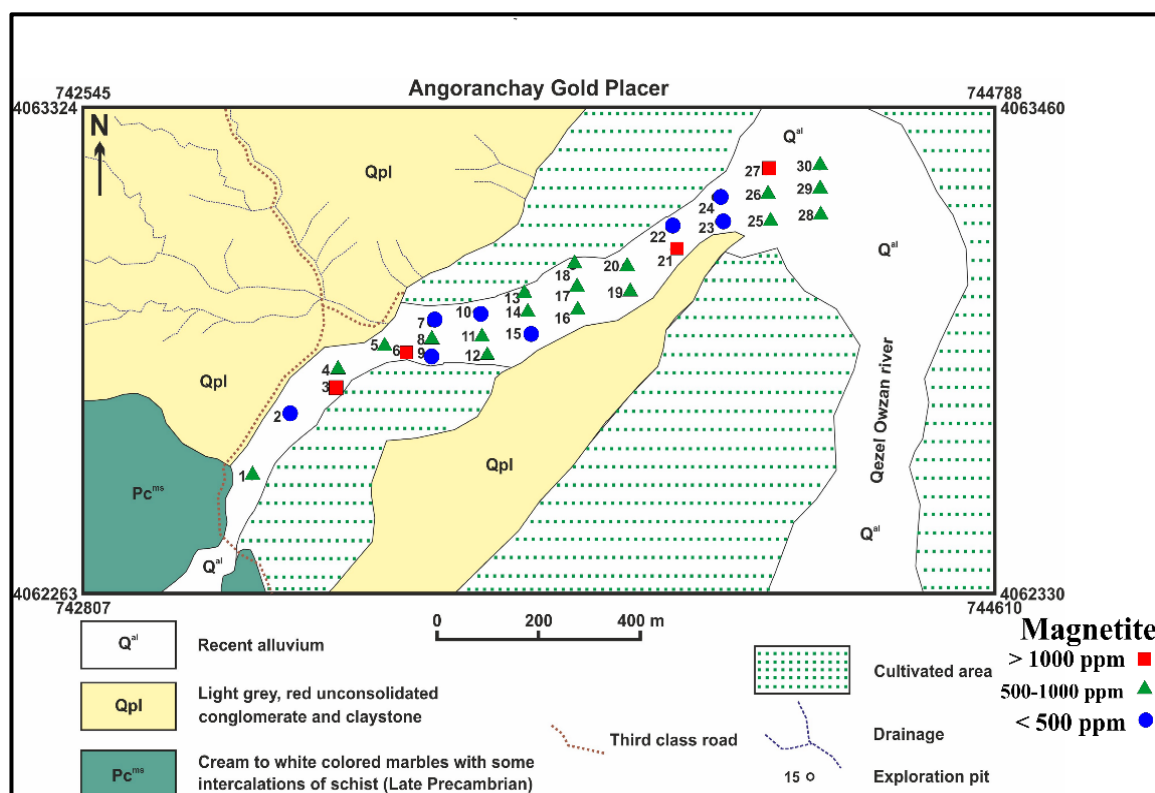
Minerals	Magnetite	Ilmenite	Zircon	Scheelite	Garnet	Rutile	Gold
N Valid	۸۷	۸۷	۸۷	۸۷	۸۷	۸۷	۸۷
Mean	۶۳۶	۳۴	۲۱,۴۴	۱,۸۷	۴۱۸	۶,۱۵	۰,۲۷
Median	۵۹۳	۱۲	۲۰,۷۰	۱,۴۴	۳۸۴	۴,۷۰	۰,۲۴
Mode	۴۷۴	۱۱	۲۰,۷۰	۱,۵۶	۲۶۹	۳,۷۸	۰,۱۴
Std. Deviation	۲۶۱	۴۰	۱۰,۱۴	۱,۵۰	۲۰۴	۵,۲۰	۰,۱۷
Variance	۶۸۰۹۴	۱۶۱۳	۱۰۳	۲,۲۵	۴۱۵۹۹	۲۷,۰۱	۰,۰۳
Skewness	۰,۸۸	۱	۱,۶۲	۱,۵۰	۰,۳۰	۱,۵۲	۱,۴۴
Kurtosis	۰,۹۷	۰,۸۹	۷,۴۴	۲,۱۰	-۰,۶۹	۲,۶۰	۳,۱۸
Minimum	۱۸۷	۰,۰۸	۳,۶۸	۰,۱۰	۴۲	۰,۵۰	۰,۰۵
Maximum	۱۴۲۳	۱۵۳	۷۴,۵۲	۶,۸۴	۹۰۴	۲۶,۴۶	۰,۹۹
Percentiles	۲۵	۴۷۴	۶	۱۴,۷۲	۰,۸۴	۲۶۹	۰,۱۴
	۵۰	۵۹۳	۱۲	۲۰,۷۰	۱,۴۴	۳۸۴	۰,۲۴
	۷۵	۷۷۱	۵۳	۲۷,۶۰	۲,۴۰	۷,۹۸	۰,۳۸

۱-۴-۵- مگنتیت (Fe_3O_4)

مگنتیت در نمونه‌ی دستی به رنگ خاکستری با ته‌رنگ متمایل به قهوه‌ای است. رخ مشخصی ندارد و دارای خاصیت مغناطیسی بالا، وزن مخصوص ۵/۲ گرم بر سانتی‌متر مکعب و درجه سختی ۵/۵-۶/۵ می‌باشد. به دلیل وزن مخصوص بالا یکی از کانی‌های سنگین مهم کنسارهای پلاسری به حساب می‌آید. در محدوده‌ی انگوران چای، بر اساس داده‌های جدول‌های پیوست (۱) و (۵-۵) مقدار بیشینه مگنتیت با عیار ۱۴۲۳ گرم در تن مربوط به نمونه‌های (۲) A-H-۳ و (۱) A-H-۲ است که به ترتیب در عمق ۲ متری چاهک شماره ۳ و عمق ۱ متری چاهک شماره ۲۱ مشاهده می‌شود. مقدار کمینه عیار مگنتیت (۱۸۷ گرم در تن) به نمونه‌ی A-H-۷(۱) در عمق ۱ متری از چاه شماره ۷ مربوط می‌شود. نمودار هیستوگرام توزیع فراوانی و نقشه انتشار مگنتیت در پلاسرا انگوران چای به ترتیب در نمودار (۵-۴) و شکل (۵-۲۰) آورده شده است.



نمودار هیستوگرام فراوانی مگنتیت (گرم در تن) بر پایه داده‌های خام کانی سنگین در پلاسرا انگوران‌چای.

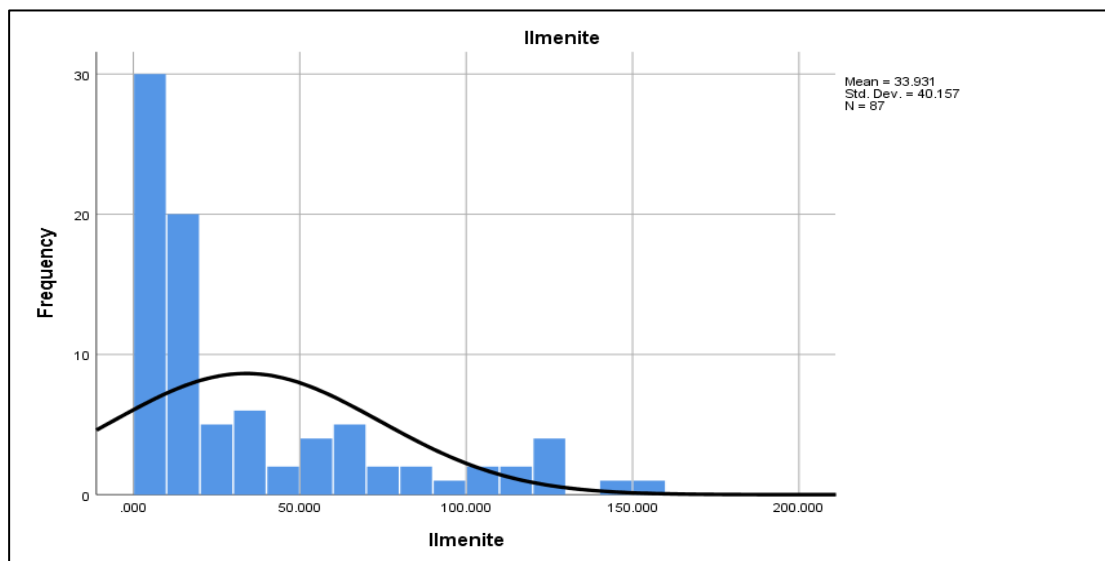


شکل ۵-۲۰. نقشه توزیع و انتشار مگنتیت در محدوده‌ی پلاسرا انگوران‌چای.

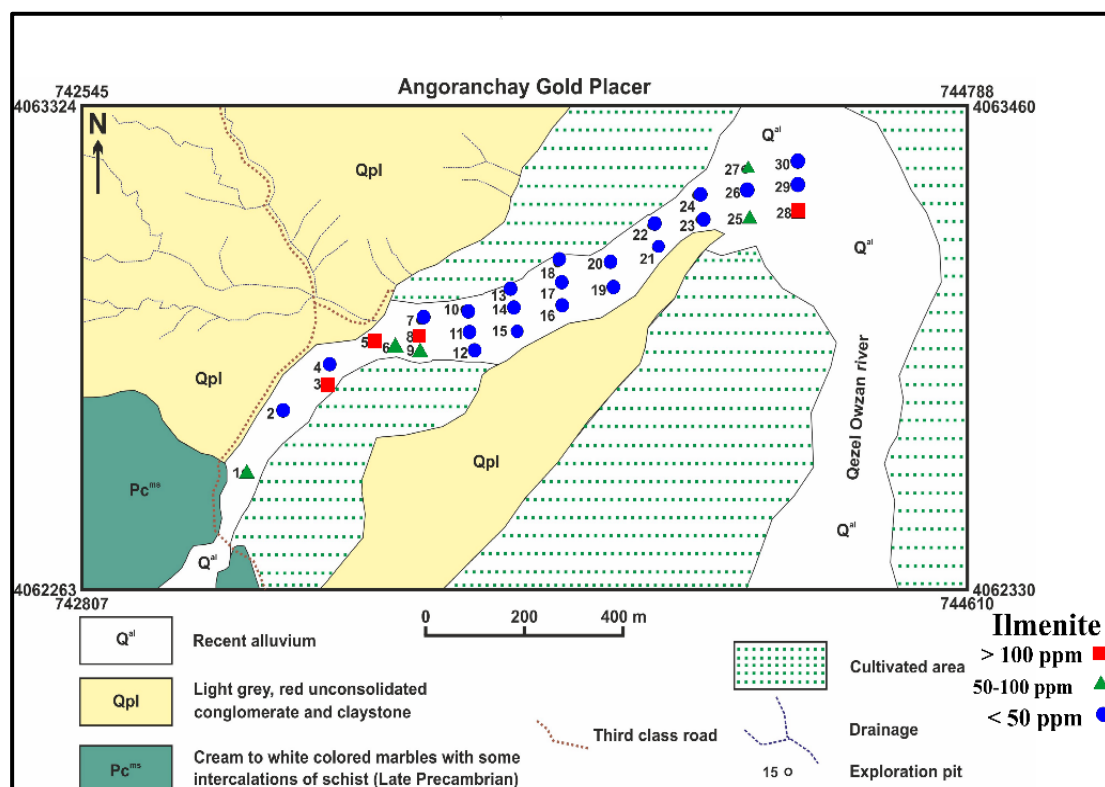
مقدار متوسط عیار مگنتیت در پلاسرا انگوران چای ۶۳۶ گرم در تن (۰/۰۶ درصد) است که از فراوانی پوسته‌ای عنصر آهن (۵/۶ درصد، ۱۹۸۵، Taylor and McLennan) و از کمینه عیار اقتصادی مگنتیت در کانسارهای پلاسی (۱۰ تا ۱۵ درصد) بسیار کمتر است. از اینرو، کانی مگنتیت در آبرفت‌های انگوران چای ارزش اقتصادی ندارد. نمودار هیستوگرام توزیع فراوانی و نقشه انتشار مگنتیت در پلاسرا انگوران چای به ترتیب در نمودار (۵-۴) و شکل (۵-۲۰) آورده شده است.

۲-۴-۵- ایلمنیت (FeTiO_3)

این کانی اکسید آهن تیتانیوم است. در نمونه دستی به رنگ سیاه آهنی و گاهی با تهرنگ متمایل به قهوه‌ای مشاهده می‌شود. دارای خاصیت مغناطیسی ضعیف تا متوسط، وزن مخصوص ۴/۷۵ و درجه سختی ۵-۶ می‌باشد، و به دلیل وزن مخصوص بالا جزء کانی‌های سنگین محسوب می‌شود و ذخایر پلاسی ارزشمندی را تشکیل می‌دهد. در محدوده‌ی انگوران چای، بر اساس داده‌های جدول‌های پیوست (۱) و (۵-۵) مقدار بیشینه ایلمنیت با عیار ۱۵۳ گرم در تن مربوط به نمونه (۲) A-H-۸ در عمق ۲ متری چاهک شماره ۸، و مقدار کمینه عیار آن (۰/۰۸ گرم در تن) به نمونه‌ی (۳) A-H-۱۳ در عمق ۳ متری از چاه شماره ۱۳ مربوط می‌شود. مقدار متوسط عیار ایلمنیت در پلاسرا انگوران چای ۳۴ گرم در تن است که از فراوانی پوسته‌ای عنصر تیتانیوم (۰/۵ درصد، ۱۹۸۵، Taylor and McLennan) و از کمینه عیار اقتصادی ایلمنیت در کانسارهای پلاسی (۲ تا ۵ درصد) بسیار کمتر است. از اینرو، کانی ایلمنیت در آبرفت‌های انگوران چای ارزش اقتصادی ندارد. نمودار هیستوگرام توزیع فراوانی و نقشه انتشار ایلمنیت در پلاسرا انگوران چای به ترتیب در نمودار (۵-۵) و شکل (۵-۲۱) آورده شده است.



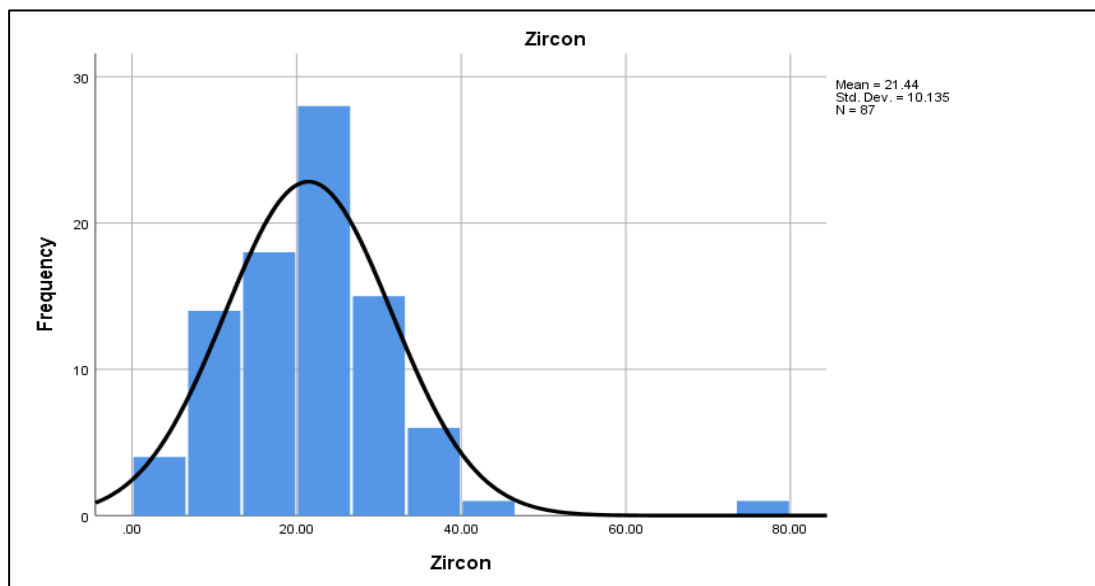
نمودار ۵-۵. نمودار هیستوگرام فراوانی ایلمنیت (گرم در تن) بر پایه داده‌های خام کانی سنگین در پلاسرا انگوران چای.



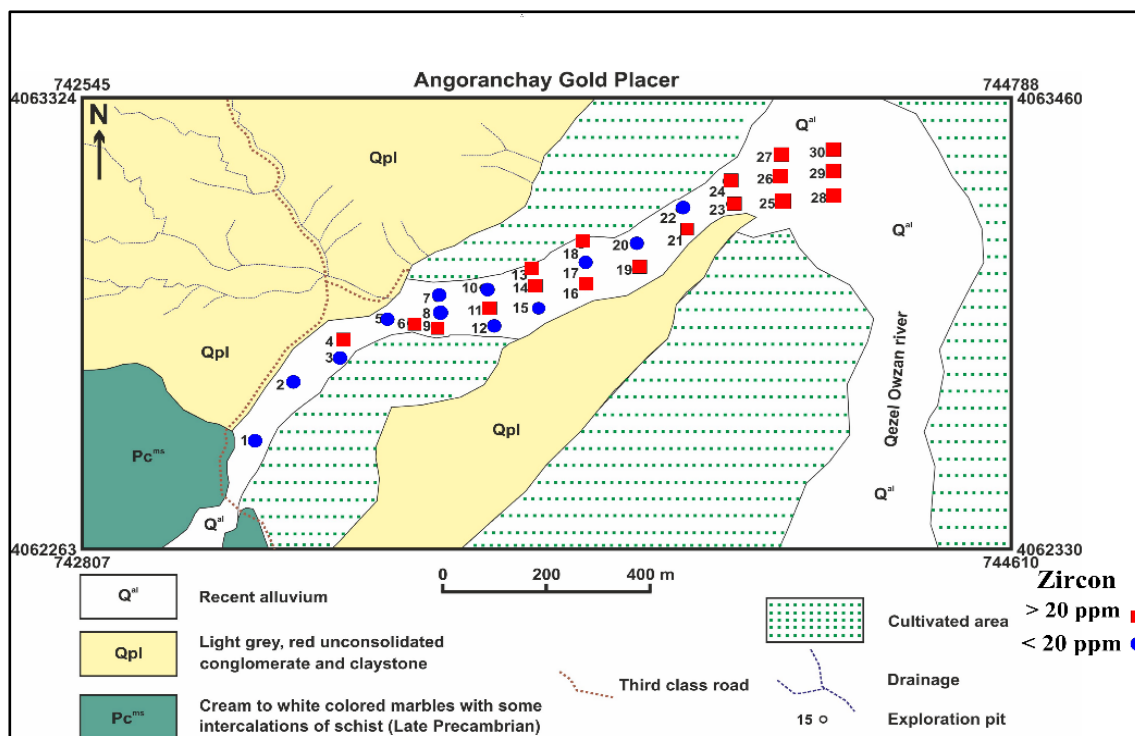
شکل ۵-۲۱. نقشه توزیع و انتشار ایلمنیت در محدوده‌ی پلاسرا انگوران چای

۳-۴-۵- زیرکن ($ZrSiO_4$)

این کانی به رنگ‌های قهوه‌ای خاکستری سبز، بی‌رنگ، شفاف، زرد و قرمز دیده می‌شود. رنگ خاکه سفید و جلای الماسی دارد. وزن مخصوص ۴/۶-۴/۷ و سختی ۷/۵ است زیرکن از کانی‌های مهم و بسیار گسترده در سنگ‌های آذرین است به علت ترکیب شیمیایی پایدار کانی فرعی مهم بسیاری از رسوبات است و تشکیل ذخایر پلاسری را می‌دهد و جزء کانی‌هایی است که خاصیت مغناطیسی ندارد. در محدوده‌ی انگوران‌چای، بر اساس داده‌های جدول‌های پیوست (۱) و (۵-۵) مقدار بیشینه زیرکن با عیار ۷۴ گرم در تن مربوط به نمونه A-H-۹(۲) در عمق ۲ متری چاهک شماره ۹، و مقدار کمینه عیار آن (۴ گرم در تن) به نمونه‌ی A-H-۲(۲) در عمق ۲ متری از چاه شماره ۲ مربوط می‌شود. مقدار متوسط عیار زیرکن در پلاسر انگوران‌چای ۲۱ گرم در تن است که از فراوانی پوسته‌ای عنصر زیرکونیم (۱۶۵ گرم در تن، Taylor and McLennan, ۱۹۸۵) و از کمینه عیار اقتصادی زیرکن در کانسارهای پلاسری (۱۰۰۰ تا ۲۰۰۰ گرم در تن) بسیار کمتر است. از اینرو، کانی زیرکن در آبرفت‌های انگوران‌چای ارزش اقتصادی ندارد. نمودار هیستوگرام توزیع فراوانی و نقشه انتشار زیرکن در پلاسر انگوران‌چای به ترتیب در نمودار (۵-۶) و شکل (۵-۲۲) آورده شده است.



نمودار ۵-۶. نمودار هیستوگرام فراوانی زیرکن (گرم در تن) بر پایه داده‌های خام کانی سنگین در پلاسرا انگوران چای.

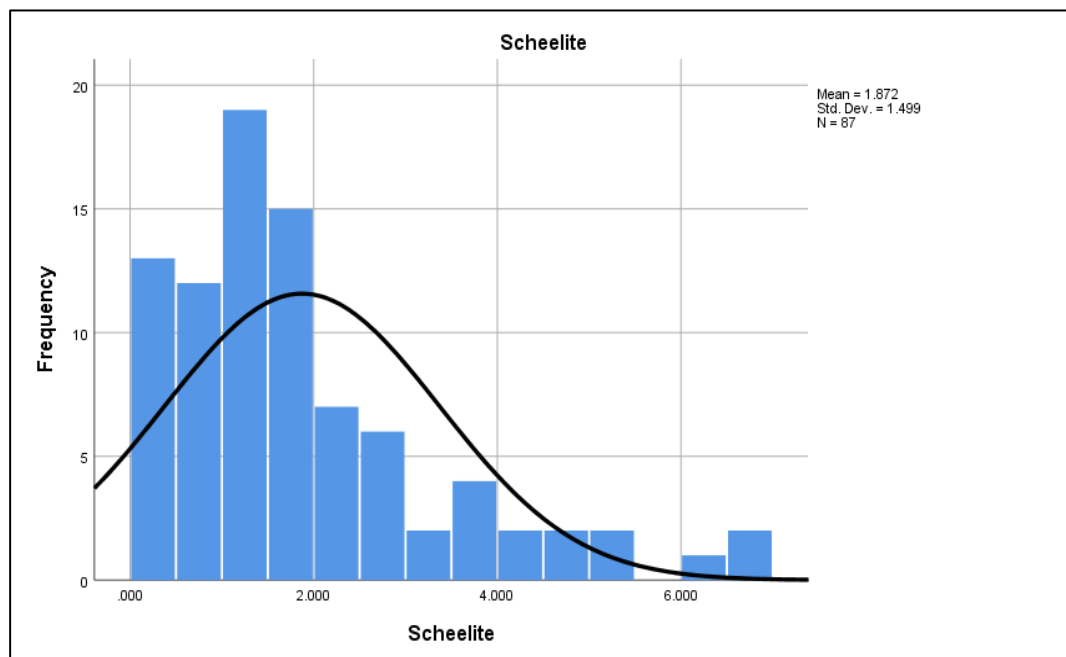


شکل ۵-۶-

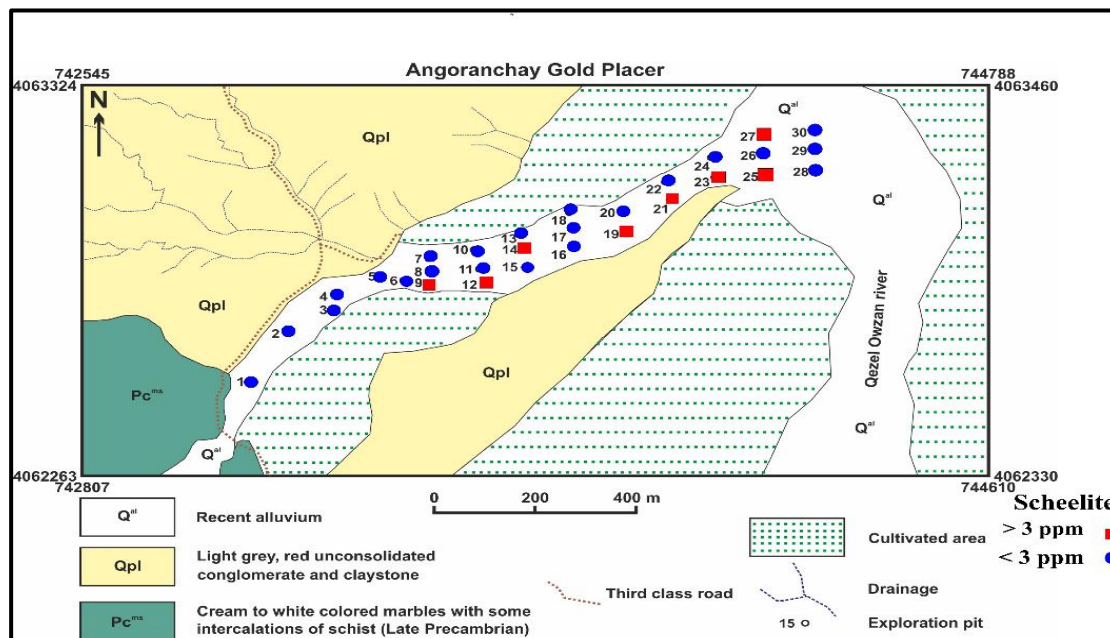
شکل ۵-۲۲. نقشه توزیع و انتشار زیرکن در محدوده‌ی پلاسرا انگوران چای.

۴-۴-۵- شیئلیت (CaWO₄)

این کانی به رنگ‌های سفید، زرد، قهوه‌ای، سبز و قرمز مشاهده می‌شود. رنگه خاکه سفید و جلای شیشه‌ای و الماسی، سختی ۴/۵-۵ و وزن مخصوص ۶/۱ از دیگر ویژگی‌های این کانی است و فاقد خاصیت مغناطیسی می‌باشد. در محدوده‌ی انگوران‌چای، بر اساس داده‌های جدول‌های پیوست (۱) و (۵-۵) مقدار بیشینه شیئلیت با عیار ۷ گرم در تن در نمونه‌های A-H-۶(۵) در عمق ۵ متری چاهک شماره ۶، و A-H-۱۴(۱) در عمق ۱ متری چاهک شماره ۱۴ مشاهده می‌شود. مقدار کمینه عیار آن (۰/۱ گرم در تن) به نمونه‌ی A-H-۲(۲) در عمق ۲ متری از چاه شماره ۲ مربوط می‌شود. مقدار متوسط عیار شیئلیت در پلاسرا انگوران‌چای ۲ گرم در تن است که از فراوانی پوسته‌ای عنصر تنگستن (۱/۲ گرم در تن، Taylor and McLennan, ۱۹۸۵) و از کمینه عیار اقتصادی شیئلیت در کانسارهای پلاسری (۱۰۰۰ گرم در تن) بسیار کمتر است. از اینرو، کانی شیئلیت در آبرفت‌های انگوران‌چای ارزش اقتصادی ندارد. نمودار هیستوگرام توزیع فراوانی و نقشه انتشار شیئلیت در پلاسرا انگوران‌چای به ترتیب در نمودار (۷-۵) و شکل (۸-۲۳) آورده شده است.



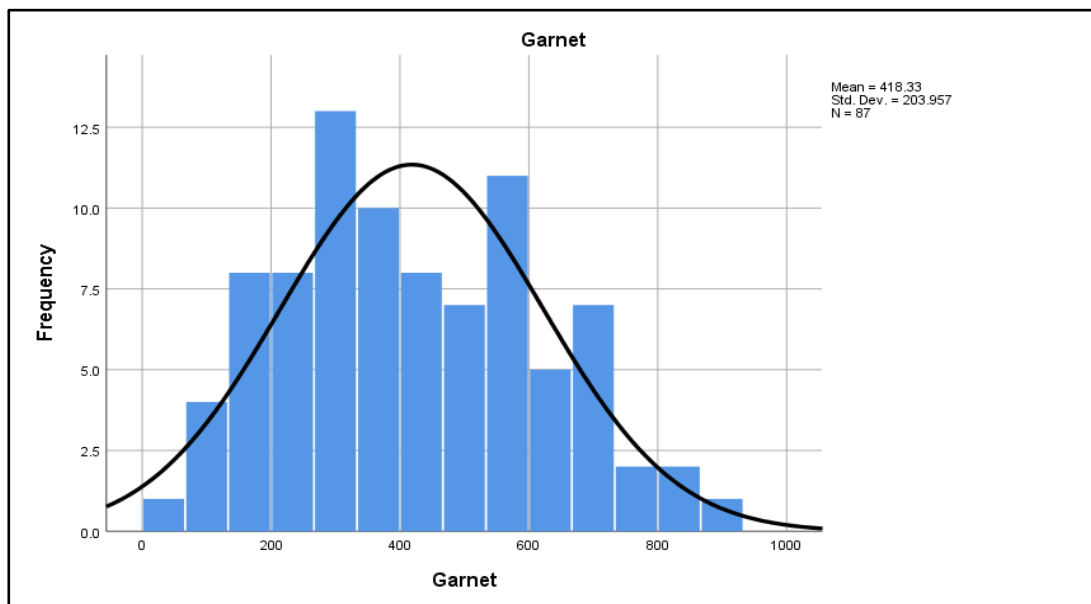
نمودار ۵-۷. نمودار هیستوگرام فراوانی شیئلیت (گرم در تن) بر پایه داده‌های خام کانی سنگین در پلاسرا انگوران چای.



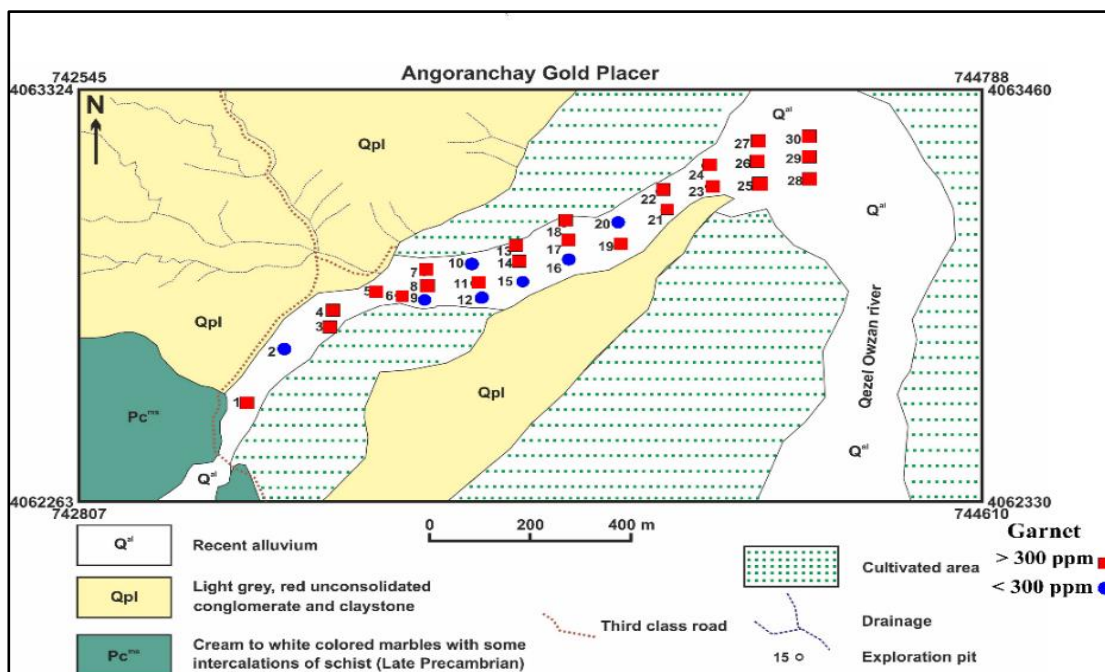
شکل ۵-۲۳. نقشه توزیع و انتشار شیئلیت در محدوده‌ی پلاسرا انگوران چای.

۵-۴-۵- گارنت

گارنت‌ها گروه مهمی از کانی‌های نروسیلیکاته می‌باشند که در محیط‌های گوناگون زمین‌شناسی مشاهده می‌شوند. ساختار بلور گارنت به عنوان یک مجموعه شیمیایی با اهمیت تلقی شده است و با توجه به نوع سنگ دربرگیرنده، ترکیب زمینه، مجموعه کانی‌های پیرامون و شرایط دما و فشار عناصر مختلفی در ترکیب این کانی شرکت کرده و در نتیجه انواع کانی گارنت را ایجاد می‌کند. گارنت دارای درجه سختی ۶/۵ و وزن مخصوص ۳/۴-۴/۶ می‌باشد، و به دلیل وزن مخصوص بالا می‌تواند ذخایر پلاستی را تشکیل دهد. در محدوده‌ی انگوران‌چای، بر اساس داده‌های جدول‌های پیوست (۱) و (۵-۵) مقدار بیشینه گارنت با عیار ۹۰۴ گرم در تن مربوط به نمونه (۱) A-H-۲۷ در عمق ۱ متری چاهک شماره ۲۷، و مقدار کمینه عیار آن (۴۲ گرم در تن) به نمونه‌ی (۳) A-H-۱۳ در عمق ۳ متری از چاه شماره ۱۳ مربوط می‌شود. مقدار متوسط عیار گارنت در پلاسرا انگوران‌چای ۴۱۸ گرم در تن است که از کمینه عیار اقتصادی گارنت در کانسارهای پلاستی (۵ تا ۱۰ درصد) بسیار کمتر است. از اینرو، کانی گارنت در آبرفت‌های انگوران‌چای ارزش اقتصادی ندارد. نمودار هیستوگرام توزیع فراوانی و نقشه انتشار گارنت در پلاسرا انگوران‌چای به ترتیب در نمودار (۵-۸) و شکل (۵-۲۴) آورده شده است.



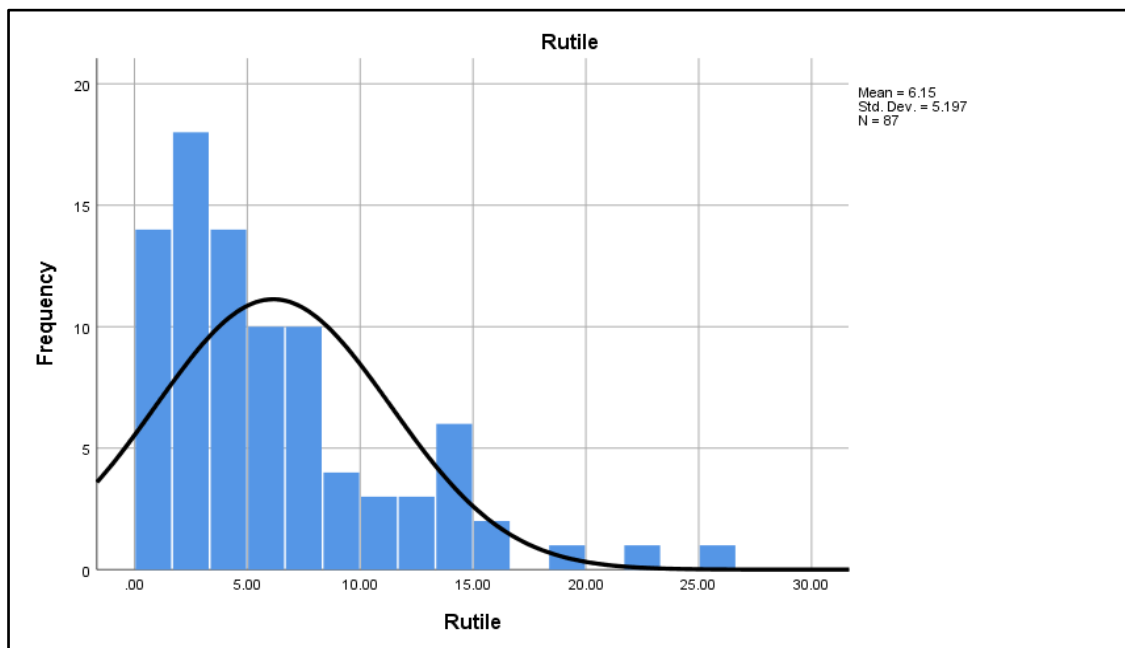
نمودار ۵-۸. نمودار هیستوگرام فراوانی کانی گارنت (گرم در تن) بر پایه داده‌های خام کانی سنگین در پلاسیر انگوران‌چای.



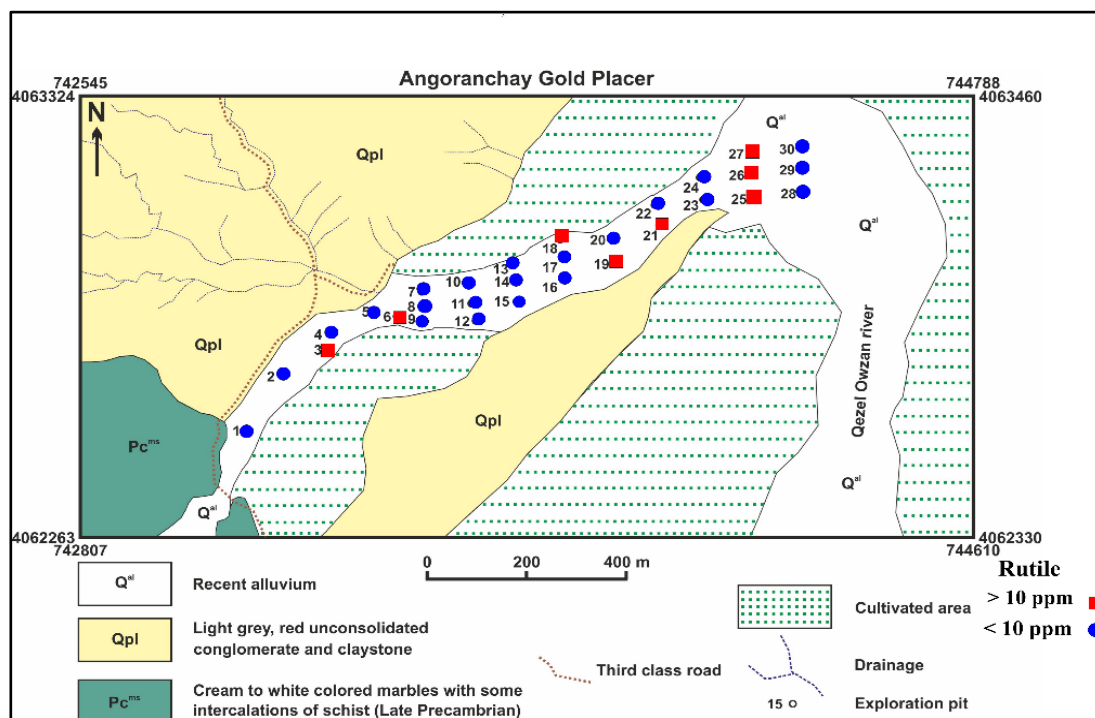
شکل ۵-۲۴. نقشه توزیع و انتشار کانی گارنت در محدوده‌ی پلاسیر انگوران‌چای.

۶-۴-۵- روتیل (TiO_2)

این کانی به رنگ‌های قرمز و قهوه‌ای مایل به قرمز مشاهده می‌شود. رنگه خاکه قهوه‌ای کمرنگ، جلای فلزی، سختی ۶ و وزن مخصوص ۶-۶/۵ از دیگر ویژگی‌های این کانی است و فاقد خاصیت مغناطیسی می‌باشد. در محدوده‌ی انگوران‌چای، بر اساس داده‌های جدول‌های پیوست (۱) و (۵-۵) مقدار بیشینه روتیل با عیار ۲۶ گرم در تن مربوط به نمونه (۲) A-H-۱۹ در عمق ۲ متری چاهک شماره ۱۹، و مقدار کمینه عیار آن (۰/۵) گرم در تن) به نمونه‌ی (۲) A-H-۲۳ در عمق ۲ متری از چاه شماره ۲۳ مربوط می‌شود. مقدار متوسط عیار روتیل در پلاسرا انگوران‌چای ۶ گرم در تن است که از کمینه عیار اقتصادی روتیل در کنسارهای پلاسری (۰/۰۵) تا ۰/۱ درصد) بسیار کمتر است. از اینرو، کانی روتیل در آبرفت‌های انگوران‌چای ارزش اقتصادی ندارد. نمودار هیستوگرام توزیع فراوانی و نقشه انتشار روتیل در پلاسرا انگوران‌چای به ترتیب در نمودار (۵-۹) و شکل (۵-۲۵) آورده شده است.



نمودار ۵-۹. نمودار هیستوگرام فراوانی کانی روتیل (گرم در تن) بر پایه داده‌های خام کانی سنگین در پلاسرا انگوران چای.



شکل ۵-۲۵. نقشه توزیع و انتشار کانی روتیل در محدوده‌ی پلاسیر انگوران چای.

۵-۵- کانه طلا

طلا به خاطر زیبایی، کمیابی و پایداری در تمام طول تاریخ مورد توجه بشر بوده است. طلا به دلیل وزن مخصوص بالا، پایداری فیزیکی و شیمیایی و عدم ترکیب با عناصر دیگر، مهمترین کانی سنگین در محیط های پلاستی است، و برای نخستین بار از محیط های آبرفتی کشف و استخراج گردید. امروزه نیز بخشی از تولید جهانی طلا از نهشته های پلاستی عهد حاضر و قدیمی است.

۱-۵-۵- ژئوشیمی طلا

فراوانی طلا در سنگ های پوسته زمین در حدود ۳ تا ۵ میلی گرم در تن (ppb) است (Taylor and McLennan, ۱۹۸۵). بررسی ویژگی های توزیع طلا در سنگ های لیتوسفر نشان از یک روند ضعیف در کاهش مقدار طلا از سنگ های مافیک به سمت سنگ های فلسیک است، که سازگار با مقایر بالای طلا در کانی های سیلیکاتی مافیک و اکسیدهای آهن - تیتانیوم مرحله پیشین، و مقادیر پایین تر آن در کوارتز و فلدسپات مرحله پسین تبلور است. در اکتشاف ذخائر طلا، آگاهی از اینکه چه مقدار طلا در یک سنگ عادی تلقی می شود و چه مقدار طلا دلالت بر کانی سازی آن در سنگ دارد، مهم است. در سنگ های آذرین دگرسان نشده و فاقد کانی سازی، مقدار طلا کمتر از ۵ ppb است و بندرت از ۱۰ ppb تجاوز می کند. چون در ذخائر اقتصادی طلا، مقدار این عنصر معمولاً بین 10^3 تا 10^4 مرتبه بیشتر از مقدار زمینه آن در سنگ است، لذا مقادیر طلای در حدود چند ۱۰ ppb ممکن است نشانگر فعال بودن فرآیندهای کانه ساز باشد.

۲-۵-۵- زمین شناسی کانسارهای طلا

گام نخست در پی جویی و اکتشاف ناحیه ای طلا، انتخاب محیط های زمین شناسی مناسب برای پیدایش و شکل گیری کانسارهای طلا است. طلا همانند بسیاری از عناصر دیگر بصورت تیپ های مختلف و در محیط های زمین شناسی گوناگون شکل می گیرد. هر کدام از تیپ های کانه زائی طلا، دارای ویژگی های زمین شناسی و معدنی خاص و منحصر به فرد هستند. از اینرو، شناخت کانسارهای مختلف طلا و استفاده از روش های اکتشافی

مناسب، احتمال شناسایی و کشف کنسارهای طلا را بالا می‌برد. برای مثال، در کشور ایران ایالت‌های زمین‌شناختی سنج-سیرجان، ارومیه-دختر، کمان آتشفشانی البرز خاوری و شرق ایران محیط‌های زمین‌شناسی مناسبی برای پی‌جویی و اکتشاف کنسارهای طلای تیپ‌های کوهزایی، طلای پورفیری، مس-طلای پورفیری، طلای اسکارنی، رگه‌ای اپی‌ترمال، و پلاسری هستند، و بهتر است که در انتخاب مناطق برای اکتشاف ناحیه‌ای طلا به این مسئله توجه ویژه‌ای گردد. در ادامه، اطلاعات مختصری در ارتباط با تیپ‌های مختلف کنسارهای طلا و خصوصیات زمین‌شناسی و اکتشافی آنها ارائه می‌گردد (جدول ۵-۶).

جدول ۵-۶. ویژگی‌های زمین‌شناسی و اکتشافی تیپ‌های مختلف کانسارهای طلا (نشریه شماره ۷۵۱ برنامه تهیه‌ی ضوابط و معیارهای معدن، ۱۳۹۶).

تیپ کانسار	راهنمای ژئوشیمیایی	راهنمای ژئوفیزیکی	کانسارهای وابسته
تیپ مس-طلای پورفیری	آنومالی‌های Cu, Au, Ag در مرکز، Mo و K, Mn, Zn, Pb در پیرامون	شناسایی خطواره‌ها و توده‌های نفوذی	مس و مولیبدن پرفیری، مس طلای پرفیری و طلای پلاسری
تیپ طلا-نقره-تلور رگه‌ای	آنومالی‌های Ag, Au, Cu, Pb, Ba, Zn, F, Sb, As, Hg, Te, PGE, Tl, Sn	-	پلی متالیک رگه‌ای و پلی متالیک جانشینی
تیپ طلا-نقره چشمه‌های آبگرم	آنومالی‌های Ag, Au, Sb, As, Hg, Tl افزایش مقدار Ag و کاهش مقدار As, Sb, Tl, Hg به عمق مشهود است.	-	کوارتز رگه‌ای اپی ترمال، جیوه چشمه‌های آبگرم و طلای پلاسری
تیپ طلای اپی ترمال کوارتز-آلونیت	آنومالی‌های Au, Cu, As, W, Te	روش الکتریکی برای تخمین حدود مناطق دگرسانی	مس پرفیری، پلی متالیک جانشینی و مس-آرسنیک-آنتیموان با میزبان ولکانیکی
تیپ مس-اورانیوم-طلای المپیک دم	آنومالی‌های Au, Ag, Cu, U, REE, Fe, Co, Ba, F	در کانسارهای کم عمق آنومالی رادیواکتیو وجود دارد.	-
تیپ طلای کوارتز رگه‌ای کم سولفید	بطور کلی آرسنیک بهترین ردیاب است. آنومالی‌های Ag, Pb, Zn, Cu نیز مشاهده می‌شود.	-	طلا و عناصر گروه پلاتین پلاسری، ماسیوسولفید

ادامه جدول ۵-۶. ویژگی‌های زمین‌شناسی و اکتشافی تیپ‌های مختلف کانسارهای طلا (نشریه شماره ۷۵۱ برنامه ضوابط و معیارهای معدن، ۱۳۹۶).

تیپ کانسار	سنگ درونگیر	دامنه سن	خاستگاه تکتونیکی	کانی شناسی
تیپ مس-طلای پورفیری	توده‌های نفوذی‌های تونالیتی تا مونزونیتی همراه با گدازه و توف آندزیتی و داسیتی	کرتاسه تا کواترنر	محیط‌های حاشیه قاره و جزایر قوسی	طلای آزاد و الکتروم با سولفیدهای مس
تیپ طلا-نقره-تلور رگه‌ای	سینیت، مونزونیت، دیوریت، فنولیت و بازالت‌های کم تیتانیوم	عموماً کرتاسه و ترشیری	شکسته شده پرکامبرین و همراه شوشونیت‌ها در جزایر قوسی	پیریت، گالن، اسفالریت، تتراهدریت، استینیت، فلوریت، باریت و آدولاریا در رگه‌های کوارتز
تیپ طلا-نقره چشمه‌های آبگرم	ریولیت غالب است	عموماً ترشیری و کواترنری	مناطق شکستگی موجود در محیط‌های فروانش و گسل‌های تبدیلی	طلای آزاد، پیریت، استینیت، رالگار، آرسنوپیریت، اسفالریت، کالکوپیریت، فلوریت و تلورید یا سلنید نقره
تیپ طلای اپی ترمال کوارتز-آلونیت	داسیت، کوارتز لاتیت، ریوداسیت و ریولیت	عموماً ترشیری	مناطق با شکستگی‌های حلقوی، گسل‌های نرمال و ساختارهای گنبدی	طلای آزاد، انارژیت، پیریت، کالکوپیریت، بورنیت، گالن و اسفالریت
تیپ مس-اورانیوم-طلای المپیک دم	برشی شدن گرانیات آلکالن پروتروژوئیک با فلدسپات پتاسیم قرمز رنگ	تنها مورد بررسی حدود ۱۵۰۰ سال سن دارد.	گرابن‌های عمیق با عرض کم	هماتیت، بورنیت، کالکوپیریت، کالکوسیت، فلوریت، کبالتیت، نقره آزاد، برانزیت و کوفنیت
تیپ طلای کوارتز رگه‌ای کم سولفید	سنگ سبز، رسوبات اقیانوسی حاوی سنگ‌های ولکانیکی، گابرو و سربانتینیت‌های آلپی	از پرکامبرین تا ترشیری	در نواحی گسلی توسعه یافته در اثر فشارهای ناحیه‌ای	کوارتز، طلای آزاد، پیریت، گالن، اسفالریت، آرسنوپیریت، کالکوپیریت

۳-۵-۵- کاربردهای طلا

طلا به خاطر زیبایی و ویژگی های منحصر بفرد خود، کاربردهای زیادی دارد. هر سال بخش قابل توجهی از تولید جهانی طلا در صنعت جواهرسازی استفاده می شود. مواردی از قبیل ذخیره طلا در بانک های مرکزی و آژانس های پولی، الکترونیک، خرید و فروش تامینی، ضرب سکه و مدال ها، دندانپزشکی و داروسازی و صنایع دیگر از نظر مصرف طلا به ترتیب در اولویت های بعدی قرار دارند.

۴-۵-۵- کانه طلا در پلاسرا انگوران چای

طلا کانه مهم و با ارزش پلاسرا انگوران چای است. به طوریکه در بخش ژئوشیمی گفته شد مقدار بیشینه طلا در بخش سیلتی آبرفت های انگوران چای به ۳۵۷۰ میلی گرم در تن می رسد و متوسط آن ۱۹۰ میلی گرم در تن است که بیان از اهمیت طلا در آبرفت های انگوران چای است. اکتشاف طلا بسیار پیچیده و دشوار است، برای اینکه مقدار غلظت طلا در نمونه های اکتشافی بسته به روش نمونه برداری، وزن نمونه، اندازه مش الک (در مورد نمونه های رسوب و خاک)، روش آماده سازی و تجزیه نمونه ها بسیار حساس است، میزان این حساسیت در عیارسنجی طلا در کانسارهای پلاستی بیشتر می شود. در کانسارهای پلاستی، محاسبه عیار و ذخیره ی طلای آزاد مطرح است و طلای آزاد موجود در پلاسرا با استفاده از روش های بهینه کانه آرای (معمولاً روش های ثقلی مانند میز لرزان، جیک، اسپیرال، دستگاه نلسون، و ...) از بخش باطله جدا می شود. وقتی از روش های تجزیه شیمیایی (مانند تیزاب سلطانی، غال گذاری، و ...) برای عیارسنجی طلا در پلاسرها استفاده می شود این روش ها با پاره ای مشکلات توأم هستند: الف) انتخاب نمونه معرف و دست نخورده از آبرفت ها مشکل است، ب) مقدار کل طلای موجود در نمونه (طلای آزاد و درگیر) اندازه گرفته می شود، و ج) نمونه های رسوب و خاکی که دارای طلای آزاد هستند به دلیل اثر ناگت مقدار طلا کمتر و بیشتر از مقدار واقعی قرائت می شود. یکی از روش های مهم و کاربردی در اکتشاف کانسارهای طلای پلاستی، مطالعه طلا در بخش تغلیظ یافته (کنسانتره) نمونه های آبرفتی است. در این روش، نمونه های معرف به ترتیب مراحل وزن سنجی، گل شویی، لاوک شویی،

جدایش‌های ثقی و مغناطیسی را پشت‌سر گذاشته، و در گام نهایی طلا و دیگر کانی‌های سنگین موجود در بخش کنسانتره نمونه‌ها به روش کانی‌شناسی مطالعه می‌شوند. در مطالعه کانی‌شناسی نمونه‌ها، به موازات شناخت کانی‌ها و تعیین درصد حجمی آنها در بخش کنسانتره، تعداد، ابعاد، میزان کرویت، و گردش‌دگی دانه‌های طلا نیز تعیین می‌گردد. این مشخصات برای عیارسنجی مقدار طلای آزاد در نمونه‌های آبرفتی، فاصله پلاسرا از سنگ منشاء و ... ضروری می‌باشند.

۱-۴-۵- ریخت‌شناسی (شکل) ذرات طلا

دانه‌های طلا در کانسنگ‌های اولیه و پلاسرها دارای ریخت‌شناسی مشخص و با ترکیب معین می‌باشند. طلای آزاد و طبیعی (Native) یک کانی انعطاف‌پذیر با قابلیت چکش‌خواری است. در محیط‌های ثانویه، دانه‌های طلا در حین حمل و نقل و در تماس با قطعات سنگ و کانی‌های سخت قرار می‌گیرند. تحولات ریخت‌شناسی دانه‌های طلا عملکرد مسافت و محیط حمل و نقل می‌باشند (DiLabio, ۱۹۸۶, Averill & Zimmerman ۱۹۸۴; ۱۹۹۱) و اطلاعاتی را در مورد مسافت طی‌شده از سنگ منشاء و مکانیزم حمل و نقل و محیط رسوب‌شناسی ارائه می‌دهند. ذرات طلا در ذخایر پلاسری اغلب به شکل‌های کلوخه‌ای (Lumpy)، فیبری (Fibrous)، اسفنجی (Spongy)، صفحه‌ای (Platy)، نوار باریک (Films)، میله‌ای (Bar)، و لایه‌ای (Lamellar) مشاهده می‌شوند. در پلاسرا انگوران‌چای تعداد ۲۶۰ ذره طلا در بخش کنسانتره نمونه‌های آبرفتی از چاهک‌های اکتشافی به لحاظ ریخت‌شناسی، ابعاد (طول، عرض، و ضخامت)، و کرویت با استفاده از میکروسکوپ بینوکولار مورد بررسی قرار گرفت و نتایج مشاهدات در جدول (۵-۷) ارائه شده است.

جدول ۵-۷. ریخت‌شناسی، ابعاد (طول (L)، عرض (W)، و ضخامت (T)، و کرویت ۲۶۰ ذره طلا از بخش کنسانتره نمونه‌های آبرفتی پلاسرا انگوران‌چای بر اساس مشاهدات میکروسکوپی.

Row	L	W	T	Roundness	Shape	Row	L	W	T	Roundness	Shape
۱	۶۲۵	۳۷۵	۲۰۰	Rounded	Bar	۱۳۱	۱۵۰	۱۰۰	۵۰	Rounded	Platy
۲	۶۲۵	۳۷۵	۲۰۰	Rounded	Bar	۱۳۲	۱۵۰	۱۰۰	۵۰	Sub Rounded	Platy
۳	۶۰۰	۳۷۵	۱۵۰	Sub Rounded	Platy	۱۳۳	۱۵۰	۱۰۰	۵۰	Sub Rounded	Platy
۴	۲۵۰	۲۰۰	۱۰۰	Rounded	Platy	۱۳۴	۱۵۰	۱۰۰	۵۰	Sub Rounded	Platy
۵	۲۵۰	۲۰۰	۱۰۰	Rounded	Platy	۱۳۵	۲۵۰	۲۰۰	۱۰۰	Sub Rounded	Platy
۶	۲۵۰	۲۰۰	۱۷۵	Sub Rounded	Lumpy	۱۳۶	۲۵۰	۲۰۰	۱۰۰	Sub Rounded	Platy

ادامه جدول ۵-۷. ریخت‌شناسی، ابعاد

Row	L	W	T	Roundness	Shape	Row	L	W	T	Roundness	Shape
۵۳	۱۰۰	۷۵	۵۰	Sub Rounded	Lumpy	۱۸۳	۱۰۰	۷۵	۵۰	Rounded	Lumpy
۵۴	۱۰۰	۷۵	۵۰	Sub Rounded	Lumpy	۱۸۴	۱۲۵	۱۰۰	۷۵	Rounded	Lumpy
۵۵	۱۰۰	۷۵	۵۰	Sub Rounded	Lumpy	۱۸۵	۱۲۵	۱۰۰	۷۵	Rounded	Lumpy
۵۶	۱۰۰	۷۵	۵۰	Sub Rounded	Lumpy	۱۸۶	۱۲۵	۱۰۰	۷۵	Sub Rounded	Lumpy
۵۷	۱۰۰	۷۵	۵۰	Sub Rounded	Lumpy	۱۸۷	۱۲۵	۱۰۰	۷۵	Sub Rounded	Lumpy
۵۸	۱۰۰	۷۵	۵۰	Sub Rounded	Lumpy	۱۸۸	۱۲۵	۱۰۰	۷۵	Sub Rounded	Lumpy
۵۹	۱۰۰	۷۵	۵۰	Sub Rounded	Lumpy	۱۸۹	۴۰۰	۳۰۰	۲۰۰	Sub Rounded	Lumpy
۶۰	۱۰۰	۷۵	۵۰	Rounded	Lumpy	۱۹۰	۴۰۰	۳۰۰	۲۰۰	Sub Rounded	Lumpy
۶۱	۱۰۰	۷۵	۵۰	Rounded	Lumpy	۱۹۱	۴۰۰	۳۰۰	۲۰۰	Sub Rounded	Lumpy
۶۲	۱۰۰	۷۵	۵۰	Rounded	Lumpy	۱۹۲	۴۰۰	۳۰۰	۲۰۰	Rounded	Lumpy
۶۳	۱۰۰	۷۵	۵۰	Rounded	Lumpy	۱۹۳	۷۵۰	۳۷۵	۲۵۰	Rounded	Lumpy
۶۴	۱۰۰	۷۵	۵۰	Rounded	Lumpy	۱۹۴	۷۵۰	۳۷۵	۲۵۰	Rounded	Lumpy
۶۵	۱۰۰	۷۵	۵۰	Rounded	Lumpy	۱۹۵	۵۰۰	۴۷۵	۳۷۵	Rounded	Lumpy
۶۶	۱۰۰	۷۵	۵۰	Rounded	Lumpy	۱۹۶	۵۰۰	۷۵	۵۰	Rounded	Fibrous
۶۷	۱۰۰	۷۵	۵۰	Rounded	Lumpy	۱۹۷	۲۰۰	۱۰۰	۷۵	Rounded	Lumpy
۶۸	۱۰۰	۷۵	۵۰	Rounded	Lumpy	۱۹۸	۲۰۰	۱۰۰	۷۵	Rounded	Lumpy
۶۹	۱۰۰	۷۵	۵۰	Rounded	Lumpy	۱۹۹	۱۰۰	۷۵	۵۰	Rounded	Lumpy
۷۰	۱۰۰	۷۵	۵۰	Rounded	Lumpy	۲۰۰	۱۰۰	۷۵	۵۰	Rounded	Lumpy
۷۱	۱۰۰	۷۵	۵۰	Rounded	Lumpy	۲۰۱	۱۷۵	۱۰۰	۷۵	Rounded	Lumpy
۷۲	۱۰۰	۷۵	۵۰	Sub Rounded	Lumpy	۲۰۲	۱۷۵	۱۰۰	۷۵	Rounded	Lumpy
۷۳	۱۰۰	۷۵	۵۰	Sub Rounded	Lumpy	۲۰۳	۲۰۰	۱۵۰	۷۵	Rounded	Platy
۷۴	۱۰۰	۷۵	۵۰	Sub Rounded	Lumpy	۲۰۴	۲۵۰	۲۰۰	۱۰۰	Rounded	Platy
۷۵	۱۰۰	۷۵	۵۰	Sub Rounded	Lumpy	۲۰۵	۳۷۵	۲۰۰	۱۵۰	Rounded	Lumpy
۷۶	۱۰۰	۷۵	۵۰	Sub Rounded	Lumpy	۲۰۶	۳۷۵	۲۰۰	۱۵۰	Rounded	Lumpy
۷۷	۱۰۰	۷۵	۵۰	Sub Rounded	Lumpy	۲۰۷	۳۷۵	۲۰۰	۱۵۰	Rounded	Lumpy
۷۸	۱۰۰	۷۵	۵۰	Sub Rounded	Lumpy	۲۰۸	۷۵۰	۲۵۰	۱۵۰	Rounded	Bar
۷۹	۱۰۰	۷۵	۵۰	Sub Rounded	Lumpy	۲۰۹	۷۵۰	۲۵۰	۱۵۰	Rounded	Bar
۸۰	۱۰۰	۷۵	۵۰	Sub Rounded	Lumpy	۲۱۰	۷۵۰	۳۰۰	۱۷۵	Rounded	Lumpy
۸۱	۱۰۰	۷۵	۵۰	Sub Rounded	Lumpy	۲۱۱	۶۰۰	۵۰۰	۲۵۰	Rounded	Lumpy
۸۲	۱۰۰	۷۵	۵۰	Sub Rounded	Lumpy	۲۱۲	۲۵۰	۱۵۰	۱۰۰	Rounded	Lumpy
۸۳	۱۰۰	۷۵	۵۰	Sub Rounded	Lumpy	۲۱۳	۵۲۵	۳۰۰	۱۵۰	Rounded	Lumpy
۸۴	۱۰۰	۷۵	۵۰	Sub Rounded	Lumpy	۲۱۴	۵۲۵	۳۰۰	۱۵۰	Rounded	Lumpy
۸۵	۱۰۰	۷۵	۵۰	Sub Rounded	Lumpy	۲۱۵	۵۲۵	۳۰۰	۱۵۰	Rounded	Lumpy
۸۶	۱۰۰	۷۵	۵۰	Sub Rounded	Lumpy	۲۱۶	۵۲۵	۳۰۰	۱۵۰	Rounded	Lumpy
۸۷	۱۰۰	۷۵	۵۰	Sub Rounded	Lumpy	۲۱۷	۳۷۵	۲۰۰	۱۰۰	Well Rounded	Platy
۸۸	۱۰۰	۷۵	۵۰	Sub Rounded	Lumpy	۲۱۸	۳۷۵	۲۰۰	۱۰۰	Well Rounded	Platy
۸۹	۱۰۰	۷۵	۵۰	Sub Rounded	Lumpy	۲۱۹	۳۷۵	۲۰۰	۱۰۰	Well Rounded	Platy
۹۰	۱۰۰	۷۵	۵۰	Rounded	Lumpy	۲۲۰	۳۷۵	۲۰۰	۱۰۰	Well Rounded	Platy
۹۱	۱۰۰	۷۵	۵۰	Rounded	Lumpy	۲۲۱	۱۲۵	۱۰۰	۷۵	Rounded	Lumpy
۹۲	۱۰۰	۷۵	۵۰	Rounded	Lumpy	۲۲۲	۱۲۵	۱۰۰	۷۵	Rounded	Lumpy
۹۳	۱۰۰	۷۵	۵۰	Rounded	Lumpy	۲۲۳	۱۲۵	۱۰۰	۷۵	Rounded	Lumpy
۹۴	۱۰۰	۷۵	۵۰	Rounded	Lumpy	۲۲۴	۱۲۵	۱۰۰	۷۵	Rounded	Lumpy
۹۵	۱۰۰	۷۵	۵۰	Rounded	Lumpy	۲۲۵	۱۲۵	۱۰۰	۷۵	Rounded	Lumpy

۹۶	۱۰۰	۷۵	۵۰	Rounded	Lumpy	۲۲۶	۱۲۵	۱۰۰	۷۵	Rounded	Lumpy
۹۷	۱۰۰	۷۵	۵۰	Rounded	Lumpy	۲۲۷	۱۲۵	۱۰۰	۷۵	Rounded	Lumpy
۹۸	۱۰۰	۷۵	۵۰	Rounded	Lumpy	۲۲۸	۱۲۵	۱۰۰	۷۵	Rounded	Lumpy
۹۹	۱۰۰	۷۵	۵۰	Rounded	Lumpy	۲۲۹	۱۲۵	۱۰۰	۷۵	Rounded	Lumpy
۱۰۰	۱۰۰	۷۵	۵۰	Rounded	Lumpy	۲۳۰	۲۵۰	۲۰۰	۱۵۰	Rounded	Lumpy
۱۰۱	۱۰۰	۷۵	۵۰	Rounded	Lumpy	۲۳۱	۲۵۰	۲۰۰	۱۵۰	Rounded	Lumpy
۱۰۲	۱۰۰	۷۵	۵۰	Rounded	Lumpy	۲۳۲	۲۵۰	۲۰۰	۱۵۰	Rounded	Lumpy
۱۰۳	۱۰۰	۷۵	۵۰	Rounded	Lumpy	۲۳۳	۲۵۰	۲۰۰	۱۵۰	Rounded	Lumpy
۱۰۴	۱۰۰	۷۵	۵۰	Rounded	Lumpy	۲۳۴	۲۵۰	۲۰۰	۱۵۰	Rounded	Lumpy
۱۰۵	۱۰۰	۷۵	۵۰	Rounded	Lumpy	۲۳۵	۲۵۰	۲۰۰	۱۵۰	Rounded	Lumpy

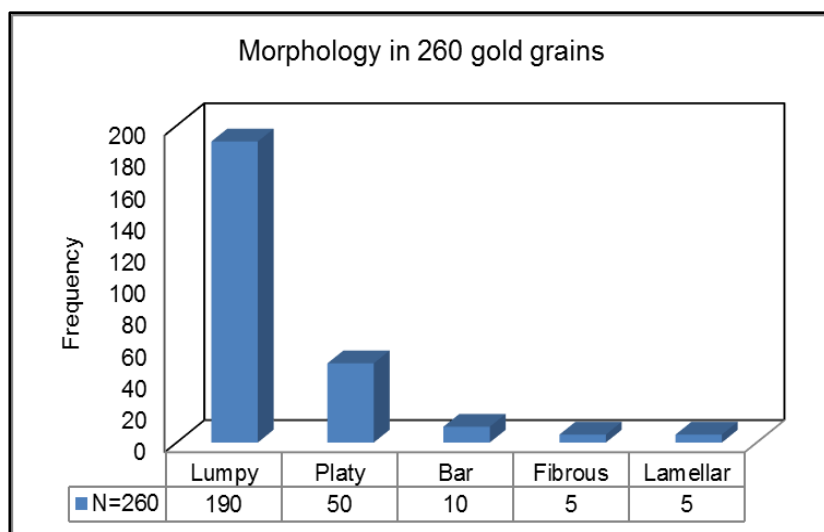
ادامه جدول ۵-۷. ریخت‌شناسی، ابعاد

Row	L	W	T	Roundness	Shape	Row	L	W	T	Roundness	Shape
۱۰۶	۱۲۵	۱۰۰	۵۰	Rounded	Lumpy	۲۳۶	۲۵۰	۲۰۰	۱۵۰	Rounded	Lumpy
۱۰۷	۱۲۵	۱۰۰	۵۰	Rounded	Lumpy	۲۳۷	۲۵۰	۲۰۰	۱۵۰	Rounded	Lumpy
۱۰۸	۱۲۵	۱۰۰	۵۰	Rounded	Lumpy	۲۳۸	۲۵۰	۲۰۰	۱۵۰	Rounded	Lumpy
۱۰۹	۱۲۵	۱۰۰	۵۰	Rounded	Lumpy	۲۳۹	۲۵۰	۲۰۰	۱۵۰	Rounded	Lumpy
۱۱۰	۱۲۵	۱۰۰	۵۰	Sub Rounded	Lumpy	۲۴۰	۴۰۰	۳۵۰	۲۰۰	Rounded	Lumpy
۱۱۱	۱۲۵	۱۰۰	۵۰	Sub Rounded	Lumpy	۲۴۱	۵۲۵	۳۰۰	۱۵۰	Well Rounded	Platy
۱۱۲	۱۲۵	۱۰۰	۵۰	Sub Rounded	Lumpy	۲۴۲	۱۲۳	۹۰	۷۵	Rounded	Lumpy
۱۱۳	۱۲۵	۱۰۰	۵۰	Sub Rounded	Lumpy	۲۴۳	۱۱۶	۸۵	۵۰	Rounded	Lumpy
۱۱۴	۱۲۵	۱۰۰	۵۰	Sub Rounded	Lumpy	۲۴۴	۹۳	۷۸	۵۰	Sub Rounded	Lumpy
۱۱۵	۱۲۵	۱۰۰	۵۰	Sub Rounded	Lumpy	۲۴۵	۴۵۵	۲۵۰	۱۵۰	Sub Rounded	Lumpy
۱۱۶	۱۲۵	۱۰۰	۵۰	Sub Rounded	Lumpy	۲۴۶	۴۴۶	۳۳۷	۲۰۰	Sub Rounded	Platy
۱۱۷	۱۲۵	۱۰۰	۵۰	Sub Rounded	Lumpy	۲۴۷	۴۵۱	۴۳۰	۲۵۰	Rounded	Lumpy
۱۱۸	۱۲۵	۱۰۰	۵۰	Sub Rounded	Lumpy	۲۴۸	۳۳۶	۳۱۰	۲۰۰	Rounded	Lumpy
۱۱۹	۱۲۵	۱۰۰	۵۰	Sub Rounded	Lumpy	۲۴۹	۴۷۹	۲۰۴	۱۲۵	Rounded	Platy
۱۲۰	۱۲۵	۱۰۰	۵۰	Sub Rounded	Lumpy	۲۵۰	۲۳۸	۱۶۲	۱۰۰	Well Rounded	Lumpy
۱۲۱	۱۲۵	۱۰۰	۵۰	Rounded	Lumpy	۲۵۱	۳۱۰	۲۱۸	۱۲۵	Well Rounded	Lumpy
۱۲۲	۱۲۵	۱۰۰	۵۰	Rounded	Lumpy	۲۵۲	۱۹۵	۱۷۰	۱۰۰	Sub Rounded	Lumpy
۱۲۳	۱۲۵	۱۰۰	۵۰	Rounded	Lumpy	۲۵۳	۸۹۰	۲۰۸	۱۲۵	Rounded	Platy
۱۲۴	۱۲۵	۱۰۰	۵۰	Rounded	Lumpy	۲۵۴	۶۷۱	۲۵۴	۱۵۰	Sub Rounded	Platy
۱۲۵	۱۲۵	۱۰۰	۵۰	Rounded	Lumpy	۲۵۵	۲۳۴	۸۰	۵۰	Sub Rounded	Lumpy
۱۲۶	۱۵۰	۱۰۰	۵۰	Rounded	Platy	۲۵۶	۲۲۶	۷۵	۵۰	Sub Rounded	Lumpy
۱۲۷	۱۵۰	۱۰۰	۵۰	Rounded	Platy	۲۵۷	۲۶۹	۱۴۵	۱۰۰	Sub Rounded	Lumpy
۱۲۸	۱۵۰	۱۰۰	۵۰	Rounded	Platy	۲۵۸	۲۱۱	۱۰۰	۷۵	Sub Rounded	Lumpy
۱۲۹	۱۵۰	۱۰۰	۵۰	Rounded	Platy	۲۵۹	۲۲۱	۲۱۷	۱۲۵	Rounded	Lumpy
۱۳۰	۱۵۰	۱۰۰	۵۰	Rounded	Platy	۲۶۰	۳۱۰	۲۱۸	۱۲۵	Well Rounded	Lumpy

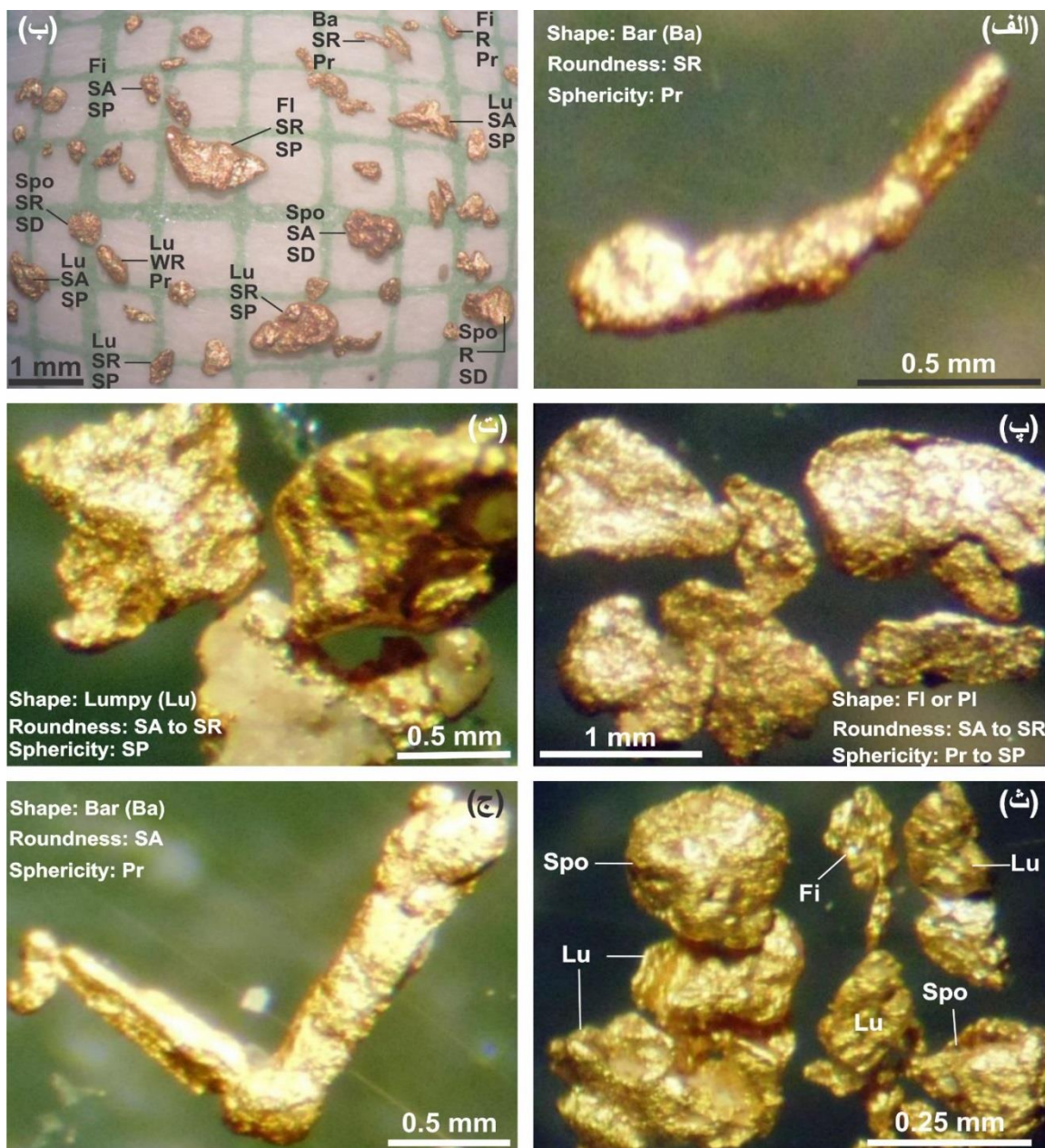
شکل ذرات طلا در آبرفت‌های انگوران‌چای به ترتیب فراوانی دارای اشکال کلوخه‌ای (۱۹۰ ذره)، صفحه‌ای (۵۰

ذره)، میله‌ای (۱۰ ذره)، فیبری (۵ ذره)، ولایه‌ای (۵ ذره) می‌باشد (نمودار ۵-۱۰). شکل (۵-۲۶) ریخت‌های

مختلف دانه‌های طلا در پلاسرا انگوران‌چای نشان می‌دهد.



نمودار ۵-۱۰. نمودار فراوانی شکل ذرات طلا در پلاسما انگوران چای.



شکل ۵-۲۶. تصاویری از شکل‌های مختلف ذرات طلا در پلاسما انگوران چای. (الف) دانه طلای میله‌ای، نیمه‌گرد شده و منشوری، (ب) ذرات طلا با شکل‌های گوناگون، میزان گرد شدگی، و کرویت مختلف، (پ) ذرات طلا به شکل صفحه‌ای فیبری، نیمه‌زاویه‌دار تا نیمه‌گرد شده، و منشوری تا نیمه‌منشوری، (ت) ذرات طلا به شکل لامپی، نیمه‌زاویه‌دار تا نیمه‌گرد شده، و منشوری، (ث) ذرات طلا به شکل‌های لامپی، اسفنجی، و فیلم، نیمه‌زاویه‌دار تا نیمه‌گرد شده، و نیمه‌منشوری تا نیمه‌دیسکوئیدال، (ج) دانه طلای میله‌ای شکل، نیمه‌زاویه‌دار، و منشوری. شکل ذرات طلا (لامپی: Lu؛ صفحه‌ای فیبری: FI؛ اسفنجی: Spo؛ فیلمی: Fi؛ میله‌ای: Ba؛ صفحه‌ای یا پلیتی: PI). گرد شدگی ذرات طلا (زاویه‌دار: A؛ نیمه‌زاویه‌دار: SA؛ نیمه‌گرد شده: SR؛ گرد شده: R؛ بخوبی گرد شده: WR). کرویت ذرات طلا (دیسکوئیدال: D؛ نیمه-دیسکوئیدال: SD؛ کروی شکل: S؛ نیمه‌منشوری: SP؛ منشوری: P).

۲-۴-۵-۵- اندازه‌ی ذرات طلای آزاد در پلاسر انگوران چای

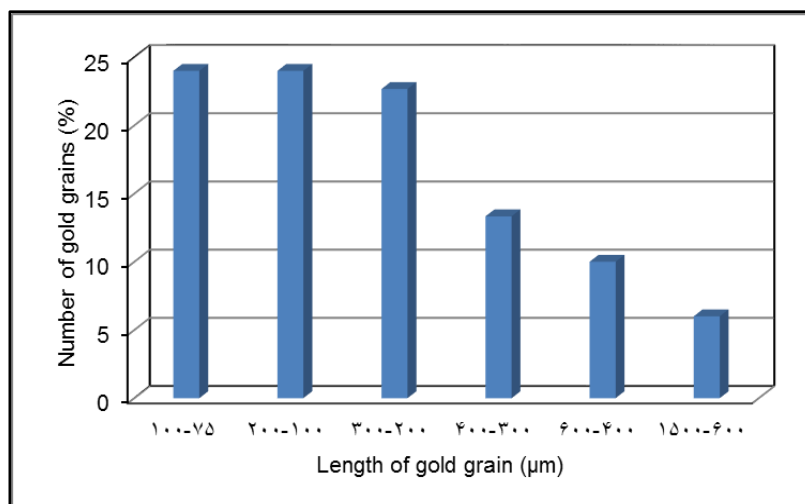
برای تعیین اندازه و ابعاد ذرات طلای آزاد در پلاسر انگوران چای از دو روش استفاده شده است. در روش اول طول و عرض ذرات طلا بر اساس مشاهدات میکروسکوپ بینوکولار و کاغذهای میلی‌متری اندازه‌گیری شده است. تعداد ۲۶۰ ذره طلا برای تعیین ابعاد آنها مطالعه شده است (جدول ۵-۷). بر پایه‌ی نتایج مشاهدات میکروسکوپی، میانگین طول و عرض ذرات طلا در آبرفت‌های انگوران چای به ترتیب ۳۹۳ و ۲۳۹ میکرون است. در روش دوم، تعداد ۱۸ ذره طلا با استفاده از میکروسکوپ الکترونی (SEM) مطالعه شده است. بر اساس نتایج SEM، مقادیر کمینه و بیشینه طول ذرات طلا به ترتیب ۹۳ و ۸۹۰ میکرون، و مقادیر کمینه و بیشینه عرض ذرات طلا به ترتیب ۷۵ و ۴۳۰ میکرون است، که میانگین طول و عرض ذرات طلا به ترتیب ۳۳۱ و ۱۹۰ میکرون است (جدول ۵-۸).

جدول ۵-۸. تعیین ابعاد (طول و عرض) ۱۸ ذره طلا از بخش کنسانتره نمونه‌های آبرفتی پلاسر انگوران چای بر اساس مطالعات میکروسکوپ الکترونی (SEM).

Gold grains	Grain ۱	Grain ۲	Grain ۳	Grain ۴	Grain ۵	Grain ۶	Grain ۷	Grain ۸	Grain ۹	Grain ۱۰
Length (Micron)	۱۲۳	۱۱۶	۹۳	۴۵۵	۴۴۶	۴۵۱	۳۳۶	۴۷۹	۲۳۸	۳۱۰
Width (Micron)	۹۰	۸۵	۷۸	۲۵۰	۳۳۷	۴۳۰	۳۱۰	۲۰۴	۱۶۲	۲۱۸
Gold grain	Grain ۱۱	Grain ۱۲	Grain ۱۳	Grain ۱۴	Grain ۱۵	Grain ۱۶	Grain ۱۷	Grain ۱۸	Average size	
Length (Micron)	۱۹۵	۸۹۰	۶۷۱	۲۳۴	۲۲۶	۲۶۹	۲۱۱	۲۲۱	۳۳۱	
Width (Micron)	۱۷۰	۲۰۸	۲۵۴	۸۰	۷۵	۱۴۵	۱۰۰	۲۱۷	۱۹۰	

اندازه‌گیری ابعاد ذرات طلا با استفاده از میکروسکوپ الکترونی از دقت بسیار بالایی برخوردار است و نتایج این مطالعات دقت و صحت مشاهدات میکروسکوپ بینوکولار را نیز تایید می‌نماید، به طوریکه میانگین بدست آمده برای طول و عرض ذرات بر اساس دو روش خیلی نزدیک به یکدیگر است. نمودار (۵-۱۱)، میزان فراوانی ذرات طلا با ابعاد مختلف را در پلاسر انگوران چای نشان می‌دهد. این نمودار بر اساس میزان فراوانی طول ذرات ترسیم شده است. به طوریکه مشخص است رابطه مستقیمی میان فراوانی و ابعاد ذرات وجود دارد و فراوانی

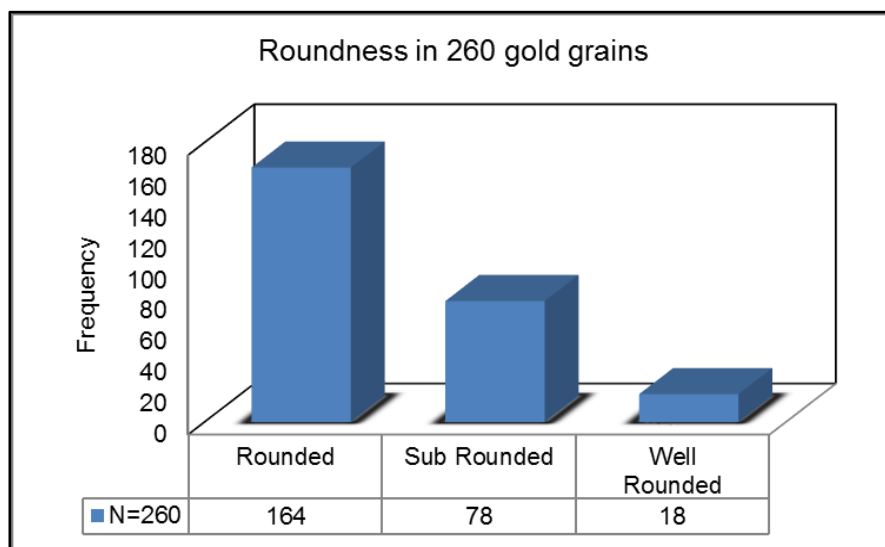
ذرات ریز به مراتب بیشتر از ذرات درشت می باشد و از ذرات ریز به سمت درشت میزان فراونی کاهش می یابد (نمودار ۵-۱۱).



نمودار ۵-۱۱. نمودار درصد فراونی ذرات طلا بر اساس طول آنها.

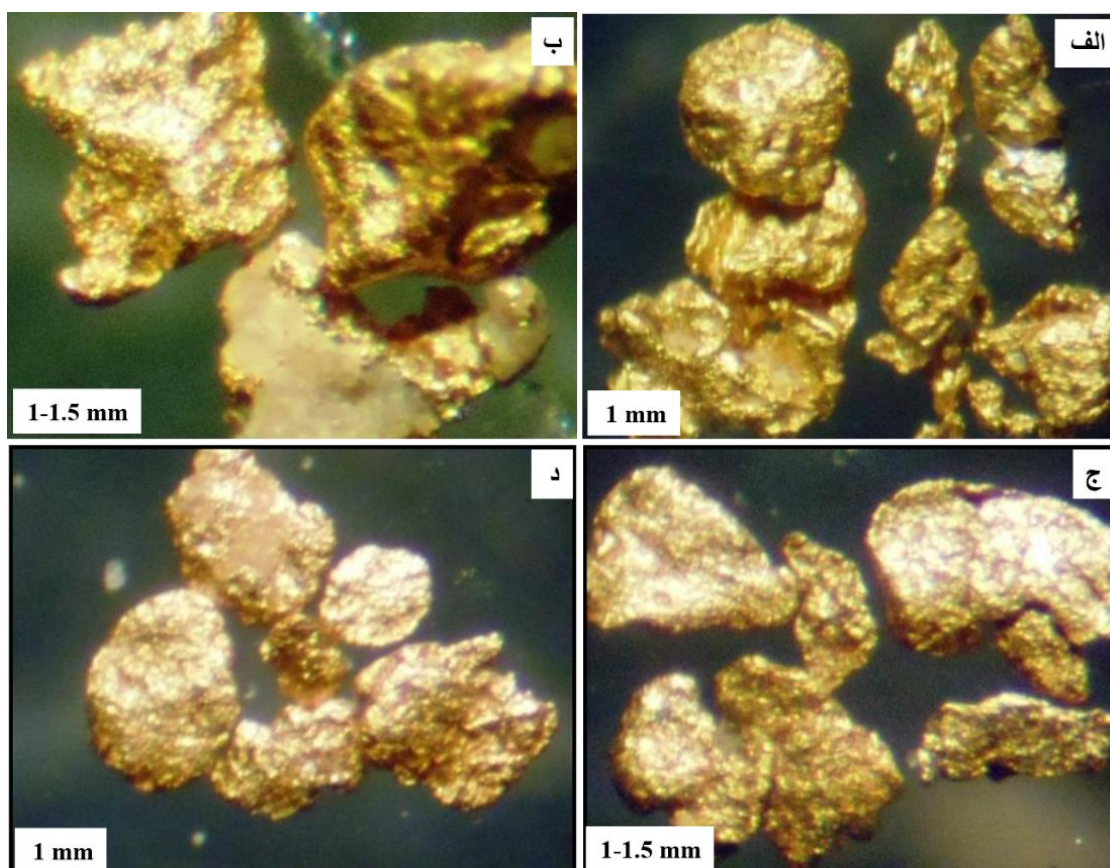
۳-۴-۵-۵- میزان گردشگری دانه های طلا

در پلاسرا انگوران چای تعداد ۲۶۰ ذره طلا به لحاظ گردشگری مورد بررسی قرار گرفته است (جدول ۵-۷). در کانسارهای پلاسری، دانه های طلا بسته به مسافت پیمایش، بزرگی و سختی قطعات همراه از نظر گردشگری به صورت های زاویه دار (Angular)، نیمه زاویه دار (Sub-angular)، نیمه گرد شده (Sub-rounded)، گرد شده (Rounded)، خوب گرد شده (Well-rounded) هستند. در پلاسرا انگوران چای بر اساس مطالعات کانی-شناسی تعداد ۲۶۰ ذره طلا از نظر میزان گردشگری بررسی شد (جدول ۵-۷)، و نتایج در نمودار (۵-۱۲) آورده شده است. از تعداد ۲۶۰ ذره طلا که مورد بررسی قرار گرفت تعداد ۱۶۴ ذره (۶۰ درصد ذرات) از نوع گرد شده، تعداد ۷۸ ذره (۳۰ درصد ذرات) از نوع نیمه گرد شده، و تعداد ۱۸ ذره (۱۰ درصد ذرات) از نوع خوب گرد شده هست (شکل ۵-۲۷).



شکل ۵-۱۶.

نمودار ۵-۱۲. نمودار درصد فراوانی ذرات طلا از نظر میزان گردشگری در پلاسرا انگوران چای.



شکل ۵-۲۷. میزان گردش‌دگی ذرات طلا در پلاسما انگوران‌چای. الف) خوب گرد شده، ب) و ج) نیمه گرد شده، د) گرد شده.

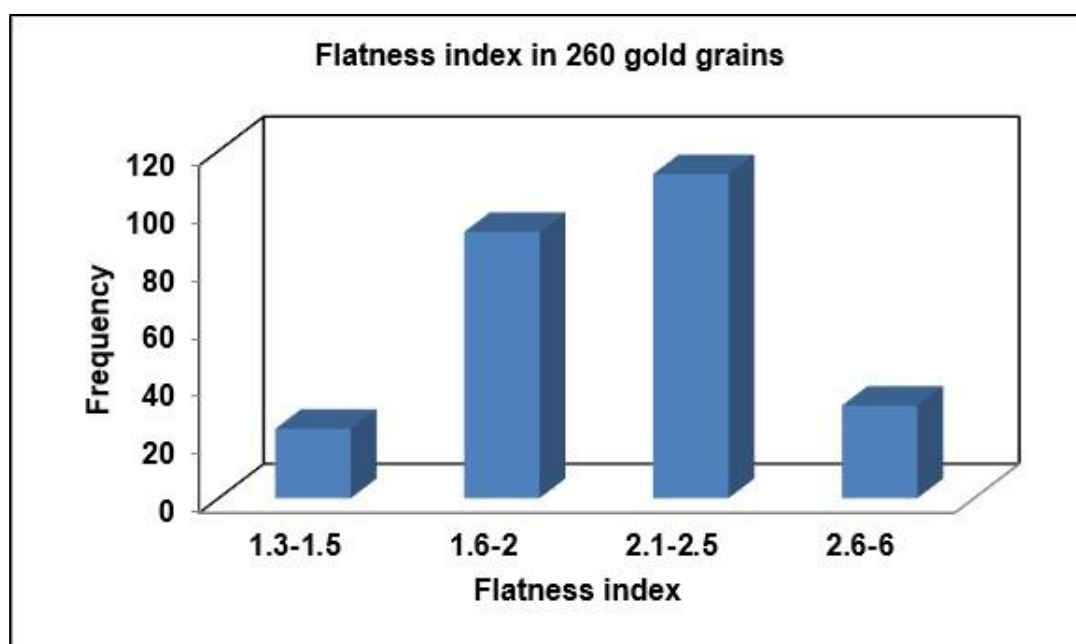
۴-۵-۵- شاخص صاف‌شدگی و تختی ذرات طلا (Flatness index)

یکی از معیارهایی که برای ارتباط میان مورفولوژی و اندازه دانه‌های طلا با مسافت انتقال دانه‌ها در رودخانه‌ها و آبراهه‌ها، میزان گردش‌دگی و صاف‌بودن سطوح ذرات طلا می‌باشد. ذرات طلا در نزدیکی منبع معمولاً زاویه‌دار با لبه‌های تیز می‌باشند که به محض ورود به جریان آب رودخانه با برخورد به دیگر ذرات معلق در جریان و در برخورد با یکدیگر دچار سایش می‌شوند و از تیز بودن زاویه‌ها کاسته می‌شود. بر اساس مطالعات انجام شده گردش‌دگی و صاف‌شدن ذرات طلا در حدود ۵ کیلومتر ابتدایی صورت می‌گیرد (Knight et al., ۱۹۹۹)، به طوریکه پس از طی مسافت طولانی ذرات طلا اساساً بدون تغییر باقی می‌مانند. این مسئله نیز باید مورد توجه قرار گیرد که در یک کانال پلاسمای ذرات طلا ممکن است که درجات متغیری از شاخص صاف‌شدگی نشان دهند، برای اینکه ذرات طلای درشت دانه (۱ تا ۲ میلی‌متر) در مقایسه با ذرات دانه ریز با مسافت یکسان دارای درجه گردش‌دگی و صاف‌شدگی بیشتری هستند. و این ویژگی‌ها هنگامی شاخص دقیق و درستی از منبع و مسافت آنها محسوب می‌شود که دو ذره طلای هم‌اندازه مورد بررسی قرار بگیرد (Knight et al., ۱۹۹۹). محاسبه میزان شاخص صاف‌شدگی ذرات طلا با استفاده از فرمول زیر صورت می‌گیرد (Townley et al., ۲۰۰۳):

$$\text{Flatness Index} = (L+W) / T \quad (۱-۵)$$

در فرمول (۱-۵)، (L) طول ذره، (W) عرض ذره، و (T) ضخامت هر یک از ذرات طلا است. در محدوده انگوران-چای میزان شاخص صاف‌شدگی برای ۲۶۰ ذره طلا و بر پایه اطلاعات جدول (۵-۷) محاسبه شده است.

بر اساس محاسبات مقادیر کمیته، بیشینه، و میانگین شاخص صاف‌شدگی برای ۲۶۰ ذره طلای مطالعه شده به ترتیب ۱/۳، ۶، و ۲/۱ است. از تعداد ۲۶۰ ذره طلای مشاهده شده، تعداد ۲۴ ذره (۹ درصد ذرات) دارای شاخص صاف‌شدگی ۱/۳ تا ۱/۵، تعداد ۹۲ ذره (۳۶ درصد ذرات) دارای شاخص صاف‌شدگی ۱/۶ تا ۲، تعداد ۱۱۲ ذره (۴۳ درصد ذرات) دارای شاخص صاف‌شدگی ۲/۱ تا ۲/۵، و تعداد ۳۲ ذره (۱۲ درصد ذرات) دارای شاخص صاف‌شدگی ۲/۶ تا ۶ می‌باشند (شکل ۵-۱۸). درصد قابل توجهی از ذرات (۷۹ درصد) دارای مقدار صاف‌شدگی در دامنه ۱/۶ تا ۲/۵ هستند. اطلاعات موجود نشان می‌دهد که ذرات طلا با شاخص صاف‌شدگی ۱ تا ۴/۶ در فاصله کمتر از ۳۰۰ متر از سنگ منشاء، ذرات طلا با شاخص صاف‌شدگی ۳ تا ۸/۶ در فاصله ۳۰۰ تا ۱۰۰۰ متر از سنگ منشاء، و ذرات با شاخص صاف‌شدگی ۴ تا ۱۶ در فاصله بیش از ۱۰۰۰ متری از سنگ منشاء نهشته شده‌اند (Townley et al., ۲۰۰۳). تغییرات مقدار شاخص صاف‌شدگی در میان ذرات طلای پلاسرا انگوران‌چای ثابت می‌کند که سنگ‌های منشأ طلا در این منطقه در فاصله‌های مختلفی از پلاسرا قرار گرفته‌اند و مقدار این فاصله از ۳۰۰ متر تا بیش از ۱۰۰۰ متر متغیر است.



نمودار ۵-۱۳. شاخص صاف‌شدگی در ۲۶۰ ذره طلای از آبرفت‌های انگوران‌چای که ۷۹ درصد ذرات دارای مقدار صاف‌شدگی در دامنه ۱/۶ تا ۲/۵ هستند.

۵-۴-۵- محاسبه عیار طلا

برای محاسبه‌ی عیار طلای آزاد در پلاسر انگوران‌چای، نمونه‌های کانی سنگین به وزن ۲۵ کیلوگرم از چاهک‌های اکتشافی برداشت شده است. تراکم و روش نمونه‌برداری به تفصیل در فصل (۳) توصیف شده است. نمونه‌های معرف کانی سنگین مراحل مختلف آماده‌سازی (وزن‌سنجی، گل‌شویی، لاوک‌شویی، جدایش‌های ثقلی و مغناطیسی) را پشت‌سر گذاشته، و در گام بعدی تعداد و ابعاد (طول و عرض) ذرات طلای آزاد در هر یک از نمونه‌های کانی سنگین تعیین شده است. تعیین ابعاد ذرات طلا با استفاده از میکروسکوپ بینوکولار و فرم‌های مقیاس‌دار صورت گرفته است و طول و عرض دانه‌های طلا بر حسب سانتی‌متر اندازه‌گیری شده است. مقدار گرم در تن (ppm) طلا در هر نمونه با استفاده از فرمول زیر محاسبه شده است (آزرم، ۱۳۶۹، حسنی پاک، ۱۳۷۸):

$$\text{ppm} = (X * B * G * 10^3) / (A * C) \quad (۲-۵)$$

در فرمول (۲-۵)، (A) وزن اولیه نمونه بر حسب کیلوگرم، (B) وزن نمونه پس از لاوک‌شویی بر حسب گرم، (C) وزن انتخابی نمونه برای عبور از مایع سنگین بر حسب گرم، (G) وزن مخصوص طلا بر حسب گرم بر سانتی‌متر مکعب (۱۷ گرم بر سانتی‌متر مکعب)، (X) که از حاصل ضرب حجم ذرات طلا در تعداد ذرات طلا در هر نمونه بدست می‌آید. لازم به ذکر است که برای محاسبه حجم ذرات طلا در هر نمونه میانگین طول و عرض ذرات طلا مبنا بوده است که با استفاده از فرمول محاسبه حجم کره $(V \text{ (cm}^3\text{)} = \frac{4}{3} * \pi * L * W^2)$ انجام شده است. مقدار گرم در تن طلای آزاد در هر یک از نمونه‌های آبرفتی (کانی سنگین) در پلاسر

انگوران چای در جدول (۵-۹) آورده شده است. با توجه به اینکه واحد گرم در تن برای بیان عیار طلا در کانسارهای پلاستی واحد بزرگی است، بنابراین عیار طلا بر حسب میلی گرم در تن نیز گزارش شده است.

جدول ۵-۹. مقادیر گرم بر تن طلای آزاد در نمونه های آبرفتی پلاستر انگوران چای.

Sample	A (kg)	B (g)	C (g)	N	L (Cm)	W (Cm)	W'	V (cm ³)	X=V*N	Gold_ppb
A-۱(۱)	۲۵	۱۹,۴۶	۱۹,۴۶	۱۰	۰,۰۳۶۲	۰,۰۲۱۴	۰,۰۰۰۵	۶,۹۴۱۲۷E-۰۵	۰,۰۰۰۷	۴۷۲
A-۱(۲)	۲۵	۱۱,۱۲	۱۱,۱۲	۶	۰,۰۳۶۲	۰,۰۲۱۴	۰,۰۰۰۵	۶,۹۴۱۲۷E-۰۵	۰,۰۰۰۴	۲۸۳
A-۱(۳)	۲۵	۱۶,۶۸	۱۶,۶۸	۸	۰,۰۳۶۲	۰,۰۲۱۴	۰,۰۰۰۵	۶,۹۴۱۲۷E-۰۵	۰,۰۰۰۶	۳۷۸
A-۱(۴)	۲۵	۱۲,۵۱	۱۲,۵۱	۹	۰,۰۳۶۲	۰,۰۲۱۴	۰,۰۰۰۵	۶,۹۴۱۲۷E-۰۵	۰,۰۰۰۶	۴۲۵
A-۱(۵)	۲۵	۱۶,۶۸	۱۶,۶۸	۵	۰,۰۳۶۲	۰,۰۲۱۴	۰,۰۰۰۵	۶,۹۴۱۲۷E-۰۵	۰,۰۰۰۳	۲۳۶
A-۱(۶)	۲۵	۱۲,۵۱	۱۲,۵۱	۸	۰,۰۳۶۲	۰,۰۲۱۴	۰,۰۰۰۵	۶,۹۴۱۲۷E-۰۵	۰,۰۰۰۶	۳۷۸
A-۱(۷)	۲۵	۱۶,۶۸	۱۶,۶۸	۷	۰,۰۳۶۲	۰,۰۲۱۴	۰,۰۰۰۵	۶,۹۴۱۲۷E-۰۵	۰,۰۰۰۵	۳۳۰
A-۲(۱)	۲۵	۹,۷۳	۹,۷۳	۶	۰,۰۳۶۲	۰,۰۲۱۴	۰,۰۰۰۵	۶,۹۴۱۲۷E-۰۵	۰,۰۰۰۴	۲۸۳
A-۲(۲)	۲۵	۶,۹۵	۶,۹۵	۲	۰,۰۳۶۲	۰,۰۲۱۴	۰,۰۰۰۵	۶,۹۴۱۲۷E-۰۵	۰,۰۰۰۱	۹۴
A-۳(۱)	۲۵	۲۶,۴۱	۲۶,۴۱	۴	۰,۰۳۶۲	۰,۰۲۱۴	۰,۰۰۰۵	۶,۹۴۱۲۷E-۰۵	۰,۰۰۰۳	۱۸۹
A-۳(۲)	۲۵	۲۷,۸	۲۷,۸	۸	۰,۰۳۶۲	۰,۰۲۱۴	۰,۰۰۰۵	۶,۹۴۱۲۷E-۰۵	۰,۰۰۰۶	۳۷۸
A-۳(۳)	۲۵	۲۹,۱۹	۲۹,۱۹	۷	۰,۰۳۶۲	۰,۰۲۱۴	۰,۰۰۰۵	۶,۹۴۱۲۷E-۰۵	۰,۰۰۰۵	۳۳۰
A-۳(۴)	۲۵	۲۷,۸	۲۷,۸	۸	۰,۰۳۶۲	۰,۰۲۱۴	۰,۰۰۰۵	۶,۹۴۱۲۷E-۰۵	۰,۰۰۰۶	۳۷۸
A-۴(۱)	۲۵	۳۰,۵۸	۳۰,۵۸	۳	۰,۰۳۶۲	۰,۰۲۱۴	۰,۰۰۰۵	۶,۹۴۱۲۷E-۰۵	۰,۰۰۰۲	۱۴۲
A-۴(۲)	۲۵	۳۳,۳۶	۳۳,۳۶	۸	۰,۰۳۶۲	۰,۰۲۱۴	۰,۰۰۰۵	۶,۹۴۱۲۷E-۰۵	۰,۰۰۰۶	۳۷۸
A-۴(۳)	۲۵	۳۱,۹۷	۳۱,۹۷	۲	۰,۰۳۶۲	۰,۰۲۱۴	۰,۰۰۰۵	۶,۹۴۱۲۷E-۰۵	۰,۰۰۰۱	۹۴
A-۴(۴)	۲۵	۳۱,۹۷	۳۱,۹۷	۳	۰,۰۳۶۲	۰,۰۲۱۴	۰,۰۰۰۵	۶,۹۴۱۲۷E-۰۵	۰,۰۰۰۲	۱۴۲
A-۵(۱)	۲۵	۲۹,۱۹	۲۹,۱۹	۸	۰,۰۳۶۲	۰,۰۲۱۴	۰,۰۰۰۵	۶,۹۴۱۲۷E-۰۵	۰,۰۰۰۶	۳۷۸
A-۵(۲)	۲۵	۱۳,۹	۱۳,۹	۱۱	۰,۰۳۶۲	۰,۰۲۱۴	۰,۰۰۰۵	۶,۹۴۱۲۷E-۰۵	۰,۰۰۰۸	۵۱۹
A-۵(۳)	۲۵	۲۹,۱۹	۲۹,۱۹	۱۳	۰,۰۳۶۲	۰,۰۲۱۴	۰,۰۰۰۵	۶,۹۴۱۲۷E-۰۵	۰,۰۰۰۹	۶۱۴
A-۵(۴)	۲۵	۱۳,۹	۱۳,۹	۵	۰,۰۳۶۲	۰,۰۲۱۴	۰,۰۰۰۵	۶,۹۴۱۲۷E-۰۵	۰,۰۰۰۳	۲۳۶
A-۵(۵)	۲۵	۱۲,۵۱	۱۲,۵۱	۱۳	۰,۰۳۶۲	۰,۰۲۱۴	۰,۰۰۰۵	۶,۹۴۱۲۷E-۰۵	۰,۰۰۰۹	۶۱۴
A-۶(۱)	۲۵	۳۴,۷۵	۳۴,۷۵	۴	۰,۰۳۶۲	۰,۰۲۱۴	۰,۰۰۰۵	۶,۹۴۱۲۷E-۰۵	۰,۰۰۰۳	۱۸۹
A-۶(۲)	۲۵	۳۰,۵۸	۳۰,۵۸	۲	۰,۰۳۶۲	۰,۰۲۱۴	۰,۰۰۰۵	۶,۹۴۱۲۷E-۰۵	۰,۰۰۰۱	۹۴
A-۶(۳)	۲۵	۳۳,۳۶	۳۳,۳۶	۱۰	۰,۰۳۶۲	۰,۰۲۱۴	۰,۰۰۰۵	۶,۹۴۱۲۷E-۰۵	۰,۰۰۰۷	۴۷۲
A-۶(۴)	۲۵	۲۷,۸	۲۷,۸	۱۰	۰,۰۳۶۲	۰,۰۲۱۴	۰,۰۰۰۵	۶,۹۴۱۲۷E-۰۵	۰,۰۰۰۷	۴۷۲
A-۶(۵)	۲۵	۲۹,۱۹	۲۹,۱۹	۲۱	۰,۰۳۶۲	۰,۰۲۱۴	۰,۰۰۰۵	۶,۹۴۱۲۷E-۰۵	۰,۰۰۱۵	۹۹۱
A-۷(۱)	۲۵	۲۹,۱۹	۲۹,۱۹	۱	۰,۰۳۶۲	۰,۰۲۱۴	۰,۰۰۰۵	۶,۹۴۱۲۷E-۰۵	۰,۰۰۰۱	۴۷
A-۷(۲)	۲۵	۳۰,۵۸	۳۰,۵۸	۲	۰,۰۳۶۲	۰,۰۲۱۴	۰,۰۰۰۵	۶,۹۴۱۲۷E-۰۵	۰,۰۰۰۱	۹۴
A-۸(۱)	۲۵	۲۲,۲۴	۲۲,۲۴	۶	۰,۰۳۶۲	۰,۰۲۱۴	۰,۰۰۰۵	۶,۹۴۱۲۷E-۰۵	۰,۰۰۰۴	۲۸۳
A-۸(۲)	۲۵	۳۰,۵۸	۳۰,۵۸	۲	۰,۰۳۶۲	۰,۰۲۱۴	۰,۰۰۰۵	۶,۹۴۱۲۷E-۰۵	۰,۰۰۰۱	۹۴
A-۸(۳)	۲۵	۲۲,۲۴	۲۲,۲۴	۳	۰,۰۳۶۲	۰,۰۲۱۴	۰,۰۰۰۵	۶,۹۴۱۲۷E-۰۵	۰,۰۰۰۲	۱۴۲
A-۸(۴)	۲۵	۳۴,۷۵	۳۴,۷۵	۷	۰,۰۳۶۲	۰,۰۲۱۴	۰,۰۰۰۵	۶,۹۴۱۲۷E-۰۵	۰,۰۰۰۵	۳۳۰
A-۸(۵)	۲۵	۳۱,۹۷	۳۱,۹۷	۴	۰,۰۳۶۲	۰,۰۲۱۴	۰,۰۰۰۵	۶,۹۴۱۲۷E-۰۵	۰,۰۰۰۳	۱۸۹
A-۹(۱)	۲۵	۲۰,۸۵	۲۰,۸۵	۳	۰,۰۳۶۲	۰,۰۲۱۴	۰,۰۰۰۵	۶,۹۴۱۲۷E-۰۵	۰,۰۰۰۲	۱۴۲
A-۹(۲)	۲۵	۲۷,۸	۲۷,۸	۵	۰,۰۳۶۲	۰,۰۲۱۴	۰,۰۰۰۵	۶,۹۴۱۲۷E-۰۵	۰,۰۰۰۳	۲۳۶
A-۱۰(۱)	۲۵	۲۷,۸	۲۷,۸	۱	۰,۰۳۶۲	۰,۰۲۱۴	۰,۰۰۰۵	۶,۹۴۱۲۷E-۰۵	۰,۰۰۰۱	۴۷
A-۱۰(۲)	۲۵	۲۹,۱۹	۲۹,۱۹	۶	۰,۰۳۶۲	۰,۰۲۱۴	۰,۰۰۰۵	۶,۹۴۱۲۷E-۰۵	۰,۰۰۰۴	۲۸۳
A-۱۰(۳)	۲۵	۱۲,۵۱	۱۲,۵۱	۶	۰,۰۳۶۲	۰,۰۲۱۴	۰,۰۰۰۵	۶,۹۴۱۲۷E-۰۵	۰,۰۰۰۴	۲۸۳
A-۱۰(۴)	۲۵	۹,۷۳	۹,۷۳	۹	۰,۰۳۶۲	۰,۰۲۱۴	۰,۰۰۰۵	۶,۹۴۱۲۷E-۰۵	۰,۰۰۰۶	۴۲۵
A-۱۰(۵)	۲۵	۱۱,۱۲	۱۱,۱۲	۹	۰,۰۳۶۲	۰,۰۲۱۴	۰,۰۰۰۵	۶,۹۴۱۲۷E-۰۵	۰,۰۰۰۶	۴۲۵

A-۱۱(۱)	۲۵	۲۹,۱۹	۲۹,۱۹	۱	۰,۰۳۶۲	۰,۰۲۱۴	۰,۰۰۰۵	۶,۹۴۱۲۷E-۰۵	۰,۰۰۰۱	۴۷
A-۱۱(۲)	۲۵	۲۹,۱۹	۲۹,۱۹	۵	۰,۰۳۶۲	۰,۰۲۱۴	۰,۰۰۰۵	۶,۹۴۱۲۷E-۰۵	۰,۰۰۰۳	۲۳۶
A-۱۱(۳)	۲۵	۲۶,۴۱	۲۶,۴۱	۶	۰,۰۳۶۲	۰,۰۲۱۴	۰,۰۰۰۵	۶,۹۴۱۲۷E-۰۵	۰,۰۰۰۴	۲۸۳
A-۱۲(۱)	۲۵	۱۲,۵۱	۱۲,۵۱	۳	۰,۰۳۶۲	۰,۰۲۱۴	۰,۰۰۰۵	۶,۹۴۱۲۷E-۰۵	۰,۰۰۰۲	۱۴۲
A-۱۲(۲)	۲۵	۱۶,۶۸	۱۶,۶۸	۵	۰,۰۳۶۲	۰,۰۲۱۴	۰,۰۰۰۵	۶,۹۴۱۲۷E-۰۵	۰,۰۰۰۳	۲۳۶
A-۱۲(۳)	۲۵	۳۰,۵۸	۳۰,۵۸	۸	۰,۰۳۶۲	۰,۰۲۱۴	۰,۰۰۰۵	۶,۹۴۱۲۷E-۰۵	۰,۰۰۰۶	۳۷۸

ادامه جدول ۵-۹. مقادیر گرم بر تن طلای آزاد در نمونه‌های آبرفتی پلاسرا انگوران چای.

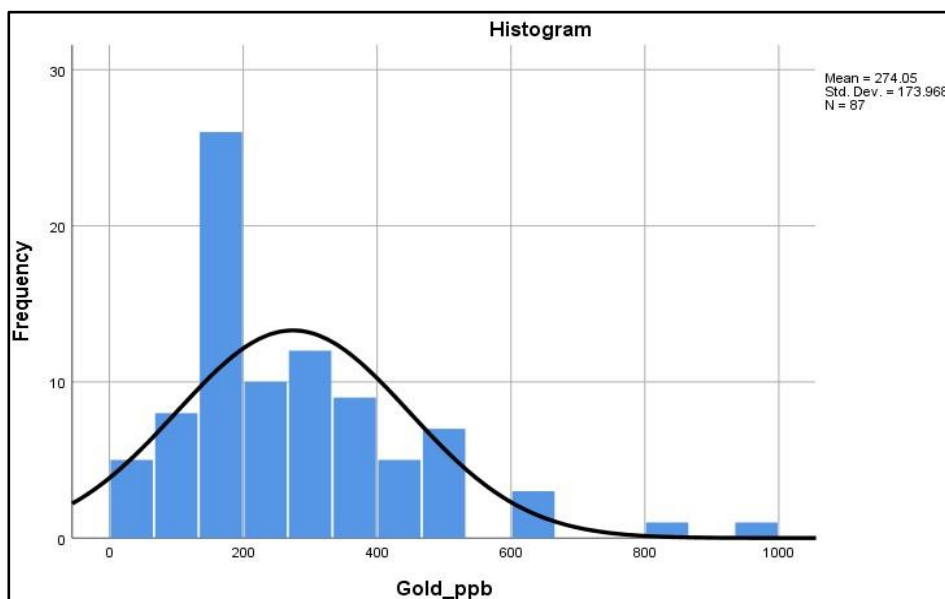
Sample	A (kg)	B (g)	C (g)	N	L (Cm)	W (Cm)	W'	V (cm ^۳)	X=V*N	Gold_ppb
A-۱۳(۱)	۲۵	۳۱,۹۷	۳۱,۹۷	۵	۰,۰۳۶۲	۰,۰۲۱۴	۰,۰۰۰۵	۶,۹۴۱۲۷E-۰۵	۰,۰۰۰۳	۲۳۶
A-۱۳(۲)	۲۵	۲۶,۴۱	۲۶,۴۱	۴	۰,۰۳۶۲	۰,۰۲۱۴	۰,۰۰۰۵	۶,۹۴۱۲۷E-۰۵	۰,۰۰۰۳	۱۸۹
A-۱۳(۳)	۲۵	۶,۹۵	۶,۹۵	۴	۰,۰۳۶۲	۰,۰۲۱۴	۰,۰۰۰۵	۶,۹۴۱۲۷E-۰۵	۰,۰۰۰۳	۱۸۹
A-۱۴(۱)	۲۵	۳۰,۵۸	۳۰,۵۸	۴	۰,۰۳۶۲	۰,۰۲۱۴	۰,۰۰۰۵	۶,۹۴۱۲۷E-۰۵	۰,۰۰۰۳	۱۸۹
A-۱۴(۲)	۲۵	۳۱,۹۷	۳۱,۹۷	۴	۰,۰۳۶۲	۰,۰۲۱۴	۰,۰۰۰۵	۶,۹۴۱۲۷E-۰۵	۰,۰۰۰۳	۱۸۹
A-۱۴(۳)	۲۵	۱۱,۱۲	۱۱,۱۲	۱۸	۰,۰۳۶۲	۰,۰۲۱۴	۰,۰۰۰۵	۶,۹۴۱۲۷E-۰۵	۰,۰۰۱۲	۸۵۰
A-۱۵(۱)	۲۵	۱۲,۵۱	۱۲,۵۱	۳	۰,۰۳۶۲	۰,۰۲۱۴	۰,۰۰۰۵	۶,۹۴۱۲۷E-۰۵	۰,۰۰۰۲	۱۴۲
A-۱۵(۲)	۲۵	۲۲,۲۴	۲۲,۲۴	۲	۰,۰۳۶۲	۰,۰۲۱۴	۰,۰۰۰۵	۶,۹۴۱۲۷E-۰۵	۰,۰۰۰۱	۹۴
A-۱۶(۱)	۲۵	۲۷,۸	۲۷,۸	۹	۰,۰۳۶۲	۰,۰۲۱۴	۰,۰۰۰۵	۶,۹۴۱۲۷E-۰۵	۰,۰۰۰۶	۴۲۵
A-۱۶(۲)	۲۵	۱۹,۴۶	۱۹,۴۶	۴	۰,۰۳۶۲	۰,۰۲۱۴	۰,۰۰۰۵	۶,۹۴۱۲۷E-۰۵	۰,۰۰۰۳	۱۸۹
A-۱۶(۳)	۲۵	۹,۷۳	۹,۷۳	۸	۰,۰۳۶۲	۰,۰۲۱۴	۰,۰۰۰۵	۶,۹۴۱۲۷E-۰۵	۰,۰۰۰۶	۳۷۸
A-۱۷(۱)	۲۵	۳۰,۵۸	۳۰,۵۸	۱	۰,۰۳۶۲	۰,۰۲۱۴	۰,۰۰۰۵	۶,۹۴۱۲۷E-۰۵	۰,۰۰۰۱	۴۷
A-۱۷(۲)	۲۵	۱۲,۵۱	۱۲,۵۱	۳	۰,۰۳۶۲	۰,۰۲۱۴	۰,۰۰۰۵	۶,۹۴۱۲۷E-۰۵	۰,۰۰۰۲	۱۴۲
A-۱۸(۱)	۲۵	۳۰,۵۸	۳۰,۵۸	۴	۰,۰۳۶۲	۰,۰۲۱۴	۰,۰۰۰۵	۶,۹۴۱۲۷E-۰۵	۰,۰۰۰۳	۱۸۹
A-۱۸(۲)	۲۵	۲۰,۸۵	۲۰,۸۵	۵	۰,۰۳۶۲	۰,۰۲۱۴	۰,۰۰۰۵	۶,۹۴۱۲۷E-۰۵	۰,۰۰۰۳	۲۳۶
A-۱۸(۳)	۲۵	۲۵,۰۲	۲۵,۰۲	۲	۰,۰۳۶۲	۰,۰۲۱۴	۰,۰۰۰۵	۶,۹۴۱۲۷E-۰۵	۰,۰۰۰۱	۹۴
A-۱۹(۱)	۲۵	۲۲,۲۴	۲۲,۲۴	۳	۰,۰۳۶۲	۰,۰۲۱۴	۰,۰۰۰۵	۶,۹۴۱۲۷E-۰۵	۰,۰۰۰۲	۱۴۲
A-۱۹(۲)	۲۵	۳۴,۷۵	۳۴,۷۵	۳	۰,۰۳۶۲	۰,۰۲۱۴	۰,۰۰۰۵	۶,۹۴۱۲۷E-۰۵	۰,۰۰۰۲	۱۴۲
A-۱۹(۳)	۲۵	۱۹,۴۶	۱۹,۴۶	۱۱	۰,۰۳۶۲	۰,۰۲۱۴	۰,۰۰۰۵	۶,۹۴۱۲۷E-۰۵	۰,۰۰۰۸	۵۱۹
A-۲۰(۱)	۲۵	۹,۷۳	۹,۷۳	۸	۰,۰۳۶۲	۰,۰۲۱۴	۰,۰۰۰۵	۶,۹۴۱۲۷E-۰۵	۰,۰۰۰۶	۳۷۸
A-۲۰(۲)	۲۵	۲۵,۰۲	۲۵,۰۲	۱۳	۰,۰۳۶۲	۰,۰۲۱۴	۰,۰۰۰۵	۶,۹۴۱۲۷E-۰۵	۰,۰۰۰۹	۶۱۴
A-۲۱(۱)	۲۵	۳۴,۷۵	۳۴,۷۵	۳	۰,۰۳۶۲	۰,۰۲۱۴	۰,۰۰۰۵	۶,۹۴۱۲۷E-۰۵	۰,۰۰۰۲	۱۴۲
A-۲۱(۲)	۲۵	۳۴,۷۵	۳۴,۷۵	۵	۰,۰۳۶۲	۰,۰۲۱۴	۰,۰۰۰۵	۶,۹۴۱۲۷E-۰۵	۰,۰۰۰۳	۲۳۶
A-۲۲(۱)	۲۵	۲۶,۴۱	۲۶,۴۱	۲	۰,۰۳۶۲	۰,۰۲۱۴	۰,۰۰۰۵	۶,۹۴۱۲۷E-۰۵	۰,۰۰۰۱	۹۴
A-۲۲(۲)	۲۵	۲۲,۲۴	۲۲,۲۴	۶	۰,۰۳۶۲	۰,۰۲۱۴	۰,۰۰۰۵	۶,۹۴۱۲۷E-۰۵	۰,۰۰۰۴	۲۸۳
A-۲۳(۱)	۲۵	۱۹,۴۶	۱۹,۴۶	۱۰	۰,۰۳۶۲	۰,۰۲۱۴	۰,۰۰۰۵	۶,۹۴۱۲۷E-۰۵	۰,۰۰۰۷	۴۷۲
A-۲۳(۲)	۲۵	۲۳,۶۳	۲۳,۶۳	۵	۰,۰۳۶۲	۰,۰۲۱۴	۰,۰۰۰۵	۶,۹۴۱۲۷E-۰۵	۰,۰۰۰۳	۲۳۶
A-۲۴(۱)	۲۵	۱۶,۶۸	۱۶,۶۸	۶	۰,۰۳۶۲	۰,۰۲۱۴	۰,۰۰۰۵	۶,۹۴۱۲۷E-۰۵	۰,۰۰۰۴	۲۸۳
A-۲۴(۲)	۲۵	۲۶,۴۱	۲۶,۴۱	۴	۰,۰۳۶۲	۰,۰۲۱۴	۰,۰۰۰۵	۶,۹۴۱۲۷E-۰۵	۰,۰۰۰۳	۱۸۹
A-۲۵(۱)	۲۵	۲۷,۸	۲۷,۸	۱۱	۰,۰۳۶۲	۰,۰۲۱۴	۰,۰۰۰۵	۶,۹۴۱۲۷E-۰۵	۰,۰۰۰۸	۵۱۹
A-۲۶(۱)	۲۵	۳۴,۷۵	۳۴,۷۵	۶	۰,۰۳۶۲	۰,۰۲۱۴	۰,۰۰۰۵	۶,۹۴۱۲۷E-۰۵	۰,۰۰۰۴	۲۸۳
A-۲۶(۲)	۲۵	۳۳,۳۶	۳۳,۳۶	۵	۰,۰۳۶۲	۰,۰۲۱۴	۰,۰۰۰۵	۶,۹۴۱۲۷E-۰۵	۰,۰۰۰۳	۲۳۶
A-۲۷(۱)	۲۵	۳۱,۹۷	۳۱,۹۷	۳	۰,۰۳۶۲	۰,۰۲۱۴	۰,۰۰۰۵	۶,۹۴۱۲۷E-۰۵	۰,۰۰۰۲	۱۴۲
A-۲۷(۲)	۲۵	۲۹,۱۹	۲۹,۱۹	۹	۰,۰۳۶۲	۰,۰۲۱۴	۰,۰۰۰۵	۶,۹۴۱۲۷E-۰۵	۰,۰۰۰۶	۴۲۵
A-۲۸(۱)	۲۵	۲۹,۱۹	۲۹,۱۹	۳	۰,۰۳۶۲	۰,۰۲۱۴	۰,۰۰۰۵	۶,۹۴۱۲۷E-۰۵	۰,۰۰۰۲	۱۴۲
A-۲۸(۲)	۲۵	۲۷,۸	۲۷,۸	۴	۰,۰۳۶۲	۰,۰۲۱۴	۰,۰۰۰۵	۶,۹۴۱۲۷E-۰۵	۰,۰۰۰۳	۱۸۹
A-۲۹(۱)	۲۵	۱۳,۹	۱۳,۹	۴	۰,۰۳۶۲	۰,۰۲۱۴	۰,۰۰۰۵	۶,۹۴۱۲۷E-۰۵	۰,۰۰۰۳	۱۸۹
A-۲۹(۲)	۲۵	۳۴,۷۵	۳۴,۷۵	۳	۰,۰۳۶۲	۰,۰۲۱۴	۰,۰۰۰۵	۶,۹۴۱۲۷E-۰۵	۰,۰۰۰۲	۱۴۲
A-۳۰(۱)	۲۵	۱۳,۹	۱۳,۹	۱	۰,۰۳۶۲	۰,۰۲۱۴	۰,۰۰۰۵	۶,۹۴۱۲۷E-۰۵	۰,۰۰۰۱	۴۷
A-۳۰(۲)	۲۵	۳۰,۵۸	۳۰,۵۸	۴	۰,۰۳۶۲	۰,۰۲۱۴	۰,۰۰۰۵	۶,۹۴۱۲۷E-۰۵	۰,۰۰۰۳	۱۸۹

۶-۴-۵-۵- توزیع آماری عیار کانه طلا در پلاسرا انگوران چای

تحلیل آماری عیار کانه طلا در ۸۷ نمونه‌های کانی سنگین از پلاسرا انگوران چای نشان می‌دهد که مقادیر کمینه، بیشینه، و میانگین عیار کانه طلا در این پلاسرا به ترتیب ۴۷، ۹۹۱، و ۲۷۴ میلی‌گرم در تن است. اختلاف میان کمترین و بیشترین مقدار عیار کانه طلا ۹۴۴ میلی‌گرم در تن است. مقادیر چولگی و کشیدگی توزیع طلا به ترتیب ۱/۵ و ۳ است که بیان از چولگی مثبت توزیع به سمت راست است (جدول ۵-۱۰). وجود عیارهای بالا با فروانی کم در جامعه نمونه‌ها سبب ایجاد چولگی مثبت شده است. منحنی هیستوگرام فراوانی عیار کانه طلا نیز چولگی توزیع به سمت راست را تایید می‌نماید (نمودار ۵-۱۴). با توجه به اینکه فراوانی پوسته‌ای طلا در حدود ۵ میلی‌گرم در تن است مقدار میانگین ۲۷۴ میلی‌گرم در تن برای طلای آزاد، اهمیت اقتصادی طلا را در پلاسرا انگوران چای ثابت می‌کند.

جدول ۵-۱۰. پارامترهای آماری عیار کانه طلا در پلاسرا انگوران چای بر اساس نتایج نمونه‌های کانی سنگین.

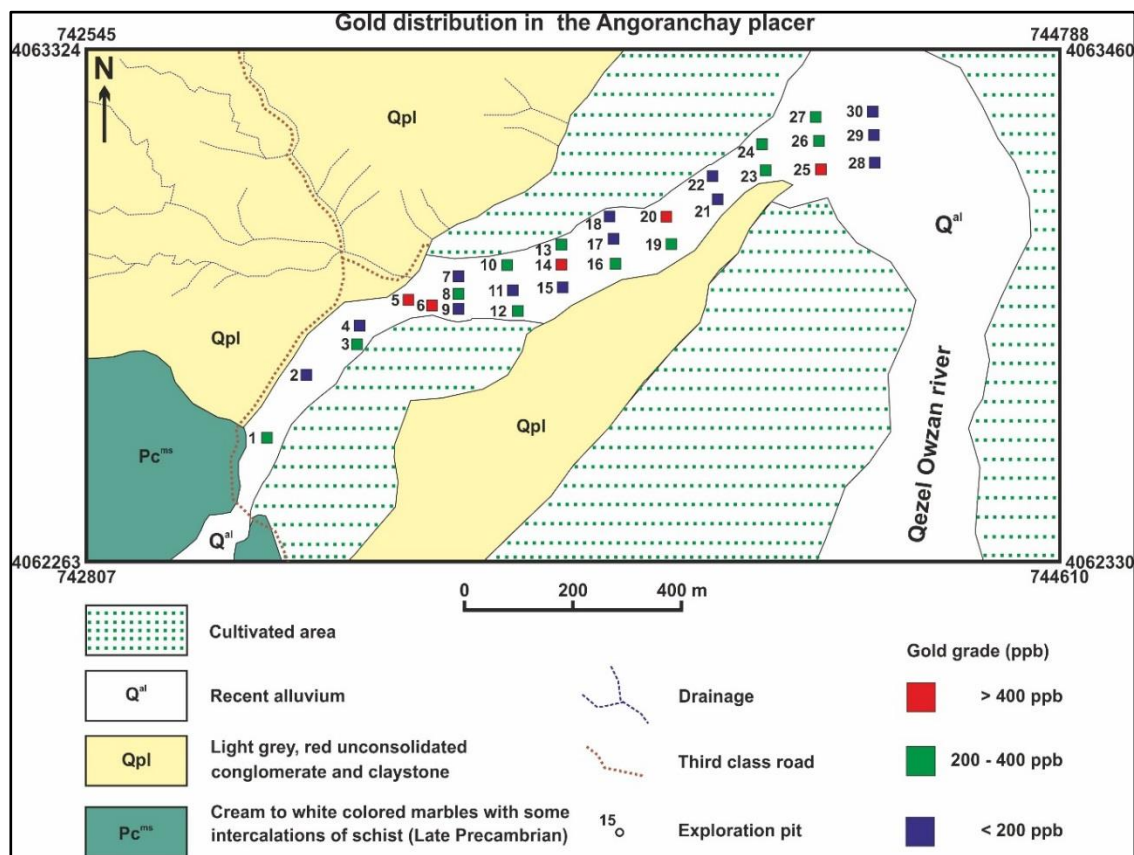
Statistic parameters	Mean	Median	Mode	Std. Deviation	Variance	Skewness	Kurtosis	Range	Minimum	Maximum	Percentiles		
											۲۵	۵۰	۷۵
Number of samples													
۸۷	۲۷۴	۲۳۶	۱۴۲	۱۷۴	۳۰۲۶۵	۱,۴۴	۳	۹۴۴	۴۷	۹۹۱	۱۴۲	۲۳۶	۳۷۸



نمودار ۵-۱۴. هیستوگرام فراوانی توزیع عیار کانه طلا در پلاسر انگوران چای بر پایه نتایج نمونه‌های کانی‌سنگین.

۷-۴-۵-۵- نقشه توزیع عیار کانه طلا در پلاسر انگوران چای

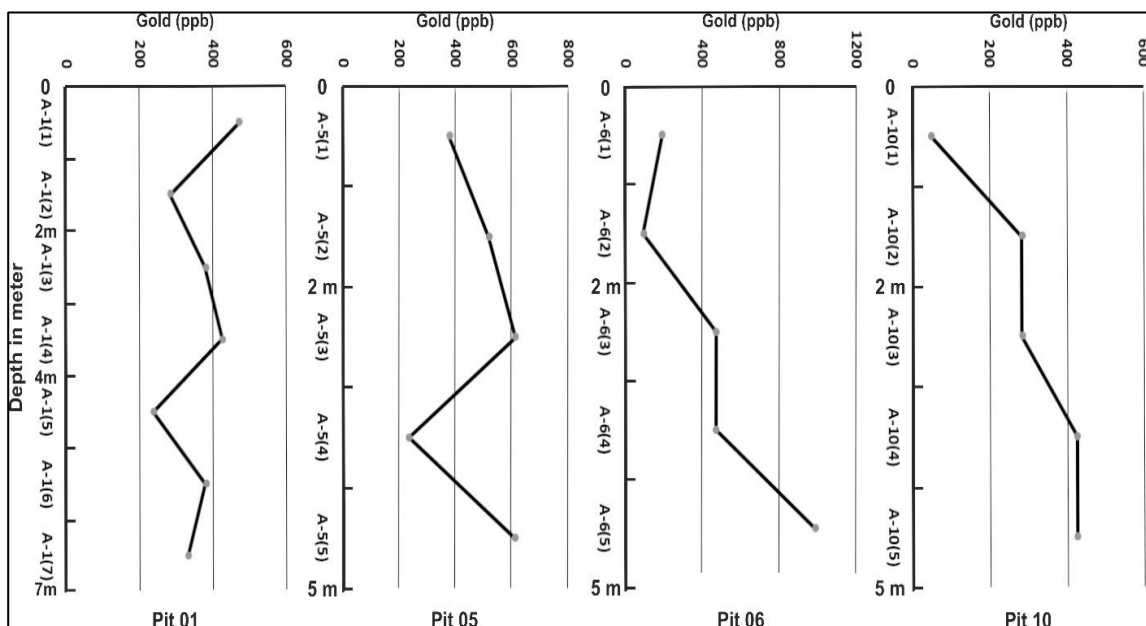
برای تهیه نقشه توزیع عیار کانه طلا در پلاسر انگوران چای، ابتدا میانگین عیار کانه طلا در هر یک از چاهک‌های اکتشافی محاسبه شده است. لازم به ذکر است که برای محاسبه میانگین عیار کانه طلا در هر چاهک اکتشافی از نتایج نمونه‌های کانی‌سنگین برداشت شده از آن چاهک استفاده شده است. بر پایه نتایج این محاسبات، مقدار میانگین عیار کانه طلا از کمینه ۷۱ میلی‌گرم در تن در چاهک شماره ۷-A تا بیشینه ۵۱۹ میلی‌گرم در تن در چاهک شماره ۲۵-A تغییر می‌کند. میانگین عیار کانه طلا در چاهک‌های اکتشافی شماره‌های ۵، ۶، ۱۴، ۲۰ و ۲۵ بیش از ۴۰۰ میلی‌گرم در تن است. نقشه شکل شماره (۵-۲۸)، توزیع عیار کانه طلا را بر پایه میانگین عیار طلا در هر چاهک اکتشافی در پلاسر انگوران چای به صورت نمادین نشان می‌دهد.



شکل ۵-۲۸. نقشه نمادین توزیع عیار کانه طلا در پلاسر انگوران‌چای بر پایه میانگین عیار طلا در هر چاهک اکتشافی.

۸-۴-۵- تغییرات عیار کانه طلا در چاهک‌های اکتشافی

برای بررسی توزیع عیار کانه طلا از سطح به عمق در پلاسر انگوران‌چای، تغییرات مقدار طلا در امتداد برخی از چاهک‌های اکتشافی ترسیم شده است. چاهک‌های اکتشافی شماره‌های ۱، ۵، ۶، و ۱۰ که عمق حفاری در آنها ۵ متر و یا بیش از ۵ متر است، برای نمایش تغییرات عیار کانه طلا انتخاب شده است. در بیشتر چاهک‌های اکتشافی افزایش عیار طلا از سطح به عمق مشاهده می‌شود (شکل ۵-۲۹).



شکل ۵-۲۹. تغییرات عیار کانه طلا در برخی از چاهک‌های اکتشافی از سطح به عمق در پلاسرا انگوران‌چای.

۹-۴-۵-۵- تخمین ذخیره طلا در پلاسرا انگوران‌چای

تخمین ذخیره‌ی مواد معدنی به روش‌های کلاسیک و زمین‌آماري انجام می‌گیرد. در این پژوهش از روش کلاسیک استفاده شده است. روش‌های مختلف محاسبه ذخیره به روش کلاسیک شامل روش‌های متوسط‌گیری ریاضی، قطعه‌های زمین‌شناسی، قطعه‌های معدنی، مقاطع افقی و قائم، مثلث، چهارضلعی، و خطوط تراز است. در این میان برای محاسبه میزان ذخیره کانسارهای کمابیش ساده و یکسان مانند پلاسرا روش متوسط‌گیری ریاضی متداول است. در این روش تمام مشخصات کانسار در کارهای اکتشافی موجود متوسط‌گیری ریاضی شده و به عنوان مشخصات کلی کانسار در تخمین ذخیره استفاده می‌شود. مشخصات و پارامترهای مهم کانسار برای محاسبه ذخیره عبارت از طول، عرض، ضخامت، وزن مخصوص، و عیار است.

بر پایه برداشت‌های انجام شده، متوسط طول (L) و عرض (W) پلاسرا انگوران‌چای به ترتیب ۱۲۰۰ و ۳۰۰ متر است. با توجه به اینکه چاهک‌های اکتشافی تا عمق ۵ متر حفر شده و اطلاعات اکتشافی تا عمق ۵ متری پلاسرا موجود است، عمق پلاسرا (T) برای تخمین ذخیره ۵ متر در نظر گرفته شده است (با وجود این، پیش‌بینی

می‌شود که ضخامت آبرفت‌های انگوران چای بیش از ۳۰ متر باشد). وزن مخصوص آبرفت (G) برای تخمین ذخیره ۲/۵ گرم بر سانتی‌متر مکعب در نظر گرفته شده است. عیار کانه طلا در این پلاسراز ۴۷ تا ۹۹۱ میلی‌گرم در تن تغییر می‌کند که متوسط آن ۲۷۴ میلی‌گرم در تن (۰/۲۷۴ گرم در تن) است. بنابراین، میزان ذخیره طلای آزاد در پلاسرا انگوران چای تا عمق ۵ متری ۱۲۳۳ کیلوگرم برآورد می‌شود.

$L*W*T*G = ۱۲۰۰ * ۳۰۰ * ۵ * ۲,۵ = ۴۵۰۰۰۰۰$	وزن آبرفت‌های طلا دار بر حسب تن
$(۴۵۰۰۰۰۰ * ۰,۲۷۴)/۱۰۰۰ = ۱۲۳۳$	وزن طلای آزاد بر حسب کیلوگرم

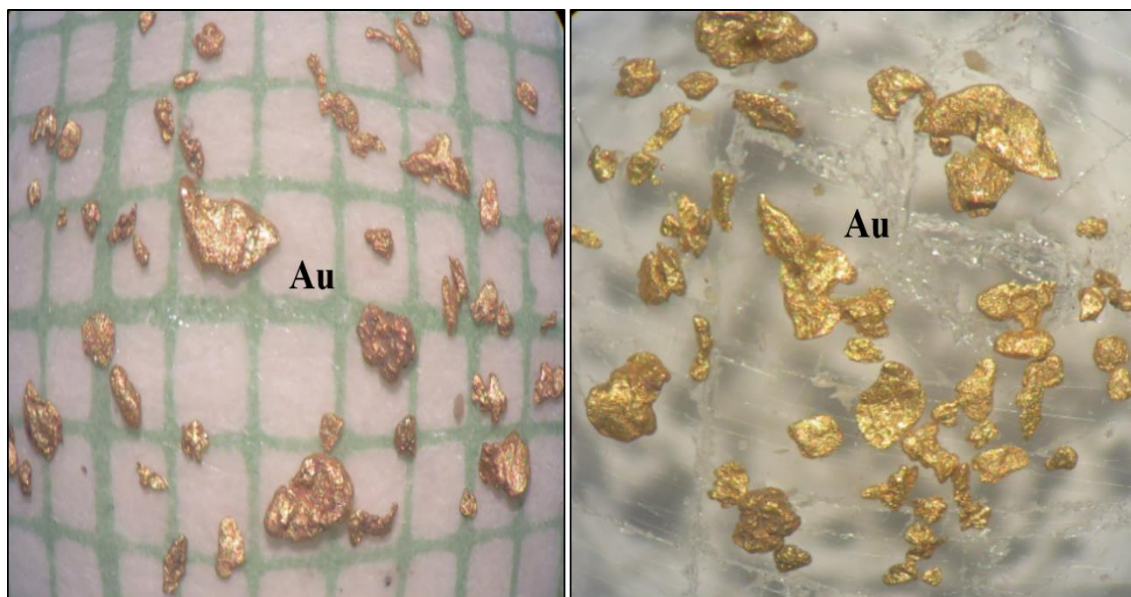
فصل ۷: شیمی کانه‌ی طلا

۱-۶- مقدمه

بررسی شیمی کانی‌ها همراه با ژئوشیمی و کانی‌شناسی سنگ‌ها و کانسنگ‌ها اهمیت ویژه‌ای در مطالعات پتروژنز آنها دارد، و با مطالعه شیمی کانی‌ها می‌توان به میانبارها، تغییرات ترکیب شیمیایی در ساختار کانی‌ها، ناخالصی‌ها، و نامگذاری کانی‌ها پی برد. مطالعه شیمی کانی‌ها در پلاسما انگوران چای یکی از ابزارهای مورد استفاده برای شناسایی کانه‌ی طلا و بررسی منشأ آنها می‌باشد. به منظور بررسی شیمی کانه‌ی طلا در پلاسما انگوران چای تعداد ۵ مقطع صیقلی از بخش تغلیظ یافته و کنسانتره نمونه‌های کانی سنگین محتوی ذرات طلای آزاد تهیه شده، و با استفاده از روش‌های میکروسکوپ الکترونی روبشی (Scanning Electron Microscope: SEM) و میکروپروب الکترونی (Electron Probe Microanalysis: EPMA) در آزمایشگاه کانی‌شناسی مرکز مطالعات فرآوری مواد معدنی ایران به صورت نقطه‌ای تجزیه شده است. در ادامه، به بررسی شیمی دانه‌های طلا در پلاسما انگوران چای پرداخته می‌شود.

۲-۶- آماده‌سازی نمونه‌های کانی سنگین برای جداسازی ذرات طلای آزاد

در محدوده پلاسما انگوران چای تعداد ۸۷ نمونه کانی سنگین از ۳۰ حلقه چاهک اکتشافی برداشت شده است. این نمونه‌ها بعد از مراحل مختلف شستشو (گل‌شویی و لاوک‌شویی) خشک شده، و برای جداسازی کامل بخش‌های سبک و سنگین از محلول سنگین عبور داده شده است. بخش سنگین و کنسانتره نمونه‌ها با استفاده از آهن‌رباهای ویژه جدایش مغناطیسی شده است. ذرات طلای آزاد از بخش غیرمغناطیسی کنسانتره‌ها در زیر میکروسکوپ بینوکولار جداسازی شده (شکل ۶-۳۰)، و تعداد ۵ مقطع صیقلی تهیه شده است. در این مقاطع تعداد ۲۸ ذره طلا برای مطالعه شیمی کانی انتخاب شده است.



شکل ۶-۳۰. ذرات طلای آزاد از پلاسما انکوران چای که پس از انجام مراحل مختلف آماده سازی از نمونه های آبرفتی جدا شده، و برای تهیه مقاطع صیقلی استفاده شده است.

۳-۶- تهیه مقاطع صیقلی از ذرات طلا

جهت مطالعه ذرات طلا با استفاده از روش های SEM و میکروپروب الکترونی، ابتداء ذرات طلای آزاد از نمونه های آبرفتی جدا می شود. ذرات طلای آزادی برای تهیه مقاطع صیقلی داخل قالب گذاشته شده، و با رزین ذرات طلا را می پوشانند، تا ذرات به هم بچسبند و سپس حدود ۲۴ ساعت در محیط قرار می دهند تا رزین سفت شود و سپس از قالب جدا می کنند و با سمباده های مختلف ساب می دهند تا سطح صیقلی شود و در نهایت با صیقل دادن مرتعش که این عمل مربوط به مراحل آخر تهیه مقطع صیقلی است، انجام می شود و مقطع تهیه شده جهت مطالعه مورد بررسی قرار می گیرد.

۴-۶- تعیین ابعاد و شکل ذرات طلا با استفاده از میکروسکوپ الکترونی

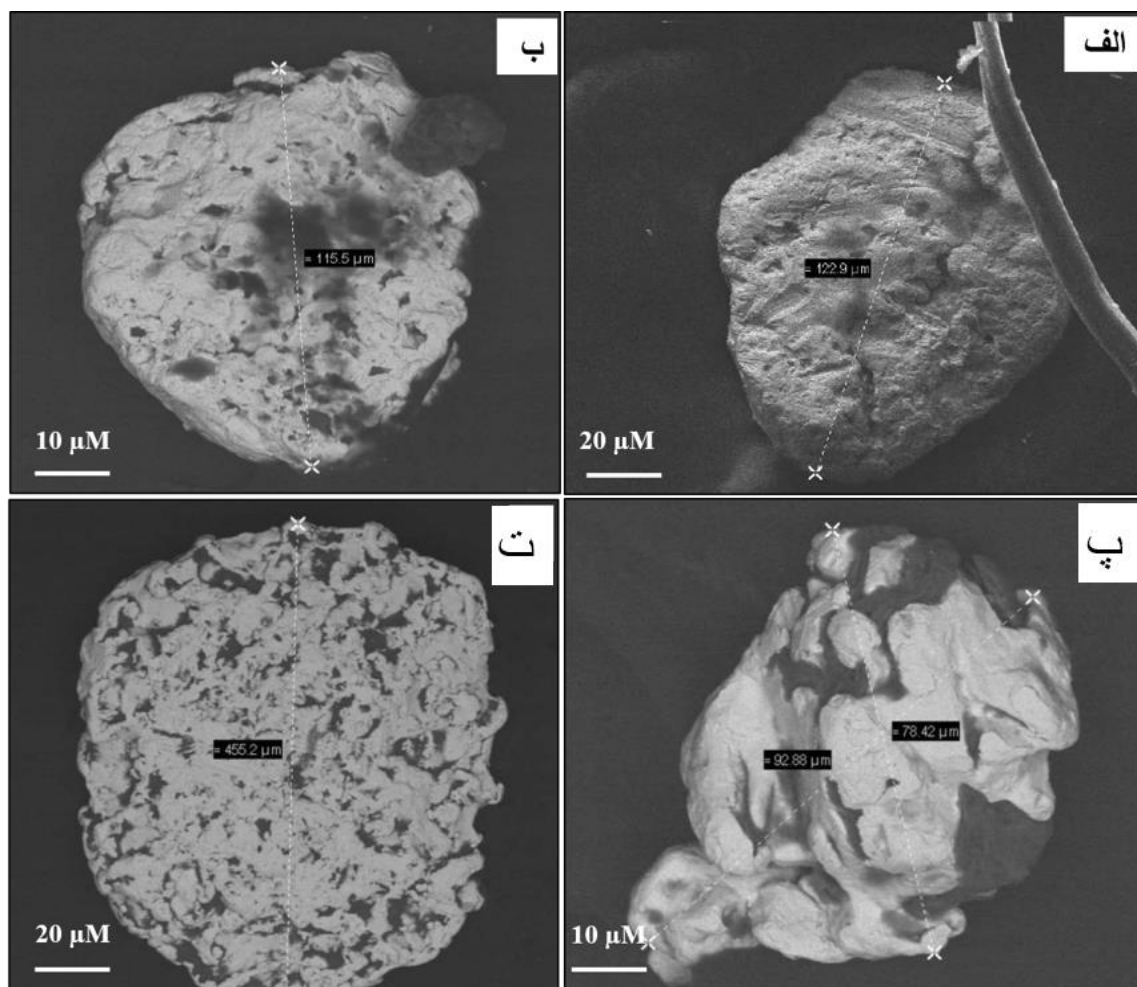
روبشی

همانگونه که در فصل (۵) گفته شده است، مطالعه ابعاد، شکل و گرد شدگی ذرات طلا در پلاسمای انگوران چای به دو صورت انجام شده است.

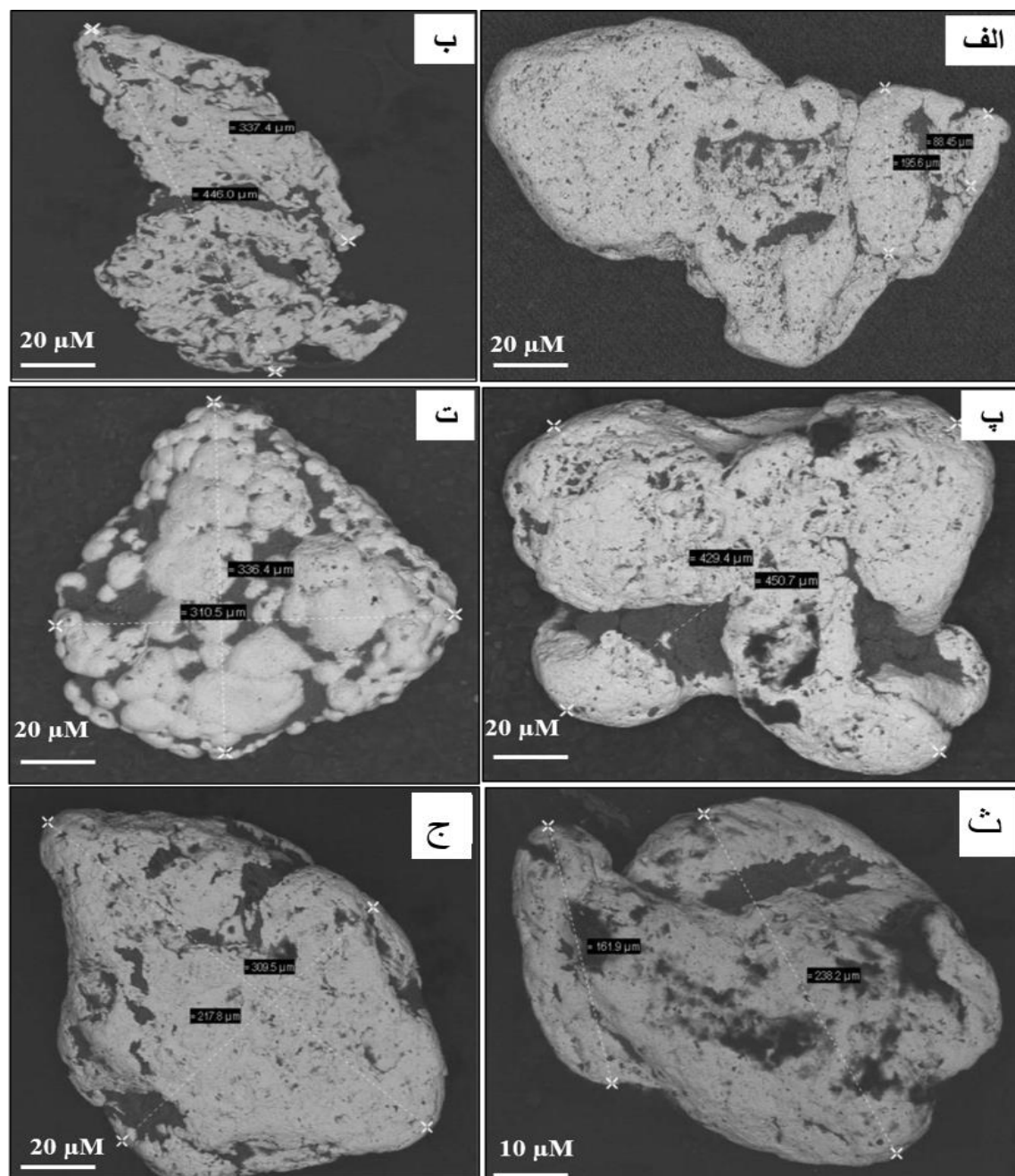
(۱) در روش اول ابعاد ذرات طلا با استفاده از میکروسکوپ بینوکولار و کاغذهای مدرج انجام شده است، که بر پایه‌ی مشاهدات میکروسکوپی تعداد ۲۶۰ ذره‌ی طلا، میانگین طول و عرض دانه‌ها در آبرفت‌های انگوران چای به ترتیب ۳۹۳ و ۲۳۹ میکرون است.

(۲) در روش دوم، تعداد ۱۸ ذره طلا با استفاده از میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) مطالعه شده است. بر اساس نتایج SEM، مقادیر کمینه و بیشینه طول ذرات طلا به ترتیب ۹۳ و ۸۹۰ میکرون، و مقادیر کمینه و بیشینه عرض ذرات طلا به ترتیب ۷۵ و ۴۳۰ میکرون است، که میانگین طول و عرض ذرات طلا به ترتیب ۳۳۱ و ۱۹۰ میکرون است.

نتایج مطالعات SEM نشان می‌دهد که ذرات طلا در پلاسمای انگوران چای از نظر شکل، میزان گرد شدگی، و اندازه متفاوت هستند. ذرات طلا به شکل‌های لامپی، اسفنجی، فیلم، صفحه‌ای، میله‌ای، و صفحه‌ای مشاهده می‌شود. از نظر میزان گرد شدگی، از نیمه‌زاویه‌دار، نیمه‌گرد شده، گرد شده تا بخوبی گرد شده متغیر هستند (شکل‌های ۳۱-۶ و ۳۲-۶).



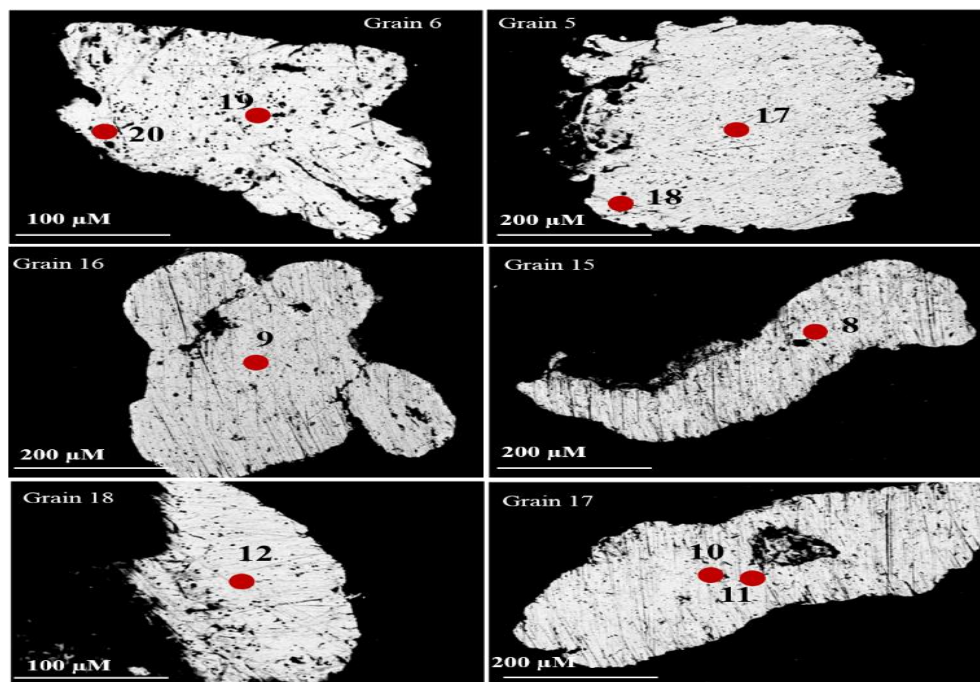
شکل ۶-۳۱. تصاویر SEM از انواع مختلف دانه‌های طلا در پلاسرا انگوران چای. الف) ذره طلا به شکل لامپی، نیمه‌گرد شده، و به طول ۱۲۳ میکرون، ب) ذره طلا به شکل اسفنجی، نیمه‌زاویه‌دار تا نیمه‌گرد شده، و به طول ۱۱۶ میکرون، پ) ذره طلا به شکل لامپی، نیمه‌گرد شده، و به طول ۹۳ میکرون، و ت) ذره طلا به شکل اسفنجی، نیمه‌زاویه‌دار، و به طول ۴۵۵ میکرون.



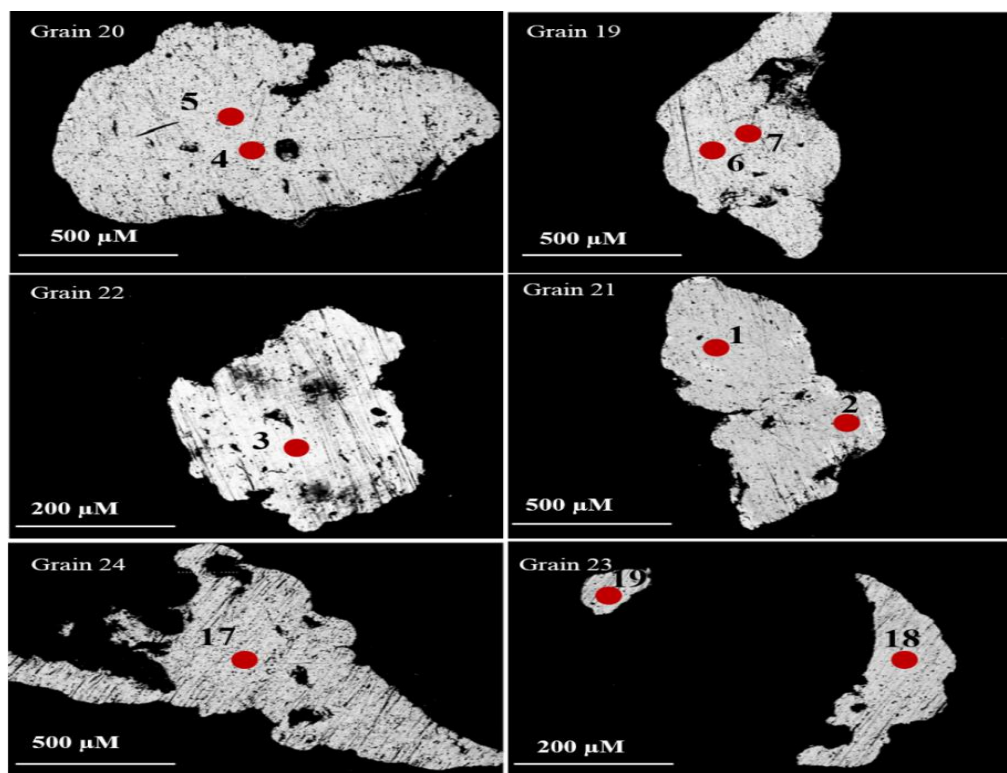
شکل ۶-۳۲. تصاویر SEM از انواع مختلف دانه‌های طلا در پلاسما انگوران چای. (الف) ذره طلا به شکل لامپی، گرد شده تا بخوبی گرد شده، و به عرض ۲۰۰ میکرون، (ب) ذره طلا به شکل لامپی، نیمه‌زاویه‌دار، و به طول ۴۴۶ میکرون، (پ) ذره طلا به شکل اسفنجی، گرد شده تا بخوبی گرد شده، و به طول ۴۵۰ میکرون، (ت) ذره طلا به شکل لامپی، نیمه‌گرد شده، و به طول ۳۶۶ میکرون، (ث) ذره طلا به شکل لامپی، گرد شده، و به طول ۲۳۸ میکرون، و (ج) ذره طلا به شکل لامپی، گرد شده تا بخوبی گرد شده، و به طول ۳۱۰ میکرون.

۵-۶- شیمی کانه‌ی طلا در پلاسرا انگوران چای

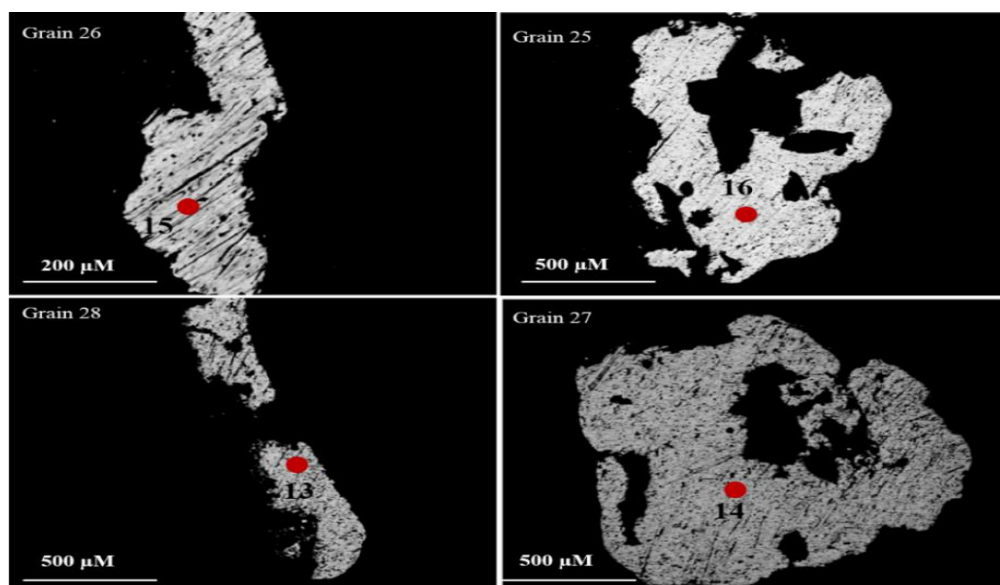
جهت مطالعه شیمی ذرات طلا در پلاسرا انگوران چای ۲۸ ذره در مقاطع صیقلی انتخاب شده است، و تعداد ۴۲ نقطه تجزیه شیمیایی روی این ذرات انجام شده است. این ذرات طلا با دستگاه میکروپروب الکترونی (EPMA) مدل Cameca SX۱۰۰ ساخت کشور فرانسه در بخش کانی‌شناسی آزمایشگاه مرکز تحقیقات مواد معدنی ایمنیدرو در کرج تجزیه شده است. این اندازه‌گیری‌ها تحت شرایط ولتاژ ۲۵ keV برای فلزات و ۱۵ keV برای سیلیکات‌ها و اکسیدها، جریان بیم ۲۰ nA و قطر بیم ۵ μ m انجام گرفته است، و مقدار حد حساسیت روش EPMA برای همه عناصر در این تحقیق ۱۰۰ گرم در تن بوده است. موقعیت نقاط میکروپروب الکترونی بر روی ذرات طلا در شکل‌های (۳۳-۶)، (۳۴-۶) و (۳۵-۶) نشان داده شده است. برای تعدادی از ذرات طلا تنها یک نقطه در هسته ذره، در حالیکه برای برخی دیگر حاشیه و هسته ذرات تجزیه شده است. در هر نقطه مقادیر غلظت عناصر Fe, S, Cu, Zn, As, Ag, Sb, Te, Au, Pb اندازه‌گیری شده است، که در این میان عناصر Au, Ag و Cu از نظر مطالعه شیمی ذرات طلا مهم هستند.



شکل ۶-۳۳. موقعیت نقاط میکروپروب الکترونی بر روی ذرات طلا از بخش تغلیظ یافته نمونه‌های آبرفتی انگوران چای.



شکل ۶-۳۴. موقعیت نقاط میکروپروب الکترونی بر روی ذرات طلا از بخش تغلیظ یافته نمونه‌های آبرفتی انگوران‌چای.



شکل ۶-۳۵. موقعیت نقاط میکروپروب الکترونی بر روی ذرات طلا از بخش تغلیظ یافته نمونه‌های آبرفتی انگوران‌چای.

نتایج تجزیه شیمیایی تعداد ۲۸ ذره طلا به روش EPMA در جدول (۶-۱۱) آورده شده است.

جدول ۶-۱۱. نتایج تجزیه نقطه‌ای برای ۲۸ ذره طلای در پلاسما انگوران چای با استفاده از روش میکروپروب الکترونی (غلظت عناصر بر حسب درصد وزنی).

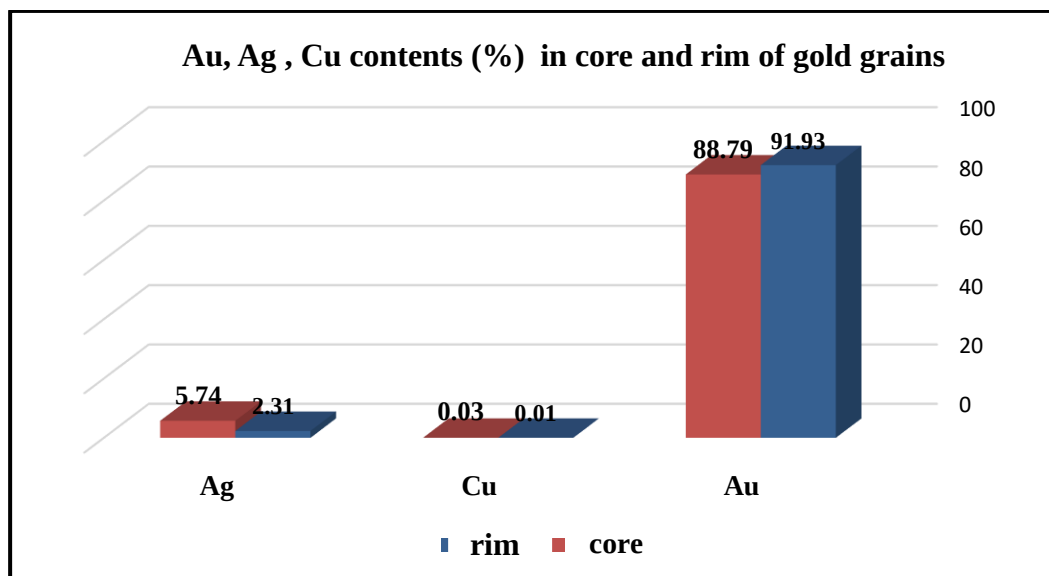
Grain No.	Point No.	Ag	As	Au	Cu	Fe	Pb	S	Sb	Te	Zn	Total	Fineness
۱	۲۱ rim	۰,۰۰	۰	۹۲,۱۰	۰	۰	۰	۰,۰۱	۰	۰	۰,۰۱	۹۲,۲۲	۹۹۹
۲	۲۲ rim	۰	۰	۸۹,۴۸	۰,۰۳	۰,۰۲	۰	۰,۰۴	۰,۰۳	۰,۰۴	۰	۸۹,۶۴	۱۰۰۰
۳	۲۳ core	۷,۹۲	۰	۸۰,۰۳	۰	۰,۰۳	۰	۰,۰۱	۰	۰	۰,۰۷	۹۳,۰۶	۹۱۰
۴	۲۴ core	۱,۰۴	۰	۹۱,۱۲	۰,۰۲	۰,۰۲	۰	۰	۰	۰	۰,۰۲	۹۲,۲۲	۹۸۹
۵	۱۷ core	۱۶,۳۹	۰	۸۴,۱۷	۰	۰,۰۱	۰,۰۲	۰,۰۰	۰,۰۲	۰,۰۰	۰,۰۲	۱۰۰,۷۳	۸۳۷
۵	۱۸ rim	۱۰,۸۸	۰	۸۴	۰	۰	۰	۰,۰۳	۰	۰,۰۱	۰	۹۹,۹۲	۸۴۱
۶	۱۹ core	۳,۰۰	۰,۰۱	۹۰,۴	۰,۰۴	۰	۰,۱	۰,۰۴	۰	۰	۰,۰۶	۹۸,۷	۹۶۹
۶	۲۰ rim	۲,۱۰	۰	۹۷,۲۳	۰	۰,۰۱	۰	۰,۰۳	۰	۰	۰	۹۹,۴۲	۹۷۸
۷	۲۰ rim	۰,۰۹	۰	۹۲,۸۷	۰,۰۴	۰,۰۲	۰	۰,۰۱	۰	۰	۰,۰۳	۹۳,۰۶	۹۹۹
۷	۲۶ rim	۰,۰۶	۰	۸۹,۲۴	۰	۰,۰۱	۰,۰۷	۰	۰	۰	۰	۸۹,۳۸	۹۹۹
۸	۲۷ rim	۰,۶۱	۰,۰۱	۹۰,۱	۰	۰,۱۲	۰,۰۴	۰,۱۴	۰,۱۸	۰	۰,۱۸	۹۱,۳۸	۹۹۳
۸	۲۸ core	۲,۰۲	۰	۹۲,۸۷	۰	۰,۰۱	۰	۰	۰	۰,۰۱	۰,۰۲	۹۰,۴۳	۹۷۴
۸	۲۹ rim	۱	۰	۹۲,۰	۰,۰۳	۰	۰	۰,۰۱	۰	۰,۰۱	۰,۰۱	۹۳,۰۶	۹۸۹
۸	۳۰ core	۲,۱۸	۰	۹۳,۳۲	۰,۰۰	۰,۰۶	۰	۰,۰۰	۰	۰	۰	۹۰,۶۶	۹۷۷
۹	۳۱ rim	۰	۰	۹۰,۹۶	۰	۰,۰۶	۰	۰,۰۲	۰	۰,۰۰	۰	۹۶,۰۹	۱۰۰۰
۹	۳۲ core	۰,۲۷	۰	۹۰,۶۳	۰,۰۲	۰,۱۷	۰	۰,۱	۰	۰,۰۱	۰	۹۶,۲	۹۹۷
۱۰	۳۳ core	۸,۱۹	۰	۹۱,۳۴	۰,۰۶	۰,۰۲	۰	۰,۰۳	۰	۰,۰۱	۰	۹۹,۶۰	۹۱۸
۱۱	۳۴ core	۱,۸۷	۰	۹۲,۷۹	۰,۰۹	۰	۰,۰۳	۰,۰۴	۰,۰۶	۰,۰۰	۰	۹۴,۹۳	۹۸۰
۱۲	۳۰ rim	۰,۲۶	۰	۹۳,۶۷	۰,۰۱	۰,۰۱	۰	۰,۰۴	۰	۰	۰	۹۳,۹۹	۹۹۷
۱۲	۳۶ core	۰,۳۰	۰	۹۴,۷۶	۰,۰۱	۰	۰	۰,۰۰	۰,۰۳	۰	۰	۹۰,۲	۹۹۶
۱۳	۳۷ rim	۰,۹۳	۰,۰۲	۹۳,۱۴	۰	۰	۰	۰,۰۱	۰	۰	۰,۰۲	۹۴,۱۲	۹۹۰
۱۳	۳۸ core	۳,۹۰	۰	۹۰,۰۸	۰,۰۰	۰	۰	۰,۱۱	۰	۰	۰	۹۴,۶۹	۹۰۸
۱۴	۳۹ rim	۰	۰,۲۱	۹۰,۷	۰	۰	۰,۰۲	۰	۰,۰۰	۰	۰,۰۳	۹۶,۰۱	۱۰۰۰
۱۵	۸ core	۳,۷۱	۰	۹۳,۸۷	۰,۱۷	۰	۰,۰۴	۰,۰۸	۰	۰	۰	۹۷,۸۷	۹۶۲
۱۶	۹ core	۱۷,۸۶	۰	۸۰,۹	۰,۰۸	۰	۰,۰۱	۰,۰۰	۰	۰	۰	۹۸,۹	۸۱۹
۱۷	۱۰ core	۶,۰۶	۰,۰۱	۸۲,۳۷	۰,۰۰	۰	۰,۰۱	۰,۰۴	۰	۰	۰,۰۸	۸۹,۱۲	۹۲۶
۱۷	۱۱ core	۷,۲۴	۰	۷۹,۹	۰,۰۷	۰,۰۱	۰	۰,۰۴	۰,۰۴	۰	۰	۸۷,۳	۹۱۷
۱۸	۱۲ core	۰,۶۳	۰	۹۳,۶۶	۰,۰۱	۰	۰,۰۹	۰,۰۰	۰	۰	۰	۹۴,۴۴	۹۹۳
۱۹	۶ core	۳,۴۰	۰	۸۹,۶۲	۰,۰۳	۰,۰۲	۰,۰۲	۰,۰۴	۰	۰	۰	۹۳,۱۸	۹۶۳
۱۹	۷ core	۳,۶۶	۰,۰۲	۹۴,۶۲	۰,۰۳	۰	۰	۰,۰۳	۰	۰	۰,۰۰	۹۸,۴۱	۹۶۳
۲۰	۴ core	۱۱,۶۰	۰,۱۲	۸۰,۳۳	۰,۰۱	۰,۰۳	۰	۰,۰۰	۰,۰۳	۰,۰۱	۰	۹۷,۲۳	۸۸۰
۲۰	۵ core	۱۰,۰۲	۰	۷۹,۱	۰,۰۲	۰,۳۷	۰	۰,۰۶	۰	۰,۰۴	۰	۹۰,۱۱	۸۸۳
۲۱	۱ core	۲۲,۴۳	۰	۷۰,۰۴	۰,۰۳	۰,۰۱	۰	۰,۰۷	۰	۰,۰۱	۰	۹۷,۰۹	۷۷۰
۲۱	۲ rim	۶,۶۹	۰	۸۸,۰۴	۰,۰۱	۰,۰۲	۰,۰۰	۰,۰۰	۰	۰	۰	۹۴,۸۶	۹۲۹
۲۲	۳ core	۰,۲۷	۰	۸۶,۰۸	۰,۰۳	۰,۰۱	۰,۰۷	۰,۱۳	۰	۰	۰	۸۶,۰۹	۹۹۷
۲۳	۱۸ core	۴,۴۳	۰	۹۳,۶۴	۰,۰۱	۰	۰	۰,۰۴	۰	۰	۰	۹۸,۱۲	۹۰۰
۲۳	۱۹ rim	۴,۷۱	۰	۹۲,۹۹	۰,۰۳	۰	۰,۰۳	۰,۰۲	۰	۰,۰۱	۰	۹۷,۷۹	۹۰۲
۲۴	۱۷ core	۱,۱۴	۰,۰۲	۹۷,۰۸	۰,۰۲	۰	۰	۰,۰۴	۰	۰	۰	۹۸,۸	۹۸۸
۲۵	۱۶ core	۱,۷۸	۰,۰۳	۸۰,۳۱	۰,۰۱	۰,۱	۰	۰,۰۳	۰,۰۰	۰,۰۱	۰,۰۳	۸۷,۳۰	۹۸۰
۲۶	۱۰ core	۱۲,۱۶	۰	۸۰,۲۳	۰,۰۷	۰,۰۲	۰,۰۰	۰,۰۰	۰	۰	۰	۹۷,۰۸	۸۷۰
۲۷	۱۴ core	۴,۸۲	۰,۰۶	۹۰,۴۶	۰,۰۲	۰	۰,۰۹	۰,۰۳	۰	۰	۰	۹۰,۴۸	۹۴۹
۲۸	۱۳ core	۰,۷۴	۰	۸۶,۰۱	۰,۰۰	۰,۰۱	۰	۰,۰۳	۰,۰۲	۰	۰	۸۷,۳۶	۹۹۲

بر پایه نتایج تجزیه میکروپروپ الکترونی، عناصر طلا، نقره و مس بخش عمده ترکیب ذرات طلای پلاسرا انگوران چای را تشکیل می‌دهد. مقادیر کمینه، متوسط و بیشینه طلا، نقره و مس برای بخش‌های حاشیه‌ای و هسته ذرات طلا در جدول (۶-۱۲) آورده شده است.

جدول ۶-۱۲. مقادیر کمینه، متوسط و بیشینه عناصر طلا، نقره و مس (درصد وزنی) در حاشیه و مرکز ذرات طلا مطالعه شده در پلاسرا انگوران چای.

Element	Part	Grain	Average	Minimum	Maximum
Au	rim	۲۸	۹۱,۹۳	۸۴	۹۷,۲۳
Ag	rim	۲۸	۲,۳۱	۰,۰۵	۰,۲۶
Cu	rim	۲۸	۰,۰۱	۰,۰۱	۰,۰۴
Au	core	۲۸	۸۸,۷۹	۷۵,۰۴	۹۷,۵۸
Ag	core	۲۸	۵,۷۴	۰,۲۷	۲۲,۴۳
Cu	core	۲۸	۰,۰۳	۰,۰۱	۰,۱۷

داده‌های ژئوشیمیایی نشان می‌دهد مقادیر غلظت این عناصر در نقاط حاشیه و هسته ذرات طلا متغیر می‌باشد و مقدار عنصر طلا در حاشیه ذرات بیشتر از هسته آنها است در حالی که نقره رفتار عکس نشان می‌دهد (نمودار ۶-۱۵).



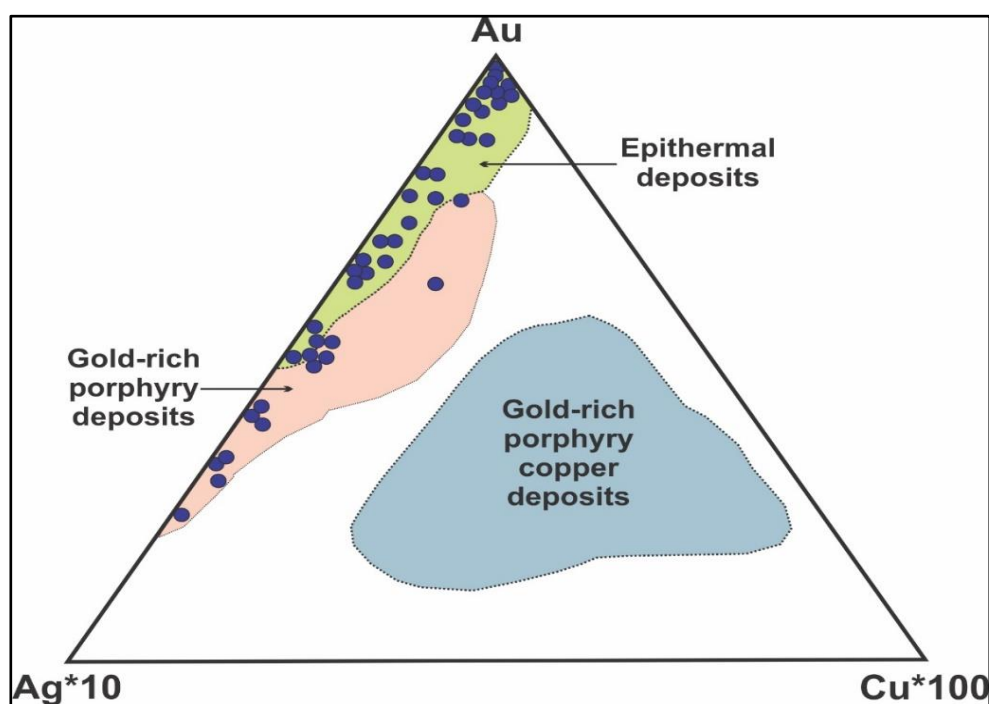
نمودار ۶-۱۵. نمودار ستونی توزیع طلا، نقره و مس (%) در مرکز و حاشیه ذرات طلای پلاسرا انگوران چای

وقتی دانه‌های طلا وارد محیط آبرفتی می‌شوند از قسمت‌های حاشیه دچار هوازدگی و فرسایش شده و گرد شدگی ایجاد می‌شود، و ترکیب شیمیایی ذرات از قسمت حاشیه دچار تغییر می‌شود. از آنجایی که قابلیت انحلال نقره بیشتر از طلا است، در طول فرآیند هوازدگی و فرسایش نقره از حاشیه‌ی ذرات شسته شده و از مقدار آن کاسته می‌شود، از اینرو مقدار طلا در حاشیه ذرات بیشتر از هسته آنها می‌باشد و نقره رفتار برعکس از خود نشان می‌دهد (Townley et al., ۲۰۰۳; Nakagawa et al., ۲۰۰۵).

۶-۶- مطالعه درجه خلوص ذرات طلا

بر اساس مقادیر غلظت عناصر طلا و نقره در ترکیب شیمیایی ذرات طلا، میزان درجه خلوص ذرات (Fineness) طبق فرمول $(Au/(Au+Ag)*1000)$ محاسبه می‌شود (Townley et al., ۲۰۰۳). میزان خلوص ذرات طلا در پلاسرها، فاصله‌ی حمل و نقل ذرات را از کانسنگ‌های منشاء نشان می‌دهد. مقادیر پایین درجه خلوص دلالت بر این دارد که ذرات طلا از سنگ منشاء خود فاصله زیادی نگرفته‌اند (Townley et al., ۲۰۰۳; Nakagawa et al., ۲۰۰۵). مقدار این شاخص برای ذرات طلای در پلاسرا انگوران چای بر پایه داده‌های جدول (۶-۱۱) محاسبه شده است که از ۹۰۰ تا ۱۰۰۰ تغییر می‌کنند و بیانگر خلوص بالای ذرات طلای محدوده پلاسرا انگوران چای می‌باشد. مقدار این شاخص نشان می‌دهد که ذرات طلا در آبرفت‌های انگوران چای نسبت به سنگ منشا خود فاصله زیادی گرفته‌اند و فاصله حمل ذرات طلا بیش از ۱ کیلومتر متر تا چندین کیلومتر بوده است. با توجه به اینکه ترکیب شیمیایی ذرات طلا در تیپ‌های مختلف کانسارهای طلا متفاوت است، از اینرو با استفاده از شیمی ذرات طلا تا حدود زیادی می‌توان تیپ کانه‌زای‌های طلایی که در حوضه بالادست آبرفت‌های طلا دار رخمون داشته و یا در حال حاضر رخمون دارند، تعیین نمود. در این پژوهش، ترکیب شیمیایی ذرات طلای پلاسرا انگوران چای با ترکیب طلاهایی که از کانسارهای مختلف منشاء می‌گیرند، مقایسه شده است

(Palacios et al., ۲۰۰۱; Townley et al., ۲۰۰۳)، که شیمی ذرات طلای انگوران چای در محدوده‌ی کانسارهای اپی‌ترمال و پورفیری‌های غنی از طلا قرار گرفته‌اند (شکل ۶-۳۶).



شکل ۶-۳۶. نمودار سه‌گانه $Au-(Ag \times 10)-(Cu \times 100)$ ، نمونه‌های طلای منطقه پلاسرا انگوران چای اغلب در محدوده کانسارهای طلای تیپ اپی‌ترمال و تا حدودی پورفیری‌های غنی از طلا قرار می‌گیرد (Palacios et al., ۲۰۰۱; Townley et al., ۲۰۰۳).

علاوه بر این، ترکیب شیمیایی ذرات طلای پلاسرا انگوران چای با ترکیب ذرات طلا از کانسارهای طلای اپی‌ترمال، کانسارهای مس پورفیری، مس-طلای پورفیری، و کانسارهای طلای تیپ کوهزایی مقایسه شده است (جدول ۶-۱۳)، که در این میان شیمی ذرات طلای انگوران چای بیشترین شباهت را با کانسارهای طلای تیپ اپی‌ترمال و تا حدودی با کانسارهای طلای تیپ کوهزایی دارند. نتایجی که از مطالعه شیمی کانه طلا در

پلاسر انگوران چای بدست آمده است، وجود سامانه‌های کانه‌زایی طلای اپی‌ترمال در ناحیه تکاب- ماه‌نشان و نواحی همجوار را تایید می‌نماید.

جدول ۶-۱۳. مقایسه‌ی ترکیب شیمیایی ذرات طلای پلاسر انگوران چای با ترکیب ذرات طلا از کانسارهای طلای اپی‌ترمال و پورفیری (Townley et al., ۲۰۰۳) و کانسارهای طلای تیپ کوهزایی از ناحیه اورال جنوبی (Zaykov et al., ۲۰۱۷).

کانسار	طلای اپی‌ترمال	مس پورفیری	مس-طلای پورفیری	طلای تیپ کوهزایی (Kochkar placer zone)	طلای پلاسر انگوران چای
Cu (%)	مقدار مس پایین (معمولا کمتر از ۰/۱ درصد)	۰/۱ تا ۰/۲	۰/۸ تا ۰/۳	۰/۳ تا ۰/۱ (۰/۱۴)	۰/۱ تا ۰/۱۷ (۰/۰۴)
Ag (%)	مقدار نقره بالا (بیشتر از ۵ درصد)	مقدار نقره بالا (بیشتر از ۵ درصد)	مقدار نقره پایین (کمتر از ۵ درصد)	۰/۱ تا ۱۰/۳ (۳/۸۸)	۰/۰۵ تا ۲۲/۴۳ (۴/۹۵)
Au (%)	مقدار طلا بالا (بیشتر از ۷۰ درصد)	۱/۵ تا ۸	۱ تا ۶	۸۸/۵ تا ۹۹/۲ (۹۴/۶۸)	۷۵/۰۴ تا ۹۷/۵۸

کانسار طلای پلاسر انگوران چای از نظر زمین‌ساختی در پهنه‌ی سنج- سیرجان شمالی و در منطقه فلزایی تکاب- ماه‌نشان واقع است. منطقه‌ی تکاب- ماه‌نشان از مناطق مستعد معدنی کشور است و میزبان معادن، کانسارها، و اثرات معدنی زیادی از انواع عناصر و به ویژه طلا، سرب، روی، آهن، آرسنیک، و ... است. از کانه‌زایی‌های مهم طلا در منطقه تکاب- ماه‌نشان می‌توان به کانسارهای طلا- آرسنیک اپی‌ترمال با سنگ میزبان رسوبی زرشوران (Mehrabi et al., ۱۹۹۹, Asadi, ۲۰۰۰; Daliran et al., ۲۰۰۲)، طلای اپی‌ترمال با سنگ میزبان کربناتی آق‌دره (Daliran, ۲۰۰۸)، طلا- (مس) اپی‌ترمال پرسولفید توزلار (Heidari et al., ۲۰۱۵)، چندفلزی بایچه‌باغ (قربانی، ۱۳۸۷)، طلای اپی‌ترمال با سنگ میزبان رسوبی عربشاه در جنوب خاور تکاب (حیدری و همکاران، ۱۳۹۶)، روی- سرب انگوران (Boni et al., ۲۰۰۷)، و اثرات بی‌شماری از کانه‌زایی‌های طلا و عناصر همراه (از قبیل اثرات معدنی چندفلزی چیچکلو در حوالی تکاب، پشتوک در حوالی ماه‌نشان، گوزل بلاغ در حوالی شاهین‌دژ، و ...)

اشاره نمود که به صورت آنومالی‌های ژئوشیمیایی در چارچوب اکتشافات چکشی و ژئوشیمیایی سیستماتیک در چهارگوشه‌های ۱/۱۰۰۰۰۰ زمین‌شناسی ماه‌نشان، تکاب، تخت سلیمان، و قجور ثبت شده است.

این مستندات فرضیه منشاء ذرات طلای پلاسرا انگوران‌چای از کانسارهای طلای اپی‌ترمال را تایید می‌کند. علاوه بر این، در مطالعه شیمی ذرات طلای انگوران‌چای عنوان شده است که برخی ذرات طلا تا حدودی ویژگی‌های شیمیایی ذرات طلا از منشاء کانسارهای طلای تیپ کوهزایی را دارند. این نتیجه‌گیری نیز دور از واقعیت نیست، برای اینکه پهنه‌ی سنندج-سیرجان شمالی در جنوب استان آذربایجان غربی (مناطق سردشت و پیرانشهر) و شمال استان کردستان (مناطق سقز، مریوان، آلتو، و ...) با کانه‌زایی طلای تیپ کوهزایی همراه است (قربانی، ۱۳۸۷). با وجود این، با توجه به نزدیکی پلاسرا انگوران‌چای به کانسارهای طلا تیپ اپی‌ترمال، خاستگاه اپی‌ترمالی ذرات طلا برای پلاسرا انگوران‌چای بیشتر مورد قبول است و شیمی ذرات طلا نیز این موضوع را تایید می‌کند.

فصل ۷: بحث، نتیجه گیری و پیشنهادها

۱-۷- بحث

زمین‌شناسی منطقه به‌عنوان عامل اولیه و شرط لازم برای تشکیل کانسارهای پلاسری است. خصوصیات فیزیوگرافی حوضه مورد مطالعه برای فرسودن سنگ مادر کانی‌های سنگین با ارزش، حمل و رسوبگذاری آنها به‌صورت کانسار پلاسری بسیار مثبت و مناسب محسوب می‌شود. ژئومورفولوژی منطقه شامل عوارض و اشکال مختلف سطح زمین در تمرکز کانی‌های سنگین و تشکیل نهشته‌های پلاسری مؤثرند. با توجه به توزیع و پراکندگی خاص عناصر فلزی (بویژه طلا، نقره، مس، سرب، روی و غیره) و سایر مواد معدنی در طبیعت، اکتشافگران همیشه به‌دنبال روش‌هایی بودند که بتوانند با هزینه کمتر و سرعت بیشتر، محدوده‌های دارای این عناصر را پیدا کنند. بررسی‌های ژئوشیمیایی ناحیه‌ای از تکنیک‌های کارآمد در شناسایی و پی‌جویی مواد معدنی است، و ژئوشیمی رسوبات آبراهه‌ای یک ابزار اکتشافی سودمند در این کاوش‌ها می‌باشد (Cohen, ۱۹۹۹). Cannon et al., ۲۰۰۴). روش‌های اکتشافات ژئوشیمیایی رسوب آبراهه‌ای و کانی سنگین روش‌هایی مناسب، ارزان و مکمل یکدیگر در اکتشاف ذخایر معدنی می‌باشند. انطباق زون‌های تمرکز یافته از کانی‌های سنگین با ناهنجاری‌های عنصری در رسوبات آبرفتی تأییدی بر وجود کانسارهای پلاسری و حضور کانی‌سازی در سنگ‌های در برگیرنده حوضه آبریز می‌باشند. رسوبات آبراهه‌ای در واقع یک نمونه ترکیبی از مواد فرسایش یافته از سنگ‌های بالادست حوضه آبریز است. بنابراین وجود ناهنجاری در این رسوبات از وجود یک منبع پرعیار در بالادست آن حکایت می‌کند. در مطالعه پلاسرا انگوران‌چای، از روش‌های ژئوشیمی سیلت آبرفتی و کانی‌های سنگین بهره گرفته شده است، و این بررسی‌ها به نتایجی منجر شده است که در ادامه مورد بحث قرار می‌گیرند.

۱-۷-۱- وابستگی عیار به اندازه ذرات رسوب

در کانسارهای پلاسری مهم است که کانی‌های با ارزش در چه دامنه‌ای از اندازه ذرات رسوب تمرکز دارند. برای تعیین جزء مش بهینه ذرات رسوبی که کانه‌ها در آن تمرکز دارند، مطالعه بر روی دانه‌های آزاد انجام می‌گیرد، و جزء مشهای مختلف رسوبات آبرفتی برای بررسی احتمال وابستگی غلظت برخی از عناصر به اندازه دانه‌ها

مورد مطالعه قرار می‌گیرد (مطالعات ژئوشیمی توجیهی). بررسی و تحلیل نتایج مطالعات ژئوشیمیایی توجیهی در پلاسرا انگوران چای نشان می‌دهد که در هر سه ایستگاه نمونه‌برداری، توزیع ژئوشیمیایی و مقدار غلظت طلا در جزء مش‌های ۸۰ تا ۱۲۰ و کوچک‌تر از ۱۲۰ مش بیشتر از جزء مش‌های ۱۰ تا ۴۰ و ۴۰ تا ۸۰ مش می‌باشد. بنابراین، جزء مش بهینه برای رسوبات پلاسرا انگوران چای، جزء مش کمتر از ۸۰ مش انتخاب شد. نتایج تجزیه‌های ژئوشیمیایی نمونه‌های سیلت آبرفتی نیز نشان داد که عیار طلا در جزء مش زیر ۸۰ مش بیشتر از سایر جزء مش‌ها بوده است و در انطباق کامل با نتایج مطالعات کانی‌های سنگین می‌باشد.

۲-۱-۷- ارزیابی پتانسیل معدنی پلاسرا انگوران چای بر اساس داده‌های ژئوشیمی سیلت آبرفتی

در این مطالعه تعداد ۵۰ نمونه سیلت آبرفتی با جزء ۸۰- مش از چاهک‌های اکتشافی پلاسرا انگوران چای برداشت شده است. نمونه‌ها برای طلا و تجزیه چندعنصری آنالیز شدند. مقایسه میانگین عناصر با میانگین مقادیر پوسته‌ای، تنها عنصری که در محدوده پلاسرا انگوران چای عیار بالا نشان می‌دهد و می‌تواند با ارزش باشد عنصر طلا می‌باشد. متوسط مقدار غلظت طلا در جزء مش کوچکتر از ۸۰ مش رسوبات آبرفتی پلاسرا انگوران چای ۱۹۰ میلی‌گرم در تن است که نسبت به فراوانی پوسته‌ای آن (در حدود ۳ میلی‌گرم در تن) ۶۵ مرتبه غنی‌شدگی دارد. لازم به ذکر که عیار طلا در برخی از نمونه‌های سیلت آبرفتی به مقدار بیشیه ۳۰۰۰ میلی‌گرم در تن نیز می‌رسد. میانگین عیار عناصر مهم در پلاسرا انگوران چای با میانگین پوسته‌ای عناصر در جدول (۷-۱۴) آورده شده است.

جدول ۷-۱۴. مقایسه میانگین عناصر در پلاسرا انگوران چای با فراوانی پوسته‌ای آنها (طلا بر حسب میلی گرم در تن و بقیه عناصر گرم در تن).

عناصر انگوران چای								
Au	Co	Cr	Cu	Mn	Ni	Sr	Zn	Ba
۱۹۰	۱۵	۱۲۲	۲۹	۹۵۶	۴۳	۳۲۷	۱۴۹	۶۵۳
Be	Ti	Fe	Ag	As	Mo	Pb	Sn	W
۱,۳۸	۵۱۷۶	۴۴۸۰۴	۰,۲۱	۴۵	۱,۹۳	۱۱۰	۱,۹	۸,۵
فراوانی پوسته‌ای								
Au	Co	Cr	Cu	Mn	Ni	Sr	Zn	Ba
۳	۲۵	۱۰۲	۶۰	۹۵۰	۸۴	۳۷۰	۷۰	۴۲۵
Be	Ti	Fe	Ag	As	Mo	Pb	Sn	W
۲,۱	۵۶۰۰	۵۶۰۰۰	۰,۰۰۷۵	۱,۸	۱,۲	۱۴	۲,۱	۱,۲۵

۳-۱-۷- ارزیابی پتانسیل معدنی پلاسرا انگوران چای بر اساس داده‌های کانی‌های سنگین

بر پایه مطالعات کانی‌شناسی، کانی‌های سنگینی که در پلاسرا انگوران چای مشاهده می‌شود شامل منیتیت، هماتیت، گوتیت، لیمونیت، پروکسن، آمفیبول، اپیدوت، گارنت، کلریت، بیوتیت، پیریت لیمونیتی شده، پیریت هماتیتی شده، اولیژیت، ایلمنیت، مارتیت، اسپینل، آپاتیت، زیرکن، روتیل، آناتاس، اسفن، لوکوسن، باریت، پیریت، کلسیت، نیگرین (روتیل سیاه)، گروه سرب و روی، طلا، سافیر (کروندوم)، سینابر، فلوریت، گروه مس، نقره، ری‌آلگار، اورپیمنت، و استینیت می‌باشد. طلا مهم‌ترین کانه معدنی در پلاسرا انگوران چای است و عیار آن از کمینه ۴۷ میلی گرم در تن تا بیشینه ۹۹۱ میلی گرم در تن متغیر است و میانگین آن ۲۷۴ میلی گرم در تن است. امروزه، استخراج پلاسراهای طلا دار بزرگ با عیار ۵۰۰-۳۰۰ میلی گرم بر تن مقرون به صرفه است (e.g., Orris and Bliss, ۱۹۸۵; Foli et al., ۲۰۲۰). بنابراین پلاسرا انگوران چای جزء پلاسراهای کم عیار شناخته می‌شود.

۴-۱-۷- ابعاد ذرات طلا

مطالعه ابعاد ذرات در پلاسرها خیلی مهم می‌باشد، به دلیل اینکه مطالعات فرآوری و کانه‌آرایی با استفاده از روش‌های ثقلی صورت می‌گیرد این مهم است که ذرات طلا پلاسرا انگوران‌چای در چه دامنه‌ای قرار می‌گیرند. بر پایه‌ی نتایج مشاهدات میکروسکوپی، میانگین طول و عرض ذرات طلا در آبرفت‌های انگوران‌چای به ترتیب ۳۹۳ و ۲۳۹ میکرون است. بر اساس نتایج SEM، میانگین طول و عرض ذرات طلا به ترتیب ۳۳۱ و ۱۹۰ میکرون است، که این اطلاعات در مطالعات کانه‌آرایی طلا بسیار حیاتی و کاربردی هستند. با توجه به اینکه در عیارسنجی طلا با استفاده از تکنیک کانی‌های سنگین، ذرات بالای ۶۰ میکرون بررسی می‌شود، و از طرفی در پلاسرا انگوران‌چای در بخش ریزدانه (بخش سیلتی) عیار طلا به مقدار بیشینه ۳۰۰۰ میلی‌گرم در تن نیز می‌رسد، از اینرو پیشنهاد می‌شود که در تخمین ذخیره طلا به این موضوع توجه ویژه‌ای شود، و مقدار طلای موجود در بخش کوچکتر از ۶۰ میکرون آبرفت در ارزیابی‌های معدنی ملاحظه شود.

۵-۱-۷- شکل و میزان گردش‌دگی ذرات طلا

تحولات ریخت‌شناسی دانه‌های طلا عملکرد مسافت و محیط حمل و نقل می‌باشند (Averill & Zimmerman ۱۹۸۶, DiLabio, ۱۹۹۱) و اطلاعاتی را در مورد مسافت طی‌شده از سنگ منشاء و مکانیزم حمل و نقل و محیط رسوب‌شناسی ارائه می‌دهند. ذرات طلا در ذخایر پلاسری اغلب به شکل‌های لامپی (Lumpy)، صفحه‌ای فیبری (Fibrous lamellar)، اسفنجی (Spongy)، پلیتی (Platy)، فیلم (Films)، و میله‌ای (Bar) مشاهده می‌شوند. دانه‌های طلا از نظر کرویت (Sphericity) نیز به صورت‌های دیسکوئیدال (Discoidal)، نیمه‌دیسکوئیدال (Sub-Discoidal)، کروی (Spherical)، نیمه‌منشوری (Sub-Prismoidal)، و منشوری (Prismoidal) در ذخایر پلاسری دیده می‌شوند. در پلاسرا انگوران‌چای تعداد ۲۶۰ ذره طلا در بخش کنسانتره نمونه‌های آبرفتی از چاهک‌های اکتشافی به لحاظ ریخت‌شناسی (Shape)، ابعاد (طول، عرض، و ضخامت)، گرد شدگی (Roundness) و کرویت با استفاده از میکروسکوپ بینوکولار مورد

بررسی قرار گرفت شکل ذرات طلا در ۲۶۰ ذره از آبرفت‌های انگوران چای به ترتیب فراوانی دارای اشکال لامپی (۱۹۰ ذره)، پلیتی (۵۰ ذره)، میله‌ای (۱۰ ذره)، صفحه‌ای فیبری (۵ ذره)، و فیلمی (۵ ذره) می‌باشد. هر یک از این اشکال می‌تواند از یک کانسنگ خاص منشاء گرفته باشد. تنوع شکل ذرات نشان می‌دهد، ممکن است که سنگ منشاءهای بالا دست متفاوتی در تشکیل این پلاسرها نقش داشته‌اند. بر اساس همیافتی کانی‌های سنگین، جنس سنگ‌هایی که در مناطق بالادست وجود دارند، تا حدود زیادی قابل تشخیص است. از تعداد ۲۶۰ ذره‌ی طلا که از نظر میزان گردش‌دگی مورد بررسی قرار گرفت تعداد ۱۵۶ ذره (۶۰ درصد ذرات) از نوع گرد شده، تعداد ۶۵ ذره (۲۵ درصد ذرات) از نوع نیمه‌گرد شده، تعداد ۲۶ ذره (۱۰ درصد ذرات) از نوع نیمه‌زاویه‌دار و تعداد ۱۳ ذره (۵ درصد ذرات) از نوع خوب گرد شده هستند. این نتایج نشان می‌دهد که کانسنگ‌های منشاء طلا در فواصل متفاوت از پلاسرها انگوران چای قرار دارند و دلیلی بر چند منشایی بودن طلا در این پلاسرهاست.

۶-۱-۷- تعیین لیتولوژی سنگ‌های بالا دست بر اساس پارائز کانیایی

سازندهایی که در محدوده پلاسرها انگوران چای مشاهده می‌شود مجموعه‌های سنگی پرکامبرین پسین که بخش وسیعی از حوضه آبریز رود انگوران چای را تشکیل می‌دهند و شامل واحدهای دگرگونی با سنگ‌شناسی گنایس، آمفیبولیت، میکاشیست، مرمر و توده‌ی گرانیته‌ی دوران می‌باشند. در حوضه آبریز انگوران چای، زمان الیگوسن شامل سازند قرمز پایینی با ترکیب سنگی کنگلومرا و ماسه‌سنگ ضخیم لایه به رنگ قرمز تا قهوه‌ای است. در منطقه مورد مطالعه توالی رسوبی- آذرآواری الیگو- میوسن سازند قم را شامل می‌شود که از سنگ‌آهک و مارن، مارن ماسه‌ای، آهک کنگلومرائی و توف ترکیب یافته است. بر روی واحدهای سازند قم به ترتیب واحد توف ریولیتی، سنگ آهک و واحد گدازه آندزیتی و ریولیتی قرار گرفته است. با توجه به نوع کانی‌های سنگین (از قبیل منیتیت، ایلمنیت، پیروکسن، آمفیبول، اپیدوت، کلریت، گارنت، آپاتیت، زیرکن، اسفن، بیوتیت، و ...) در

منطقه مورد مطالعه، می‌توان نتیجه گرفت که این کانی‌ها از این واحدهای سنگی بالا دست حوضه آبریز انگوران‌چای منشاء گرفته‌اند و مجموعه کانیایی پلاسز انگوران‌چای را تشکیل داده‌اند.

۷-۱-۷- شیمی کانه‌ی طلا

مطالعه شیمی دانه‌های طلا با روش میکروپروپ الکترونی نشان می‌دهد که عناصر طلا، نقره و مس بخش عمده ترکیب ذرات طلای پلاسز انگوران‌چای را تشکیل می‌دهد. مقدار متوسط طلا در حاشیه و هسته ذرات طلا به ترتیب ۹۱/۹۳ و ۸۸/۷۹ درصد، مقدار متوسط نقره در حاشیه و هسته ذرات طلا به ترتیب ۲/۳۱ و ۵/۷۴ درصد، و مقدار متوسط مس در حاشیه و هسته ذرات طلا به ترتیب ۰/۰۱ و ۰/۰۳ درصد است. شیمی کانه طلا نشان می‌دهد مقادیر غلظت این عناصر در نقاط حاشیه و هسته ذرات طلا متغیر می‌باشد. وقتی دانه‌های طلا وارد محیط آبرفتی می‌شوند از قسمت‌های حاشیه دچار هوازدگی و فرسایش شده و ترکیب شیمیایی آنها از قسمت‌های حاشیه‌ای دچار تغییر می‌شود. از آنجایی که قابلیت انحلال نقره بیشتر از طلا است، در طول فرآیند هوازدگی و فرسایش نقره از حاشیه‌ی ذرات شسته شده و از مقدار آن کاسته می‌شود.

از اینرو مقدار طلا در حاشیه ذرات بیشتر از هسته آنها می‌باشد (Nakagawa et al., ۲۰۰۵). مقایسه ترکیب شیمیایی ذرات طلای پلاسز انگوران‌چای با ترکیب ذرات طلا از تیپ‌های مختلف کانسارهای طلا، مشابهت آنها را با کانسارهای اپی‌ترمال نشان می‌دهد. به عبارتی، ذرات طلا در پلاسز انگوران‌چای بیشتر از کانسنگ‌های طلای تیپ اپی‌ترمال منشاء گرفته‌اند.

وجود کانه‌زایی‌های مهم طلا در منطقه تکاب- ماه‌نشان از قبیل کانسارهای طلا- آرسنیک اپی‌ترمال با سنگ میزبان رسوبی زرشوران (Daliran et al., ۲۰۰۲; Asadi, ۲۰۰۰; Mehrabi et al., ۱۹۹۹)، طلای اپی‌ترمال با سنگ میزبان کربناتی آق‌دره (Daliran, ۲۰۰۸)، طلا- (مس) اپی‌ترمال پرسولفید توزلار (Heidari et al., ۲۰۱۵)، طلای اپی‌ترمال عربشاه (حیدری و همکاران، ۱۳۹۶)، چندفلزی بایچه‌باغ (قربانی، ۱۳۸۷)، روی- سرب انگوران (Boni et al., ۲۰۰۷) و اثرات بی‌شماری از کانه‌زایی‌های طلا و عناصر همراه که به صورت آنومالی‌های

ژئوشیمیایی در چارچوب اکتشافات چکشی و ژئوشیمیایی سیستماتیک در چهارگوشه‌های ۱/۱۰۰۰۰۰ زمین‌شناسی ماه‌نشان، تکاب، تخت سلیمان، قجور، و شاهین‌دژ ثبت شده است، تأییدی بر این مدعاست.

۲-۷- نتیجه‌گیری

بر اساس مشاهدات صحرایی، اکتشافات ژئوشیمیایی و مطالعات کانی‌های سنگین در آبرفت‌های انگوران-چای نتایج زیر حاصل شده است :

- واحدهای سنگی بالادست پلاسرا انگوران‌چای شامل مجموعه‌های سنگی پرکامبرین پسین با سنگ‌شناسی گنیس، آمفیبولیت، میکاشیست، مرمر و توده‌ی گرانیتی، سازند قرمز پایینی به سن الیگوسن با ترکیب کنگلومرا و ماسه‌سنگ ضخیم لایه، توالی رسوبی- آذرآواری الیگو- میوسن با ترکیب سنگ‌آهک، مارن، آهک کنگلومرائی، توف و گدازه‌های ریولیتی و آندزیتی است.

- توزیع ژئوشیمیایی و مقدار غلظت طلا در جزء مش کوچکتر از ۸۰ مش رسوبات بیشتر از سایر جزء مش‌ها است. طلا مهم‌ترین عنصر ژئوشیمی در این پلاسرا است و متوسط عیار آن در جزء مش کوچکتر از ۸۰ مش آبرفت ۱۹۰ میلی‌گرم در تن است.

- بر پایه مطالعات کانی‌شناسی، کانی‌های سنگین در پلاسرا انگوران‌چای شامل مگنتیت، هماتیت، گوتیت، لیمونیت، پروکسن، آمفیبول، اپیدوت، گارنت، کلریت، بیوتیت، پیریت، اولیژیست، ایلمنیت، مارتیت، اسپینل، آپاتیت، زیرکن، روتیل، آناتاس، اسفن، لوکوسن، باریت، پیریت، کلسیت، نیگرین (روتیل سیاه)، گروه سرب و روی، طلا، سافیر (کروندوم)، سینابر، فلوریت، گروه مس، نقره، ری‌آلگار، اورپیمنت، و استیبنیت می‌باشد. طلا مهم‌ترین کانه معدنی در این پلاسرا است.

- بر پایه‌ی نتایج مشاهدات میکروسکوپی، میانگین طول و عرض ذرات طلا در آبرفت‌های انگوران‌چای به ترتیب ۳۹۳ و ۲۳۹ میکرون است. بر اساس نتایج SEM میانگین طول و عرض ذرات طلا به ترتیب ۳۳۱ و ۱۹۰ میکرون است. این اطلاعات در مطالعات کانه‌آرایی طلا بسیار حیاتی و کاربردی هستند.

- شکل ذرات طلا در آبرفت‌های انگوران چای به ترتیب فراوانی از نوع لامپی، پلیتی، میله‌ای، صفحه‌ای - فیبری، و فیلمی است، که نشان می‌دهد ذرات طلا از سنگ منشاء گوناگون تغذیه شده است .
- ذرات طلای آزاد در پلاسرا انگوران چای از انواع گرد شده (۶۰ درصد ذرات)، نیمه‌گرد شده (۲۵ درصد ذرات)، نیمه‌زاویه‌دار (۱۰ درصد ذرات)، و خوب گرد شده (۵ درصد ذرات) هستند، که نشان می‌دهد که کانسنگ‌های منشاء طلا در فواصل متفاوتی از پلاسرا انگوران چای قرار دارند.
- بر اساس مطالعه شیمی ذرات طلا با روش میکروپروپ الکترونی، عناصر طلا، نقره و مس بخش عمده ترکیب ذرات طلای پلاسرا انگوران چای را تشکیل می‌دهد و مقدار غلظت طلا در حاشیه ذرات بیشتر از هسته آنها است که حکایت از انحلال نقره در طول فرسایش و هوازدگی ذرات طلا می‌باشد.
- بر اساس مقادیر غلظت طلا و نقره، درجه خلوص (Fineness) دانه‌های طلا از ۹۰۰ تا ۱۰۰۰ تغییر می‌کنند و بیانگر خلوص بالای ذرات طلای در پلاسرا انگوران چای است .
- ترکیب شیمیایی ذرات طلای پلاسرا انگوران چای با آنهایی از کانسارهای مختلف طلا مقایسه شده است که مشابهت و قرابت آنها را با کانسارهای طلای اپی‌ترمال نشان می‌دهد.
- عیار کانه طلا در پلاسرا از ۴۷ تا ۹۹۱ میلی‌گرم در تن تغییر می‌کند که متوسط آن ۲۷۴ میلی‌گرم در تن است. میزان ذخیره طلای آزاد (با اندازه بزرگتر از ۶۰ میکرون) در پلاسرا انگوران چای تا عمق ۵ متری ۱۲۳۳ کیلوگرم برآورد می‌شود.

۳-۷- پیشنهادها

- با توجه به نتایج حاصله، برای ادامه مطالعات در محدوده پلاسرا انگوران چای پیشنهادهای زیر ارائه می‌شود :
- تلفیق و پردازش همزمان داده‌های ژئوشیمیایی و کانی سنگین ورقه‌های ۱/۱۰۰۰۰۰ زمین‌شناسی ماه‌نشان، تکاب، تخت سلیمان، قجور، و شاهین‌دژ برای تعیین موقعیت کانسنگ‌های منشاء طلا در پلاسرا انگوران چای.
- تهیه نقشه توپوگرافی ۱/۱۰۰۰ از محدوده‌ی پلاسرا انگوران چای با رعایت استانداردهای لازم.

- برداشت‌های ژئوفیزیکی در محدوده پلاسر برای تعیین ضخامت آبرفت (عمق سنگ بستر). از روش‌های ژئوفیزیکی مانند گرانی‌سنجی و انکسار لرزه‌ای برای این منظور استفاده شود (برای انتخاب روش ژئوفیزیکی بهینه در مطالعه و بررسی ضخامت آبرفت‌ها از نظرات و تجربه کارشناسان ژئوفیزیک استفاده شود).
- طراحی شبکه چاهک‌های اکتشافی در ابعاد 25×50 متر در محدوده‌ی پلاسر و حفر چاهک‌های اکتشافی تا سنگ بستر.
- با توجه به ریزش دیواره چاهک‌ها و مشکل هجوم آب به داخل چاهک‌ها، توصیه می‌شود که حفر چاهک‌ها در فصول خشک سال (فصل تابستان) و با استفاده از ابزارهای حفاری مکانیزه و با قابلیت کاربرد در پلاسرها انجام گیرد.
- نمونه‌برداری از چاهک‌های اکتشافی برای تجزیه‌های شیمیایی (بوژه تجزیه طلا) و مطالعه کانی‌های سنگین به منظور تعیین عیار طلا، عناصر و کانی‌های همراه، شکل، گردشگی، و کروییت ذرات طلای آزاد (به ازای هر یک متر در امتداد چاهک‌های اکتشافی برداشت یک نمونه با رعایت استانداردهای نمونه‌برداری از آبرفت‌های طلا دار پیشنهاد می‌شود).
- نمونه‌برداری معرف از چاهک‌های اکتشافی برای تعیین وزن مخصوص متوسط آبرفت انگوران‌چای. پارامتر وزن مخصوص برای تخمین ذخیره طلا در پلاسر ضروری است.
- نمونه‌برداری معرف از چاهک‌های اکتشافی برای مطالعه کانه‌آرایی طلا در مقیاس‌های آزمایشگاهی و نیمه‌صنعتی. روش‌های کانه‌آرایی از قبیل میز لرزان، جیک، مارپیچ، و دستگاه نلسون که بر ویژگی وزن مخصوص ذرات استوار هستند برای این منظور توصیه می‌شوند (برای انتخاب روش کانه‌آرایی و فرآوری بهینه در جداسازی ذرات طلا از آبرفت‌ها از نظرات و تجربه کارشناسان کانه‌آرایی و فرآوری استفاده شود).
- تخمین و ارزیابی عیار و ذخیره‌ی قطعی طلا در پلاسر انگوران‌چای با استفاده از روش‌های زمین‌آماري و نرم‌افزارهای با قابلیت کاربرد در زمینه مطالعه پلاسرها.

- مطالعه فنی - اقتصادی بر پایه میزان عیار و ذخیره‌ی قطعی طلای محاسبه شده برای تصمیم‌گیری در ادامه مطالعات در پلاسرا انگوران‌چای.

سوست

جدول پیوست (۱). مقدار گرم در تن کانی‌های سنگین در پلاسرا انگوران چای.

Row	Sample	Magnetite	Apatite	Zircon	Rutile	Anatase	Sphene	Leucosene	Barite	Pyrite	Carbonate	FQ	Nigrine	PbZnGroup
۱	A-H-۱(۱)	۱۰۲۷,۵۲	۴,۱۶	۵,۹۸	۵,۴۶	۰,۲۰	۸,۸۴	۰,۱۸	۵,۸۵	۱۳,۰۰	۷,۲۸	۳۷,۴۴	۰,۵۵	۳,۴۰
۲	A-H-۱(۲)	۵۵۳,۲۸	۲,۶۹	۴,۵۱	۴,۱۲	۰,۱۱	۴,۷۶	۰,۱۰	۲,۵۲	۰,۷۰	۳,۹۲	۲۲,۴۰	۰,۲۹	۱,۰۵
۳	A-H-۱(۳)	۸۶۹,۴۴	۳,۵۲	۱۲,۱۴	۶,۴۷	۰,۱۷	۷,۴۸	۰,۱۵	۴,۹۵	۳,۳۰	۶,۱۶	۳۱,۶۸	۱,۸۵	۱,۹۵
۴	A-H-۱(۴)	۴۷۴,۲۴	۵,۱۲	۱۱,۰۴	۶,۷۲	۰,۱۲	۵,۴۴	۰,۱۱	۳,۶۰	۲,۴۰	۴,۴۸	۲۰,۴۸	۱,۳۴	۱,۴۲
۵	A-H-۱(۵)	۶۵۲,۰۸	۱۰,۵۶	۱۵,۱۸	۱۳,۸۶	۰,۱۷	۳,۷۴	۰,۱۵	۴,۹۵	۳,۳۰	۶,۱۶	۲۸,۱۶	۱,۸۵	۱,۳۲
۶	A-H-۱(۶)	۴۷۴,۲۴	۷,۶۸	۱۱,۰۴	۱۰,۰۸	۰,۱۲	۸,۱۶	۰,۱۱	۳,۶۰	۰,۴۰	۴,۴۸	۲۰,۴۸	۲,۰۲	۰,۹۶
۷	A-H-۱(۷)	۸۶۹,۴۴	۱۰,۵۶	۱۵,۱۸	۱۳,۸۶	۰,۱۷	۷,۴۸	۰,۱۵	۴,۹۵	۰,۵۵	۶,۱۶	۲۸,۱۶	۰,۴۶	۱,۳۲
۸	A-H-۲(۱)	۳۵۵,۶۸	۳,۸۴	۵,۵۲	۱,۰۱	۰,۰۹	۷,۳۴	۰,۰۸	۲,۷۰	۶,۰۰	۳,۳۶	۱۳,۴۴	۱,۰۱	۰,۹۰
۹	A-H-۲(۲)	۱۹۷,۶۰	۲,۵۶	۳,۶۸	۱,۶۸	۰,۰۶	۲,۷۲	۰,۰۶	۱,۸۰	۳,۲۰	۲,۲۴	۱۰,۲۴	۰,۶۷	۰,۳۴
۱۰	A-H-۳(۱)	۹۴۸,۴۸	۱۰,۲۴	۱۴,۷۲	۶,۷۲	۰,۲۵	۱۰,۸۸	۰,۲۲	۷,۲۰	۱۶,۰۰	۸,۹۶	۵۶,۳۲	۱,۳۴	۰,۹۰
۱۱	A-H-۳(۲)	۱۴۲۲,۷۲	۱۷,۲۸	۲۴,۸۴	۲۲,۶۸	۰,۲۸	۱۸,۳۶	۰,۲۵	۰,۸۱	۰,۹۰	۱۰,۰۸	۴۶,۰۸	۴۵,۳۶	۲,۱۷

12	A-H- 3(3)	602,08	10,06	10,18	11,09	0,17	11,22	0,39	0,99	1,10	6,16	31,68	2,77	0,62
13	A-H- 3(4)	830,96	16,32	23,46	14,28	0,27	17,34	0,24	0,77	0,80	9,02	48,96	4,28	2,06
14	A-H- 4(1)	280,80	14,40	20,70	3,78	0,23	10,20	0,21	0,40	10,00	20,20	24,00	0,20	1,40
15	A-H- 4(2)	092,80	14,40	27,60	1,26	0,23	10,30	0,03	2,70	1,00	20,20	24,00	0,63	1,80
16	A-H- 4(3)	092,80	14,40	27,60	2,02	0,23	10,20	0,03	4,00	3,00	20,20	24,00	0,63	0,84
17	A-H- 4(4)	673,92	11,02	22,08	1,01	0,19	8,16	0,42	1,08	1,20	26,88	30,72	0,20	1,03
18	A-H- 5(1)	790,60	21,76	10,64	14,28	0,27	11,06	0,24	7,60	8,00	13,33	43,02	4,28	2,06
19	A-H- 5(2)	711,36	8,64	12,42	7,06	0,14	6,12	0,13	4,00	0,40	0,04	20,92	2,27	1,30
20	A-H- 5(3)	730,20	8,00	11,00	0,00	0,14	6,04	0,20	4,00	0,70	6,43	24,00	1,40	0,00
21	A-H- 5(4)	000,44	8,64	8,28	3,78	0,14	6,73	0,32	4,00	1,80	7,06	23,04	0,76	1,30
22	A-H- 5(5)	449,28	10,24	11,04	4,70	0,12	0,44	0,28	3,60	0,80	6,27	20,48	0,67	0,40
23	A-H- 6(1)	869,44	21,12	40,48	3,70	0,34	22,44	0,77	3,96	2,20	36,96	42,24	0,37	1,23
24	A-H- 6(2)	711,36	17,28	33,12	10,12	0,28	18,36	0,20	8,10	1,80	10,08	40,32	1,01	2,71
25	A-H- 6(3)	700,88	18,24	34,96	19,10	0,30	19,38	0,27	0,13	1,90	10,64	36,48	3,19	2,86
26	A-H- 6(4)	1007,76	10,88	31,28	14,28	0,27	17,34	0,24	6,12	0,80	9,02	38,08	1,43	0,90
27	A-H- 6(5)	1126,32	18,24	34,96	10,96	0,30	6,46	0,27	6,84	0,90	10,64	04,72	0,80	1,06
28	A-H- 7(1)	187,20	9,60	18,40	1,68	0,16	10,20	0,14	0,90	1,00	16,80	22,40	0,17	0,06
29	A-H- 7(2)	262,08	13,44	20,76	1,18	0,22	11,42	0,49	3,78	7,00	10,68	31,36	0,09	1,30
30	A-H- 8(1)	024,16	22,40	19,32	0,09	0,22	9,02	0,20	6,30	7,00	7,84	31,36	0,09	1,30

31	A-H- λ(2)	636,48	21,76	23,46	2,86	0,27	9,20	0,24	7,60	0,80	9,02	38,08	1,43	0,90
32	A-H- λ(3)	486,72	16,64	17,94	2,18	0,20	6,19	0,18	3,01	0,60	8,74	33,28	1,09	0,02
33	A-H- λ(4)	411,84	14,08	10,18	1,80	0,17	0,24	0,10	1,98	0,00	8,62	28,16	0,92	0,02
34	A-H- λ(5)	790,40	19,20	27,60	1,68	0,31	6,80	0,28	0,40	1,00	11,20	01,20	0,84	1,12
35	A-H- q(1)	374,40	9,60	13,80	0,84	0,16	6,80	0,14	2,70	4,00	0,60	32,00	0,42	1,23
36	A-H- q(2)	842,40	34,06	74,02	2,27	0,28	7,34	0,20	14,08	0,36	61,29	138,24	0,30	1,32
37	A-H- 10(1)	262,08	13,44	20,76	1,18	0,22	14,28	0,20	2,02	1,40	23,02	31,36	0,24	0,02
38	A-H- 10(2)	1126,32	6,08	17,48	1,60	0,30	0,60	0,27	1,71	0,38	31,92	60,80	0,32	1,41
39	A-H- 10(3)	003,28	6,72	9,66	0,88	0,11	0,48	0,10	1,26	0,30	11,76	10,68	0,09	0,39
40	A-H- 10(4)	474,24	3,84	13,80	3,03	0,09	0,20	0,08	1,08	0,12	6,72	13,44	0,00	0,27
41	A-H- 10(5)	393,12	6,72	12,88	0,88	0,27	1,43	0,10	3,10	0,14	3,92	13,44	0,09	0,19
42	A-H- 11(1)	636,48	10,88	23,46	7,14	0,27	2,31	0,24	4,09	1,70	28,06	43,02	2,86	0,70
43	A-H- 11(2)	798,72	0,12	29,44	6,72	0,20	2,18	0,22	4,32	0,80	30,84	30,84	4,03	1,18
44	A-H- 11(3)	798,72	10,36	36,80	9,41	0,20	1,09	0,22	2,88	0,32	17,92	30,84	0,67	0,02
45	A-H- 12(1)	399,36	2,06	11,04	0,67	0,12	0,04	0,11	3,60	12,00	17,92	17,92	0,13	0,83
46	A-H- 12(2)	760,76	7,04	20,24	4,62	0,17	0,37	0,10	0,99	0,00	24,64	28,16	0,46	0,62
47	A-H- 12(3)	602,08	10,06	10,18	4,62	0,17	0,37	0,77	0,00	0,00	18,48	30,20	0,46	0,62

48	A-H-13(1)	092,80	14,40	20,70	1,26	0,23	10,30	0,21	1,30	3,00	16,80	38,40	0,63	1,03
49	A-H-13(2)	061,60	9,60	20,70	3,78	0,23	0,20	0,21	1,30	0,70	33,60	38,40	0,20	0,84
50	A-H-13(3)	224,64	3,84	7,36	0,67	0,06	0,14	0,06	0,18	0,08	6,72	10,24	0,07	0,22
51	A-H-14(1)	1126,32	12,16	34,96	4,79	0,30	19,38	0,27	8,00	1,90	21,28	30,40	3,19	1,40
52	A-H-14(2)	414,96	18,24	26,22	4,79	0,30	12,92	0,27	0,13	3,80	31,92	24,32	3,19	1,40
53	A-H-14(3)	711,36	8,96	22,04	2,94	0,11	2,38	0,10	1,89	1,40	3,92	6,72	1,76	0,02
54	A-H-15(1)	399,36	0,12	14,72	2,02	0,12	2,72	0,11	3,60	8,00	13,44	12,80	0,34	0,09
55	A-H-15(2)	349,44	7,68	16,06	2,02	0,19	4,08	0,17	3,24	6,00	20,16	23,04	0,00	0,88
56	A-H-16(1)	421,20	14,40	20,70	3,78	0,09	10,20	0,21	4,00	4,00	20,20	24,00	2,02	1,10
57	A-H-16(2)	770,64	16,64	29,90	0,46	0,20	4,42	0,18	2,34	1,30	14,06	20,80	0,00	0,73
58	A-H-16(3)	411,84	0,76	13,80	2,02	0,09	1,22	0,08	0,04	0,30	10,08	11,02	0,00	0,02
59	A-H-17(1)	671,84	16,32	23,46	2,86	0,27	11,06	0,24	1,03	0,80	28,06	38,08	0,29	1,08
60	A-H-17(2)	474,24	0,12	14,72	1,34	0,12	0,04	0,11	0,72	0,80	13,44	20,48	0,13	0,09
61	A-H-18(1)	671,84	16,32	23,46	14,28	0,27	0,08	0,24	4,09	0,80	38,08	32,64	0,71	1,20
62	A-H-18(2)	770,64	8,32	23,92	3,28	0,20	1,77	0,18	0,09	0,60	21,84	33,28	1,09	0,73
63	A-H-18(3)	414,96	8,96	20,76	2,30	0,22	4,76	0,20	1,26	0,70	23,02	30,84	0,09	1,03
64	A-H-19(1)	003,28	13,44	20,76	11,76	0,22	9,02	0,20	3,78	1,40	10,68	17,92	2,30	1,03
65	A-H-19(2)	393,12	20,16	28,98	26,46	0,33	21,42	0,29	1,89	1,00	47,04	47,04	0,88	1,18
66	A-H-19(3)	770,64	12,48	23,92	0,46	0,20	8,84	0,46	0,80	0,60	0,82	24,96	1,09	0,73

67	A-H- 20(1)	237,12	7,78	8,28	2,02	0,09	8,16	0,08	2,70	4,20	1,34	11,02	0,00	0,90
68	A-H- 20(2)	948,48	20,48	29,44	9,41	0,20	10,88	0,22	7,20	8,00	0,38	30,72	2,69	2,41
69	A-H- 21(1)	1422,72	23,04	22,08	10,08	0,37	24,48	0,34	6,48	4,80	40,32	69,12	0,40	1,34
70	A-H- 21(2)	1304,16	21,12	20,24	9,24	0,34	22,44	0,31	0,94	4,40	36,96	63,36	0,37	2,71
71	A-H- 22(1)	061,60	19,20	20,70	3,78	0,23	10,20	0,21	1,30	4,00	3,36	38,40	0,63	1,81
72	A-H- 22(2)	486,72	12,48	17,94	3,28	0,20	13,26	0,18	4,68	1,30	7,28	33,28	0,22	0,73
73	A-H- 23(1)	486,72	12,48	23,92	0,46	1,01	8,84	0,18	0,80	2,60	0,82	37,44	0,22	0,73
74	A-H- 23(2)	474,24	11,02	22,08	0,00	0,47	12,24	0,17	4,32	2,40	4,03	30,72	0,00	0,67
75	A-H- 24(1)	434,72	10,06	20,24	4,62	0,17	7,48	0,10	6,93	0,00	6,16	21,12	1,80	1,30
76	A-H- 24(2)	099,04	10,36	29,44	6,72	0,62	10,88	0,22	2,88	1,60	26,88	30,84	0,67	0,90
77	A-H- 25(1)	636,48	16,32	31,28	7,14	0,66	11,06	0,24	1,03	0,80	28,06	38,08	0,71	3,22
78	A-H- 26(1)	786,24	20,16	28,98	12,30	0,82	18,06	0,29	1,89	2,10	30,28	03,76	0,88	1,18
79	A-H- 26(2)	711,36	18,24	26,22	9,08	0,30	12,92	0,27	1,71	1,90	21,28	36,48	0,80	1,63
80	A-H- 27(1)	033,02	18,24	34,96	12,77	0,74	12,92	0,27	3,42	1,90	21,28	36,48	0,80	2,10
81	A-H- 27(2)	1126,32	18,24	36,71	7,98	0,74	10,34	0,27	0,13	0,90	31,92	36,48	0,80	1,77
82	A-H- 28(1)	671,84	10,23	28,10	7,14	0,27	13,87	0,60	4,09	3,40	28,06	27,20	0,71	2,00
83	A-H- 28(2)	061,60	14,40	27,60	6,30	0,23	10,20	0,21	4,00	3,00	20,20	24,00	0,63	1,29

۸۴	A-H-۲۹(۱)	۰.۰,۴۴	۸,۶۴	۱۲,۴۲	۱,۰۱	۰,۱۴	۹,۱۸	۰,۱۳	۱,۶۲	۲,۷۰	۱۰,۱۲	۱۴,۴۰	۰,۳۸	۰,۰۰
۸۵	A-H-۲۹(۲)	۰.۶۱,۶۰	۱۹,۲۰	۲۷,۶۰	۶,۷۲	۰,۳۱	۲۰,۴۰	۰,۲۸	۳,۶۰	۲,۰۰	۲۲,۴۰	۳۸,۴۰	۰,۸۴	۱,۱۲
۸۶	A-H-۳۰(۱)	۰.۰,۴۴	۸,۶۴	۱۲,۴۲	۳,۰۲	۰,۳۰	۹,۱۸	۰,۱۳	۲,۴۳	۲,۷۰	۱۰,۱۲	۱۴,۴۰	۰,۳۸	۰,۰۰
۸۷	A-H-۳۰(۲)	۰.۶۱,۶۰	۱۴,۴۰	۲۰,۷۰	۶,۳۰	۰,۲۳	۱۰,۳۰	۰,۲۱	۴,۰۰	۴,۰۰	۱۶,۸۰	۲۸,۸۰	۰,۶۳	۰,۸۴
Ro w	Sampl e	Gold	Saphir e	Cinnab ar	Scheeli te	Fluorit e	Cugrou p	Silver	AsSb	Sulfur	Hematite	Goethi te	Limoni te	Pyroxene
۱	A-H-۱(۱)	۰,۰۹۴	۰,۲۱	۰,۴۲	۰,۶۲	۰,۱۷	۰,۷۰	۰,۰۰	۰,۱۸	۰,۴۶	۸۲۶,۸۰	۶,۸۶	۰۹,۲۸	۹۹,۸۴
۲	A-H-۱(۲)	۰,۱۸۹	۰,۱۱	۰,۰۱	۰,۸۴	۰,۰۹	۰,۲۴	۰,۲۹	۰,۱۰	۰,۲۰	۴۸۹,۷۲	۳,۷۰	۱۲,۷۷	۴۳,۰۱
۳	A-H-۱(۳)	۰,۳۷۸	۰,۱۸	۰,۳۰	۱,۳۲	۰,۰۱	۰,۴۰	۰,۰۱	۰,۱۰	۰,۳۹	۰۰۹,۶۸	۰,۸۱	۲۰,۰۶	۱۰۹,۸۲
۴	A-H-۱(۴)	۰,۳۳۰	۰,۱۳	۰,۲۶	۱,۹۲	۰,۱۰	۰,۱۳	۰,۳۴	۰,۰۱	۰,۲۸	۴۷۴,۸۸	۴,۹۳	۱۷,۰۲	۹۳,۱۸
۵	A-H-۱(۵)	۰,۳۷۸	۰,۱۸	۰,۰۱	۱,۳۲	۰,۰۱	۰,۱۸	۰,۴۶	۰,۰۱	۰,۱۰	۷۳۴,۰۸	۶,۷۸	۲۳,۴۱	۹۸,۰۶
۶	A-H-۱(۶)	۰,۱۴۲	۰,۱۳	۰,۲۶	۱,۹۲	۰,۱۰	۰,۳۹	۰,۳۴	۰,۰۱	۰,۲۸	۴۷۴,۸۸	۴,۹۳	۱۷,۰۲	۰۷,۳۴
۷	A-H-۱(۷)	۰,۳۷۸	۰,۱۸	۰,۰۱	۰,۷۹	۰,۰۱	۰,۱۸	۰,۴۶	۰,۰۱	۰,۱۰	۰۰۹,۶۸	۰,۸۱	۲۰,۰۶	۶۷,۰۸
۸	A-H-۲(۱)	۰,۰۹۴	۰,۱۰	۰,۱۹	۰,۴۳	۰,۰۱	۰,۴۲	۰,۲۰	۰,۰۸	۰,۲۱	۴۴۰,۲۰	۱۴,۷۸	۱۹,۱۰	۸۰,۶۴
۹	A-H-۲(۲)	۰,۱۴۲	۰,۰۶	۰,۰۱	۰,۱۰	۰,۰۰	۰,۲۰	۰,۱۷	۰,۰۱	۰,۰۶	۳۱۸,۰۰	۱۰,۰۶	۱۳,۶۸	۰۷,۶۰
۱۰	A-H-۳(۱)	۰,۳۷۸	۰,۲۶	۰,۰۱	۰,۹۶	۰,۲۰	۰,۰۱	۰,۰۱	۰,۰۱	۰,۲۲	۸۳۱,۰۴	۳۹,۴۲	۸۰,۱۲	۲۸۶,۷۲
۱۱	A-H-۳(۲)	۰,۰۱۹	۰,۲۹	۰,۰۸	۲,۱۶	۰,۲۳	۰,۸۹	۰,۷۶	۰,۰۱	۰,۶۳	۱۱۴۴,۸۰	۳۸,۰۲	۳۰,۰۷	۲۰۷,۳۶
۱۲	A-H-۳(۳)	۰,۶۱۴	۰,۱۸	۰,۰۱	۱,۳۲	۰,۰۱	۰,۷۶	۰,۴۶	۰,۱۰	۰,۱۰	۶۰۲,۹۶	۱۳,۰۰	۲۳,۴۱	۱۱۸,۲۷
۱۳	A-H-۳(۴)	۰,۲۳۶	۰,۲۷	۰,۰۱	۲,۰۴	۰,۲۲	۱,۰۷	۰,۷۱	۰,۲۴	۰,۶۰	۸۲۸,۹۲	۲۰,۹۴	۳۶,۱۸	۱۸۲,۷۸

14	A-H- ξ(1)	0,714	0,24	0,01	1,80	0,19	1,04	0,01	0,01	0,03	1144,80	23,76	82,08	209,20
15	A-H- ξ(2)	0,189	0,24	0,01	3,60	0,19	0,74	0,01	0,01	0,21	2162,40	42,24	04,72	230,40
16	A-H- ξ(3)	0,094	0,24	0,01	0,36	0,19	0,47	0,01	0,01	0,01	890,40	42,24	04,72	103,60
17	A-H- ξ(4)	0,472	0,01	0,01	0,86	0,10	0,38	0,00	0,17	0,17	712,32	14,78	01,07	107,02
18	A-H- ο(1)	0,472	0,27	0,04	1,22	0,22	1,08	0,71	0,24	0,60	810,90	22,44	38,76	244,80
19	A-H- ο(2)	0,991	0,14	0,29	1,08	0,12	0,44	0,38	0,13	0,32	407,92	19,01	16,42	69,12
20	A-H- ο(3)	0,047	0,01	0,01	3,84	0,01	0,01	0,01	0,01	0,32	407,92	19,01	16,42	69,12
21	A-H- ο(4)	0,094	0,14	0,01	0,60	0,12	0,44	0,01	0,01	0,13	034,24	22,18	19,10	88,70
22	A-H- ο(5)	0,283	0,13	0,01	1,92	0,01	0,20	0,01	0,01	0,11	034,24	19,71	17,02	43,01
23	A-H- γ(1)	0,094	0,30	0,01	1,08	0,01	0,30	0,01	0,01	0,01	1492,48	61,90	80,26	337,92
24	A-H- γ(2)	0,142	0,29	0,08	0,43	0,23	0,07	0,01	0,20	0,63	1373,76	76,03	8,21	276,48
25	A-H- γ(3)	0,330	0,30	0,61	2,28	0,24	0,60	0,01	0,27	0,27	1611,20	80,26	23,10	194,06
26	A-H- γ(4)	0,189	0,68	0,01	6,12	0,22	0,04	0,01	0,01	0,24	1261,40	201,33	18,09	102,32
27	A-H- γ(5)	0,142	0,76	0,01	6,84	0,01	0,60	0,01	0,01	0,27	1691,76	46,82	40,43	80,12
28	A-H- ν(1)	0,236	0,16	0,01	0,48	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	477,00	7,92	13,68	288,00
29	A-H- ν(2)	0,047	0,22	0,01	1,01	0,01	0,69	0,01	0,01	0,49	697,48	11,09	38,30	421,12
30	A-H- λ(1)	0,283	0,06	0,01	1,01	0,18	0,44	0,09	0,01	0,49	1068,48	7,39	01,07	200,70

31	A-H- λ(2)	0,283	0,68	0,01	0,41	0,22	0,04	0,01	0,01	0,01	1297,44	47,87	72,02	208,90
32	A-H- λ(3)	0,420	0,02	0,01	1,06	0,17	0,41	0,00	0,01	0,01	881,92	37,71	31,72	133,12
33	A-H- λ(4)	0,420	0,18	0,01	0,03	0,01	0,30	0,01	0,01	0,01	747,24	30,98	27,70	112,74
34	A-H- λ(5)	0,047	0,32	0,01	1,44	0,01	0,32	0,01	0,01	0,01	1027,40	140,80	121,70	102,40
35	A-H- q(1)	0,237	0,17	0,01	1,20	0,13	0,32	0,42	0,01	0,14	778,40	42,24	4,07	103,70
36	A-H- q(2)	0,283	0,02	0,01	3,47	0,23	0,29	0,01	0,01	0,01	1144,80	90,04	0,27	79,12
37	A-H- 10(1)	0,142	0,22	0,01	0,34	0,01	0,22	0,01	0,01	0,01	801,37	22,18	77,71	241,92
38	A-H- 10(2)	0,237	0,30	0,01	2,28	0,24	0,01	0,01	0,88	0,27	1409,80	117,04	10,11	80,12
39	A-H- 10(3)	0,378	0,03	0,01	2,02	0,09	0,11	0,01	0,13	0,01	408,10	77,77	2,93	24,74
40	A-H- 10(4)	0,237	0,10	0,01	1,44	0,01	0,01	0,01	0,08	0,08	381,70	29,04	2,01	21,12
41	A-H- 10(5)	0,189	0,01	0,01	2,02	0,09	0,01	0,01	0,01	0,01	571,34	20,87	3,72	18,82
42	A-H- 11(1)	0,189	0,00	0,01	1,22	0,22	0,04	0,01	0,01	0,01	1220,37	224,40	9,07	81,70
43	A-H- 11(2)	0,189	0,27	0,01	1,92	0,01	0,27	0,01	0,22	0,01	1103,28	318,21	9,00	47,08
44	A-H- 11(3)	0,189	0,02	0,01	1,92	0,20	0,01	0,01	0,01	0,01	1187,20	98,07	8,01	71,78
45	A-H- 12(1)	0,800	0,08	0,01	2,88	0,10	0,13	0,01	0,22	0,01	593,70	98,07	0,12	50,18
46	A-H- 12(2)	0,142	0,01	0,01	3,97	0,14	0,01	0,01	0,01	0,01	729,74	174,24	0,17	42,24
47	A-H- 12(3)	0,094	0,02	0,01	1,32	0,01	0,18	0,01	0,01	0,01	799,70	172,72	0,17	49,28
48	A-H- 13(1)	0,420	0,24	0,48	1,80	0,19	0,47	0,01	0,01	0,03	1017,70	21,12	72,97	103,70

49	A-H-13(2)	0,189	0,01	0,48	1,80	0,19	0,24	0,01	0,28	0,01	1272,00	100,60	9,12	103,60
50	A-H-13(3)	0,378	0,02	0,01	1,44	0,01	0,01	0,01	0,01	0,06	300,28	40,76	1,90	16,64
51	A-H-14(1)	0,047	0,06	0,61	6,84	0,24	0,30	0,01	0,03	0,27	1409,80	117,04	10,11	119,17
52	A-H-14(2)	0,142	0,00	0,01	4,06	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	1288,96	133,76	11,00	97,28
53	A-H-14(3)	0,189	0,07	0,01	2,02	0,09	0,01	0,01	0,01	0,10	019,40	43,12	7,40	31,36
54	A-H-15(1)	0,236	0,01	0,01	0,19	0,10	0,01	0,34	0,01	0,01	008,80	02,80	4,06	76,80
55	A-H-15(2)	0,094	0,01	0,38	0,86	0,10	0,20	0,01	0,34	0,01	712,32	84,48	14,09	184,32
56	A-H-16(1)	0,142	0,24	0,48	1,08	0,01	0,24	0,01	0,01	0,01	1144,80	211,20	04,72	107,02
57	A-H-16(2)	0,142	0,21	0,01	1,06	0,17	0,21	0,01	0,18	0,01	868,14	160,16	27,66	08,24
58	A-H-16(3)	0,019	0,01	0,01	2,16	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	381,60	31,68	0,47	13,82
59	A-H-17(1)	0,378	0,27	0,04	0,41	0,01	0,07	0,01	0,01	0,24	864,96	47,87	82,69	261,12
60	A-H-17(2)	0,614	0,01	0,01	0,08	0,01	0,13	0,01	0,01	0,01	093,60	29,07	0,61	71,68
61	A-H-18(1)	0,189	0,27	0,01	2,04	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	1441,60	119,68	41,34	174,08
62	A-H-18(2)	0,236	0,01	0,01	1,06	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	964,60	48,00	6,92	116,48
63	A-H-18(3)	0,094	0,01	0,01	1,01	0,18	0,01	0,01	0,01	0,01	1068,48	98,06	8,01	143,36
64	A-H-19(1)	0,142	0,00	0,01	0,04	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	1300,92	98,06	17,02	43,01
65	A-H-19(2)	0,142	0,02	0,01	2,02	0,01	0,66	0,01	0,01	0,01	1202,04	66,03	143,64	362,88

66	A-H-19(3)	0,019	0,21	0,01	3,12	0,17	0,21	0,00	0,01	0,18	1061,06	8,01	13,83	08,24
67	A-H-20(1)	0,378	0,10	0,01	0,72	0,08	0,33	0,01	0,01	0,08	407,92	4,22	7,30	61,44
67	A-H-20(1)	0,378	0,10	0,01	0,72	0,08	0,33	0,01	0,01	0,08	407,92	4,22	7,30	61,44
68	A-H-20(2)	0,614	0,26	0,01	3,84	0,20	0,86	0,01	0,01	0,22	949,76	0,28	17,02	143,36
69	A-H-21(1)	0,142	0,38	0,01	0,08	0,31	0,01	0,01	0,01	0,01	1602,72	29,07	01,07	208,00
70	A-H-21(2)	0,236	0,30	0,01	0,28	0,28	0,30	0,92	0,01	0,01	1790,64	13,00	46,82	98,06
71	A-H-22(1)	0,094	0,60	0,01	1,08	0,19	0,74	0,63	0,01	0,21	1017,60	21,12	04,72	184,32
72	A-H-22(2)	0,283	0,21	0,01	1,06	0,01	0,21	0,00	0,01	0,18	992,16	18,30	31,62	133,12
73	A-H-23(1)	0,472	0,02	0,01	1,06	0,01	0,21	0,00	0,01	0,18	1102,40	9,10	10,81	199,68
74	A-H-23(2)	0,236	0,19	0,01	4,32	0,01	0,20	0,00	0,01	0,42	814,08	8,40	14,09	122,88
75	A-H-24(1)	0,283	0,18	0,30	2,64	0,14	0,38	0,01	0,01	0,10	746,24	10,49	13,38	168,96
76	A-H-24(2)	0,189	0,26	0,01	1,10	0,20	0,04	0,01	0,01	0,22	1080,44	22,03	19,46	81,92
77	A-H-25(1)	0,019	0,27	0,01	4,08	0,22	0,84	0,71	0,01	0,60	1080,76	47,87	41,34	02,22
78	A-H-26(1)	0,283	0,34	0,01	0,00	0,27	0,66	0,01	0,01	0,29	1246,06	29,07	20,04	210,04
79	A-H-26(2)	0,236	0,30	0,01	1,37	0,24	0,60	0,80	0,30	0,27	1400,08	26,70	46,21	97,28
80	A-H-27(1)	0,142	0,30	0,01	0,46	0,24	0,60	0,01	0,62	0,27	1198,33	06,80	49,10	310,08
81	A-H-27(2)	0,420	0,30	0,61	4,06	0,24	0,93	0,80	0,01	0,27	1268,82	23,41	40,43	136,19
82	A-H-28(1)	0,142	0,27	0,04	0,41	0,22	0,88	0,71	0,00	0,24	1103,28	47,87	62,02	261,12

၈၃	A-H- ၃၈(၃)	၀,၂၈၄	၀,၃၄	၀,၀၂	၂,၀၈	၀,၂၄	၀,၇၄	၀,၆၃	၀,၀၂	၀,၃၂	၂၂၄၄,၈၀	၄၃,၃၄	၇၃,၄၆	၇၆,၈၀
၈၄	A-H- ၃၄(၂)	၀,၂၈၄	၀,၂၄	၀,၀၂	၀,၃၃	၀,၀၂	၀,၃၈	၀,၀၂	၀,၀၂	၀,၃၃	၆၀၂,၀၃	၂၂,၀၄	၃၈,၇၃	၄၆,၇၇
၈၅	A-H- ၃၄(၃)	၀,၂၄၃	၀,၃၃	၀,၀၂	၃,၄၀	၀,၀၂	၀,၃၃	၀,၀၂	၀,၀၂	၀,၀၂	၂၈၀၃,၀၀	၃၄,၄၃	၀၂,၆၈	၂၇၄,၀၈
၈၆	A-H- ၃၀(၂)	၀,၀၄၇	၀,၂၄	၀,၃၄	၀,၄၃	၀,၂၃	၀,၄၄	၀,၀၂	၀,၀၂	၀,၃၃	၀၃၄,၃၄	၃၃,၂၈	၂၄,၂၀	၈၀,၆၄
၈၇	A-H- ၃၀(၃)	၀,၂၈၄	၀,၃၄	၀,၀၂	၂,၈၀	၀,၀၂	၀,၇၄	၀,၀၂	၀,၀၂	၀,၀၃	၂၀၂၇,၆၀	၃၂,၂၃	၂၈,၃၄	၃၃,၄၀
Ro w	Sampl e	Amphibo le	Epidot	Garnet	Chlorite	Biotite	Lipyrite	Oxipyrite	Oligist e	Ilmenit e	Martite	Spinel	Andalu	Sillimanite
၁	A-H- ၁(၂)	၀,၂၇	၀,၃၀	၃၂၃,၀၀	၀,၂၆	၀,၂၆	၆,၈၆	၇၈,၀၀	၇,၈၀	၃၄,၃၃	၂၀,၆၀	၂၂,၈၆	၀,၂၇	၀,၂၇
၂	A-H- ၁(၃)	၀,၀၄	၃,၈၆	၂၆၈,၀၀	၀,၀၈	၀,၀၀	၀,၂၃	၄၃,၀၀	၄,၃၀	၃၄,၄၈	၄,၃၀	၃,၂၄	၀,၃၃	၀,၀၄
၃	A-H- ၁(၃)	၀,၂၄	၄,၄၄	၃၂၆,၈၀	၀,၂၃	၀,၂၃	၀,၂၄	၆၆,၀၀	၆,၆၀	၆၃,၀၄	၀,၃၃	၀,၀၃	၀,၂၄	၀,၀၀
၄	A-H- ၁(၄)	၀,၂၀	၃,၈၂	၃၆၈,၈၀	၀,၂၀	၀,၂၀	၀,၂၄	၀၆,၀၀	၀,၆၀	၀၃,၆၄	၀,၂၆	၄,၃၆	၀,၂၀	၀,၃၃
၅	A-H- ၁(၅)	၀,၂၄	၀,၃၄	၃၆၄,၆၀	၀,၂၃	၀,၂၃	၀,၂၄	၂၃၃,၃၀	၇,၇၀	၂၄၄,၇ ၆	၇,၇၀	၀,၈၀	၀,၀၀	၀,၀၀
၆	A-H- ၁(၆)	၀,၂၀	၃,၈၂	၃၂၃,၆၀	၀,၀၀	၀,၀၂	၀,၂၄	၂၂၃,၀၀	၀,၂၆	၀၃,၆၄	၀,၆၀	၄,၃၆	၀,၂၀	၀,၂၀
၇	A-H- ၁(၇)	၀,၂၄	၄,၄၄	၃၆၄,၆၀	၀,၀၈	၀,၀၂	၀,၂၄	၂၃၃,၀၀	၀,၃၃	၆၃,၀၄	၆,၆၀	၀,၀၃	၀,၃၀	၀,၂၄
၈	A-H- ၃(၂)	၃,၆၄	၀,၇၂	၂၃၄,၄၀	၀,၀၇	၀,၀၇	၀,၂၂	၄၃,၀၀	၄,၃၀	၃၄,၄၈	၄,၃၀	၃,၂၄	၀,၀၈	၀,၃၃
၉	A-H- ၃(၃)	၂,၄၀	၄,၀၈	၄၆,၀၀	၀,၀၀	၀,၀၀	၀,၀၇	၃၀,၀၀	၃,၀၄	၃၃,၀၆	၀,၀၈	၃,၃၂	၀,၀၀	၀,၀၀
၁၀	A-H- ၃(၂)	၀,၃၀	၄၀,၇၀	၆၃၇,၃၀	၀,၂၄	၀,၂၄	၄,၈၆	၃၃၄,၀၀	၂၂,၃၀	၂၀,၀၃	၂၂,၃၀	၀,၃၄	၀,၀၂	၀,၃၀

۱۱	A-H- ۳(۲)	۶,۹۱	۴۴,۰۶	۳۸۰,۱۶	۰,۲۲	۰,۲۲	۰,۳۲	۱۰۸,۰۰	۱۰,۸۰	۱۰۱,۰ ۲	۰,۳۶	۰,۲۷	۰,۰۸	۰,۲۳
۱۲	A-H- ۳(۳)	۰,۱۴	۰,۲۴	۳۶۹,۶۰	۰,۱۳	۰,۱۰	۶,۷۸	۱۰۴,۰۰	۰,۰۸	۷۲,۳۸	۷,۷۰	۰,۸۰	۰,۷۰	۰,۷۰
۱۳	A-H- ۳(۴)	۰,۲۲	۸,۰۹	۵۷۱,۲۰	۰,۲۰	۰,۰۲	۱۰,۴۷	۲۳۸,۰۰	۱۱,۹۰	۱۱۱,۸ ۶	۱۱,۹۰	۹,۰۴	۰,۰۴	۰,۲۲
۱۴	A-H- ۴(۱)	۰,۱۹	۹,۱۸	۵۴۰,۰۰	۰,۰۸	۰,۱۸	۴۷,۰۲	۱۸۹,۰۰	۰,۰۱	۰,۲۸	۱۳,۰۰	۱۰,۲۶	۱,۹۲	۰,۴۸
۱۵	A-H- ۴(۲)	۰,۱۹	۸,۱۶	۴۸۰,۰۰	۰,۰۸	۰,۱۸	۶۳,۳۶	۱۶۸,۰۰	۰,۳۰	۱۱,۲۸	۰,۳۰	۰,۲۳	۰,۹۶	۰,۴۸
۱۶	A-H- ۴(۳)	۰,۱۹	۸,۱۶	۶۷۲,۰۰	۰,۰۴	۰,۱۸	۴۲,۲۴	۱۴۴,۰۰	۰,۳۰	۶۷,۶۸	۱۲,۰۰	۹,۱۲	۱,۹۲	۰,۴۸
۱۷	A-H- ۴(۴)	۰,۱۰	۰,۷۱	۴۰۳,۲۰	۰,۰۴	۰,۰۱	۰,۲۱	۱۶۸,۰۰	۰,۲۴	۰,۲۳	۰,۲۴	۰,۱۸	۰,۳۸	۰,۳۸
۱۸	A-H- ۵(۱)	۸۱,۶۰	۸,۶۷	۶۱۲,۰۰	۰,۲۰	۰,۲۰	۱۱,۲۲	۲۰۰,۰۰	۱۲,۷۰	۱۱۹,۸ ۰	۱۲,۷۰	۹,۶۹	۰,۲۲	۰,۲۲
۱۹	A-H- ۵(۲)	۳,۴۶	۳,۶۷	۳۰۲,۴۰	۰,۰۰	۰,۰۳	۴,۷۰	۰۴,۰۰	۰,۴۰	۷۱,۰۶	۰,۴۰	۴,۱۰	۰,۱۲	۰,۱۲
۲۰	A-H- ۵(۳)	۳,۴۶	۱,۰۰	۹۰,۰۰	۰,۰۲	۰,۰۱	۰,۱۰	۷۰,۰۰	۰,۰۰	۰,۱۰	۰,۰۰	۰,۰۳	۰,۰۰	۰,۲۲
۲۱	A-H- ۵(۴)	۴,۰۳	۴,۲۸	۲۰۲,۰۰	۰,۱۱	۰,۱۱	۰,۰۴	۱۲۶,۰۰	۰,۱۸	۰,۹۲	۰,۱۸	۴,۷۹	۰,۱۲	۰,۲۲
۲۲	A-H- ۵(۵)	۰,۱۰	۳,۸۱	۲۶۸,۸۰	۰,۱۰	۰,۰۱	۴,۹۳	۱۱۲,۰۰	۰,۱۶	۰,۲۶	۰,۱۶	۴,۲۶	۰,۲۶	۰,۲۶
۲۳	A-H- ۶(۱)	۰,۲۸	۱۱,۹۷	۵۶۳,۲۰	۰,۰۱	۰,۲۶	۱۱۶,۱۶	۲۱۱,۲۰	۰,۴۴	۳۳,۰۹	۳,۰۲	۲,۶۸	۱,۴۱	۰,۷۰
۲۴	A-H- ۶(۲)	۹,۲۲	۳۹,۱۷	۶۹۱,۲۰	۰,۲۲	۰,۰۲	۱۲,۶۷	۱۴۴,۰۰	۰,۳۶	۰۴,۱۴	۰,۳۶	۰,۲۷	۱,۱۰	۰,۰۸
۲۵	A-H- ۶(۳)	۹,۷۳	۴۱,۳۴	۷۲۹,۶۰	۰,۲۳	۰,۰۳	۱۳,۳۸	۳۰۴,۰۰	۰,۳۸	۸۰,۷۳	۱۰,۲۰	۱۱,۰۰	۲,۴۳	۰,۶۱
۲۶	A-H- ۶(۴)	۷,۶۲	۳۲,۳۷	۶۶۶,۴۰	۰,۲۰	۰,۰۱	۱۰,۴۷	۱۱۹,۰۰	۰,۳۴	۴۴,۷۴	۰,۳۴	۹,۰۴	۱,۰۹	۰,۰۴
۲۷	A-H- ۶(۵)	۸,۰۱	۹,۰۴	۲۱۲,۸۰	۰,۲۳	۰,۰۲	۰,۳۳	۲۶۶,۰۰	۰,۳۸	۱۲۰,۰ ۲	۰,۳۸	۰,۲۹	۱,۲۲	۰,۶۱
۲۸	A-H- ۷(۱)	۱۱۰,۲۰	۶۱,۲۰	۲۱۶,۰۰	۰,۰۳	۰,۴۰	۱۰,۸۴	۱۸۰,۰۰	۰,۰۰	۰,۱۹	۹,۰۰	۶,۸۴	۱۱,۰۲	۰,۱۳

29	A-H- V(2)	171,28	80,68	403,20	0,04	0,17	22,18	126,00	0,00	23,79	12,60	9,08	17,13	17,13
30	A-H- A(1)	7,17	10,23	308,40	0,08	0,01	0,20	112,00	0,28	100,28	11,20	0,21	1,79	0,40
31	A-H- A(2)	8,70	9,20	044,00	0,07	0,01	0,30	137,00	0,34	103,41	13,60	10,34	0,44	0,04
32	A-H- A(3)	0,17	0,18	499,20	0,04	0,01	9,10	208,00	0,27	97,77	0,27	7,90	4,17	0,83
33	A-H- A(4)	0,14	0,10	422,40	0,01	0,03	7,74	177,00	0,22	82,72	0,22	0,42	0,30	0,30
34	A-H- A(5)	0,27	0,27	778,00	0,00	0,00	14,08	170,00	0,40	120,32	17,00	12,17	1,28	1,28
35	A-H- 9(1)	0,13	04,40	192,00	0,12	0,02	7,04	80,00	0,20	70,17	0,20	0,10	2,07	1,28
36	A-H- 9(2)	7,91	29,38	340,60	0,22	0,07	0,32	108,00	0,37	10,10	0,37	0,08	7,91	0,20
37	A-H- 10(1)	171,28	80,07	403,20	0,07	0,17	11,09	126,00	0,10	0,27	0,28	0,21	1,79	0,40
38	A-H- 10(2)	8,01	18,09	738,40	0,23	0,00	0,33	79,80	0,38	12,00	0,38	0,29	1,22	0,22
39	A-H- 10(3)	2,47	0,24	92,40	0,08	0,04	0,12	38,00	0,14	3,72	0,14	0,07	0,22	0,27
40	A-H- 10(4)	4,22	2,24	100,60	0,07	0,03	0,11	13,20	3,30	3,10	0,12	0,09	0,19	0,71
41	A-H- 10(5)	3,14	3,33	230,20	0,08	0,01	0,12	4,90	4,90	4,71	0,14	0,11	0,22	0,24
42	A-H- 11(1)	8,00	17,34	017,80	0,20	0,02	0,30	127,00	12,08	11,83	0,34	0,02	0,04	0,71
43	A-H- 11(2)	0,20	8,00	487,40	0,19	0,00	0,28	178,00	0,32	11,13	0,32	0,24	0,01	0,04
44	A-H- 11(3)	7,17	10,23	448,00	0,19	0,07	0,28	224,00	0,32	10,03	0,32	0,01	1,02	0,48
45	A-H- 12(1)	3,08	22,80	134,40	0,10	0,04	0,14	07,00	0,17	0,27	0,17	0,12	0,27	0,29

46	A-H-12(2)	4,22	17,90	108,40	0,13	0,03	0,19	132,00	0,22	7,20	0,22	0,17	0,30	0,26
47	A-H-12(3)	4,93	31,42	246,40	0,13	0,00	0,19	104,00	0,22	7,24	7,70	0,80	0,70	0,30
48	A-H-13(1)	76,80	8,16	076,00	0,08	0,18	21,12	120,00	0,20	0,28	12,00	0,23	0,96	0,19
49	A-H-13(2)	7,78	48,96	288,00	0,18	0,02	10,06	120,00	12,00	11,28	0,30	0,23	0,96	0,29
50	A-H-13(3)	1,74		41,60	0,00	0,01	0,07	26,00	2,06	0,08	0,08	0,06	0,13	0,19
51	A-H-14(1)	8,01	04,26	032,00	0,23	0,08	0,33	133,00	13,30	12,00	0,38	0,02	2,43	0,28
52	A-H-14(2)	9,73	41,34	729,60	0,23	0,01	13,38	304,00	10,20	0,36	0,38	0,04	2,43	0,48
53	A-H-14(3)	3,14	13,33	196,00	0,08	0,01	8,62	49,00	4,90	4,61	0,14	0,11	0,40	0,48
54	A-H-15(1)	7,78	24,48	288,00	3,60	0,02	10,06	60,00	6,00	0,64	0,16	0,12	0,01	0,42
55	A-H-15(2)	36,86	60,28	384,00	0,76	0,06	8,40	96,00	19,20	9,02	0,24	0,02	0,77	0,38
56	A-H-16(1)	10,36	48,96	288,00	0,18	0,00	42,24	240,00	12,00	11,28	0,30	0,23	1,92	0,70
57	A-H-16(2)	0,82	12,38	436,80	0,16	0,04	16,02	91,00	9,10	0,24	0,26	0,20	0,42	0,24
58	A-H-16(3)	2,30	9,79	172,80	0,07	0,03	3,17	36,00	0,12	0,11	0,12	0,00	0,19	0,61
59	A-H-17(1)	87,04	9,20	602,80	0,07	0,20	11,97	136,00	0,00	0,32	13,60	0,26	1,09	0,22
60	A-H-17(2)	3,08	10,23	134,40	0,10	0,01	9,86	06,00	0,16	21,06	0,16	4,26	0,01	0,04
61	A-H-18(1)	8,70	36,99	430,20	0,20	0,02	11,97	272,00	0,34	12,78	0,34	0,26	2,18	0,13
62	A-H-18(2)	11,60	24,70	218,40	0,16	0,00	8,01	91,00	0,26	8,00	0,26	0,20	0,83	0,40
63	A-H-18(3)	28,67	76,16	268,80	6,72	0,07	9,86	112,00	11,20	0,26	0,28	0,00	0,90	0,19

ᐅᔭ	A-H- ᐱᑦ(ᐱ)	ᐅ,ᐱᐅ	ᐅᐅ,ᔭᐅ	ᐅᐅᐱ,ᐱᐅ	ᐅ,ᐱᐅ	ᐅ,ᐅᔭ	ᐱᑦ,ᐅᐱ	ᐅᐅᔭ,ᐅᐅ	ᐱᐱ,ᐅᐅ	ᐱᐅ,ᐅᐅ	ᐅ,ᐅᐱ	ᐅ,ᐅᐱ	ᐱ,ᐅᐅ	ᐅ,ᐅᐱ
ᐅᐅ	A-H- ᐱᑦ(ᐅ)	ᐱᐅᐅ,ᐅᐅ	ᐱᐅ,ᐱᐅ	ᐅᐱᑦ,ᐅᐅ	ᐅ,ᐅᐅ	ᐅ,ᐅᐅ	ᐅᐅ,ᐅᐅ	ᐱᐱᑦ,ᐅᐅ	ᐅ,ᔭᐅ	ᐅ,ᐅᐅ	ᐅᐅ,ᐱᐅ	ᐱᔭ,ᐅᐅ	ᐅ,ᐅᐅ	ᐱ,ᐅᔭ
ᐅᐅ	A-H- ᐱᑦ(ᐅ)	ᐅ,ᐱᐅ	ᐅ,ᐱᐱ	ᐅᐅᔭ,ᐅᐅ	ᐅ,ᐅᐅ	ᐅ,ᐅᐅ	ᐅ,ᐅᐅ	ᐱᐱᐅ,ᐅᐅ	ᐅ,ᐅᐅ	ᐱ,ᐅᐅ	ᑦ,ᐱᐅ	ᐅ,ᑦᐅ	ᐅᐅ,ᐅᐅ	ᐅ,ᐱᐅ
ᐅᐅ	A-H- ᐅᐅ(ᐱ)	ᐅ,ᐅᐱ	ᐅ,ᐅᐱ	ᐅᐅᐅ,ᐅᐅ	ᐅ,ᐅᐅ	ᐅ,ᐅᐅ	ᐅ,ᐱᐱ	ᔭᐱ,ᐅᐅ	ᐅ,ᐱᐅ	ᔭ,ᐅᐱ	ᐅ,ᐱᐅ	ᐅ,ᐅᐅ	ᐅ,ᐱᔭ	ᐅ,ᐅᐱ
ᐅᐱ	A-H- ᐅᐅ(ᐅ)	ᐅ,ᐅᐅ	ᐱ,ᐅᐅ	ᐅᐅᐱ,ᔭᐅ	ᐅ,ᐅᐅ	ᐅ,ᐅᐱ	ᑦ,ᐱᐅ	ᐱᐅᐅ,ᐱᐅ	ᐅ,ᐅᐅ	ᐱᐅ,ᐅᐅ	ᐱᐱ,ᐅᐅ	ᐱ,ᐅᐱ	ᐅᐱ,ᐅᐅ	ᐅ,ᐱᐅ
ᐅᑦ	A-H- ᐅᐱ(ᐱ)	ᐅ,ᐅᐱ	ᐱ,ᔭᐅ	ᐅᐅᐅ,ᐅᐅ	ᐅ,ᐅᐱ	ᐅ,ᐅᐱ	ᐱᔭ,ᐅᐱ	ᐅᐅᐱ,ᐱᐅ	ᐅ,ᔭᐱ	ᐱᐅ,ᐅᐅ	ᐱᐅ,ᐱᐅ	ᐱᐅ,ᐱᐅ	ᐱᐅ,ᐅᐅ	ᐅ,ᐅᐱ
ᐅᐅ	A-H- ᐅᐱ(ᐅ)	ᐅ,ᐅᐱ	ᐅ,ᐅᐅ	ᐱᐅᐅ,ᔭᐅ	ᐅ,ᐅᐅ	ᐅ,ᐅᐱ	ᐱᐅ,ᐅᐅ	ᐱᐅᔭ,ᐅᐅ	ᐅ,ᔭᔭ	ᐱᔭ,ᔭᐱ	ᐱᐅ,ᔭᐅ	ᐅ,ᐅᐅ	ᐱᑦ,ᐅᐱ	ᐅ,ᐅᐱ
ᐅᐱ	A-H- ᐅᐅ(ᐱ)	ᐅ,ᐅᐱ	ᐅᐅ,ᐅᔭ	ᐅᐅᐅ,ᐅᐅ	ᐅ,ᐱᐱ	ᐅ,ᐱᐱ	ᐱᐅ,ᐅᐅ	ᐅᔭᐅ,ᐅᐅ	ᐅ,ᐅᐅ	ᐱᐱ,ᐅᐱ	ᐱᐅ,ᐅᐅ	ᐅ,ᐅᐅ	ᐅ,ᔭᐱ	ᐅ,ᔭᐱ
ᐅᐅ	A-H- ᐅᐅ(ᐅ)	ᐅ,ᐅᐅ	ᐅᐱ,ᐅᑦ	ᔭᑦᑦ,ᐅᐅ	ᐅ,ᐱᐅ	ᐅ,ᐱᐅ	ᑦ,ᐱᐅ	ᐅᐅᐱ,ᐅᐅ	ᐅ,ᐅᐅ	ᑦ,ᐅᐱ	ᐱᐅ,ᔭᐅ	ᐅ,ᐅᐅ	ᐅ,ᔭᐅ	ᐅ,ᔭᐅ
ᐅᐅ	A-H- ᐅᐅ(ᐱ)	ᐅ,ᐱᐅ	ᐱᔭ,ᐱᔭ	ᐅᐅᐅ,ᐱᐅ	ᐅ,ᐱᐅ	ᐅ,ᐅᐅ	ᑦ,ᐱᐅ	ᐅᔭᑦ,ᐅᐅ	ᐅᐅ,ᐱᐅ	ᐅᑦ,ᐱᐅ	ᐱᐅ,ᔭᐅ	ᐅ,ᐅᐅ	ᐅ,ᐱᐅ	ᐅ,ᐱᐅ
ᐅᔭ	A-H- ᐅᐅ(ᐅ)	ᐅ,ᐱᔭ	ᐅᐅ,ᐱᐱ	ᐅᐅᐅ,ᐅᐅ	ᐅ,ᐱᔭ	ᐅ,ᐅᐅ	ᐅ,ᐅᐱ	ᐱᑦᐅ,ᐅᐅ	ᑦ,ᐅᐅ	ᐅᐅ,ᐱᐅ	ᑦ,ᐅᐅ	ᐅ,ᐱᐱ	ᐅ,ᐅᐅ	ᐅ,ᐅᐱ
ᐅᐅ	A-H- ᐅᔭ(ᐱ)	ᐅ,ᐅᐅ	ᐅᑦ,ᐱᔭ	ᐅᐅᐅ,ᐅᐅ	ᐅ,ᐅᐅ	ᐅ,ᐅᐅ	ᐅ,ᐱᑦ	ᐱᐱ,ᐅᐅ	ᐱ,ᐱᐅ	ᔭᑦ,ᐅᐅ	ᐱ,ᐱᐅ	ᐅ,ᐱᐅ	ᐱᐱ,ᐅᐅ	ᐅ,ᐅᐅ
ᐅᐅ	A-H- ᐅᔭ(ᐅ)	ᐅ,ᐅᐅ	ᐱ,ᐅᐅ	ᐅᐱᐅ,ᐱᐅ	ᐅ,ᐅᔭ	ᐅ,ᐱᐅ	ᐱᐱ,ᐅᐅ	ᐅᐅᐅ,ᐅᐅ	ᐅ,ᐅᐅ	ᐱᐅ,ᐅᐅ	ᐅ,ᐅᐅ	ᐅ,ᐅᔭ	ᐅ,ᐅᐅ	ᐅ,ᐅᐅ
ᐅᐅ	A-H- ᐅᐅ(ᐱ)	ᐅ,ᐅᐅ	ᑦ,ᐅᐅ	ᔭᐅᐅ,ᐅᐅ	ᐅ,ᐅᐱ	ᐅ,ᐅᐅ	ᐱᐱ,ᑦᐅ	ᐱᐅᐅ,ᐅᐅ	ᐅ,ᐅᔭ	ᐅᐱ,ᐱᔭ	ᐅ,ᐅᔭ	ᐱᐅ,ᐅᔭ	ᐅ,ᐅᔭ	ᐅ,ᐅᐅ
ᐅᐱ	A-H- ᐅᐅ(ᐱ)	ᐱᐅᐅ,ᐅᐅ	ᐱ,ᔭᐅ	ᐅᑦᐱ,ᐅᐅ	ᐅ,ᐅᐅ	ᐅ,ᐅᔭ	ᐅ,ᐅᐅ	ᐱᐅᐅ,ᔭᐅ	ᐅ,ᔭᐅ	ᐅᐱ,ᐅᐱ	ᐱᐅ,ᐱᐅ	ᐱᐅ,ᐅᐅ	ᐱ,ᐅᔭ	ᐅ,ᐅᐅ
ᐅᑦ	A-H- ᐅᐅ(ᐅ)	ᑦᐅ,ᐅᐱ	ᐱᐅ,ᐅᔭ	ᐅᐅᑦ,ᐅᐅ	ᐅ,ᐅᐅ	ᐅ,ᐅᐅ	ᐅ,ᐅᐅ	ᐅᐅ,ᐱᐅ	ᐅ,ᐅᐱ	ᐅᐱ,ᐅᐱ	ᐱᐅ,ᐅᐅ	ᐱᐱ,ᐅᐅ	ᐱ,ᐅᐅ	ᐅ,ᐅᐱ
ᐱᐅ	A-H- ᐅᐅ(ᐱ)	ᐱᐅᐅ,ᐅᐅ	ᐱᐅ,ᑦᐅ	ᑦᐅᔭ,ᔭᐅ	ᐅ,ᐅᐱ	ᐅ,ᐅᐅ	ᐱᔭ,ᐅᐱ	ᑦᐅ,ᑦᐅ	ᐅ,ᐅᐱ	ᐅᐅ,ᐅᐅ	ᐱᐅ,ᐱᐅ	ᐱᐅ,ᐅᐅ	ᐅ,ᐅᐱ	ᐅ,ᐅᔭ

٨١	A-H-٢٧(٢)	٨,٥١	٩,٠٤	٥٣٢,٠٠	٠,٠٦	٠,٢٣	٤٦,٨٢	٢١٢,٨٠	٠,٣٨	١٢٥,٠٢	٠,٣٨	١٠,١١	١,٢٢	٠,٦١
٨٢	A-H-٢٨(١)	٨,٧٠	١٨,٥٠	٥٤٤,٠٠	٠,٠٨	٠,٢٠	٢٣,٩٤	١٠٨,٨٠	٠,٣٤	١٢٧,٨٤	٠,٣٤	١٠,٣٤	١,٠٩	٠,٥٤
٨٣	A-H-٢٨(٢)	٠,١٩	٨,١٦	٦٧٢,٠٠	٠,٠١	٠,١٨	٢١,١٢	٩٦,٠٠	٠,٣٠	١١,٢٨	٠,٣٠	٩,١٢	١,٩٢	٠,٤٨
٨٤	A-H-٢٩(١)	٠,١٢	٨,٥٧	٣٠٢,٤٠	٠,٠٥	٠,١١	١١,٠٩	٦٣,٠٠	٠,١٨	٥,٩٢	٦,٣٠	٤,٧٩	١,١٥	٠,٢٩
٨٥	A-H-٢٩(٢)	٠,٢٦	١١,٥٦	٨١٦,٠٠	٠,٠١	٠,٢٤	٥٩,٨٤	٢٣٨,٠٠	٠,٤٠	١٥,٩٨	١٧,٠٠	١٢,٩٢	١,٢٨	٠,٢٦
٨٦	A-H-٣٠(١)	٤,٠٣	٨,٥٧	٢٥٢,٠٠	٠,٠٢	٠,١١	١١,٠٩	٣٧,٨٠	٠,١٨	٥,٩٢	٠,١٨	٤,٧٩	٠,٢٩	٠,٢٩
٨٧	A-H-٣٠(٢)	٧,٦٨	١٦,٣٢	٥٧٦,٠٠	٠,٠١	٠,١٨	٢١,١٢	٧٢,٠٠	٠,٣٠	١١,٢٨	١٢,٠٠	٩,١٢	٠,٩٦	٠,١٩

منابع

منابع داخلی

آزرم، ف.، ۱۳۶۶. گزارش اکتشاف ژئوشیمیایی طلا و عناصر همراه در آبرفت‌های ناحیه زرین

اردکان، استان یزد. سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، گزارش داخلی، تهران.

آزرم، ف.، ۱۳۶۹. کاربرد علمی و اقتصادی و نحوه مطالعه‌ی کمی و کیفی کانی‌های سنگین. سازمان

زمین‌شناسی کشور، گروه ژئوشیمی، گزارش داخلی.

آق‌آبانی، س.ع.، (۱۳۸۳). زمین‌شناسی ایران، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۷۰۸

صفحه.

اجاقی، ب.، ومظفرزاده، ر.، ۱۳۸۱. طرح تکمیلی اکتشاف رودخانه قزل‌اوزن از گیلوان تا روستای

کلوچ، سازمان صنعت، معدن و تجارت استان زنجان، گزارش داخلی و منتشر نشده، زنجان.

باباخانی. ع.، و قلمقاش. ج.، ۱۳۸۴، نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ تخت سلیمان، سازمان زمین‌شناسی

و اکتشافات معدنی کشور.

حسنی پاک ع، ا، شریف‌الدین م، (۱۳۹۱)، "تحلیل داده‌های اکتشافی"، انتشارات دانشگاه تهران، تعداد

صفحات ۱۰۱۰ چاپ سوم.

حیدری، س.م.، قادری، م.، و کوهستانی، ح.، ۱۳۹۶. کانه‌زایی طلای اپی‌ترمال با میزبان رسوبی عربشاه،

جنوب خاور تکاب، شمال باختر ایران. فصلنامه علوم زمین، دوره ۲۷، شماره ۱۰۵، صفحه ۲۶۵ تا صفحه

۲۸۲.

حسنی پاک، ع.، ۱۳۷۸. اکتشاف ذخایر طلا. انتشارات دانشگاه تهران چاپ اول. ۵۸۸ صفحه.

شمسا، م. ج.، و کوثری، س.، ۱۳۷۰. عیار و ذخیره طلای آبرفتی آستانه طلا (روش اقتصادی جهت

تعیین عیار و ذخیره کانسار آبرفتی). مجموعه مقالات دهمین گردهمایی علوم زمین، سازمان

زمین‌شناسی و اکتشافی معدنی کشور.

علی‌پوراصل، م.، ۱۳۸۱. اکتشاف سیستماتیک ژئوشیمیایی در ورقه ۱/۱۰۰۰۰۰ ماه‌نشان، شماره

۵۵۶۳، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، گزارش داخلی، تهران.

قربانی، م.، (۱۳۸۷). "زمین‌شناسی اقتصادی، کانسارها و نشانه‌های معدنی ایران"، انتشارات ایران

زمین، ۵۷۰ ص.

قربانی، م.، ۱۳۸۷. زمین‌شناسی اقتصادی کانسارها و نشانه‌های معدنی ایران. انتشارات آراین زمین،

چاپ اول، ۶۷۴ ص.

قربانی، م.، (۱۳۸۱)، "دیاچه ای بر زمین‌شناسی ایران"، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات،

معدنی کشور، شماره ۲، ۶۹۵ ص.

کوثری، س.، (۱۳۸۹). دستورالعمل اکتشاف ژئوشیمیایی بزرگ مقیاس رسوبات آبراهه‌ای (

۱:۲۵۰۰۰)، انتشارات معاونت برنامه ریزی و نظارت راهبردی رئیس جمهور، نشریه شماره.

لطفی، م.، ۱۳۸۰. نقشه زمین‌شناسی چهارگوش ماه‌نشان سری ۱/۱۰۰۰۰۰، شماره ۵۵۶۳، سازمان

زمین‌شناسی و اکتشاف معدنی کشور، تهران.

ماروسی، ز.، علی‌پوراصل، م.، و قوامی، س. ر.، ۱۳۹۷. اثر توزیع اندازه ذرات بر ژئوشیمی رسوبات

آبراهه‌ای و کانی‌های سنگین در محدوده کانسار مس-طلای کوه زر، جنوب دامغان. مجله

پژوهش‌های چینه‌نگاری و رسوب‌شناسی، سال ۳۴، شماره ۷۱ (۲)، صفحات ۱۲۱ تا ۱۴۰.

مقصودی، ع، رحمانی، م. و رشیدی، ب. ۱۳۸۳. **کانسارها و نشانه‌های معدنی طلا در ایران**. انتشارات آراین زمین، چاپ اول، ۳۴۶ صفحه.

(نشریه شماره ۷۵۱ برنامه تهیهی ضوابط و معیارهای معدن، ۱۳۹۶)، دستورالعمل اکتشاف ناحیه‌ای طلا به روش بلگ. وزارت صنعت و معدن تجارت. معاونت امور معادن و صنایع معدنی دفتر نظارت امور معدنی، برنامه تهیهی ضوابط و معیارهای معدن انتشارات سازمان نظام مهندسی معدن ایران، تهران.

یزدی، م.، (۱۳۸۱). **روش‌های مرسوم در اکتشافات ژئوشیمیایی**. چاپ اول. تهران: انتشارات دانشگاه شهید بهشتی.

منابع خارجی

- Agard P., Omrani J., Jolivet L., Mouthereau F. (۲۰۰۵). **“Convergence history across Zagros (Iran): constraints from collisional and earlier deformation”**. International journal of earth sciences, ۹۴(۳), pp. ۴۰۱-۴۱۹.
- Alavi M. and Amidi M., (۱۹۷۶). **“Geological quadrangle map of Takab, Scale ۱: ۲۵۰,۰۰۰”**, Geological Survey and Mineral Exploration of Iran, Tehran.
- Alavi. M., (۱۹۹۴). **“Tectonics of the Zagros orogenic belt of Iran: new data and interpretations”**, Tectonophysics, ۲۲۹(۳-۴), pp. ۲۱۱-۲۳۸.
- Alavi M., (۲۰۰۴). **“Regional stratigraphy of the Zagros fold-thrust belt of Iran and its proforeland evolution”**, American Journal of Science, Vol: ۳۰۴, p: ۱-۲۰.
- Aliyari F., Rastad E., Arehart G. B. (۲۰۰۹). **“Geology and geochemistry of D-O-C isotope systematics of the Qolqoleh Gold Deposit, Northwestern Iran: implications for ore genesis”**, Ore Geology Reviews, ۳۶(۴), pp. ۳۰۶-۳۱۴.
- Aiyari F., Rastad E., Goldfarb R. J. (۲۰۱۰). **“Zartorosht golddeposit: orogenic gold deposit or intrusion-related gold system? Textural, and stable O and S isotope evidences”**. In ۲۷th Symposium on Geosciences and the ۱۳th Symposium in Geological Society of Iran, ۲۰-۲۲ Feb, (Vol. ۵۴). Geological Survey of Iran.

- Aliyari, F., Rastad, E., Mohajjel, M., (۲۰۱۲). **“Gold Deposits in the Sanandaj–Sirjan Zone: Orogenic Gold Deposits or Intrusion-Related Gold Systems?”**. Resource Geology, ۱۲(۳), pp. ۲۹۶-۳۱۵.
- Allen M.B., Kheirkhah M., Emami M.H., Jones, S.J. (۲۰۱۱). **“Right-lateral shear across Iran and kinematic change in the Arabia—Eurasia collision zone”**. Geophysical Journal International, ۱۸۴(۲), pp. ۵۵۵-۵۷۴.
- Asadi Haroni H. (۲۰۰۰). **“The Zarshuran gold deposit model applied in a mineral exploration GIS in Iran”**.
- Asadi, H.H., Voncken, J.H.L., "Kühnel, R.A., Hale, M., ۲۰۰۰. **Petrography, mineralogy and geochemistry of the Zarshouran Carlin-like gold deposit, northwest Iran**". Mineralium Deposita ۳۵, ۶۵۶-۶۷۱.
- Angeles C. A. (۲۰۰۵). **“A filed investigation survey of the Kurdistan gold project (e.g. Qolqoleh, Kervian, and Qabaqloujeh)”**, Geological Survey of Iran, ۳۵.
- AVERILL, S.A. & ZIMMERMAN, J.R. ۱۹۸۶. The riddle resolved: **"the discovery of the Partridge gold zone using sonic drilling in glacial overburden at Waddy Lake"**, Saskatchewan. Canadian Geological Journal, Canadian Institute of Mining and Metallurgy, ۱, ۱۴-۲۰.
- Boni M., Gilg H. A., Balassone, G., Schneider J., Allen C. R., Moore F. (۲۰۰۷). **“Hypogene Zn carbonate ores in the Angouran deposit, NW Iran”**. Mineralium Deposita, ۳۲(۸), pp. ۷۹۹-۸۲۰.
- Brunet M. F., Wilmsen M., Granath, J. W., (۲۰۰۹). **“South Caspian to Central Iran Basins. Geological Society”**, London, Special Publications, ۳۱۲.
- Berberian, F., Berberian M. J. Z. H. K. H. G. E. (۱۹۸۱). **“Tectono-plutonic episodes in Iran”**. Zagros Hindu Kush Himalaya Geodynamic Evolution, ۳, pp. ۵-۳۲.
- Bierlein F. P., Arne D. C., Key S. M., McNaughton N. J. (۲۰۰۱). **“Timing relationships between felsic magmatism and mineralisation in the central Victorian gold province, SE Australia”**. Australian Journal of Earth Sciences, ۴۸(۶), pp. ۸۸۳-۸۹۹.
- Béchenec F, Le Metour J, Rabu D, Bourdillon-de-Grissac CH, De Wever P, Beurrier MT, Villey M. (۱۹۹۰). **“The Hawasina Nappes: stratigraphy, palaeogeography and structural evolution of a fragment of the south-Tethyan passive continental margin”**. Geological Society, London, Special Publications, ۴۹(۱), pp. ۲۱۳-۲۲۳.

- Cannon W.F., Woodruff L.G. and Pimley S. (۲۰۰۴) **“Some statistical relationships between stream sediment and soil geochemistry in northwestern Wisconsin. Can stream sediment compositions be used to predict compositions of soils in glaciated terranes”**, J. Geochem. Explor, ۸۱, ۲۹-۴۶.
- Cohen D.R., (۱۹۹۹), **“Comparison of vegetation and stream sediment geochemical patterns in northeastern New South Wales”**, J. Geochem. Explor, ۶۶, ۴۶۹-۴۸۹.
- Daliran F, Hofstra AH, Walther J, Stüben D. (۲۰۰۲). **“October. Aghdarreh and Zarshuran SRHDG deposits, Takab region, NW Iran”**. In GSA Annual Meeting, Abstract with Programs, Session, pp. ۶۳-۸. ۲۰۰۲.
- Daliran F. (۲۰۰۸). **“The carbonate rock-hosted epithermal gold deposit of Agdarreh, Takab geothermal field, NW Iran—hydrothermal alteration and mineralization”**. Mineralium Deposita, ۴۳(۴), pp.۳۸۳-۴۰۴.
- DILABIO, R. ۱۹۹۱. **“Classification and interpretation of the shape and surface texture of gold grains from tills”**. In: HÉRAIL, G. & FORNARI, M. (eds) Gisements alluviaux d’or (Alluvial Gold Placers/Yacimientos aluviales de oro). ORSTOM, Paris, ۲۹۷-۳۱۳.
- Eftekharnejad J. (۱۹۸۱). **“Tectonic division of Iran with respect to sedimentary basins”**. Journal of Iranian Petroleum Society, ۸۲, pp.۱۹-۲۸.
- Foli G., Agyemang K., Brako B.A., Gawu, S.K.Y., Nude P.M., (۲۰۲۰). **“Characterisation of alluvial gold exploration data to improve gold recovery in Ghana. Arabian Journal of Geosciences”**, ۱۳, ۱۱۰۵.
- Ghasemi A., Talbot C. J., (۲۰۰۶). **“A new tectonic scenario for the Sanandaj–Sirjan Zone (Iran)”**. Journal of Asian Earth Sciences, ۲۶(۶), pp.۶۸۳-۶۹۳.
- Ghazi A. M., Hassanipak A. A. (۱۹۹۹). **“Geochemistry of subalkaline and alkaline extrusives from the Kermanshah ophiolite, Zagros Suture Zone, Western Iran: implications for Tethyan plate tectonics”**. Journal of Asian Earth Sciences, ۱۷(۳), pp.۳۱۹-۳۳۲.
- Golonka J. (۲۰۰۴). **“Plate tectonic evolution of the southern margin of Eurasia in the Mesozoic and Cenozoic”**. Tectonophysics, ۳۸۱(۱-۴), pp.۲۳۵-۲۷۳.
- Hacker B. R., Mosenfelder J. L., Gnos, E. (۱۹۹۶). **“Rapid emplacement of the Oman ophiolite: thermal and geochronologic constraints”**. Tectonics, ۱۵(۶), pp.۱۲۳۰-۱۲۴۷.

- Heidari S.M., Daliran F., Paquette J.L., Gasquet, D. (۲۰۱۵). **“Geology, timing, and genesis of the high sulfidation Au (–Cu) deposit of Touzlar, NW Iran”**. Ore Geology Reviews, ۶۵, pp. ۴۶۰–۴۸۶.
- HÉRAIL, G. ۱۹۸۴. **"Géomorphologie et géologie de l'or détritique (Piémonts et bassins intramontagneux du Nord-Ouest de l'Espagne)"**. CNRS, Paris
- Kazmin V. G., Ricou L. F. and Sbertshikov I. M. (۱۹۸۶). **“Structure and evolution of the passive margin of the eastern Tethys”**. Tectonophysics, ۱۲۳, pp. ۱۵۳–۱۷۹.
- Kerrick R., Goldfarb R. J., Groves, D., Garwin, S. (۲۰۰۰). **“The geodynamics of world-class gold deposits; characteristics, space-time distribution, and origins”**. Rev. Econ. Geol., ۱۳, pp. ۵۰۱–۵۵۱.
- Knite, J.B., Morison, S.R. and Mortensen, J.K. (۱۹۹۹): **"The relationship between placer gold particle shape, rimming, and distance of fluvial transport as exemplified by gold from the Klondike District"**, Yukon Territory, Canada: Economic Geology, v ۹۴, p. ۶۳۵–۶۴۸.
- McQuarrie N., Stock J. M., Verdel C., Wernicke, B. P. (۲۰۰۳). **“Cenozoic evolution of Neotethys and implications for the causes of plate motions”**. Geophysical research letters, ۳۰(۲۰).
- Mehrabi B., Yardley B.W.D., Cann, J.R. (۱۹۹۹). **“Sediment-hosted disseminated gold mineralisation at Zarshuran, NW Iran”**. Mineralium Deposita, ۲۴(۷), pp. ۶۷۳–۶۹۶.
- Melchiorre, E.B. and Henderson, J., ۲۰۱۹. **"Topographic gradients and lode gold sourcing recorded by placer gold morphology, geochemistry, and mineral inclusions in the east fork San Gabriel River, California, USA"**. Ore Geology Reviews, ۱۰۹, ۳۴۸–۳۵۷.
- Masoudy F. (۱۹۹۷). **“Contact metamorphism and pegmatite development in the region SW of Arak, Iran”**. PhD Thesis. University of Leeds. ۲۳۵p.
- Mohajjel M., Fergusson C. L., Sahandi M. R. (۲۰۰۳). **“Cretaceous–Tertiary convergence and continental collision, Sanandaj–Sirjan zone, western Iran”**. Journal of Asian Earth Sciences, ۲۱(۴), pp. ۳۹۷–۴۱۲.
- Mohajjel M., Fergusson C. L. (۲۰۰۰). **“Dextral transpression in Late Cretaceous continental collision, Sanandaj–Sirjan Zone, western Iran”**. Journal of Structural geology, ۲۲(۸), pp. ۱۱۲۵–۱۱۳۹.

- Mouthereau, F., Lacombe, O. and Meyer, B. (۲۰۰۶). **“The Zagros Folded Belt (Fars, Iran): constraints from topography and critical wedge modelling”**. Geophys. J. Int., ۱۶۵, ۳۳۶–۳۵۶.
- Mitchell W.A. (۱۹۷۵). **“Heavy minerals”**. In Soil components, pp ۴۴۹–۴۸۰. Springer, Berlin, Heidelberg.
- Nakagawa M., Santosh M., Nambiar C.G., Matsubara C. (۲۰۰۵). **“Morphology and chemistry of placer gold from Attappadi Valley, southern India”**. Gondwana Research, ۸(۲), pp.۲۱۳–۲۲۲.
- Orris G.J., Bliss J.D. (۱۹۸۵). **“Geologic and grade-volume data on ۳۳۰ gold placer deposits”**, U.S. Geological Survey Open-File Report ۸۵-۱۷۲ p.
- Palacios C., Hérail G., Townle B., Maksaev V., Sepúlveda F., de Parseval P., Rivas P., Lahsen A., Parada, M.A. (۲۰۰۱). **“The composition of gold in the Cerro Casale gold-rich porphyry deposit, Maricunga belt, northern Chile”**. The Canadian Mineralogist, ۳۹(۳), pp.۹۰۷–۹۱۵.
- Phillips, G. Neil, and Roger Powell., ۲۰۱۵. **“A practical classification of gold deposits, with a theoretical basis.”** Ore Geology Reviews, ۶۵ (۳), ۵۶۸–۵۷۳.
- Reimann c ,Filzmoser p .Garrett r.g (۲۰۰۵), **“Multivariate outlier detection in exploration geochemistry, Elsevier”**. Volume ۳۱, Issue ۵, June ۲۰۰۵, Pages ۵۷۹–۵۸۷.
- Ricou L. E. (۱۹۷۷). **“Le croissant ophiolitique pe’ ri-arabe. Une ceinture de nappes mises en place au Cre’ tace’ supe’ rieur”**. Rev. Géogr. phys. Géol. dynam., pp.۳۲۷–۳۵۰.
- Robertson A. H. F., Ustaomer T., Parlak O., Unlugenc U. C., Tasli K., Inan N. (۲۰۰۶). **“The Berit transect of the Tauride thrust belt, S Turkey: late cretaceous-early cenozoic accretionary/collisional processes related to closure of the Southern Neotethys”**. Journal of Asian Earth Sciences, ۲۷(۱), pp.۱۰۸–۱۴۵.
- Moles, N.R. and Chapman, R.J., ۲۰۱۹. **“Integration of detrital gold microchemistry, heavy mineral distribution, and sediment geochemistry to clarify regional metallogeny in glaciated terrains: Application in the Caledonides of southeast Ireland.”** Economic Geology, ۱۱۴ (۲), ۲۰۷–۲۳۲.
- Moghadam H.S., Li, X.H., Stern R.J., Ghorbani G. Bakhshizad F. (۲۰۱۶). **“Zircon U–Pb ages and Hf–O isotopic composition of migmatites from the Zanjan–Takab complex, NW Iran: constraints on partial melting of metasediments”**. Lithos, ۲۴۰, pp.۳۴–۴۸.

Moghadam H.S., Stern R.J. (۲۰۱۱). **“Late Cretaceous forearc ophiolites of Iran”**.

Island Arc, ۲۰(۱), pp.۱-۴.

Saki A., (۲۰۱۰). **“Proto-Tethyan remnants in northwest Iran: geochemistry of the gneisses and metapelitic rocks”**. Gondwana Research, ۱۷(۴), pp.۷۰۴-۷۱۴.

Svetlitskaya, T. V., Nevolko, P. A., Kolpakov, V. V. and Tolstykh, N.D., ۲۰۱۸. **"Native gold from the Inagli Pt–Au placer deposit (the Aldan Shield, Russia): geochemical characteristics and implications for possible bedrock sources. Mineralium Deposita"**, ۵۳ (۳), ۳۲۳-۳۳۸.

Townley B.K., Hérail G., Maksaev V., Palacios C., de Parseval P., Sepulveda F., Orellana R., Rivas P. Ulloa C. (۲۰۰۳). **“Gold grain morphology and composition as an exploration tool: application to gold exploration in covered areas”**. Geochemistry: Exploration, Environment, Analysis, ۳(۱), pp.۲۹-۳۸.

Taylor S. R., McLennan, S. M. (۱۹۸۵). **“The continental crust: its composition and evolution”**. Blackwell scientific publication carlton, ۳۱۲p.

Zaykov V.V., Melekestseva, I.Y., Zaykova E.V., Kotlyarov V.A., Kraynev Y.D. (۲۰۱۷). **“Gold and platinum group minerals in placers of the South Urals: composition, microinclusions of ore minerals and primary sources”**. Ore Geology Reviews, ۸۵, pp.۲۹۹-۳۲۰.

Robert, F., Poulsen, K.H. and Dube, B., ۱۹۹۷. **"Gold deposits and their geological classification. Exploration Geochemistry,"** ۲۹, ۲۰۹-۲۲۰.

ABSTRACT

Angoranchay placer gold deposit with an area of about 0.36 km^2 , is situated in Zanjan province, 10 km southeast of Mahneshan, and at the junction of Angoranchay and Qezel Ozan river. This deposit is located in the northern part of Sanandaj-Sirjan zone, which is one of the most significant gold-bearing metallogenic belts in Iran. The upstream rock units of the Angoranchay placer include the Late Precambrian rock assemblages with gneiss, amphibolite, micachist, marble and granite lithology, Oligocene lower red formation with conglomerate and thick bedded sandstone, Oligo-Miocene sedimentary-pyroclastic sequences with limestone, marl, conglomeratic limestone, rhyolitic and andesitic tuff and lava flows. Weathering and erosion release gold and the other heavy minerals from source rocks in the upstream and concentrate these minerals in the Angoranchay placer. The survey study results show that Au grade in -80 mesh fraction of sediments is higher than other size fractions. The average and maximum gold grade in -80 mesh fraction of sediments is 190 and 3070 ppb, respectively, which is 63 and 1190 times richer than the crustal abundance of Au (about 3 ppb). magnetite, ilmenite, hematite, oligist, spinel, garnet, pyroxene, amphibole, epidote, chlorite, biotite, apatite, zircon, rutile, anatase, sphene, leucoxene, pyrite, galena, sphalerite, cerussite, smithsonite, native lead, chalcopryrite, malachite, corundum, cinnabar, barite, fluorite, scheelite, realgar, orpiment, and stibnite. The minimum, average, and maximum of native gold values are 47 , 274 , and 991 ppb, respectively. The mean length and width of gold grains are 393 and 239 micrones based on microscopic observations, and 331 and 190 micrones based on SEM technique. The morphological study of 260 gold particles shows that these particles have lumpy (190 particles), platy (20 particles), bar (10 particles), fibrous- lamellar (2 particles), and film (2 particles) shapes. Native gold grains are rounded (60% grains), semi-rounded (20% grains), semi-angular (10% grains), and well-rounded (2% grains), indicating that the gold-bearing source rocks are at different distances from the Angoranchay placer. The study of gold grains chemistry by EPMA shows that the Au, Ag, and Cu form the major composition of gold grains. The average values of Au in the rim and core of gold grains are 91.93 and 88.79% , Ag 2.31 and 0.74% , and Cu 0.01 and 0.03% , respectively. The Au grade in the rim of grains is higher than their core, which indicates the dissolution of Ag during the erosion and weathering of gold grains. The fineness index of gold particles varies from 900 to 1000 and indicates the high purity of gold particles. Comparison of the chemical composition of native gold grains from the Angoranchay placer with those of various gold deposits display that their similarity and affinity with epithermal gold deposits. The reservoir of native gold ($> 60 \mu$ in size) in the Angoranchay placer to depth of 20 meters is estimated about 1233 kg .

Keywords: Placer, gold grains, morphology, composition, epithermal gold deposits, Angoranchay, Zanzan.



Shahrood University of Technology

Faculty of Earth Sciences
M.Sc. Thesis in Economic Geology

Morphology and Mineral chemistry of gold in the Angoran gold plaser deposit, Mahnesan

By: Mahsa Mohaghegh

Supervisor:

Dr. Masoud Alipourasl

Dr. Maryam Sheibi

October ۲۰۲۱