وزارت صنایع و معادن

سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور

طرح پی جویی مواد معدنی

طرح اکتشاف قلع و تنگستن در منطقه خاکو همدان

تهیه کنندگان

منوچهر سهیلی : زمین شناسی (فصل اول)

سلیمان کوثری : اکتشافات ژئوشیمیایی (فصل دوم)

مجری طرح : محمد جواد واعظی پور

مشاور : شرکت توسعه علوم زمین

۱۳۸۱

فهرست مطالب

۱- کلیات
۱-۱- موقعیت جغرافیایی
۱-۲- راه های ارتباطی
۱-۳- زمین ریخت شناسی
۱-۴- آب و هوا
۱-۵- جغرافیای انسانی
۲- پیشگفتار
۳- شرح واحدهای سنگ شناختی
۳-۱- مقدمه
۳-۲- بخش گرانیتی
۳-۲-۱- گرانیت پورفیریتیک
۳-۲-۲- گرانیت آمفیبول دار
۳-۲-۳- گرانیت های آلوده
۳-۲-۴- اپلیت، اپلیت های پگماتیتی
۳-۳- سنگهای رگه ای
۳-۳-۱- پگماتیت ها
۳-۳-۱-۱- پگماتیت های کهن
۳-۳-۱-۲- پگماتیت های جوان
۳-۳-۲- رگه های کوارتزی
۳-۴- بخش دگرگونه (هورنفلس)
۳-۴-۱- هورنفلس های اندالوزیت کوئردیریت
۳-۴-۲- هورنفلس های بیوتیت گرونادار
۴- زمین شناسی تاریخی و سیر تحولات ساختمانی

فصل اول

گزارش زمین شناسی منطقه خاکو

واقع در جنوب شهرستان همدان

مقیاس ۱:۵۰۰۰

۱ - کلیات

۱-۱ - موقعیت جغرافیایی

محدوده مورد مطالعه پهنه ای است به شکل متوازی الاضلاع به وسعت تقریبی ۷ کیلومتر مربع (بر اساس عکس هوایی ۱:۵۰۰۰ بزرگ شده از ۱:۲۰،۰۰۰) که در فاصله ۶ کیلومتری جنوب شهرستان همدان و یک کیلوتری باختر روستای خاکو واقع شده است (شکل شماره ۱). مختصات جغرافیایی آن عبارتست از :

A ۴۸ ۳۰ ۰۹ E ۳۴ ۴۲ ۲۰ N	B ۴۸ ۳۲ ۵۹ E ۳۴ ۴۲ ۵۹ N
C ۴۸ ۳۰ ۳۰ E ۳۴ ۴۱ ۰۸ N	D ۴۸ ۳۲ ۲۹ E ۳۴ ۴۱ ۴۰ N

۱-۲ - راه های ارتباطی

از دو طریق میتوان به محدوده مورد نظر دسترسی پیدا کرد.

الف) با استفاده از جاده اسفالته همدان – خاکو و از آنجا بطریق جاده خاکی (معدن سنگ) به شمال محدوده میتوان رسید.

ب) از طریق راه اسفالته همدان – ابرو و از آنجا با استفاده از راه خاکی ابرو – قبله بلاغی (که راهی کوهستانی و صعب العبور است) میتوان با اتومبیل کمک دار به جنوب محدوده دسترسی پیدا کرد.

در میانه محدوده راه اتومبیل رو وجود ندارد.

۳-۱- زمین ریخت شناسی

بوم مورد مطالعه پهنه ای است کاملا کوهستانی. بلندترین نقطه آن که در گوشه جنوب باختری است حدودا ۳۲۰۰ متر و پست ترین محل که در شمال خاوری میباشد ۲۴۰۰ متر از سطح دریا ارتفاع دارد. کوه های شاه نظر با ۲۹۴۴ متر در شمال باختری و کوه کمر تنگانه با ۲۹۲۴ متر ارتفاع در جنوب خاوری قرار دارد. دره های دره پیچ پیچه، دره باریکه و دره شاه نظر با امتداد شمالی – جنوبی پس از جمع آوری آب های حوضه خود هر سه در جنوب به دره خاکو که تقریبا امتداد خاوری – باختری دارد میپیوندند.

٤-۱- آب و هوا

با توجه به ارتفاع زیاد آن، تابستانهایش معتدل و کوتاه مدت و زمستانهایش سرد و طولانی است. نزولات جوی اکثرا بصورت برف به زمین میرسد و معمولا از اواخر آبان ماه تا اوائل اردیبهشت برف بر زمین میماند.

۵-۱- جغرافیای انسانی

پهنه مورد مطالعه اصولا منطقه ای است ییلاقی، وجود چشمه ساران متعدد و پوشش گیاهی (مرتع) مناسب سبب گردیده که از اواخر بهار تا اواخر تابستان پذیرای ایلات چادرنشین که به دامپروری مشغولند باشد، در نواحی جنوبی محدوده خصوصا دو سوی دره خاکو نیز باغهای متعدد میوه ایجاد شده است.

٦-۱- کارهای پیشین

صرف نظر از مطالب و یادداشت های پراکنده ای که از دیرباز در خصوص زمین شناسی منطقه همدان بویژه سنگهای دگرگون آن و بعضا در باره گرانیت الوند، توسط محققان مختلف نوشته شده بود برای اولین بار زمین شناسی این ناحیه بصورت بخشی از چهارگوش ۱:۲۵۰،۰۰۰ همدان که توسط سازمان زمین شناسی کشور در سال ۱۳۵۰ منتشر شده ارائه گردید. در سال ۱۳۷۰ زمین شناسی منطقه همدان در قالب ورقه ۱:۱۰۰،۰۰۰ همدان توسط همان سازمان منتشر گردیده

است. در طی سالهای اخیر ویژگیهای زمین شناسی همدان از دیدگاههای مختلف در چارچوب پایان نامه های فوق لیسانس و رساله های دکترا به کرات مورد مطالعه قرار گرفته است.

۲- پیشگفتار

علاوه بر اینکه سنگهای گرانیتی بخش بزرگی از محدده مطالعه را میپوشانند، ماهیت و شکل گیری دیگر رخنمونهای سنگی و کانی سازی احتمالی نیز در راستای جایگزینی همین سنگها توجیه پذیر میباشند. لذا مقدما و بصورت خلاصه و مختصر ، مشخصات توده گرانیتی الوند بیان میگردد.

توده گرانیتی الوند که در جنوب و باختر شهر همدان قرار دارد باتولیتی است که رخنمون آن در سطح به شکل تقریبی بیضی است که در امتداد قطر کوچک، کوتاه شدگی آن بیش از دو انتها میباشد. درازای آن تقریبا ۴۰ کیلومتر و کمترین پهنایش که در میانه رخنمون قرار دارد در حدود ۵ کیلومتر داشت. روند آن شمال باختر – جنوب خاوری است و وسعتش حدودا به ۵۰۰ کیلومتر مربع میرسد (شکل شماره ۲).

گرانیت مذکور گرانیتی است پورفیروئید با بلورهای درشت فلدسپات های اورتوز – میکروکلین و پلاژیوکلازها که اکثرا درحد البیت اولیگوکلاز میباشند. بلورهای میکروکلین پرتیتی گاه بطول ۱۰ سانتی متر نیز دیده میشوند.

گرانیت یاد شده از دیدگاه منشا (ژنز) از نوع گرانیت S میباشد. مطالعات اخیر، ژنز آن را در رابطه با تزریق سنگهای مافیک به ویژه گابروی اولیوین دار میدارند. بدین سان که سنگهای مذکور با منشاء گوشته ای و یا ذوب بخشی پوسته فرو راده اقیانوسی تشکیل و به محض ورود به پوسته، بدلیل بالا بودن حرارتش شرایط ذوب بخشی پوسته و تشکیل ماگمای فلسیک را فراهم میکند. اختلاط دو ماگما صورت میپذیرد و سنگهای حدواسط دیوریت، کوارتزدیوریت، مونزودیوریت و سینوگرانیتها در این رابطه ایجاد شده اند. بدیهی است که در نهایت بخشی از سنگهای مافیک نیز همچنان باقی می مانند. زمان شکل گیری و جایگزینی این توده بر اساس مطالعات انجام شده به روش تعیین سن مطلق (روبیدیم – استرانسیوم) ۸۰-۶۳ میلیون سال تعیین شده است.

۳- شرح واحدهای سنگ شناختی

۳-۱- مقدمه

محدوده مورد مطالعه با وسعت حدودا ۷ کیلومتر مربع در حاشیه جنوب باختری توده گرانیتی الوند، نزدیک به محلی که پهنای برون زد توده به حداقل رسیده قرار دارد. از این وسعت ۴ / ۳ کیلومتر مربع آن در قلمرو سنگهای دگرگونه و در بقیه سطوح سنگهای گرانیتی رخنمون یافته اند (شکل ۲). به عبارت دیگر محدوده را میتوان به سه بخش گرانیت ها، پگماتیت ها و سنگهای دگرگونه (هورنفلس)

۳-۲- بخش گرانیتی

این بخش شامل گرانیت های ذیل میباشند.

۳-۲-۱- گرانیت پورفیریتیک

این سنگها که بیش از ۷۵٪ از رخنمون های بخش گرانیتی را تشکیل داده اند. شامل سنگهای گرانیتی درشت بلوری هستند که دارای رنگ روشن میباشند. از دیدگاه زمین ریخت شناسی ضمن آنکه ارتفاعات را ساخته اند ولی اکثر قریب به اتفاق در سطوح هوازده بصورت بلوکهای کم و بیش مجزا ولی در کنار هم قرار گرفته و به عبارت دیگر رخساره پشت گوسفندی ایجاد نموده اند. دراین سنگها قطعاتی با ابعاد متفاوت از سنگهای هورنفلسی بصورت بیگانه سنگ یا Exsotic block دیده میشود.

ویژگیهای میکروسکپی این سنگها عبارتند از :

بافت پورفیریتیک بسیار مشخص دارند. کانیهای اصلی آن شامل کوارتز فلدسپاتهای قلیایی (اورتوز – میکروکلین) و پلاژیوکلازها که عمدا از جنس البیت تا اولیگوکلاز میباشند. زیرکن، اپاتیت، تورمالین و کانیهای تیره از عمده ترین کانیهای فرعی این سنگها هستند. این سنگها با توجه به تغییرات جزئی که در کانی شناسی آنها دیده میشود. از دیدگاه سنگ شناختی از گرانیت تا مونزوگرانیت تغییر مینمایند.

۲-۲-۳- *گرانیت امفیبول دار*

توده کوچکی از این سنگ در بخش گرانیتی جایگزین گردیده است. از مشخصه این سنگ، آنکه در صحرا و در سطوح فرسایشی بویژه در آرن های حاصله از آن دگرسانی لیمونیتی دیده میشود که این پدیده میتواند فرع دگرسانی بلورهای آمفیبول باشد. ویژگیهای میکروسکپی این سنگها عبارتند از :

بافت هیپ ایدیومورفیک دارند، بلورهای هم رشد فلدسپات پتاسیک (اورتوز – میکروکلین، پرتیتی، با بلورهای نیمه شکل دار تا بی شکل، با اندازه میانگین ۱/۲×۱ میلیمتر ودرصد حجمی ۴۵٪-۴۰٪) (عکس شماره ۱).

عکس شماره ۱- نمایی از بلورهای میکروکلین در سیستم بافتی هیپ ایدیومورفیک XPL(۶،۳×۱۰)

پلاژیوکلاز (البیت، الیگوکلاز، با ماکل پلی سنتتیک، به مقدار کم سریسیتی شده به فرم بلورهای منشوری نیمه شکل دار با میانگین اندازه ۱/۵×۰/۹ میلیمتر و درصد حجمی ۲۰٪–۱۵٪). کوارتز (با بلورهای بی شکل با میانگین ابعاد ۰/۶×۰/۶ میلیمتر و درصد حجمی حدود ۲۰٪). آمفیبول سدیک سبز رنگ (با بلورهای بیشکل، حاوی دو سیستم کلیواژ که یکدیگر را با زوایه حاده و منفرجه قطع کرده اند (عکس شماره ۲) نشان دهنده چند رنگی سبز تقریبا روشن تا سبز تیره و با درصد حجمی حدود ۱۵٪) همراه با کانیهای فرعی نظیر اسفن و مقدار کمی تورمالین میباشد

عکس شماره ۲- نمایی از دو سیستم رخ در آمفیبول سدیک که یکدیگر را تحت زوایای ۵۶ و ۱۲۴ درجه قطع مینمایند.

۳-۲-۳- گرانیت های آلوده contaminated granite

این سنگها با توجه به داشتن کانیهای دگرگونه، با احتمال زیر حاصل هضم ناقص یا آمیختگی سنگهای دگرگونه با ماگمای گرانیتی است. سنگهای یاد شده درمحل ژیزمان با رنگ هوازده تیره تر در دید کلی و بافت دانه ریزتر مشخص میگردند. وجود کانیهای تیره از جمله بیوتیت ونیز کانیهای دگرگونه بویژه گرونا آنها را از دیگر سنگهای گرانیتی قابل تشخیص ساخته است. ویژگیهای میکروسکپی این سنگها عبارتند از :

بافت گرانوبلاستیک یکسان دانه .even grained granoblastic tex دارند.

کوارتز بصورت بلورهای همرشد (بیشکل با ابعاد۰/۱×۰/۱۸ میلیمتر تا ۰/۷×۰/۹ میلیمتر، با درصد حجمی حدودا ۴۰-۳۵٪)

بیوتیت : با بلورهای منشوری تا تابولار به ابعاد متوسط ۰/۳۶×۰/۶ میلیمتر، نشان دهنده چند رنگی از قهوه ای تیره تا قهوه ای روشن، گاه دربردارنده انکلوزیونهای زیرکن با هاله پلئوکروئیک و درصد حجمی ۲۰-۱۵٪.

پلاژیوکلاز : با بلورهای نیمه شکل دار البیت، حاوی ماکل پلی سنتتیک، با اندازه متوسط ۰/۵×۱/۲ میلیمتر و با درصد حجمی ۲۵-۲۰٪ .

گرونا : با بلورهای تقریبا گرد وبا برجستگی بالا، گاه حاوی انکلازیون های کوارتز، بیوتیت با فابریک پوئی کلینیک با ابعاد ۱/۵×۱/۲ و درصد تقریبی ۱۰٪ و مقدار مختصر، کانه ای اوپاک (opaque minerals) (عکس شماره ۳).

عکس شماره ۳- نمایی از بلور گرونا با فابریک پولی کلیتیک حاوی انکلوزیونهای ریز کوارتز، بیوتیت و... PPL (۶.۳×۱۰)

٤-٢-٣- اپلیت ، اپلیت های پگماتیتی

در حاشیه توده گرانیتی، رگه های اپلیتی، گاه پگماتیتی بصورت عدسیهای باریک و طویل که عموما در راستای شمال – جنوب و بصورت منفصل از هم و گاه در یک امتداد ولی موازی با هم در گرانیت و هم در هورنفلس ها جایگزین گردیده اند. از نظر ظاهر ویژگی اصلی این سنگها، بافت یکنواخت و نسبتا ریزدانه و رنگ روشن متمایل به سفید آنها است. به این خصوصیات میتوان وجود فراوان بلورهای ریز مسکویت، بلورهای پراکنده تورمالین و گرونا نیز اضافه نمود.

مشخصات میکروسکپی این سنگها عبارتند از :

بافت گرانولار هیپ ایدیومورفیک تقریبا یکسان دانه دارند.

(Relatively even-grained hypidiomorphic granular tex.)

عکس شماره ۴- نمایی از بافت گرانولا ر هیپ ایدیومورفیک تقریبا یکسان دانه اپلیت پگماتیتی با همرشدی میکروکلین، کوارتز، پلاژیوکلاز، فلدسپات پتاسیک ، موسکویت، تورمالین و گرونا XPL (۶،۳×۱۰)

پلاژیوکلاز (البیت – اولیگوکلاز ؟) ، کوارتز و بلورهای تیغه ای تا رشته ای موسکویت که درصد حجمی ۲۰-۱۵٪ را تشکیل میدهند.
تورمالین با چند رنگی معکوس از آبی تا سبز زیتونی و گاه بلورهای گرونا با برجستگی بالا دراین سنگها دیده میشوند. با توجه به خصوصیات یاد شده چنین استنباط میگردد که این سنگها در حاشیه توده گرانیتی (آنچنان که هست) و به طریق پس ماگمایی Late magmatic stage ایجاد گردیده و تقریبا در همان جاهایی که سیالات پس ماگمایی فعال میباشند و زون همبری هورنفلس را ایجاد مینمایند به شکل تاخیری ، دیگر سنگها را بریده و جایگزین گردیده اند. لذا از دیدگاه نام شناسی (ترمینولوژی) این سنگها را میتوان نوعی ایلیت پگماتیتی پس ماگمایی نامید. Late magmatic pegmatitic aplite

۳-۳- سنگهای رگه ای

۳-۳-۱- پگماتیت ها

پگماتیت ها در ماحل پایانی جایگزینی توده های گرانیتی و پیش از انجماد کامل و شکل گیری آن در فرآیند فاز پگماتیتی، که فرآورده های آن با تاخیر نسبت به توده اصلی شکل میگیرند. غالبا به اشکال شیل (یا عدسیهای کم وسعت) و دایک استقرار می یابند. از نظر زمان جایگزینی و منشاء و نیز تحمل فازهای دگرشکلی، پگماتیت های موجود در منطقه به دو نوع تقسیم گردیده اند.

۳-۳-۱-۱- پگماتیت های کهن

این پگماتیت ها فقط در سنگهای هورنفلس جای گرفته اند و دگر شکلی ایجاد شده در آنها به تبعیت از سنگ میزبانشان میباشد (عکسهای شماره ۷، ۶، ۵)

عکس شماره ۵- نمایش پگماتیت های چین خورده قدیمی که پیش از جایگزینی باتولیت الوند در سنگهایی که امروزه بصورت هورنفلس آمدهاند جایگزین گردیده اند.

عکس شماره ۶- نمایش رگه های کوارتز، پگماتیت چین خورده که پیش از جایگزینی توده باتولیتی در سنگهایی که امروزه بصورت هورنفلسهای اندالوزیت، کوئردیریت دار درآمده اند، جایگزین گردیده اند.

عکس شماره ۷- نمایش رگه پگماتیتی بودیته شده که پیش از جایگزینی توده باتولیتی در سنگهایی که امروزه بصورت هورنفلس درآمده اند، جایگزین گردیده اند.

۲-۱-۳-۳- *پگماتیت های جوا*

این پگاتیت ها به کرات در بخش گرانیتی و گهگاه در هورنفلس موجود در حاشیه آنها جایگزین گردید اند. از مشخصه بارز این رگه های پگماتیتی رنگ روشن آنها نسبت به سنگهای میزبانشان و نیز تظاهر بلورهای درشت کوارتز و فلدسپات در آنها، در اکثر این رگه ها کوارتز صورتی یا (rose quartz) ، بلورهای درشت تورمالین (گاه طویل و گاه بصورت مجتمع) بلورهای درشت گرونا با قطر بیش از ۵ میلیمتر دیده میشود. عکسهای شماره ۹ و ۸.)

عکس شماره ۸- نمایش رگه پگماتیتی مرتبط با باتولیت الوند که در فاز تاخیری در گرانیت ها جایگزین گردیده است.

عکس شماره ۹- نمایش رگه پگماتیتی توربالین، گارنت دار جایگزین شده در سنگهای گرانیتی

در اینجا لازم است به این موضوع اشاره گردد که در خارج از محدوده و با فاصله کم (در مسیر جاده همدان – خاکو و نیز با فاصله کم از مرز شمالی محدوده) گرانیت تورمالین داری جایگزین گردیده که از مشخصه بارز آن وجود بلورهای تورمالین با رخساره شعاعی است که اصطلاحا به نام خورشید تورمالین یا لوکسیلیانیت معروف است. این گرانیت نسبت به گرانیت الوند دانه ریزتر و رنگش در سطوح هوازده و کرمی روشن میباشد (عکس شماره ۱۱ و ۱۰).

عکس شماره ۱۰– نمایش گرانیت تورمالین دار (لوکسیلیانیت؟) اسفرولیت های تورمالین یا خورشید تورمالین. این سنگها در خارج از محدوده مورد مطالعه در مسیر جاده خاکو – همدان رخنمون دارند.

عکس شماره ۱۱- نمایش گرانیت تورمالین دار (لوکسیلیانیت؟) اسفرولیت های تورمالین بصورت کوهک با برجستگی مشخص در سطح سنگ دیده میشود. محل و ژیزمان حدودا ۵۰۰ متر دورتر از حد شمالی محدوده مورد مطالعه.

ویژگیهای میکروسکپی این پگماتیت های اخیر عبارتند از :

بافت هیپ ایدیومورفیک هلوکریستالین دارند (Hypidiomorphic holocrystalline tex.)

کانیهای اصلی : میکروکلین که با بلورهای نیمه شکل دار و با دو سیستم رخ عمود بر هم و با فابریک شیلرن (Shieleren Fabric) دیده میشود یکی از اجزاء اصلی این سنگ میباشد، اندازه متوسط بلورها ۲/۱×۱/۶۵ میلیمتر و تقریبا ۲۵-۲۰٪ از حجم اصلی سنگ را ساخته اند (عکس شماره ۱۲).

عکس شماره ۱۲– نمایی از بافت هیپ ایدیومورفیک که در آن بلورهای نیمه شکل دار میکروکلین، فلدسپات پرتیتی کوارتز در کنار هم رشد کرده اند بدون آنکه افت بلورها در بین آنها وجود داشته باشد.

اورتوز نوع پرتیتی که طی اکسولوشن و جدایش در اثر سرد شدن و تبلور ارتوز و البیت ایجاد شده ۴۰– ۳۵ درصد از سنگ را ساخته اند.

کوارتز با بلورهای بی شکل با ابعاد متوسط ۱/۲×۱/۷ میلیمتر و با درصد حجمی ۲۵–۲۰٪ که در بین بلورهای دیگر رشد نموده است.

موسکویت با بلورهای رشته ای و با بافت فیبری حدودا ۳٪ حجم سنگ را ساخته اند.

پلاژیوکلازها (البیت – الیگوکلازها) با بلورهای نیمه شکل دار به ابعاد ۰/۴×۰/۶ و درصد حجمی ۵٪ دیده میشوند.

کانیهای فرعی : تورمالین با بلورهای نیمه شکل دار تا بی شکل که دارای چند رنگی آبی فیروزه ای تا سبز متمایل به آبی است. ۵–۳٪ حجم سنگ را میسازند. اندازه بلورهای مذکور به ۰/۹×۴/۹ میلیمتر هم میرسند (عکس شماره ۱۳).

عکس شماره ۱۳- نمای از کانی تورمالین که بطور همرشد درکنار پرتیت و میکروکلین تبلور یافته است. XPL (۶،۳×۱۰)

۲-۳-۳- رگه های کوارتزی

این رگه ها که اکثرا در سنگهای دگرگونه (هورنفلس ها) و بندرت در توده گرانیتی جایگزین گردیده اند، میتوانند حاصل استقرار و انجاماد محلولهای باقیمانده در مراحل آخر فاز پگماتیتی باشند که بشدت سرشار از SiO_2 بوده اند و یا اینکه در طی فرآیندهای دگرگونه SiO_2 آزاد و روان شده و در سطوح شیستوزیته یا در امتداد شکستگیها که اصولا نقاط ضعف میباشند جایگزین گردیده و باشند. رگه های کوارتزی موجود در این محدوده اغلب طولشان کمتر از ۱۰ متر و پهنای آنها به ندرت به یک متر میرسد.

۴-۳- بخش دگرگونه (هورنفلس ها)

سنگهای این بخش را به دو واحد هورنفلس اندالوزیت کوئردیریت دار و هورنفلسهای گارنت بیونیت دار میتوان تقسیم نمود :

۱-٤-۳- *هورنفلس های اندالوزیت کوئردیریت دار*

این سنگها که بصورت هاله ای با پهنای حداکثر یک کیلومتر در شرق بخش گرانیتی دار فصل مشترک آن قرار دارد شامل سنگهایی است که کالا فاقد فولیاسیون میباشند، رنگ سیاه تا خاکستری تیره دارند و حاوی بلورهای درشت و طویل اندالوزیت های صورتی رنگ که گاه درازایشان به بیش از ۱۰ سانتیمتر و پهنایشان به ۱ تا ۱/۵ سانتیمتر میرسد میباشند (عکس شماره ۱۴).

عکس شماره ۱۴- نمایی از بلورهای طویل اندالوزیت، بعضا از نوع کیاستولیت وبطور پراکنده بلورهای کوئردیریت درهورنفلسهای اندالوزیت دار

علاوه بر بلورهای اندالوزیت بلورهای کوتردیریت نیز به وفور و سیلیماتیت کمتر در این سنگها تشکیل شده است. بلورهای کوئردیریت با اشکال چهارگوش متمایل به متوازی الاضلاع با برجسته تر بودن در سطوح هوازده از ویژگیهای این هورنفلس ها میباشد (عکس شماره ۱۵).

عکس شماره ۱۵- نمایش بلورهای کوئردیریت و بطور پراکنده بلورهای اندالوزیت در هورنفلس های اندالوزیت دار

در این سنگها در اثر شدت متامرفیسم لایه بندی اولیه کاملا محو گردیده ولی آثار و شبح چین خوردگیهای کهن دیده میشود. این چین خوردگیها خصوصا در محلهایی که رگه های کوارتزی یا عدسیهای پگماتیتی قدیمی جایگزین گردیده بودند بعلت تغییر رنگشان با سنگ میزبان امروز بوضوح شدت دگرشکلی حاصل از چین خوردگی را نشان میدهند.

در منتهی الیه جنوبی منطقه وکمی خارج از آن این سنگها به رخساره های میگماتیت شباهت بیشتری می یابند.

با توجه به مطالعات میکروسکپی مجموعه کانیهای متشکله این هورنفلس ها عبارتند از :

Andalusite, cordierite, sillimanite, garnet, Biotite, Muscovite, Alkalifeldspar, plagioclase (oligoclase-andesine) tourmaline, chlorite, opaque mineral

بعضی از بلورهای کوئردیریت در این سنگها بر اثر نوعی متاسوماتیزم برگشتی به مجموعه ای از :

Andalosite, Biotite, Muscovite, Tormaline یا Garnet, Sillimanite تبدیل شده است.

۲-٤-۳- هورنفلس های بیوتیت گرونا دار

این سنگها در ادامه هورنفلس های اندالوزیت دار بسوی شرق در پهنه ای موازات پهنه هورنفلسهای اندالوزیت کوئردیریت دار در سطحی به مساحت ۱/۸ تا ۲ کیلومترمربع در شرق محدوده رخنمون دارند. رنگ این سنگها در سطوح هوازده خاکستری تیره تا متمایل به سیاه میباشند و در سطوح تازه شکست نیز کم و بیش بهمان رنگ دیده میشوند. بافت ریزدانه دارند ولی سطوح لایه بندی در آنها بخوبی حفظ و دیده میشود. ویژگیهای میکروسکپی این سنگها عبارتند از :

دارای بافت گرانوبلاستیک تا پورفیروبلاستیک .Granoblastic to porphyroblastic tex میباشند. سنگ دارای زمینه ای که حاصل رشد تواما کوارتز و فلدسپات با ابعاد یکنواخت و در حدود ۱۵۰×۱۵۰ است تشکیل گردیده. بلورهای ریز بیوتیت زایش جدید یا نئوفورمه نیز بطور هم زیست با آنها دیده میشود. در این زمینه فنوبلاست هایی از گرونای شکل دار وجود دارد. بیشترین درصد حجمی سنگ را زمینه فلسیک + بیوتیت نئوفورمه تشکیل داده و فنوبلاست های گرونا حدودا ۱۰٪ حجم آن را ساخته اند.

٤- زمین شناسی تاریخی و سیر تحولات ساختمانی

از آنجا که سنگهای رخنمون یافته در منطقه همدان بغیر از نهشته های اولیگوسن و جوانتر تماما دگرگونه میباشند، لذا تعبیر و تفسیر رخدادهای زمین ساختی و فرایندهای مربوط به آنها را تا حدی مشکل میسازد. تعلق اسلیت، فیلیت و شیست های همدان به عهد ژوراسیک با توجه به فسیلهایی که به ندرت در آنها یافت گردیده تردید ناپذیرند. فقدان کنگلومرای پایه در پی نهشته های کرتاسه از یک سو و شیستوز بودن آهکهای اوربیتولین دار کرتاسه پائین از سوی دیگر ، تعیین زمان وقوع فرایند متامورفیسم ناحیه ای را از این جهت مشکل میسازد که آیا بنابر آنچه که سابقا اظهار میشد فاز کیمری پسین در منطقه کارساز بوده است؟ و گر چنین بوده پیآمد و شواهدش در زمین چیست و کجا دیده میشود؟ نهشته های کهن تر از ژوراسیک شناخته نشده و نفوذ گرانیت نیز در سنگهای دگرگونی ژوراسیک و ایجاد دگرگونی مجاورتی و به تبع آن شکل گیری هورنفلس ها در هاله توده آنهم با وسعت در حد توجه به این ابهامات نیز افزوده است. اما آنچه که مسلم است با توجه به تعیین سن مطلق انجام شده ، باتولیت الونددر ۶۳ تا ۸۰ میلیون سال قبل (یعنی تقریبا در اواخر کرتاسه بالایی) و درپی جنبش های کوهزایی هم ارز فاز لارامین جایگزین گردیده است. وجود قلوه هایی از گرانیت در

پایه نهشته های اولیگومیوسن نیز موید این اندازه گیری است. با توجه به آنچه گذشت اظهارنظر در باره مسائل زمین ساختی محدوده مورد مطاله با توجه به وسعت (۷-۶ کیلومتر مربعی) مشکل و منطقی نیست اما از آنجا که پدیده و یا اشکال غیر عادی با توجه به فرآیندهای ذکر شده دیده نمیشود لذا میتوان اظهار نمود که پدیده تکتونیکی درخور اشاره ای سوای آنچه گذشت در این محدوده رخ نداده است. الگوی آبراهه ها چه در بخش گرانیتی و چه در بخش هورنفلسی موید این امر است که دره های ایجاد شده دره های تکتونیکی نیستند و در هاله نیز با توجه به ارتباط منطقی سنگ شناختی موجود بین بخش های یاد شده دلالت بر را عادی بودن رابطه آنها می نماید.

فصل دوم

اکتشافات ژئوشیمیایی منطقه خاکو

واقع در جنوب شهرستان همدان

فهرست مطالب

۱- بخش اول : کلیات

۱-۱- پیشگفتار

۱-۲- تشکرات

۱-۳- مطالعات قبلی

۲- بخش دوم : اکتشافات

۲-۱- طرح نمونه برداری

۲-۲- آماده سازی نمونه ها

۲-۳- تجزیه نمونه ها

۳- بخش سوم : تجزیه ، تحلیل و تفسیر داده ها

۳-۱- پردازش داده ها

۳-۲- مطالعات و نتایج کانیهای سنگین

۳-۳- انتشار عناصر و رابطه آنها با واحدهای مختلف سنگی

۳-۴- بحثی پیرامون پتانسیل کانی سازی توده گرانیت الوند

۳-۴-۱- شاخصه های ژئوشیمیایی در ارزیابی توده های مولد وعقیم

۳-۴-۱-۱- انتشار لاگ نرمال عناصر در توده های گرانیتوئیدی

۳-۴-۱-۲- شاخص های توده های نفوذی فلسیک

۳-۴-۱-۳- شاخصه های نسبت عناصر

۳-۴-۱-۴- شاخصه های ژئوشیمیایی در منطقه اکتشافی خاکو

۳-۴-۱-۵- نتایج حاصل از مطالعه مقاطع صیقلی

٤- بخش چهارم : نتایج و پیشنهادات

۴-۱- نتایج

۴-۲- پیشنهادات

۴-۳- فهرست منابع

۵- بخش پنج : پیوست ها

۵-۱- *پیوست شماره ۱ : صورت آنالیز ها*

۱- صورت تجزیه عناصر Au, Sn, W به روش جذب اتمی	پیوست شماره ۱-۱
۲- صورت تجزیه ۴۸ نمونه سنگی به روش ICP	پیوست شماره ۱-۲
۳- صورت تجزیه گروه بندی واحدهای مختلف سنگی	پیوست شماره ۱-۳
۴- صورت تجزیه نمونه های کانی سنگین	پیوست شماره ۱-۴
۵- پارامترهای آماری نمونه های کانی سنگین	پیوست شماره ۱-۵
۶- همبستگی خطی کانیهای سنگین	پیوست شماره ۱-۶
۷- پارامترهای آماری عناصر Au, Sn, W در ۱۴۵ نمونه سنگ	پیوست شماره ۱-۷
۸- پارامترهای آماری عناصر در ۴۹ نمونه سنگ	پیوست شماره ۱-۸
۹- پارامتهای آماری عناصر در نمونه های آپلیت	پیوست شماره ۱-۹
۱۰- محاسبات چند عاملی عناصر در نمونه های آپلیت	پیوست شماره ۱-۱۰
۱۱- پارامترهای آماری عناصر در نمونه های هورنفلس	پیوست شماره ۱-۱۱
۱۲- پارامترهای آماری عناصر در نمونه های پگماتیتی	پیوست شماره ۱-۱۲
۱۳- پارامترهای آماری عناصر در نمونه های گرایزنی	پیوست شماره ۱-۱۳
۱۴- پارامترهای آماری عدر نمونه های گرانیتی	پیوست شماره ۱-۱۴
۱۵- پارامترهای آماری در کل واحدهای سنگی (۴۹ نمونه)	پیوست شماره ۱-۱۵
۱۶- مشخصات زمین شناسی رگه ها و دایکهای نمونه بردرای شده	پیوست شماره ۱-۱۶

۵-۲- *پیوست شماره ۲ : نمودارها*

۱- نمودار انتشار کانیهای سنگین	پیوست شماره ۲-۱
۲- نمودار انتشار برخی از عناصر در ۴۸ نمونه سنگی	پیوست شماره ۲-۲

۵-۳- *پیوست شماره ۳*

۱- گزارش مقاطع صیقلی	پیوست شماره ۳-۱
۲- گزارش مطالعات کانیهای سنگین	پیوست شماره ۳-۲

فهرست جداول

۱- آماده سازی نمونه های سنگ	T.۱
۲- آماده سازی نمونه های کانی سنگین	T.۲
۳- صورت تجزیه نمونه های سنگ ۱۴۵ عدد	T.۳
۴- صورت تجزیه نمونه های سنگ ۴۹ عدد	T.۴
۵- صورت تجزیه گروه های مختلف سنگی	T.۵
۶- صورت تجزیه نمونه های کانی سنگین	T.۶
۷- پارامترهای آماری نمونه های کانی سنگین	T.۷
۸- همبستگی خطی نمونه های کانی سنگین	T.۸
۹- مشخصات سنگ شناسی نمونه های سنگی	T.۹
۱۰- مشخصات آماری عناصر Au, sn, W در ۱۴۹ نمونه سنگ	T.۱۰
۱۱- مشخصات آماری عناصر در ۴۹ نمونه سنگ	T.۱۱
۱۲- مشخصات آماری عناصر در ۴۹ نمونه سنگ	T.۱۲
۱۳- مشخصات آماری عناصر در نمونه های مربوط به رگه های پگماتیتی	T.۱۳
۱۴- مشخصات آماری عناصر در نمونه های مربوط به رگه های آپلیتی	T.۱۴
۱۵- مشخصات آماری عناصر در نمونه های مربوط به رگه های گرایزنی	T.۱۵
۱۶- مشخصات آماری عناصر در نمونه های مربوط به سنگهای هورنفلسی	T.۱۶
۱۷- مشخصات آماری عناصر در نمونه های مربوط به سنگهای گرانیتی	T.۱۷
۱۸- محاسبات چند عاملی مربوط به ۴۹ نمونه سنگی	T.۱۸
۱۹- محاسبات چند عاملی مربوط به رگه های آپیلیتی	T.۱۹
۲۰- مقایسه میانگین و واریانس قلع، تنگستن توده گرانیتی الوند با توده مولد و عقیم	T.۲۰
۲۱- مقایسه نسبت عناصر معرف در واحدهای سنگی گرانیت الوند با متوسط ۴ توده مولد	T.۲۱
۲۲- مقایسه عیار عناصر و نسبت شاخصه های معرف در گرانیت الوند (محدده اکتشاف) با برخی توده های مولد	T.۲۲
۲۳- مشخصات رگه ها ودایکهایی که نمونه برداری شده اند	T.۲۳
۲۴- نمونه های مورد مطالعه با چراغ آلتراویوله	T.۲۴
۲۵- مشخصات زمین شناسی رگه ها و دایکهای نمونه برداری شده	T.۲۵

فهرست نمودارها

۱- تغییرات عیار قلع و تنگستن در ۱۴۹ نمونه سنگی	D.۱
۲- تغییرات عیار طلا، قلع و تنگستن در ۱۴۹ نمونه سنگی	D.۲
۳- تغییرات عیار قلع و طلا در ۱۴۹ نمونه سنگی	D.۳
۴- تغییرات عیار قلع و تنگستن و طلا در ۴۹ نمونه سنگی تجزیه شده به روش ICP	D.۴
۵- همبستگی گروهی عناصر Au, Sn, W در ۱۴۹ نمونه سنگی	D.۵
۶- همبستگی گروهی عناصر در ۴۹ نمونه سنگی	D.۶
۷- همبستگی گروهی عناصر در سنگهای گرانیتی	D.۷
۸- همبستگی گروهی عناصر در رگه های آپیلیتی	D.۸
۹- همبستگی گروهی عناصر در رگه های آپیلیتی	D.۹
۱۰- هیستوگرام انتشار قلع در ۴۸ نمونه سنگ	D.۱۰
۱۱- هیستوگرام انتشار قلع در رگه های آپیلیتی	D.۱۱
۱۲- هیستوگرام انتشار روی در ۴۸ نمونه سنگی	D.۱۲
۱۳- هیستوگرام انتشار تنگستن در ۴۸ نمونه سنگی	D.۱۳
۱۴- هیستوگرام انتشار مس در ۴۸ نمونه سنگی	D.۱۴
۱۵- هیستوگرام انتشار سرب در ۴۸ نمونه سنگی	D.۱۵
۱۶- هیستوگرام انتشار آمفیبول در کانیهای سنگین	D.۱۶
۱۷- هیستوگرام انتشار سیلیکاتهای آلتره در کانیهای سنگین	D.۱۷
۱۸- هیستوگرام انتشار آناتاز در کانیهای سنگین	D.۱۸
۱۹- هیستوگرام انتشار آندالوزیت در کانیهای سنگین	D.۱۹
۲۰- هیستوگرام انتشار آپاتیت در کانیهای سنگین	D.۲۰
۲۱- هیستوگرام انتشار بیوتیت در کانیهای سنگین	D.۲۱
۲۲- هیستوگرام انتشار کلسیت در کانیهای سنگین	D.۲۲
۲۳- هیستوگرام انتشار کاستیریت در کانیهای سنگین	D.۲۳
۲۴- هیستوگرام انتشار کلریت در نمونه های کانی سنگین	D.۲۴
۲۵- هیستوگرام انتشار اپیدوت در نمونه های کانی سنگین	D.۲۵
۲۶- هیستوگرام انتشار فلدسپار در نمونه های کانی سنگین	D.۲۶
۲۷- هیستوگرام انتشار گارنت در نمونه های کانی سنگین	D.۲۷
۲۸- هیستوگرام انتشار گوتیت در نمونه های کانی سنگین	D.۲۸
۲۹- هیستوگرام انتشار هماتیت در نمونه های کانی سنگین	D.۲۹

۳۰- هیستوگرام انتشار ایلمنیت در نمونه های کانی سنگین D.۳۰
۳۱- هیستوگرام انتشار کیانیت در نمونه های کانی سنگین D.۳۱
۳۲- هیستوگرام انتشار لوکوکسن در نمونه های کانی سنگین D.۳۲
۳۳- هیستوگرام انتشار مگنتیت در نمونه های کانی سنگین D.۳۳
۳۴- هیستوگرام انتشار مس طبیعی در نمونه های کانی سنگین D.۳۴
۳۵- هیستوگرام انتشار سرب طبیعی در نمونه های کانی سنگین D.۳۵
۳۶- هیستوگرام انتشار پیریت در نمونه های کانی سنگین D.۳۶
۳۷- هیستوگرام انتشار پیریت اکسیده در نمونه های کانی سنگین D.۳۷
۳۸- هیستوگرام انتشار پیروکسن در نمونه های کانی سنگین D.۳۸
۳۹- هیستوگرام انتشار روتیل در نمونه های کانی سنگین D.۳۹
۴۰- هیستوگرام انتشار شیلیت در نمونه های کانی سنگین D.۴۰
۴۱- هیستوگرام انتشار اسفین در نمونه های کانی سنگین D.۴۱
۴۲- هیستوگرام انتشار تورمالین در نمونه های کانی سنگین D.۴۲
۴۳- هیستوگرام انتشار زیرکن در نمونه های کانی سنگین D.۴۳

بخش اول – کلیات

۱-۱- پیشگفتار

محدوده مورد اکتشاف واقع در جنوب و جنوب غربی روستای خاکو و جنوب شرقی همدان یکی از مناطق پتانسیل دار قلع و تنگستن میباشد که بعنوان آنومالی درجه یک طی انجام اکتشافات ژئوشیمیایی ناحیه ای ۱:۱۰۰،۰۰۰ همدان شناسایی و جهت انجام اکتشافات مرحله عمومی انتخاب و معرفی گردیده است.

با توجه به شرح خدمات مصوب مساحتی بالغ بر ۶ کیلومتر مربع در مرحله اول تحت پوشش تهیه نقشه زمین شناسی (فصل اول) به مقیاس ۱:۵۰۰۰ به همراه برداشت ۲۱ نمونه کانی سنگین قرار گرفته که نتایج حاصل از این مرحله از اکتشاف منتهی به انتخاب ۲ کیلومتر مربع واقع در امتداد دره باریکه گردید که مجددا تحت پوشش نمونه برداری لیتوژئوشیمیایی واقع شده است.

این گزارش در دو فصل شامل گزارش تهیه نقشه زمین شناسی (مرحله اول) و گزارش اکتشافات لیتوژئوشیمیایی و کانی سنگین (فصل دوم) است. در فصل اول مسائل مربوط به زمین شناسی همراه با نقشه مربوطه مورد بررسی قرار گرفته و در فصل دوم نتایج حاصل از اکتشافات لیتوژئوشیمیایی و کانی سنگین در ۶ بخش مورد ارزیابی واقع شده است. نتایج حاصل از مطالعات لیتوژئوشیمیایی و کانی سنگین ، نشان دهنده عدم پتانسیل بالای قلع و تنگستن درمحدوده اکتشافی است. علاوه بر این، بررسی برخی از پارامترهای ژئوشیمیایی نشان میدهد که توده گرانیتی الوند حداقل در محدوده اکتشافی خاکو فاقد پتانسیل کانی سازی است و بیشتر بنظر میرسد که گرانیت الوند در این محدوده جزء گرانیت های عقیم طبقه بندی میشود.

۱-۲- تشکرات

در اینجا لازم است که از بسیاری همکاران گرامی که در به ثمر رسانیدن این پروژه همکاریهای لازم را مبذول داشته اند تشکر و قدردانی بعمل آید.

آقایان مهندسین ابوالفتحی و حقیقی مدیر کل و معاونت اکتشافی سازمان صنایع و معادن استان همدان که ضمن فراهم آوردن امکانات اقامتی از ارائه هرگونه همکاری و راهنمایی دریغ نفرموده اند.

آقای مهندس برنا مدیریت طرح پی جویی مواد معدنی نیزدر بسیاری مراحل تمامی سعی و تلاش خود را بکار گرفته اند تا پروژه مذکور به بهترین وجه ممکنه اجراء گردد.

مدیریت محترم شرکت توسعه علوم زمین آقای مهندس واعظی پور در فراهم آوردن امکانات اجراء طرح نقشی اساسی داشته اند، سرکار خانم مهندس کی نژاد عملیات GIS پروژه را به عهده داشته اند، پرسنل آزمایشگاهی شرکت توسعه علوم زمین تجزیه برخی نمونه را انجام داده اند. آقایان مهندسین رضوانی، کوزه کنانی و فراهانی در عملیات صحرایی همکاری داشته اند. آقای مهندس صالحی ضمن همکاری در عملیات صحرایی، بخشی از پروژه مذکور رساله فوق لیسانس ایشان را تشکیل میدهد و در پایان سرکار خانم ناصری که تایپ و تصحیح گزارش را تقبل کرده اند. لذا از تمامی عزیزان فوق الذکر و همکارانی که نامشان از قلم افتاده است سپاسگزاری و تشکر میگردد.

۱-۳- *مطالعات قبلی*

محدوده توده گرانیت الوند یکی از معدود مناطقی است که مطالعات تحقیقاتی بسیار زیادی در زمینه های مختلف زمین شناسی، زمین شناسی اقتصادی و اکتشافی صورت گرفته است که اکثر مجموعه مطالعات انجام شده بویژه در چند سال اخیر در بانکهای اطلاعاتی موجود میباشد. در این قسمت از گزارش سعی میگردد به پاره ای از این مطالعات اشاره گردد.

نقشه زمین شناسی ۱:۲۵۰،۰۰۰ همدان در سال ۱۳۵۰ توسط سازمان زمین شناسی تهیه و منتشر گردید. در سال ۱۳۷۰ نقشه زمین شناسی چهارگوش ۱:۱۰۰،۰۰۰ نیز تهیه شد. اکتشافات ژئوشیمیایی سیستماتیک در سال ۱۳۸۱ توسط شرکت

معدن کاو به پایان رسید و در نتیجه مقداری از مناطق پتانسیل دار بصورت آنومالی و بویژه برای اکتشافات قلع و تنگستن در نواحی سیلوار، دره خاکو و منطقه خردمند علوی معرفی گردیده است.

اکتشافات ژئوشیمیایی – زمین شناسی با اهداف اکتشاف طلا در مناطقی چون دره مراد بیک و دره گنج نامه و نیز محدوده منگاوی (عباسعلی حیدری ۱۳۷۶) انجام شده است که برخی از نتایج پتانسیل کانی سازی منطقه را شناسایی و معرفی کرده اند.

مطالعات ژئوشیمیایی سیستماتیک طلا در توده گرانیتوئیدی الوند همدان (عباسعلی حیدری ۱۳۷۶) در محدوده منگاوی معرف حداقل دو محیط پتانسیل دار است. این نتایج بر مبناء مطالعات ژئوشیمیایی و کانی سنگین حاصل گشته است.

معرفی کانی سازی آنتیموان در منطقه فقیره همدان و ارتباط آن با گرانیتوئیدهای الوند توسط تنی چند از محققین دانشگاه همدان در سال ۱۳۷۹ صورت گرفته است (محمد معانی جو و فرهاد الیانی). نتایج حاصل، ارتباط زایشی عناصر طلا، ارسنیک، آنتیموان، کروم، کبالت، نیکل، نقره، قلع و جیوه رادرمحدوده مورد مطالعه تائید کرده و اشاره به احتمال اقتصادی بودن این کانی سازی مینماید.

از نکته نظر مطالعات زمین شناسی، پترولوژی و زمین شناسی اقتصادی رساله های دانشگاهی متعددی انجام شده است. که برخی از آنها به شرح زیر میباشد :

مطالعات پتروگرافی و پترولوژیکی پگماتیت های الوند توسط اشرف ترکیان در سال ۱۳۷۴ که اشاره به منشاء دگرگونی دایکهای پگماتیتی دارد که در اثر پدیده های دگرگونی برخی رخساره های رسوبی رگه های آپلیتی و در نهایت پگماتیت ها شکل گرفته اند که اگر چنین نظریه ای درست باشد، علل عقیم بودن برخی از این پگماتیت ها کم و بیش معلوم میگردد.

پتروژنز توده گرانیتوئیدی الوند، ارتباط بین نحوه تشکیل این توده را با موقعیت تکتونوماگمایی آن مشخص مینماید. علاوه بر این بر اساس مطالعات سنگ شناسی متعددی که روی گرانیت الوند صورت گرفته دما و فشار زمان تشکیل توده بین ۷۶۰-T۶۸۰ درجه سانتیگراد و فشار ۲ کیلو بار بوده است و زمان تشکیل این توده ۶۵ میلیون سال قبل تشخیص داده شده است (محمود صادقیان و دیگران ۱۳۷۵). محسن ایرانی در سال ۱۳۷۲ در رابطه با رساله فوق لیسانس دانشگاه شهید

بهشتی مطالعاتی تحت بررسی پترولوژی توده گرانیتی الوند همدان و هاله دگرگونی آن انجام داده است که از عمده ترین نتایج این مطالعات ترکیب ماگمایی تشکیل دهنده توده را ماگمای بازالتی ئولئیتی و احتمالا ناشی از ذوب پوسته اقیانوسی دانسته که در اثر پدیده فرورانش زاگرس به زیر خرده قاره ایران مرکزی میداند و همچنین تیپ گرانیت الوند را تیپ HS (هیبرید) میداند که در اثر ذوب ماگمای حاصل از ذوب پوسته تحتانی با ماگمای حاصل از ذوب بخش پوسته، ماگمای گرانیتی الوند در مرحله پس از کوهزایی (POG) بوجود آمده است.

پترولوژی سنگهای دگرگونی منطقه همدان موضوع پایان نامه دکتری بهاری فر در سال ۱۳۸۳ است که سنگهای دگرگونی همدان را به سه گروه دگرگونی دینامومترمال، دگرگونی مجاورتی و میگماتیت ها تقسمی نموده است و تشکیل آمفیبولیت های منطقه را حداقل ۱۱۴ میلیون سال معرفی کرده و عقیده دارد که ماگماتیسم گرانیتوئیدی منطقه همدان از ۹۱ میلیون سال قبل شروع و تا ۵۹ میلیون سال پیش ادامه داشته است.

بخش دوم - اکتشافات

۲-۱- طرح نمونه برداری

بر اساس شرح خدمات مصوب و نتایج حاصل از مطالعات ژئوشیمیایی ناحیه ای ورقه ۱:۱۰۰،۰۰۰ همدان، طرح عملیات اکتشافی در دو فاز مستقل صورت گرفته است. در فاز اول اکتشاف تهیه نقشه زمین شناسی به مقیاس ۱:۵۰۰۰ به مساحت ۶ کیلومتر مربع (فصل اول) و برداشت ۲۱ نمونه کانی سنگین انجام شده است. طراحی نمونه های کانی سنگین بر اساس نتایج حاصل از تهیه نقشه زمین شناسی وانتشار واحدهای مختلف سنگ از شبکه های آبراهه ای اصلی تنظیم گردیده است.

پس از مطالعه نمونه های کانی سنگین و انطباق آن با واحدهای سنگی پتانسیل دار محدوده ای بوسعت ۲ کیلومتر مربع واقع در حاشیه شرقی توده گرانیت الوند و کنتاکت هورنفلس های کردیریت، آندالوزیت دار جهت نمونه برداری لیتوژئوشیمیایی انتخاب و مورد نمونه برداری قرار گرفت. تعداد نمونه های اخذ شده بصورت شبکه ۵۰×۱۰۰متر، حدود ۱۴۳ نمونه میباشد. تعداد ایستگاه های نمونه برداری روی هر پروفیل ۶ الی ۱۲ عدد میباشد.

چگونگی برداشت نمونه از شبکه طراحی شده بدین ترتیب بوده است که در مناطقی با پوشش بیش از ۶۰ درصد رخنمون سنگی، نمونه برداری بصورت قطعه ای (chip) از نقاط مختلف و به شعاع ۲۵ تا ۵۰ متر و به تعداد ۸ الی ۱۰ عدد و به وزن کل ۱/۵ تا ۲ کیلوگرم برداشت شده است. مجموعه نمونه های سنگی اخذ شده به تعداد ۵۶ عدد بوده ودر مناطقی که کمتر از ۶۰ درصد رخنمون سنگی دارند، نمونه برداری از پروفیل خاک با حفر گودالی به عمق ۲۰ الی ۶۰ سانتیمتر و از دیواره گودال برداشت شده است. تعداد این گروه از نمونه ها ۸۸ عدد میباشد (عکسهای شماره ۲A-۱ , ۲B-۱).

علاوه بر شبکه نمونه برداری سنگی، یک پروفیل طولی (Geotravers) باا هداف کنترل واحدهای سنگی مختلف و تغییرات کانی سازیهای احتمالی در رابطه با واحدهای هورنفلس، شیستها و واحدهای مختلف سنگی گرانیت الوند، طراحی

و به مرحله اجراء درآمد. در طول این پیمایش ۴۲ نمونه سنگی برای مطالعات سنگ شناسی، مقاطع صیقلی وتجزیه های عنصری از واحدهای مختلف اخذ گردیده است (عسکهای ۲-۲A, ۲-۲B).

همانگونه که در نقشه زمین شناسی ملاحظه میگردد در محدوده اکتشافی (کنتاکت گرانیت و هورنفلس) تعداد زیادی رگه ها، عدسیها ودایکهای آپلیتی وگاه آپلیت، پگماتیت به عرض بین چند سانتیمتر تا چند متر و طول های نسبتا عریض تا چند ده متر قرار دارند. رگه های آپلیتی تزریق شده دقیقا در امتداد خط تماس توده گرانیتی و هورنفلس های واقع در حاشیه های شرقی وغربی دره خاکو قرار داشته که در مرحله اول مطالعات زمین شناسی تعدادی از نمونه های اخذ شده از این آپلیت ها حداکثر عیار ۲۴ گرم قلع و ۳۸ گرم تنگستن داشته اند. لذا با توجه پتانسیل قلع و تنگستن در واحدهای مذکور و ساختمان زمین شناسی منطقه و تزریق آنها در کنتاکت گرانیت و هورنفلس ها تعداد ۱۰۴ نمونه از عدسیها دایکهای آپلیتی مذکور برداشت شده است. معمولا از رگه هایی که کمتر از ۱۰۰ متر طول و ۵۰ سانتیمتر عرض دارند یک نمونه بصورت chip برداشت شده و در صورتیکه طول رگه بیش از ۱۰ متر و عرض آن بیش از ۵۰ سانتیمتر باشد نمونه برداری به ازاء هر ۱۰ متر یک نمونه بصورت chip بطوریکه تمامی عرض رگه را دربر گیرد، برداشت شده است (عکس شماره۲-۲A , ۲-۲B).

بطور کلی تعداد کل نمونه های برداشت شده ۳۱۱ عدد بوده است که در مرحله دوم جمعا تعداد ۱۴۵ نمونه برای تجزیه ۳ عنصر Au, W, Sn و ۴۹ نمونه برای ۵۵ عنصر مورد تجزیه قرار گرفته و مقرر گردید در صورتیکه جواب نمونه های تجزیه شده پتانسیل کانی سازی قلع و تنگستن را نشان دهنده باقیمانده نمونه ها که اکثرا نمونه های خاک میباشند مورد تجزیه قرار گیرند.

نمونه هائیکه با اهداف سنگ شناسی و تجزیه عنصری بصورت تراورس برداشت شده است با حروف Kh-Gr که به مفهوم خاکو (Kh) و گرانیت (Gr) همراه با شماره نمونه روی نقشه نمونه برداری ارائه شده اند (نقشه شماره ۲). در طول بازدید و برداشت صحرایی که از ارتفاع بالا و از حاشیه جنوبی کوه کمر تنگانه شروع و پس از عبور از حاشیه جنوبی محدوده اکتشاف که در واقع مرتفع ترین نقاط در محدوده اکتشاف میباشند، بطرف غرب و کوه شاه نظر و بطرف شمال تغییر مسیر داده و مجددا بطرف شمال شرق که در ارتفاع پائین واقع درمحل تلاقی آبراهه اصلی خاکو و آبراهه معروف به

رودخانه شاه نظر منتهی شده است. مسیرحرکت با برداشت نمونه های سری Kh-Gr مشخص گردیده است. در طول این بازدید صحرایی ضمن بررسی موقعیت زمین شناسی محدوده اکتشاف سعی گردیده است که از هر یک از واحدهای سنگی هورنفلس ، گرانیت، دایکهای پگماتیتی، بیوتیت، گرانیت و واحدهای مخلوط گرانیت، شیست هورنفلس که بنام گرانیت آلوده (contaminated Granite) معرفی گردیده اند و بالاخره رگه های آپلیتی حداقل یک نمونه برداشت گردد تا ضمن مطالعات سنگ شناسی مورد تجزیه عنصری قرار گرفته تا بتوان تفاوت و احیانا پتانسیل کانی سازی هر واحد را مشخص ساخت.

شبکه برداشت نمونه های سنگ و خاک بر مبناء خط مبناء یا Base lineبا روند N۱۰W از شمال به جنوب طراحی گردیدهاست و پس از مسافتی حدود یک کیلومتر خط مبناء تغییر و در امتداد NS بطول یک کیلومتر ادامه یافته است. واضح است که پروفیل های عرضی به فاصله هر ۱۰۰ متر یک پروفیل عمود بر خط مبناء طراحی گردیده و فواصل هر دو نمونه از یکدیگر ۵۰ متر میباشد. که روی پروفیل های فرعی در جهت شرق E و غرب W قرار گرفته اند. لذا پروفیلهای عرضی بر اساس شماره های ۰۰،۰۰ تا ۲۱۰S مشخص و محل هر نمونه بستگی به اینکه روی کدام پروفیل و در جهت شرقی یا غربی شماره گذاری شده اند بطور مثال نمونه شماره ۲۰S۱۰W مربوط به نمونه ای است که روی پروفیل ۲۰ به سمت جنوب (S) و به شماره ۱۰ یعنی به فاصله ۵۰ متر بطرف غرب (W) قرار گرفته است شماره گذاری روی پروفیلهای عرضی با ارقام ۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰ ... مشخص شده اند. بطوریکه عدد ۵ نشانه فاصله ۲۵ متر و عدد ۱۰ نشان فاصله ۵۰ متری از خط مبناء بطرف شرق (E) و یا غرب (W) میباشد.

علاوه بر شماره گذاری فوق اگر نمونه از خاک برداشت شده باشد حرف (S) به نمایندگی soil و یا حرف (R) به معنی rock در کنار شماره اصلی نمونه قرار گرفته است. بطور مثال نمونه ۲۰S۱۰ER یعنی نمونه ایکه از سنگ برداشت شده و چنانچه ۲۰S۱۰ES باشد حرف S که در کنار E قرار گرفته نشان دهنده نوع نمونه یعنی خاک است.

چنانچه در محدوده شبکه نمونه برداری دایکها و عدسیهای آپلیتی قرار گرفته باشند و نمونه برداری از دایکهای مذکور برداشت شده باشد، شماره این نمونه نزدیکترین شماره ای خواهد بود که در شبکه قرار گرفته و به جای S بمعنی نمونه خاک حرف RV اضافه شده است که حرف V نشانده رگه یا Vein بوده و R به معنی نمونه سنگی است. بطور مثال

نمونه ای که بصورت ۸۰S۵ERV۲ نشان داده شده است. بدین معنی است که نمونه روی پروفیل ۸۰ به طرف جنوب (S) و به فاصله ۲۵ متری از خط مبناء (عدد ۵) و در جهت شرق (E) قرار گرفته و نوع نمونه سنگ (R) بوده که از روی عدسی یا رگه (V) که نزدیک همین ایستگاه میباشد برداشت شده است. لازم به یادآوری است که جهت سهولت و جلوگیری از شلوغ شدن نقشه بجای شماره نمونه هائیکه مورد تجزیه قرار گرفته اند، شماره سریال ثبت گردیده که در جدول شماره ۳ معادل نمونه های برداشت شده بصورت شماره سریال ارائه شده است.

۲-۲- آماده سازی نمونه ها

با توجه به اینکه حداقل ۳ نوع نمونه سنگ،خاک وکانی سنگین در طول اجراء پروژه برداشت گردیده ، لذا نوع آماده سازی هر یک متفاوت میباشد.

جدول شماره T۱ آماده سازی نمونه های سنگ را ارائه مینماید. در این مرحله از آماده سازی کل وزن نمونه برداشت شده ابتدا درحد ۰/۵ سانتیمتر خردایش و با استفاده از تقسیم کن به مقدار ۲۰۰ گرم آن در حد ۲۰۰ مش پودر میشوند.

نمونه های خاک بدلیل اینکه مورد تجزیه قرار نگرفته اند آماده سازی نشده (با توجه به اینکه نمونه های سنگ برداشت شده از رگه ها و واحدهای مختلف سنگی فاقد پتانسیل کانی سازی بوده اند لذا نمونه های خاک مورد تجزیه قرار گرفته اند).

نمونه های کانی سنگین طبق جدول شماره T۲ مورد تجزیه قرار گرفته اند.

جدول شماره ۱ .T

آماده سازی نمونه های سنگ

↓

وزن نمونه اولیه
۱ الی ۲ کیلوگرم

↓

خردایش تا حد ۰/۵ سانتیمتر مکعب

↓

تقسیم نمونه با تقسیم کن
تا حد ۲۰۰ گرم

↓

خردایش تا حد ۲۰۰- مش

↓

۵۰ گرم برای تجریه	۵۰ گرم برای تجزیه	۱۰۰ گرم برای بایگانی
عناصر Au, As.W	۵۵ عنصر	

جدول شماره ۲ .T

آماده سازی نمونه های کانی سنگین

↓

برداشت حدود ۱۰ الی ۱۵ کیلو نمونه از بخش درشت دانه آبرفت

↓

حجم سنجی پس از عبور از الک ۲۰- مش

↓

لاوک شوئی

↓

حجم سنجی پس از لاوک شوئی

↓

جدایش با استفاده از محلول سنگین برموفرم

↓

حجم سنجی بخش سنگین نمونه پس از عبور از برموفرم

↓

جدایش مغناطیسی بخش سنگین نمونه

↓

کانیهای غیر مغناطیسی　　کانیهای نیمه مغناطیسی　　کانیهای مغناطیسی

↓

شناسایی و مطالعه کانیهای هر بخش زیر بینوکولر

↓

محاسبات و تبدیل مقادیر هر کانی بر حسب گرم در تن (ppm)

وزن برداشت نمونه های کانی سنگین بدلیل جاری بودن آب در آبراهه ها ، حدود ۱۰ الی ۱۵ کیلوگرم بوده است که پس از برداشت و انتقال به کمپ مرکزی وخشک شدن در فضای بسته ، طبق چارت فوق الذکر مورد آماده سازی شده اند.

۲-۳- تجزیه نمونه ها

کلیه نمونه های سنگ به تعداد ۱۴۵ نمونه با روش جذب اتمی برای سه عنصر Au, Sn, W در آزمایشگاه مرکزی شرکت توسعه علوم زمین تجزیه شده اند و تعداد ۴۹ نمونه سنگ انتخابی با روش CP برای ۴۵ عنصر به آزمایشگاه شرکت امدل – کشور استرالیا ارسال گردیده است. حد تشخیص تجزیه عناصر همراه با صورت تجزیه این نمونه ها در جدول شماره T.۳ (پیوست شماره ۱-۱) و همچنین صورت تجزیه نمونه هائیکه در آزمایشگاه مرکزی شرکت توسعه علوم زمین برای ۳ عنصر انجام شده در جدول شماره T.۴ (پیوست شماره ۱-۲) ارائه شده اند.

بخش سوم - تجزیه، تحلیل و تفسیر داده ها

۳-۱- پردازش داده ها

با توجه به اینکه یکی از عوامل انتخاب محدوده ای بوسعت ۲کیلومترمربع از منطقه پتانسیل دار خاکو جهت اکتشافات لیتوژئوشیمیایی، نتایج حاصل از تهیه نقشه زمین شناسی ۱:۵۰۰۰ و مطالعات کانیهای سنگین است، لذا پس از تهیه نقشه زمین شناسی و طراحی ۲۰ نمونه کانی سنگین و ارزیابی یافته ها محدوده مذکور انتخاب گردید. بهمین دلیل نتایج مطالعات کانی سنگین مورد ارزیابی و پردازش قرار گرفته اند ابتدا نتایج مذکور ارائه میگردد.

علاوه بر پردازش و تجزیه و تحلیل داده های کانی سنگین ، جهت تعیین روابط عنصری با واحدهای مختلف سنگی منجمله رگه ها ودایکهای پگماتیتی، آپلیتی و واحدهای گرانیتی و هورنفلسی پردازش آماری نیز صورت گرفته در این بخش مورد بحث و بررسی قرار میگیرد و بالاخره جهت تعیین مولد بودن و یا عقیم بودن گرانیت الوند در محدوده خاکو، برخی محاسبات نیز انجام شده که محتوی این بخش را تشکیل میدهند.

۳-۲- مطالعات و نتایج نمونه های کانی سنگین

همانگونه که قبلا اشاره گردید، بعد از تهیه نقشه زمین شناسی ۱:۵۰۰۰ و جهت انتخاب محدوده اکتشافی به مساحت ۲ کیلومتر مربع اقدام به برداشت ۲۲ نمونه کانی سنگین از شبکه آبراهه ای محدوده اکتشاف گردیده است (نقشه شماره ۲) نمونه های برداشت شده تقریبا تمامی آبراهه های اصلی محدوده را تحت پوشش قرار داده است.

انتشار کانیهای سنگین در نمودارهای شماره ۱۶ لغایت ۴۳ (پیوست شماره ۲-۱) و همبستگی خطی (linear correclation) کانیهای سنگین در جدول شماره T.۸ (پیوست شماره ۱-۶) ارائه شده اند.

اگر چه مقدار برخی از کانیها در حد چند ذره بوده وانجام محاسبات آماری برای این گروه از کانیها امکان پذیر نیست ولی با توجه به اهمیت این کانیها به مقدار هر یک حداقل عیار عدد ۰/۰۱ داده شده تا بتوان محاسبات همبستگی و انتشار آنها را انجام داد.

نتایج بدست آمده از مطالعات نمونه های کانی سنگین نشان میدهد از ۲۱ نمونه مورد مطالعه کانی کاسیتریت (SnO_2) منحصرا در ۷ نمونه در حد چند ذره دیده شده است (جدول شماره T.۶- پیوست شماره ۱-۴).

نمونه های شماره ۵، ۶و ۷ واقع در محل تلاقی آبراهه ها دره باریکه ودره کوه شاه نظر میباشد. در واقع در محل خروجی حوضه آبگیر محدوده اکتشاف است و علاوه بر این نمونه های ۱۸ , ۱۷ نیز محتوی چند ذره کاسیتریت میباشند که در محدوده واحدهای سنگی گرانیت الوند و کنتاکت گرانیت و هورنفلس ها قرار گرفته اند.

شیئلیت ($Cawo_4$) در نمونه ۵ بیشترین مقدار عیار یعنی ۱۰۸ گرم در تن را بخود اختصاص داده است و دومین نمونه با عیار ۶۸/۴ گرم در تن به شماره ۱۴ میباشد و در ۱۵ نمونه دیگر نیز آثاری درحد چند ذره تا چند گرم در تن عیار دارند. ناگفته نماند که انتشار و پراکندگی شیئلیت و کاسیتریت بدلیل اینکه بیشترین تمرکز را در خروجی حوضه آبگیر محدوده اکتشاف دارند، نشان دهنده پراکنده بودن کانی سازی احتمالی این کانیها در محدوده ۶ کیلومتر مربع است و چنانچه تعداد بیشتری نمونه بویژه از سرشاخه های فرعی برداشت میگردید شاید دستیابی به منبع اولیه این کانیها امکان پذیر میبود. محاسبات همبستگی خطی رابطه تنگاتنگ بین کانیهای دگرگونی را بخوبی نشان میدهد (جدول شماره T.۸- پیوست شماره ۱-۶).

ضریب همبستگی بین اندالوزیت و بیوتیت r=۰،۵۴۳ و آندالوزیت - گارنت r=۰،۴۷۶ و اندالوزیت – پیروکسن r=۰،۴۵۲ است و بین بیوتیت – گارنت r=۰،۹۰۹ است که در واقع این ارتباط در رابطه با واحدهای هورنفلسی میتواند باشد. هماتیت و کاسیتریت دارای ضریب همبستگی متوسط r=۰،۳۱۶ است که احتمالا ارتباط این دو کانی با رگه های پگماتیتی و گرانیت های الوند را نشان میدهد. کاسیتریت با شیئلیت نیز دارای ارتباط ضعیف r=۰،۲۰۷ و با تورمالین r=۰،۳۱۶ است که احتمال ارتباط این کانیها با دایکها و رگه ها پگماتیتی و آپلیتی میتواند باشد.

در همبستگی گروهی کانیهای سنگین (نمودار شماره D.۹) در یک گروه بزرگ شیئلیت و کاسیتریت با کانیهایی چون هماتیت، گوتیت، اپیدوت، پیروکسن ، سرب و مس ناتیو تجمع یافته اند و کانیهای گروه دگرگونی نظیر اندالوزیت ، گارنت، بیوتیت در یک گروه مستقل دیگر، چنین آرایشی با انتشار واحدهای سنگی ، رگه ها و دایکها و همچنین خود توده گرانیتی الوند مطابقت دارد.

در یک جمع بندی کلی و با توجه به اهداف مطالعاتی کانیهای سنگین، حضور کانیهای شیئلیت ($CaW۰۴$) و کاسیتریت ($SnO۲$) حوضه آبگیر محدوده اکتشافی بویژه در انتهای آبراهه دره باریکه و دره نظر شاه تائید گردیده است که بر اساس حضور این کانیها و دیگر کانیهای همراه، محدوده ۲ کیلومتر مربعی در امتداد دره باریکه جهت مطالعات لیتوژئوشیمیایی انتخاب گردیده است.

۳-۳- انتشار عناصر و رابطه آنها با واحدهای مختلف سنگی

جهت تعیین انتشار و محل تمرکز عناصر و بویژه قلع و تنگستن و همچنین ارتباط آنها با واحدهای مختلف سنگی محاسبات متعددی صورت گرفته است. این محاسبات ابتداء روی تمامی ۱۴۵ نمونه اخذ شده سنگی بدون توجه به نوع نمونه انجام شده وسپس با تفکیک نوع نمونه ها (نمونه های گرانیت تورمالین دار، پگماتیت ، گرایزن، هورنفلس و...) همین محاسبات انجام پذیرفت تا بتوان مناطق تمرکز یافته و نیز روابط زایشی عناصر را با واحدهای مختلف سنگی موجود در توده گرانیتی الوند معلوم گردد.

روند تغییرات عیار عناصر Au, W, Sn در ۱۴۵ نمونه سنگی تجزیه شده در آزمایشگاه مرکزی شرکت توسعه علوم زمین در نمودارهای D.۱ , D.۲ ارائه شده است بطوریکه در این دو نمودار روند کاهش و یا افزایش (صعودی) این دو عنصر انطباق جامعی با یکدیگر دارند (نمودار شماره D.۱) . به استثناء دو نمونه در محدوده عیارهای پائین قلع و تنگستن با روند افزایش بویژه در محدوده عیارهای بالا بر یکدیگر منطبق هستند.

روند تغییرات عیار طلا ارتباط چندانی با قلع و تنگستن ندارد. بطوریکه همبستگی شدید و نزدیکی نیز بین طلا و دو عنصر دیگر دیده نمیشود. (نمودارهای شماره D.۲ , D.۳) حداقل و حداکثر عیار طلا در ۱۴۵ نمونه اخذ شده ۰/۵ و ppb۲۶ است

(جدول شماره T.۳–پیوست شماره ۱–۱). نمودار شماره D.۳ تغییرات طلا و قلع را نشام میدهد که تقریبا انتشار طلا ارتباط زایشی قابل توجهی را با قلع ندارد.

در محدوده پروفیل شماره ۱۴۰S بویژه در بخش شرقی این پروفیل سه عدد دایک پگماتیتی و کریزنی وجود دارد که ۷ نمونه از این دایکها برداشت شده است. این دایکها با روندی شرقی غربی و دارای شیب ۹۰ الی ۷۰ درجه بطرف شمال میباشند. لازم به یادآوری است که این سه دایک روندی مخالف دیگر دایکهای دارند که اکثر آنها دارای روندی شمالی – جنوبی میباشند.

کانیهای موجود در نمونه های دستی از این دایکها عبارتند از تورمالین (به مقدار فراوان) ، کوارتز، فلدسپات، مسکویت، بیوتیت و گارنت که بیشتر تداعی از گرایزن میباشند. بافت سنگ درشت و پگماتیتی بوده که گاهی اندازه کانیهای آن به چندین میلیمتر میرسد و ضخامت این رگه ها بین ۲۰ تا ۵۰ سانتیمتر در نوسان هستند. نمونه های ۷۲ ,۷۰ ,۷۱ به ترتیب دارای Sn=۲۲،۲ , W=۲۴ , Sn=۲۲،۶ , W=۱۸ , Sn-۳۴،۸ , W=۱۷،۵ گرم در تن قلع و تنگستن دارند.عیار طلای این سه نمونه نیز به ترتیب ۱، ۷ و ۵ppb میباشد که نسبت به نمونه های دیگر فوق العاده کمتر است.

عیار دیگر عناصر در این سه نمونه به مراتب نسبت به نمونه های دیگر بالا بوده بطوریکه مقدار تیتانیوم ۰/۶٪ ، آهن ۵/۶ ٪ ، لانتانیوم ۴۰ ، لیتیوم ۱۱۷ و انادیوم ۱۹۰، گوگرد ۱۱۰، کبالت ۲۴ و مس ۷۷/۸ ppm بوده و مقدار منگنز به ۱/۲۶٪ میرسد. ارقام مذکور متعلق به نمونه ۷۰ است.

دومین محدوده ای که دارای بیشترین مقدار قلع و تنگستن هستند متعلق به نمونه های ۱۱۸میباشد. این نمونه از رگه ای برداشت شده است که دارای بافت پگماتیتی تزریق شده در داخل سنگهای هورنفلسی واقع در جنوب کوه کمر تنگانه در حاشیه جاده جیپ رو به مختصات جغرافیایی ۲۷۳۴۷۱E , ۳۸۴۱۸۷۸N به ارتفاع ۲۸۸۰ متر میباشد. ضخامت این دایک حدود ۰/۵ متر و با روند N۱۱۵E و شیب ۷۳ درجه NW است. سنگ درونگیر این دایک هورنفلس اندالوزیت، کردیریت دار میباشد. عیار قلع و تنگستن در نمونه ۱۱۸عبارتند از Sn=۱۷،۷۵ , W=۱۷،۵۵ و در نمونه دیگر به فاصله ای نه چندان دورتر (نمونه شماره ۱۱۸) با ۱۵/۵ گرم در تن قلع و ۹/۶ گرم در تن تنگستن قرار دارد (عکس شماره -۵

۳B,A).نمونه شماره ۱۰۱ واقع برمحدوده واحدهای سنگی با ۹/۹ گرم قلع و ۱۸/۳ گرم تنگستن نیز از محدوده های پرعیار میباشند.

با توجه به اینکه در محدوده اکتشاف واحدهای مختلفی چون دایکهای پگماتیتی، آپلیتی و بعضا گرایزن؟ همراه با دامنه گسترده ای از گرانیت تورمالین دار، گرانودیوریت، گرانیت های آلوده (contaminated granite) و بالاخره واحدهای دگرگونی با درجه حرارت های مختلف بویژه در کنتاکت با توده گرانیتی است، طی تنظیم طرح نمونه برداری سعی گردیده است که اکثر واحدهای متنوع سنگی تحت پوشش قرار گیرند تا بتوان پتانسیل هر یک را به تفکیک معلوم ساخت. در این قسمت از گزارش روند تغییرات عیار عناصر بویژه قلع و تنگستن در هر یک از واحدهای مختلف سنگی مورد بحث و بررسی قرار میگیرد.

همانگونه که قبلا ذکر گردید، از مجموعه ۱۴۹ نمونه سنگی برداشت شده از کل توده گرانیت الوند در محدوده ۶ کیلومتر مربعی و نیز محدوده ۲ کیلومتر مربعی که در مرحله دوم تحت پوشش شبکه ۵۰×۱۰۰ متر قرار گرفته، تعداد ۴۹ نمونه با توجه به نتایج اولیه حاصل از تجزیه نمونه ها (جدول شماره ۱-۱) در آزمایشگاه شرکت توسعه علوم زمین، جهت تجزیه ۴۵ عنصری انتخاب و به آزمایشگاه امدل استرالیا ارسال گردیده است. نمونه های مذکور مجموعه ای از رخساره های سنگی فوق الذکر را تشکیل میدهند که در این مرحله از بررسی ، ابتدا کل ۴۹ نمونه بدون توجه به تنوع رخساره های سنگی مورد محاسبه قرار گرفته و سپس محاسبات مربوطه به تک تک واحدها انجام میشود.

میانگین عیار قلع و تنگستن در ۴۹ نمونه سنگی Sn=۹،۷ , W=۵،۸۵ گرم در تن است (T.۱۱- پیوست شماره ۱-۸) که نسبت به میانگین همین عناصر در ۱۴۵ نمونه سنگی که در مرحله اول اکتشاف مورد تجزیه قرار گرفته اند نسبتا بیشتر است (Sn=۶،۸ , W=۲،۶ گرم در تن در ۱۴۵ نمونه جدول شماره T.۱۰-پیوست شماره ۱-۷).

در نمودار شماره D.۴ روند تغییرات قلع وتنگستن در نمونه های سنگی (۴۵ عدد) یکنواخت نبوده بلکه در برخی مواقع عکس یکدیگر عمل میکند.

محاسبات همبستگی خوشه ای یا همبستگی گروهی ارتباط قلع را با کادمیوم و فسفر در یک گروه ، تنگستن را با اسکاندیوم و جیوه و طلا را با مس، مولیبدنیوم و گوگرد در یک گروه نشان میدهد. ناگفته نماند که عناصر لانتانیوم،

سزیوم، توریوم و لیتیوم در یک زیر گروه و عناصر مافیک چون کروم، کبالت، نیکل و انادیوم، منیزیوم و اسکاندیوم نیز در یک زیر گروه مهم قرار گرفته اند. عناصری چون آهن، تیتانیوم، منگنز و آلومینیوم نیز در یک گروه و بقیه عناصر که هر یک مبین روابط شیمیایی با یکدیگر هستند بخوبی نشان داده شده است و بدلیل اینکه عیار عناصری چون قلع و تنگستن از نکته نظر مقدار عیار قابل توجه نمیباشند، لذا ارتباط زایشی قابل توجه بین این عناصر نیز وجود ندارد (D.۶). محاسبات چند عاملی در کل نمونه های سنگی ارتباط زایشی بین عناصر Sn, Li، پتاسیم، Cd, Sc را در فاکتور شماره F۱ نشان میدهد که در واقع گویای پدیده کانی سازی سنگی از مجموع واحدهای سنگی که در واقع سبب بوجود آمدن نوعی پدیده غنی شدگی است (جدول شماره T.۱۷–پیوست شماره ۱–۱۵).

بر اساس نقشه زمین شناسی و مشاهدات صحرایی حداقل از ۵ گروه رخساره نمونه برداشت گردیده است که عبارتند از دایکهای آپلیت، پگماتیت، گریزن، هورنفلس و رخساره گرانیت. تعداد نمونه های گروه های سنگی متفاوت است بطوریکه واحد آپلیتی ۱۳ نمونه و هورنفلس ۳ نمونه دارند. جدول شماره T.۵ صورت آنالیز عناصر را در واحدهای مختلف سنگی فوق الذکر نشان میدهد. مشخصات آماری نمونه های متعلق به رخساره آپلیت در جدول شماره T.۱۳ (پیوست شماره۱–۹) آمده است. میانگین قلع در این واحد ۱۳/۹ گرم در تن و تنگستن ۷/۳ گرم در تن که نسبت به میانگین کل نمونه ها (۴۵ نمونه و ۱۴۵ نمونه) به مراتب بیشتر است. همبستگی گروهی ارتباط زایشی شدیدی بین قلع و تنگستن را ارائه میدهد که نشان دهنده احتمالی کانی سازی رگه های آپلیتی میتواند باشد (D.۸).

محاسبات چند عاملی (factor analysis) قلع و تنگستن را در گروه Tl, Th, Rb, U, Cs قرار داده است که کم و بیش ارتباط ژنتیکی این عناصر را تائید میکند (جدول شماره T.۱۸–پیوست شماره ۱–۱۰). گروه واحد سنگی هورنفلس با ۳ نمونه دارای میانگین قلع ۵/۴ و تنگستن ۳/۱۳ گرم در تن است که از میانگین همین عناصر در دایکهای آپلیت به مراتب کمتراست. لذا بنظر میرسد که واحد سنگی هورنفلس خاستگاه اصلی کانی سازی قلع و تنگستن نمیباشد بلکه دایکهای مذکور در واحد هورنفلسی تزریق شده اند و عاملی در انتقال قلع و تنگستن میتوانند باشند (T.۱۵– پیوست شماره ۱–۱۱).

گروه دیگری از دایکها دارای بافت پگماتیتی میباشند، دارای انتشار زیادی بوده و اکثرا در امتداد شمال جنوبی شکل گرفته اند و در حد واسط توده گرانیتی الوند و واحدهای دگرگونی هورنفلس تزریق شده اند. میانگین عیار قلع در پگماتیت ها ۸/

۸ گرم و تنگستن ۵/۷۲ گرم در تن است که مقدار قلع آن از رگه های آپلیتی کمتر ولی از بقیه واحدها بیشتر است. آنچه که جالب توجه است مقدار واریانس قلع است که حدود ۴۳/۶۷ بوده و معمولا در توده های کانسار ساز بویژه برای قلع مقدار قدر مطلق عیار اهمیت زیادی ندارد ولی مقدار variance آن واجد اهمیت بیشتری است، لذا رگه های پگماتیت با بالاترین مقدار واریانس نسبت به رگه های آپلیتی (variance=۱۲٫۶) و هورنفلس (۰/۵۲) میباشد (T.۱۲–پیوست شماره ۱ –۱۲).

گروه پنجم نمونه های اخذ شده از رگه های گرایزنی به تعداد ۵ نمونه است. میانگین قلع ۱۴/۳ گرم تنگستن ۷/۵۲ گرم در تن. اگر چه میانگین قلع در این گروه از نمونه ها بیش از نمونه های اخذ شده از رگه های پگماتیتی است (۸/۸ گرم) ولی مقدار واریانس آن ۹/۴۴ به مراتب کمتر از واریانس پگماتیتها است (۴۳/۶۷) . لذا ارزش اکتشافی رگه های پگماتیتی به مراتب بیشتر از رگه های گرایزنی است (جدول شماره T.۱۴–پیوست شماره ۱–۱۳). لازم به توضیح است که تشخیص نوع گرایزن بودن برخی از دایکها بر حسب شکل و فرم ظاهری نمونه ها صورت گرفته است و احتمالا برخی از این دایکها همان ترکیب دایکهای پگماتیتی را دارا میباشند.

تعداد ۱۲ نمونه از محدوده سنگهایی که تحت عنوان گرانیت الوند خوانده میشود برداشت گردیده است. نمونه های مذکور نماینده بخش اصلی گرانیت آلوند میباشند و جهت کنترل بدنه اصلی توده گرانیت مورد تجزیه قرار گرفته اند. میانگین قلع ۴/۳ و واریانس آن ۲/۹۶ است که با مقایسه با واریانس واحد پگماتیتی فوق العاده پائین میباشد و میانگین تنگستن نیز ۵/ ۲ گرم در تن است که بامقایسه با واحدهای دیگر نیز ناچیز است (جدول شماره T.۱۶–پیوست شماره ۱–۱۴).

Table No. ۲۰. Means and variances in different rock units.

Variance W	Mean W	Variance Sn	Mean Sn	Variance Au	Mean Au	Rock unit	No.
۴۲٫۷۴	۵٫۸۵	۲۸٫۵	۹٫۷۵	۴٫۹۷	۱٫۴۱	The whole rocks	۱
۴۰٫۱۴	۷٫۲۸	۱۲٫۶	۱۳٫۸۹	۱٫۰۰	۱٫۰۰	Aplite	۲
۳٫۱۰	۳٫۱	۰٫۵۲	۵٫۴	۱٫۰۰	۱٫۰۰	Hornfels	۳
۳۹	۵٫۷	۴۳٫۷	۸٫۸	۲٫۰۰	۱.۰۰	Pegmatite	۴
۱۰۵٫۹	۷٫۵	۹٫۴۴	۱۴٫۲۶	۱٫۸	۱٫۴	Grizen	۵

۶	Granite	۱،۷۰	۰،۸۸	۴،۳۴	۲،۹۶	۲،۵	۲۵

همانگونه که در جدول مذکور آمده است بیشترین مقدار میانگین قلع در واحدهای سنگی گرایزن است در صورتیکه بیشترین مقدار واریانس متعلق به واحد پگماتیتی میباشد (۴۳،۷) با توجه به اینکه مقدار واریانس قلع و تنگستن نسبت به مقدار میانگین آنها از اهمیت بیشتری برخوردار است (قابل توضیح اینکه در بسیاری از توده های گرانیتی کانی ساز دارای میانگین عیار کمتر از ۲۰ گرم در تن هستند ولی مقدار انحراف معیار آنها و در نتیجه مقدار واریانس آنها ($۶^۲$) نسبت به توده های غیر کانی ساز به مراتب بیشتر میباشد) لذا اگر چه میانگین عیار قلع در رگه های گرایزنی ۱۴/۲۶ گرم در تن بوده و بیشتر از مقدار میانگین قلع (۸/۸) در رگه های پگماتیتی است ولی همانگونه که ملاحظه میگردد مقدار واریانس رگه های پگماتیتی (۴۳/۷) بیش از مقدار واریانس رگه های گرایزنی است (۹/۴۴). بعبارت دیگر بین رخساره های سنگی واقع در توده گرانیتی الوند (در محدوده اکتشاف) رگه های پگماتیتی دارای پتانسیل بالاتری نسبت به دیگر واحدهای سنگی میباشند و رگه های گرایزنی نیز دارای پتانسیل بیشتری برای تنگستن نسبت به دیگر واحدها است زیرا مقدار واریانس آن ۱۰۵/۹ است.

۳-٤- بحثی پیرامون پتانسیل کانی سازی توده گرانیت الوند

مطالعات بسیار گسترده ای در خصوص مسائل مختلف زمین شناسی توده گرانیتوئید الوند صورت گرفته است که تقریبا در تمامی مسائل و موضوعات آن نظیر سنگ شناسی، زمین شناسی ساختمانی و زمین شناسی اقتصادی و همچنین بسیاری از پروژه های اکتشافی با اهداف طلا، آنتیموان و بسیاری کانسارهای فلزی و غیر فلزی مورد مطالعه و بررسی قرار گرفته اند. بیشراز ده ها مقاله و رساله فوق لیسانس و دکترا در چند سال اخیر روی توده باتولیتی الوند نیز در دانشگاههای مختلف صورت گرفته که اطلاعات اکثر آنها موجود است.

با توجه به حجم عظیم مطالعات هنوز نتایج قطعی و نهایی در خصوص پتانسیل کانی سازی این توده موجود نیست و هنوز بسیاری سئوالات چون بارور و یا مولد بودن (productive mass) و یا عقیم بودن آن (Barren intrusive

(body بقوت خود باقی مانده است. در هر حال با دارا بودن بخشی از تجزیه عناصر و نیز بکار گیری برخی شاخصه های ژئوشیمیایی میتوان به برخی از سوالات در خصوص مسائل فوق الذکر تا حدودی و بویژه در محدوده اکتشاف پاسخ داد.

باید توجه داشت که بکارگیری برخی شاخصه ها و معیارهای ژئوشیمیایی ضمن رفع بسیاری نکات گنگ پدیده های کانی سازی بویژه در خصوص کانسارهای قلع و تنگستن در بسیاری مواقع میبایستی با احتیاط بکار گرفته شوند، زیرا این شاخصه ها در بسیاری مواقع با استثناء هایی نیز همراه میباشند.

معمولا انتشار لاک نرمال عناصر همراه با مقادیر انحراف معیار (standard deviation) بالا و نیز چولگی مثبت (positive shewdness) ارزش بیشتری نسبت به قدر مطلق میانگین و عیار قلع و تنگستن در توده های آذرین مولد دارند. به عبارت دیگر انتشار اکثر کانسارهای ماگمایی در طبیعت بصورت لاک نرمال هستند و اصولا کانی سازی با انتشار نرمال بویژه در تیپ کانسارهای هیدروترمال و رگه ای وجود ندارند، لذا اگر چه میانگین عیار عناصر اصلی از مقادیر اقتصادی پائین تر میباشد ولی در صورت بالا بودن دامنه تغییرات عیار حول محور میانگین و مقدار پراش آنها میتوان به احتمال کانی ساز بودن آنها توجه بیشتری نمود.

در بررسی و ارزیابی توده های آذرین مولد برداشت نمونه های یکدست که انتخابی نباشند و نیز تعداد آنها نقشی سازنده دارند و با در اختیار داشتن چند نمونه از یک توده عظیمی چون توده گرانیتی الوند، نمیتوان قضاوت صحیح و ارزیابی مطمئن و منطقی را ارائه نمود. بهمین دلیل با توجه به محدود بودن نمونه های برداشت شده از محدوده اکتشاف بوسعت ۶ کیلومتر مربع که در گوشه جنوب شرقی توده الوند قرار دارد و نسبت به وسعت کل توده که بالغ بر ۵۰۰کیلومتر مربع است مساحت ناچیزی بوده و نمیتواند نشان دهنده مشخصات کانی سازی واقعی کل توده باشد.

با توجه به عوامل فوق الذکر و با عنایت به اینکه تعداد ۴۸ نمونه سنگی از واحدهای مختلف سنگی و در وسعتی حدود ۶ کیلومتر مربع از توده الوند برداشت گردیده است و با روشهای مختلف چون AAS , ICP برای ۴۵ عنصر مورد تجزیه قرار گرفته اند، لذا میتوان با ارزیابی برخی شاخصه های کانی سازی و یا غنی شدگی به برخی سئوالات موجود در خصوص بارور و یا عقیم بودن این توده جواب داد.

در این بخش از گزارش با توجه به اهداف مورد نظر از برخی از شاخصه های کانی سازی ژئوشیمیایی استفاده شده است که با تلفیق با پدیده های زمین شناسی و سنگ شناسی بویژه در محدوده اکتشاف ارائه میگردد.

از نکته نظر زمین شناسی توده گرانیتی الوند بصورت یک باتولیت بزرگ به طول ۴۰ و با کمترین عرض ۵ کیلومتر (در بعضی نقاط) در غرب و جنوب غربی همدان قرار دارد.

گرانیت مذکور از نوع پرفیروئید با بلورهای درشت فلدسپات های ارتوز – میکروکلین و پلاژیوکلازها که اکثرا در حد البیت اولیگوکلاز میباشد. از نظر ژنز این توده از نوع (S) بوده که در اثر تزریق سنگهای مافیک از نوع گابرو الیوین با منشا گوشته ای و یا ذوب بخشی از زون فرورانش در داخل پوسته بوجود آمده است و در نهایت بدلیل درجه حرارت بالا تولید ماگمای فلسیک و تشکیل سنگهای حد واسط چون دیوریت، کوارتزدیوریت، مونزودیوریت و سینوگرانیت ها را نموده است . سن جایگزینی این توده بر اساس روش روبیدیوم – استرانسیوم ۶۳ تا ۸۰ میلیون سال است. عمده ترین واحدهای مختلف سنگی در محدوده اکتشاف بر اساس نقشه زمین شناسی ۱:۵۰۰۰ (نقشه شماره ۲) عبارتند از :

۱- بخش گرانیتی که نیمی از محدوده را پوشانیده

۲- بخش دگرگونی از نوع هورنفلس که نیمه بخش شرقی محدوده اکتشاف را تشکیل میدهد.

گرانیت پورفیروئید که حدود ۷۵٪ بخش گرانیتی را تشکیل داده شامل گرانیت های درشت دانه که بخش های مرتفع محدوده را ایجاد کرده و در اثر هوازدگی بصورت بلوکهای بزرگ و مستقل از یکدیگر در آمده اند. در بخش فوقانی این گرانیت ها بخشهایی از هورنفلس ها بصورت (Exsotic block) باقی مانده اند. کانیهای موجود در این واحد شامل کوارتز فلدسپاتهای قلیایی ، الیگوکلاز، زیرکن ، اپاتیت، تورمالین و غیره.

گرانیت های آمفیبول دار که در اثر پدیده دگرسانی بصورت لیمونیتی تظاهر یافته ، بخشهای کوچکی از محدوده گرانیتی را ایجاد کرده اند (عکس شماره ۳-۳A , ۳-۳B).

گرانیت های آلوده یا Contaminatted granite محتوی کانیهای دگرگونه، حاصل هضم بخشهایی از سنگهای دگرگونی در توده گرانیتی است. این واحد در بخش میانی محدوده اکتشاف و در نقاط نسبتا مرتفع تشکیل شده است که در واقع نشان دهنده بخشهای فوقانی توده الوند میباشند (عکسهای ۳-۱A , ۳-۲B).

دایکهای آپلیتی بویژه در حاشیه توده و محل تماس با واحدهای هورنفلسی در امتداد دره خاکو با روند تقریبی شمال – جنوب از گسترش چشمگیری برخوردار هستند شکل فیزیکی این دایکها بصورت عدسیهای طولی که گاهی بطول چند ده متر میرسد و بضخامت چندین سانتیمتر تا چند متر است بخشی از این دایکها در حاشیه توده و بخشی در داخل سنگهای هورنفلس تزریق شده اند (عکسهای ۳A-۵ , ۳B-۵) و دارای بافت یکنواخت و نسبتا ریزدانه به رنگ سفید تا کرم همراه با بلورهای مسکویت، تورمالین و گرونا میباشند. رگه ها و دایکهای پگماتیتی اکثرا در مراحل پایانی جایگزین شده و بصورت سیل و یا عدسیهای کوچک بوجود آمده اند. شکل گیری رگه های پگماتیتی اکثرا در داخل توده گرانیتی بوده و بصورت محدودی در داخل هورنفلس های شرقی نیز تزریق شده اند (عکسهای ۳A-۴, ۳B-۴, ۳A-۶ , ۳B-۶).

برخی از دایکهای پگماتیتی دارای بافت و ساخت رگه های گرایزنی هستند بویژه اینکه با تراکم بالای گارنت، مسکویت، تورمالین و زیرکن؟ میباشند. تشخیص گرایزنی بودن این رگه ها در نمونه های دستی میباشند و تفاوت چندانی با رگه های پگماتیتی ندارند. در خصوص منشاء رگه های پگماتیتی الوند نظرات متعددی وجوددارد که برخی از این نظریات منشاء رسوبی بودن را مطرح میسازند که در اثر فعالیت های تکتونیکی صفحه عربستان نسبت به خرده قاره ایران مرکزی دچار ذوب مجدد گردیده و ابتدا بصورت مایع آپلیتی و سپس و به تدریج بلورهای درشت تورمالین و مسکویت شکل گرفته و فرم فعلی رگه های پگماتیتی را ایجاد کرده اند (اشرف ترکیان ۱۳۷۴) (عکس شماره ۳-۷).

واحدهای هورنفلس بصورت هورنفلس های اندالوزیت کوئوردیوریت دار که در فصل مشترک توده گرانیتی قرار دارند و نوع دیگر واحد هورنفلس ، بیوتیت گارنت دار است که بطرف شرق گسترش داشته و به تدریج به شیست تبدیل میشوند (عکسهای ۳A-۲ , ۳B-۲). با توجه به موقعیت زمین شناسی توده الوند و مشخصات عمومی واحدهای مختلف سنگی، ارزیابی های صورت گرفته روی این محدوده از اکتشاف با توجه به شاخصه های ژئوشیمیایی به تفصیل ارائه میگردد.

قبل از بررسی نتایج حاصل از ارزیابی های صورت گرفته برخی شاخصه های ژئوشیمیایی بکار رفته در محاسبات معرفی میشوند.

۳-٤-۱- شاخصه های ژئوشیمیایی در ارزیابی توده های مولد و عقیم

۳-٤-۱-۱- انتشار لاگ نرمال عناصر در توده های گرانیتوئیدی

همانگونه که قبلا اشاره گردید، اهمیت لاگ نرمال بودن انتشار عناصر و همچنین بالا بودن مقدار انحراف معیار (siandard deviation) و در نتیجه مقدار پراش (مجذور انحراف معیار σ^2) ارزش بیشتری نسبت به مقدار میانگین عناصر دارند.

بطور مثل چنانچه میانگین قلع در یک توده ۲۰ گرم در تن ولی مقدار انحراف معیار آن ۵ باشد، در مقایسه با توده ای که میانگین قلع آن ۱۰ گرم در تن با انحراف معیار ۸ از ارزش کمتری برخوردار است زیرا مقدار پراش توده دوم ۶۴ و توده اول ۲۵ میباشد که احتمال کانی سازی توده دوم حتی با میانگین عیار ۱۰ گرم در تن از توده اول (به میانگین ۲۰ گرم در تن) بیشتر است.

بطور مثال انتشار لیتیوم و قلع در گرانیت های ناحیه ترانس بایکالیای مرکزی در جدول شماره ۲۰ ارائه شده است (حسنی پاک ۱۳۸۲). همانگونه که ملاحظه میگردد در این جدول مقدار میانگین و پراش لیتیوم و قلع در توده های مولد نسبت به غیر مولد نسبت ارائه شده و همچنین مقدار میانگین و واریانس لیتیوم و قلع در توده الوند نیز مقایسه شده است.

ناگفته نماند که میانگین قلع در نقاط واقع در راس توده های مولد بمراتب بیشتر ازنقاط واقع در ارتفاعات پائین تر است، بطور مثال میانگین قلع در ۴۴ نمونه اخذ شده از مقاطع مرتفع یک توده گرانیتی واقع در ناحیه آمور شوروی سابق حدود ۸ /۲۴ گرم در تن است در صورتیکه میانگین ۴۰ نمونه واقع در دره ای به فاصله ۸۵۰ متر پائینتر از راس توده ۵/۸ گرم میباشد (حسنی پاک ۱۳۷۶). مشابه چنین وضعیتی در محدوده اکتشافی خاکو ملاحظه میگردد بطوریکه در محدوده خاکو نیز برخی از نمونه ها که در خط الراس مناطق مرتفع غربی محدوده اکتشاف قرار دارند دارای عیار ۱۳ گرم در تن است (نمونه شماره ۱۰۷) که نسبت به نمونه های واقع در حاشیه دره خاکو ارقام بالایی را بخود اختصاص داده اند.

Garrette ثابت کرد که توده هائیکه بیش ازppm ۹۰ روی با واریانس زیاد و چولگی مثبت دارند جزء توده های مولد محسوب میشوند و همچنین عناصر دیگر چون سرب و مس نیز با داشتن چولگی مثبت میتوانند ملاکی جهت ارزیابی و تشخیص توده های مولد از عقیم باشند (Garrett ۱۹۷۴).

۳-٤-۱-۲- شاخصه های توده های نفوذی فلسیک

مطالعات متعددی روی پتانسیل ۷۴ توده آذرین (Garretee.G.۱۹۷۴) نشان میدهد که اکثر توده هایی که از نوع توده های آذرین گرانودیوریت، گرانو مونزونیت و بعضا آلاسکیت ، گرانیت، سینیت و کوارتز دیوریت میباشند در ردیف تودههای مولد محسوب میشوند.

جدول شماره ۲۱- مقایسه مقدار میانگین و واریانس قلع و تنگستن توده گرانیتی الوند با توده های مولد وعقیم

Barean		Productive mass		
Bariance	mean	Variance	Mean Ppm	**Elements**
۱۰۰	۴۷	۷۱۰	۶۴	Li
۰،۷	۴،۳	۱۲،۶	۷،۴	Sn
		گرانیت الوند		
		۱۰۵۸	۳۷	Li
		۲۷	۹،۹	Sn

اقتباس از : ع. حسنی پاک ۱۳۸۲

۳-٤-۱-۳- شاخصه های نسبت عناصر

در بسیاری از توده های آذرین پدیده هایی چون آلتراسیون و تفریق ماگمایی سبب کاهش مقدار Mg و افزایش مقدار Li میشوند و همچنین ملاک تفریق ماگما با افزایش مقادیر لیتیوم، روبیدیوم و نیز کاهش باریوم و استرانسیوم و پتاسیم معلوم میگردند. چنین پدیده هایی میتوانند در تعیین مولد بودن توده های گرانیتی نقشی اساسی داشته باشند لذا تعیین نسبت Mg/Li ,Rb/K , Rb/Sr, Rb/Ba بعنوان ملاک ارزیابی واجد اهمیت ویژه ای هستند.

شاخصه های دیگری چون نسبت های ضربی برخی از عناصر چون $(K\times Mg\times Sr)$ $(Rb^{۲}\times Li)$ که در توده های مولد بین $۱۰^{-۳}$ تا $۱۰^{۱}$ در نوسان بوده و در گرانیت های عقیم از $۱۰^{-۲}$ کمتر میباشد (Govett,G.J.S ۱۹۸۳) در ارزیابی توده های مولد مورد استفاده قرار میگیرند. ضریب زونالیتی $(Bi^{۲}\times Ag)/(Sn^{۲}\times w)$ نیز در شناخت پتانسیل توده های آذرین

برای قلع نیز بکار میرود (Solovov, A,P ۱۹۸۵) در این حالت نسبت این ضریب در سطح توپوگرافی یک توده کانی ساز بین $۱۰^{۰}$ تا $۱۰^{-۴}$ در نوسان است و هر چه از سطح به عمق نزدیک تر شویم قاعدتا به سطح کانیسازی نزدیکتر شده و ضریب مذکور در اثر افزایش مقدار قلع و تنگستن کاهش یافته و به مقادیر $۱۰^{-۷}$ و یا کمتر کاهش می یابد.

حال با توجه به شاخصه های توضیح داده شده در فوق مقادیر برخی از این شاخصه ها در ۴۸ نمونه سنگ که از محدوده اکتشافی خاکو برداشت شده مورد محاسبه قرار میگیرد. نتایج حاصل از این محاسبات در توده آذرین خاکو جهت مقایسه با شاخصه های فوق الذکر در برخی از توده های مولد در جدول شماره ۲۱ ارائه شده است.

۳-٤-۱-٤- شاخصه های ژئوشیمیایی در منطقه اکتشافی خاکو

همانگونه که از اطلاعات موجود در جدول مذکور استنباط میگردد برخی از شاخصه های گرانیت الوند با گرانیت های بارور و برخی با گرانتیت های عقیم منطبق است. میانگین عیار قلع در توده گرانیتی الوند رقم ۹/۹ گرم در تن میباشد که از مقدار توده های عقیم بیشتر و از توده های بارور کمتر است (جدول ۱۱). اگر چه بدفعات دیده شده است که عیار قلع در برخی گرانیت های مولد حدود ۴۵ گرم در تن است ولی در بسیاری گرانیت های مولد میانگین کمتر از ۲۰ گرم در تن نیز میباشد.

در گرانیت های مولد عنصر روی بیش از ۹۰ گرم در تن دارای چولکی شدیدا مثبت میباشد، میانگین این عنصر در محدوده اکتشافی خاکو ۴۶ گرم در تن است و دارای چولگی مثبت میباشد و عناصر دیگر، چون مس دارای چولگی مثبت ولی سرب دارای انتشاری نرمال و فاقد چولگی میباشد (جدول شماره ۱۹ و نمودارهای D.۱۲, D.۱۳, D.۱۴, D.۱۵- پیوست شماره ۲-۲).

در مورد میانگین تنگستن اگر چه منحصرا میانگین این عنصر شاخص خیلی خوبی جهت تشخیص توده های مولد نمیتواند باشد ولی در کمتر گرانیت مولدی است که عیار این عنصر به بیش از ۵ گرم در تن برسد. با توجه به اینکه میانگین عیار تنگستن در محدوده اکتشافی ۵/۹ است لذا این توده را جزء گرانیت های عقیم طبقه بندی میتوان نمود. از

طرفی دیگر نمودار شماره D.۱۳ انتشار لگاریتمی و چولگی مثبت تنگستن رانشان میدهد که با مقایسه با توده های مولد که انتشار W فاقد چولگی زیاد میباشند، توده گرانیتی جزء گرانیت های مولد قلمداد میشود.

مقایسه نسبت (Mg/Li=۷۷) در توده گرانیتی الوند (در محدوده اکتشاف) متوسط ۴ توده مولد با گرانیتوئیدهای و بارور (۱۱) نشان دهنده تمایل این توده به طرف عقیم بودن است. زیرا هر چه مقدار Mg کاهش و مقدار Li افزایش یابد، توده کانی سازتر خواهد بود (جدول ۲۰).

نسبت K:Rb در گرانیت الوند ۲۰۳ است که نسبت به توده های مولد (۷۳/۴۵) رقم بالایی را دارد و در مورد Rb/Sr این مقدار در گرانیت الوند در محدوده خاکو ۳/۹۷ است که رقم فوق العاده کمی است. این نسبت در گرانیت مولد الیزابت گریت ۱۶ و گرانیت سن استیل که دارای کانی سازیهای پراکنده قلع میباشد ۸/۶ (Govett ۱۹۸۳) و یا گرانیت مولد گایرن ۶/۹۷ است. مقدار ضریب شاخص Ba/Rb در الوند ۱/۶ میباشد در صورتیکه در گرانیت گایرن گودم ۰/۵۷ و در گرانیت مولد کارن منلیس ۰/۲۸ و در گرانیت سن استیل ۰/۳۳ (جدول ۲۲) است، لذا مقایسه ضریب شاخص Ba/Rb گرانیت الوند در محدوده اکتشافی جزء توده های عقیم قرار میگرد.

همین محاسبات در واحدهای مختلف سنگی گرانیت الوند، چون رگه های پگماتیتی یا اپلیتی، هورنفلس، گرایزن و غیره نیز به تفکیک صورت گرفته است ، که نتایج بدست آمده در واحدهای مختلف مذکور بشرح زیر میباشد.

میانگین قلع در پگماتیت های دره خاک ۸/۷ ppm است که از میانگین گرانیت های مولد کمتر است و در رگه های آپلیتی این میانگین به ۱۳/۵ افزایش یافته و در هورنفلس ها به ۵/۴ گرم در تن و در نمونه های سنگی که از متن گرانیت الوند اخذ شده به ۴ / ۳ و بالاخره در رگه های گرایزنی به بیشترین مقدار یعنی ۱۴/۲۶ گرم در تن میرسد ولی درهر صورت تمامی مقادیر فوق الذکر از حداقل (۲۰ گرم در تن) توده های مولد کمتراست (جدول شماره ۲۰).

در جدول شماره ۲۰ نسبت شاخص غنی شدگی واحدهای سنگی گرانیت الوند ارائه شده است همانگونه که از مقایسه پارامترهای مربوط به هر یک از واحدهای سنگی با پارامتر متعلق به گرانیتهای بارور و یا عقیم حاصل میشود، این است که هیچ یک از رخساره های سنگی مورد مطالعه در منطقه خاکو در محدوده میانگین توده های مولد گرانیتی قرار

نمیگیرند لذا توده گرانیتی الوند از پتانسیل کانی سازی بالایی برخوردار نبوده و در نتیجه انتظار کشف ذخائر اقتصادی قلع و تنگستن حداقل در محدوده اکتشافی خاکو بعید بنظر میرسد.

Table No. ۲۱ : Comaring the different rasios of indicator elements of Khako area with ۴ productive granitics masses.

	Rock Types	K/Rb	Ba/Rb	Mg/Li	Rb/Sr	Sn
۱	Pegmatite viens	۱۸۱	۱،۴	۱۵۹	۲،۴۶	۸،۷
۲	Aplitic veins	۱۷۸	۰،۷۸	۴۷	۱،۷	۱۳،۵
۳	Graizen viens	۱۵۵	۰،۴۵	۳۰	۳،۱	۱۴،۲۶
۴	Granitic rocks	۱۷۷	۱،۹۲	۱۰۲	۱،۴۳	۴،۳
۵	Hornfels rocks	۱۷۹	۵	۱۸۲	۲،۱	۵،۴
۶	Total rock types of khaku	۲۰۳	۱،۶	۷۷	۳،۹۷	۹،۷۹
۷	Average parameters of ۴ productive granitics masses	۷۳،۴۵	۰،۳۹	۱۱	۹،۳۴	۱۶،۳۰

۲-٤-۱-۵- نتایج حاصل از مطالعه مقاطع صیقلی

در مجموع تعداد ۷ نمونه از واحدهای مختلف سنگی جهت مطالعه مقاطع صیقلی تهیه و پس از تهیه مقاطع مربوطه مورد مطالعه ore microscopy قرار گرفته است. جدول شماره شماره نمونه ونوع سنگ مربوطه را نشان میدهد.

با توجه به نتایج حاصل از مطالعات انجام شده در هیچیک از مقاطع کانی های قلع و تنگستن مشاهده نگردیده است اگر چه شرایط تشکیل این کانی در برخی از مقاطع فراهم بوده است.

پدیده اکسولوشن یا واخوردگی برای بسیاری از کانیها مثل کالکوپیروتیت Fe_4CuS_6، هماتیت، گوتیت پیریت در متن کانی تورمالین بوجود آمدهاست که بشکل قطرات بی شکل و بعضا دوکی شکل (عکسهای شماره ۲۶ و ۳۳) که کانی کالکوپیروتیت را بصورت بیشکل که در بخش های مرکزی و روشن تشکیل داده و حاشیه کناری آنها کانی های آهن آبدار (سیدریت) و هماتیت به رنگ قهوه ای تیره که در متن اصلی عکس شامل تورمالین به رنگ سیاه دیده میشوند.

اشتقاق کالکوپیروتیت و تجزیه حاشیه ای آن به کانیهای آهن از محلول محتوی تورمالین پدیده فاز پتوماتولیتی و پگماتیتی را بخوبی نشان میدهد.

فاز کانی سازی سولفیدی بصورت کالکوپیروتیت از فاز همرشد و یا همزیست تورمالین بصورت اکسولوشن غالب ترین پدیده کانی سازی است که در واحدهای سنگی پگماتیتی نمونه ۱۲۳ و هورنفلس پگماتیت دار Kh.GR.۱۳T مشاهده میگردد. در فاز اکسولوشن معمولا کانی کالکوپیروتیت ودر فاز سولفید شامل مرحله تشکیل پیریت و احتمالا طلا ایجاد گردیده است، بطوریکه در نمونه شماره ۱۱۲ که از واحد گرانیت های آلوده، حاصل هضم بخشهایی از هورنفلس، برداشت گردیده، کانی قطره ای شکل با زوایه بازتابش بالادیده میشود که احتمالا میتواند کانی طلا باشد (عکس شماره Kh.GR.۳۲T).

۲-٤-۱-٦- نتایج حاصل از کنترل نمونه های سنگی با نور ماوراء بنفش

جهت کنترل بیشتر نمونه ها تعدادی از نمونه های سنگی متعلق به رخساره های مختلف سنگی چون رگه های آپلیت، هورنفلس، گرانیت، دیوریت و پگماتیت تحت تابش نور ماوراء بنفش توسط چراغ (ultraviolet lamp) برای شناسایی شیئلیت قرار گرفته اند تا در صورت حضور کانی شیئلیت بصورت ذرات آبی رنگ شناسایی و دانه شماری گردد که متاسفانه یک از ۲۵ نمونه مورد مطالعه واحد کانی شیلیت نبوده و تنها برخی کاینهای کلسیت دار با رنگ زرد طلایی مورد شناسایی قرار گرفته اند (جدول شماره T.۲۴).

بخش چهارم- نتایج و پیشنهادات

٤-١- نتایج

با توجه به نتایج حاصل از مطالعات زمین شناسی و بررسی های ژئوشیمیایی اهم نتایج حاصل از اجراء این پروژه به شرح زیر ارائه میگردد.

١- محدوده مورد اکتشاف به وسعت ۶ کیلومتر مربع واقع در ۷ کیلومتری جنوب شهرستان همدان و باختر روستای خاکو قرار دارد.

٢- از نکته نظر توپوگرافی منطقه کاملا کوهستانی بوده و در واقع ارتفاعات جنوب شرقی توده باتولیتی الوند را تشکیل میدهد. کوه کمر تنگانه واقع در بخش جنوب شرقی به ارتفاع ٢٩٢۴ متر و کوه شاه نظر در بخش غربی محدوده اکتشافی به ارتفاع ٢٩۴۴ متر قرار دارند. دره های پیچ پیچک و دره باریکه با روند جنوب شمال در بخش شرقی و دره شاه نظر با روند غربی – شرقی پس از پیوست به آبراهه دره باریکه از گوشه شمال شرقی محدوده خارج میشوند.

٣- مهمترین واحدهای سنگی موجود در منطقه شامل گرانیت، گرانیت های آلوده، پرفیریتیک گرانیت که بخش اعظم محدوده غربی و سنگهای هورنفلس اندالوزیت کوئوردیوریت دار در بخش شرقی محدوده اکتشاف گسترش دارند. در کنتاکت گرانیت الوند و در امتداد دره باریکه محل تماس سنگهای گرانیتی و هورنفلس قرار دارد که جایگاه مناسبی جهت تزریق و تشکیل ، رگه ها دایکها و عدسیهای گرانیت تورمالین دار پگماتیتی و آپلیتی میباشد. گسترش این دایکها در محدوده فوق الذکر نشان از فعالیت های فازهای آخر ماگماتیسم داشته که بصورت یک زون در کنتاکت توده گرانیتی الوند و سنگهای هورنفلس شکل گرفته اند. طول این دایکها در برخی نقاط به بیش از یکصدمتر و عرض آن بعضا به چند متر میرسد.

۴- گرانیت الوند بر اساس اطلاعات سنگ شناسی و کانی شناسی جزء گرانیت های تیپ S بوده که از یک ماگمای مافیک مشتق شده است و ایجاد سنگهای حد واسط چون دیوریت، کوارتز دیوریت مونزودیوریت و سینوگرانیتها را نموده است.

سن تشکیل و تزریق گرانیت الوند بر اساس روش روبیدیوم – استرانسیوم بین ۶۳ تا ۸۰ میلیون سال تعیین شده است.

۵- مطالعات صورت گرفته روی ۲۲ نمونه کانی سنگین نشان دهنده حضور کانیهای قلع چون کاسیتریت (SnO_2) در ۷ نمونه و شیئلیت ($CaWO_4$) در ۱۷ نمونه میباشد که قطعا از واحدهای مختلف سنگی توده الوند و در محدوده اکتشاف مشتق شده اند. مقدار کاسیتریت در حد چند ذره درهر نمونه و حداکثر عیار شیئلیت به ۱۰۸ گرم در تن در نمونه شماره ۵ میرسد. حضور کانیهای فوق الذکر، نشان دهنده نوعی پدیده غنی سازی در گرانیت الوند و در محدوده اکتشافی است.

۶- محدوده مورد اکتشاف با برداشت ۱۴۵ نمونه سنگ بصورت شبکه ۵۰×۱۰۰ و در امتداد خط مبناء با روند عمومی شمالی- جنوبی همراه با ۸۰ نمونه خاک و تعدادی نمونه های سنگ شناسی وکانی شناسی تحت پوشش اکتشافی قرار گرفته اند، که در مرحله اول تمامی ۱۴۵نمونه سنگی مورد تحزیه عناصر Au, Sn, W با استفاده از روش AAS در آزمایشگاه مرکزی شرکت توسعه علوم زمین قرار گرفته و پس از دریافت نتایج تعداد ۴۸ نمونه از نمونه های مذکور انتخاب و به روشICP در آزمایشگاه شرکت امدل در استرالیا نیز برای ۴۴ عنصر تجزیه شده اند.

۷- نتایج حاصل از تجزیه نمونه ها نشان دهنده حداکثر عیار ۲۴ گرم در تن برای قلع، ۳۸/۴ گرم در تن برای تنگستن است و عیار بقیه عناصر پاراژنز نیز در حد زمینه میباشند.

۸- از مجموع نمونه های اخذ شده از رگه های مورد مطالعه بصورت chip sample ، تنها ۳ الی ۴ رگه پگماتیتی و آپلیتی محتوی حداکثر عیار قلع و تنگستن (۲۴ و ۳۸/۴ گرم در تن) میباشند که این رگه ها دارای روندی شرقی – غربی بوده و با دیگر رگه ها و دایکهای مطالعه شده که دارای روند عمومی شمالی- جنوبی میباشند، متفاوت هستند و بنظر میرسد که این رگه ها در یک فاز مستقل از مجموعه رگه های شمال – جنوبی تشکیل شده اند.

۹- محاسبات همبستگی صورت گرفته، ارتباط زایشی مناسبی بین کانیهای دگرگونی ونیز بین عناصر قلع و تنگستن بویژه در رگه ها و دایکهای پگماتیتی و آپلیتی موجود است که ساختار زایشی هر یک از عناصر وکانیها را نشان میدهد.

۱۰- محاسبات صورت گرفته روی حداقل پنج نوع رگه و دایکهای موجود در محدوده مطالعاتی لیتوژئوشیمیایی که شامل رگه های تورمالین دار پگماتیتی، آپلیتی هورنفلسها، و رگه های گرایزنی احتمالی هستند، نشان دهنده تفاوتهای چشمگیر انتشار عناصر در رگه های مذکور نمیباشد، بطوریکه متوسط عیار قلع در رگه های آپلیتی با ۱۳/۵ و بعضا پگماتیت –

گرازین ۱۴/۲۶ گرم در تن است. این مقدار قلع از متوسط عیار در توده های غیر مولد یا عقیم بیشتر است (۵> گرم در تن) و از میانگین اکثر توده های مولد که میانگین قلع آنها به بیش از ۲۰ گرم در تن میرسد کمتر میباشد.

۱۱- با استفاده از برخی شاخصه های تشخیص توده های مولد نمونه های اخذ شده در محدوده اکتشافی مورد ارزیابی قرار گرفته اند که نتایج حاصل بیشتر گویای عقیم بودن توده گرانیتی الوند در محدوده اکتشافی خاکو است، بطور مثال میانگین نسبت Mg/Li در گرانیت های مولد ۱۱ میباشد در صورتیکه در نمونه های منطقه خاکو ۷۷ است و نسبت K/Rb در گرانیت های بارور بطور متوسط ۷۳/۴۵ است در صورتیکه میانگین این نسبت در منطقه خاکو ۲۰۳ است لذا ملاحظه میگردد که هیچ یک از این پارامترها و دیگر پارامترهای مورد استفاده (جداول شماره ۲۱ و ۲۲). با توده های گرانیتی مولد (productive granites) مطابقت نداشته و بر عکس با پارامترهای توده های غیر مولد (barren granites) انطباق دارد.

۱۲- با توجه به کلیه پارامترهای زمین شناسی و ژئوشیمیایی و کانی سنگین و نیز ارزیابی های صورت گرفته روی پتانسیل کانی سازی قلع و تنگستن در محدوده اکتشافی خاکو، چنین میتوان نتیجه گرفت که حداقل این بخش از توده ۵۰۰ کیلومتری گرانیت الوند فاقد پتانسیل بالای کانی سازی قلع و تنگستن و دیگر عناصر پاراژنز چون طلا میباشد و در واقع برخی شواهد موجود گویای نوعی پدیده غنی شدگی (enrichment index) است و نه پدیده کانی سازی اقتصادی.

٤-۲- پیشنهادات

با عنایت به نتایج حاصل از اکتشافات و مطالعات صورت، حداقل در محدوده اکتشافی خاکو هیچگونه پیشنهادی در خصوص ادامه اکتشاف صورت نمیگیرد و توجیه اقتصادی جهت ادامه اکتشاف را ندارد.

فهرست منابع

۱- اشرف ترکیان ۱۳۷۴ : مطالعه پتروگرافی و پترولوژیکی پگماتیت های الوند همدان . رساله کارشناسی ارشد. دانشگاه تهران

۲- بهاری فر ۱۳۸۳ : پترولوژی سنگهای دگرگونی همدان. پایان نامه دکتری دانشکده علوم دانشگاه تربیت مدرس تهران

۳- علی اصغر حسنی پاک ۱۳۷۶ : ژئوشیمی اکتشافی (محیط سنگی) انتشارات دانشگاه هرمزگان

۴- عباسعلی حیدری ۱۳۷۶ : مطالعات ژئوشیمیایی سیستماتیک طلا درتوده گرانیتوئیدی الوند همدان . دانشگاه تهران

۵- محمود صادقاین و محمدولی ولی زاده ۱۳۷۵ : پتروژنز توده گرانیتوئیدی الوند

۶- محمد معانی حو و فرهاد الیانی ۱۳۷۹ :نگرشی بر کانی سازی آنتیموان در اطراف همدان. دانشگاه بوعلی سینا همدان

۷- Garrett, R.G. ۱۹۷۴ : Mercury in some granitoid rocks of the Yukon and its relation of Gold-Tangstan mineralization J.Geochem.Explor… ۳،۲۷۷-۲۸۹

۸- Govett. G.J.S. ۱۹۸۳.Rock Geochemistry in Exploration, Elsevier SCi. Pub-Co. ۴۶۱ PP.

۹- Solovov, A.P. ۱۹۸۵ : Geochemical prospecting for mineral deposits, Mr. Publishers Moscow.

بخش پنجم

پیوست ها

شرح مینرالوگرافی تعداد ۷ مقطع صیقلی مربوط به منطقه خاکو

توسط : محمد لطفی – مهر ماه ۱۳۸۳

نمونه شماره KHL-G-۱T

پاراژنز کانی ای این نمونه بطور عمده کالکوپیروتیت (Chalcopyrrhotite) به فرم بلورهای بی شکل و گاه تقریبا گرد و زاویه دار میباشد که بوسیله حاشیه ای تیره با قدرت بازتابش کم و اینزوتروپ فرا گرفته شده است (عکس شماره ۲۶). این حاشیه خاکستری رنگ به نظر می آید که از نوع سیدریت باشد. این مجموعه بلورها کلا در داخل تورمالین جای دارند و گاه به فرم قطراتی دوکی شکل واخوردگی با تورمالین نشان میدهند. پدیده واخوردگی نیز بین تورمالین و رشته های باریک هماتیت – گوتیت با قدرت بازتابش بالاتر از تورمالین و کمتر از کالکوپیروتیت نیز دیده میشود. این کانیها با توجه به بافت اکسولوشن مربوطه در شرایط پنوماتولیتی – پگماتیتی همزمان با تورمالین از ماگمای اسیدی جدا شده و تبلور یافته اند. البته در این شرایط کاسیتریت (SnO_2) نیز میتواند بوجود اید که از این مورد تجسس شد و لیکن متاسفانه نه کاسیتریت و نه استانیت (Cu_2FeSnS_4 Stannite) در این مقطع دیده شد.

Ch = Chalcopyrrhotite Fe_4CuS_6

Sid = Siderite ($FeCO_3$)

نمونه شماره KHGR-۱۳T

این نمونه که بیشتر از تورمالین تشکیل شده، از دیدگاه کانه های فلزی تنها شامل ریزدانه و رشته های سولفیدی است که بصورت اکسولوشن میرکیتی و امولسوئیدی در دانه های تورمالین ظاهر شده اند و دوباره تائیدی است بر جدایش آنها طی فاز پتوماتولین – پگماتیتی ماگمای اسیدی (شکل ۲۸ و ۲۷). گر چه فاز سولفیدی بدلیل ریز بودن چندان مشخص نیست، لیکن میتواند کالکوپیروتیت باشد. در این نمونه همچنین دانه ای با قدرت بازتابش بالا در کنار هیدروکسیدهای آهن نوع گوتیت دیده میشود که بسیار شباهت به طلا دارد (عکس شماره ۲۹). اندازه این دانه طلا ۳۵×۴۰ میکرون میباشد. کانی فلزی دیگری مشاهده نگردید.

نمونه شماره KHGR-۲۰T

در این نمونه نیز بجز دانه ها و رشته های باریک و منقطع از کالکوپیروتیت و پیریت در داخل دانه های تورمالین به تریبت بعنوان فاز واخورده (exsolved phase) (عکس شماره ۳۱ و ۳۰) و فاز سولفیدی و همچنین معدود دانه های ریز با قدرت بازتابش بسیار بالا، احتمالا دانه طلا ؟ (عکس شماره ۳۲)، کانی فلزی دیگری مشاهده نگردید.

نمونه شماره WRT ۱۸۰S۵

به جزء کانیهای سیلیکاته موجود در رگه های گانگ، کانی فلزی در این نمونه مشاهده نگردید.

نمونه شماره KH-G٤

در این نمونه به جزء آنجا که دانه های تورمالین رشد کرده ، فاز کانی فلزی دیده نمیشود. در داخل دانه های تورمالین، فاز سولفیدی از نوع کالکوپیروتیت با هاله خاکستری تیره از نوع کرنبات و اکسید آهن بخوبی دیده میشود (عکس شماره ۳۳). کانی فلزی دیگری مشاهده نگردید. البته رشته های ریز و باریک هماتیت – گوتیت بعنوان فاز واخورده (Exsolved phase) در امتداد کشیدگی دانه های تورمالین را نباید از نظر دور داشت و بدلیل همین همزیستی و همرشدی بین رشته های هماتیت و تورمالین است که ترکیبت آن شورلیت یعنی تورمالین آهن دار است.

نمونه شماره KH-G۲

در این نمونه و در داخل بلورهای کشیده تورمالین بجز بلورهای گرد شده و بی شکل پیریت (شکل ۳۴) با قدرت بازتابش بالا، کانی فلزی دیگری مشاهده نگردید. اندازه بلور بزرگتر در شکل ۳۴ ، ۱۰۰×۲۰۰ میکرون میباشد. این دانه های پیریت دارای بخشهای سیاه رنگ اسفروئیدی است که میتواند حاکی از حالت ملنیکویتی (melnikovitic type) آنها باشد.

نمونه شماره KHL-GT

فاز سولفیدی موجود در این نمونه از نوع کالکوپیروتیت (chalcopyrrhotite) است که فاز جدا شده از فاز همرشد و همزیست با تورمالین است یعنی فاز جدا شده ای (exsolved phase) که به فرم دانه ای و یا تیغکهایی درداخل بلورهای تورمالین قرار دارد. این فاز بعدا تحت فرایند هوازدگی ، اکسیده شده و به فرم تیغکهای هماتیتی – گوتیتی در آمده است و نوعی بافت اکسولوشن شبکه ای (network exsolution) را بوجود می آورد (عکس شماره ۳۶) بهر حال فرایند اکسیداسیون – هوزادگی دانه های کالکوپیروتیت و بوجود آمدن هاله های تیره خاکستری در عکس شماره ۳۵، قابل مشاهده میباشد.

عکس شماره ۳۶

نمایی از بافت تیغه ای – شبکه ای اکسولوشن را نشان میدهد که در آن تیغکهای کالکوپیروتیت بعنوان فاز جدا شده (exsolved phase) و محصولات اکسیده هیدروکسیدی – هماتیتی آن به فرم تیغعه ای و شبکه ای در داخل بلوری از تورمالین مشاهده میشود.