مجله علوم و فنون هسته‌اي
J. of Nuclear Sci. and Tech. شماره ٤٩، ١٣٨١ - ٦
No. 26, pp. 49-60, 2003

بررسي تكوين زمين شناسي و فلززايي كانسار اسكارن انارگ وپديده‌هاي مرتبط با آن

سپيده كمالي صدر*
امور اكتشاف و استخراج، سازمان انرژي اتمي ايران، صندوق پستي: ١٣٣٩- ١٤١٥٥, ايران- تهران

چكيده : كانسار چند فلزّي (مس، روي، آهن، نقره، طلاي) اسكارن انارگ در پانزده كيلومتري غرب روستاي پشت بادام در شمال شرق استان يزد واقع است. اين ناحيه به لحاظ تقسيم بندي زمين‌شناسي در منطقهٔ ايران مركزي و كمربند مس‌دار انارك- سرچشمه- خارستان قرار دارد. تودهٔ خارا مانند (گرانيتوئيدي) انارگ در مركز اين منطقه و در راستاي شمالي- جنوبي جاي گرفته است. سن مطلق آن كه به روشK/Ar تعيين شده است، زمان تزريق اين تودهٔ را دورهٔ "ائوسن ميانی" نشان مي‌دهد. تركيب سنگشناختي اين تودهٔ خارا مانند، متشكّل از گرانيت، گرانوديوريت، كوارتزمونزونيت و مقادير كمتر تونالیت و كوارتزديوريت متعلق به گرانيتوئيدهاي نوع (I) است. در اطراف اين توده نفوذي به طور كلي يك نوع اسكارن كلسيك وجود دارد و مهمترين سنگ همبر، بخش مرمر كلسيتي متعلق به مجموعهٔ كمپلكس پشت بادام است. منطقهٔ اسكارن برونی[١] اغلب ازگارنت، كلينوپيروكسن، آمفيبول، اپيدوت، كلريت، كلسيت، كوارتز، مگنتيت، كالكوپيريت، گالن و اسفالريت تشكيل شده است، كه بيشترين دگرگوني رخساره آن به رخساره آغازين پيروكسن- هورنفلس مي‌رسد. مجموعهٔ كاني منطقهٔ اسكارن درونی[٢] متشكل ازگروسولار، آندرادیت، اپيدوت، كلريت، كلسيت، ترمولیت، اكتينولیت است كه ضخامت آن از يك تا سه متر متغيّر مي‌باشد. كانه ها در سه وضع مختلف به نام نابهنجاريهاي A, B ,C تشكيل شده‌اند. بخش اصلي ذخيره اقتصادي در منطقهٔ اسكارن درونی قرار دارد. نوع پرازاد[٣] موجود به نحوي است كه نمي‌تواند تنها به تركيب سنگ ميزبان مرتبط باشد، بلكه متأثر از فرايندهاي تكاملي در طي جايگيري توده نفوذي نيز مي‌باشد. سيّالهاي ناشي از تفريق ماگمايي در طي تبلور تفريقي مذاب آذرين و تأثير متقابل آن با سنگ همبر، موجب تمركز مواد معدني در اسكارن چند فلزي به طريق متاسوماتيك شده است. اسكارن زايي در ناحيه انارگ در سه مرحلهٔ آغازين، متاسوماتيسم پسين و گرمابي صورت گرفته وعمدهٔ كانه‌زايي متعلق به مرحله دوم است. دماي تشكيل منطقه‌هاي پيروكسن اسكارن و گارنت اسكارن، با توجّه به ويژگيهاي كاني‌شناسي و مطابقت با نمودارهاي تعادل فاز به ترتيب بين ٤٥٠- ٦٠٠ و ٣٨٠- ٤٨٠ درجهٔ سانتي‌گراد اندازه‌گيري شد. ساز و كار تشكيل اين اسكارن نتيجهٔ تأثير متقابل "همبري - تراوش" محلولهاي ماگمايي است. اين فرايندها در اثر شكستگيهاي تودهٔ نفوذي و سنگهاي همبر شدّت يافته‌اند. مطالعات كاني شناسي (تجزيه و تحليل با X.R.D و مطالعه مقاطع صيقلي) نشان مي‌دهند كه كانه‌زايي اصلي شامل كالكوپيريت، مگنتيت، گالن و اسفالريت است. عيار مس از ٠/٣٥ تا ١٢ درصد حساب شده است، كه كانسار قابل توجّهي را براي معدنكاري نشان مي‌دهد. اين ذخيره به كانسارهاي اسكارن چند فلزي (مس، روي، آهن، نقره، طلا) وابستگي دارد كه بر طبق شواهد، خاستگاه زمين‌ساختي آن مرتبط با ماگماتيسم ناشي از فرورانش حاشيه قاره‌اي با شيب كم است.

واژه‌هاي كليدي: كانسار اسكارن انارگ، تكوين زمين شناسي، مراحل اسكارن زايي و كاني زايي، اسكارن چند فلزي، اسكارن كلسيك

Geologic Evolution and Metallogeny of the Anarg Skarn Ore Deposit with Related Phenomena

S. Kamali Sadr*
Exploration and Mining Division , AEOI, P.O.Box:14155- 1339, Tehran -Iran

Abstract : The Anarg Polymetallic skarn deposit (Cu, Zn, Fe, Ag, Au) is located on the15 km west of the Posht-e- Badam village in the northeastern part of the Yazd province in central part of Iran. This area is situated in geological domain of the central Iran within the Anarak - Sarcheshmeh - Kharestan copper belt]. The Anarg's granitoid intruded within the center of north - south trending zone . The K/Ar radioisotope age of this granitoid body is middle Eocene, respectively. Lithologically of this granitoid body is composed of I- type granite, granodiorite, quartzmonzonite and less of tonalite and quartzdiorite. There is one calcic type skarn around this intrusion. The most

تاريخ دريافت مقاله: ۱۳۸۰/۱۲/٦ تاريخ پذيرش مقاله: ۱۳۸۱/٥/۲
email:skamalisadr@aeoi.org.ir
*

important country rock is calcic marble, related to the Posht -e- Badam complex. The exoskarn mainly consists of garnet (andradite- grossularite), clino - pyroxen (diopside - hedenbergite), amphibole (tremolite - actinolite), epidote, chlorite, calcite, quartz, magnetite, chalcopyrite, galena and sphalerite, where its high grade metamorphic facies is attained to the primer pyroxen - hornfels facies. The endoskarn minerals assemblage is composed of grassularite, andradite, epidote, chlorite, calcite, tremolite, actinolite, which its thickness is varied between 1-3 meters. The ore minerals occurred in three different localities (anomalies) namely A,B and C. The major part of economic ores are located within the exoskarn zone. This paragenesis not only is related to the composition of hosting, but also reflects the evolutionary processes of intrusion emplacement. The magmatic derived solutions resulted from fractional - crystalization of igneous melt, as well as their interaction with surrounding rock units participates to from the aforesaid polymetallic skarn - type deposit, by metasomatic processes. Skarnification in the Anarg ore field has been occurred in three stages namely:I) , Prograde, II). Retrograde - Metasomatic and III) Hydrothermal stages. The major ore mineralization has occurred during 2 nd stage. This deposit is a lenticular form body, accompanied by irregular massives and less amount of vein and veinlets. Their ores show massive, inclusion, disseminated and less amount replacement type textures. By considering the mineralogical peculiarities and their correlation with phase diagrams, it is concluded that the temprature of the mineral zone formations are as follows:

- Pyroxen zone , 450 -600 ^{0}C
- Garnet zone , 380 -480 ^{0}C

This skarn was formed by contact- infiltration of magmatic derived fluids. This process has been intensified by fracturing systems of both magmatic and surrounding bodies. Mineralogical investigation (X.R.D and ore microscopy) show that the major ore minerals are chalcophyrite, magnetite, galena and sphalerite. The Cu-content is varied between 0.35 to 12% , which indicates a remarkable deposit for mining consideration. It has to be mentioned that this deposit is classified as polymetallic - skarn type deposit, by considering the (Cu, Zn, Fe, Ag, Au,) metals in ore fomation, which is related to the continental margin - type low angle subducted zone .

Keywords: ***Anarg skarn ore deposite, geologic evolution, skarnification and mineralization stages, polymetallic skarn, calcic skarn***

۱- مقدمه

منطقهٔ معدني انارگ به طور كلي از مجموعهٔ سنگهاي دگرگوني، به نام "كمپلكس پشت بادام" تشكيل شده است. "كمپلكس پشت بادام" به صورت آميزه‌اي زمين‌ساختي از سنگهاي دگرگوني پر كامبرين، اينفراكامبرين و پالئوزوئيك با درجات دگرگوني مختلف، يعني درجات شديد در بخشهاي قديم و درجات ضعيف در بخش‌هاي جديد، تعريف شده است[۱]. تودهٔ نفوذي انارگ با گسترش كم به درون بخش مرمر كلسيتي متعلّق به كمپلكس پشت بادام نفوذ كرده است و تركيب آن را عمدتاً گرانيت، گرانوديوريت، كوارتزديوريت تشكيل مي‌دهد. در نتيجه، با استقرار اين توده، در اثر برخورد با سنگهاي همبر در چندين وضعيت نابهنجاريهاي A,B,C (نمايه‌هاي معدني) پديد آمده است (شكل ۱).

همبر از نوع ماگمايي است، به طوري كه رگه‌هايي از تودهٔ نفوذي

به درون اين بخش‌هاي سنگي نفوذ كرده است. بنا بر

مطالعات انجام گرفته، توده‌ٔ نفوذي انارگ، از پتاسيوم و كالك آلكالن غني بوده و به گرانيتوئيدهاي قوس قاره‌اي نوع (I) متعلّق و دچار پديده‌ٔ تفريق ازطريق تبلور مرحله‌اي شده است[٦]. با استفاده از روش سنگنگاري (پتروگرافي)، در اين توده نفوذي بلورهاي شكل‌دار و نسبتاً فراوان زيركن مشاهده شد (شكل ٢) كه به لحاظ كانه‌سازي عناصر پرتوزا حائز اهميت است و مي‌توان آنرا پي‌گيري كرد.

٢- تشكيل اسكارن

استقرار توده‌ٔ انارگ در سنگهاي همبر مرمري پشت بادام، باعث شكستن و خردشدن اين مجموعه شده و اسكارن‌سازي و كاني‌زايي در منطقه را به وجود آورده است. مهمترين سنگ مادر براي تشكيل اسكارن، بخش مرمر كلسيتي است. منطقه‌هاي اسكارن دروني و اسكارن برونی به وسيله‌ٔ مطالعات صحرايي و ميكروسكوپي شناسايي شده‌اند. يك نوع منطقه‌بندي به لحاظ

شكل۱- نقشه زمين شناسي كانسار انارگ

شكل۲- كاني زيركن به صورت درونگير (انكلوزيون) در بيوتيت و هاله سياه رنگ اطراف آن كه در اثر واپاشي عناصر
راديواكتيو پديد آمده است (تصوير ميكروسكوپي، ppl).

دگرگوني، كانه‌زايي و دگرساني دراين منطقه وجود دارد، به طوري كه در همبري تودهٔ نفوذي ابتدا يك نوار باريك اسكارن دروني شكل گرفته و سپس منطقه اسكارن برون كانه‌دار دگرسان شده در حاشيه تودهٔ نفوذي قرار گرفته است.

سنگشناسي بعدي، بخش مرمر كلسيتي دگرسان نشده همراه با كانه‌زايي است. با دور شدن از مرز همبري، كاهش محسوسي در كانه‌زايي و دگرگوني مشاهده مي‌شود [٥]، به طوريكه در سمت غرب، بخش مرمر كلسيتي بدون كانه زايي ظاهر مي‌شود. اسكارن، با توجّه به

ترکیب کانی شناختي، ازنوع کلسیك است [۳]. همچنین، با استناد به شواهد صحرایي متعدّد، فرایند متاسوماتیسم عمدتاً ازطریق تراوش صورت گرفته است. جدول ۱

کانیهاي موجود در اسکارن کلسیومي منطقه انارگ را نشان مي دهد. در این پژوهش، کانیهاي موجود در اسکارنها به وسیلهٔ مطالعه مقاطع نازك [۱۱] و روشهاي آزمایشگاهي X.R.D و میکروپروپ تعیین شده اند.

۲-۱- منطقه اسکارن درونی

سنگهاي منطقهٔ اسکارن درونی انارگ به صورت نمونه‌هاي دستي و ریزبیني (میکروسکوپي) قابل تشخیص هستند و از نظردرشت‌بیني (ماکروسکوپي)، بافت مشخّص خود را حفظ کرده‌اند. مقدار زیادي از کانی‌هاي شاخص اسکارني [۲]، از جمله اپیدوت، گارنت، ترمولیت، اکتینولیت، زوئیزیت، کلریت و

جدول ۱- کانیهاي موجود در اسکارن کلسیومي منطقه انارگ

گروه کاني	کانیهاي اصلي	کانیهاي فرعي
سیلیکاتها	پیروکسنها (دیوپسید - هدنبرژیت) گارنت (آندرادیت - گراسولار)	آلکالي فلدسپار، پلاژیوکلاز، زیرکن، اسفن.
هیدروسیلیکاتها	آمفیبول، اپیدوت، کلریت.	بیوتیت، زوئیزیت،کلینوزوئیزیت، سریسیت، رس.
اکسیدها	مگنتیت، هماتیت، کوارتز.	گوتیت.
سولفورها	کالکوپیریت، پیریت، پیروتیت، گالن، اسفالریت.	آرسنوپیریت، مولیبدنیت،کولیت، کالکوسیت، مارکاسیت، تتراهدریت.
گروههاي دیگر	کلسیت، آزوریت، مالاکیت، شئلیت.	آپاتیت.

کلسیت در آنها موجود است. در و اکسیدهاي آهن در سطح برون‌زدها

برخي از نقاط، لایه نازکي از کانیهاي مالاکیت و آزوریت، پیریت و دگرسانیهاي آرژیلیك در سطح سنگ دیده مي‌شود. این اثرها در منطقهٔ انارگ اغلب در جاهایي گسترش دارد که به علت خردشدگي شدید در آنها معابري براي عبور محلولهاي گرمابي ایجاد شده [٤] و درطول تماس بسیار متغیرند، اما به طور متوسّط ضخامت منطقه اسکارن درونی در مرز نفوذي از یك تا سه متر متغیر است.

۲-۲- منطقه اسکارن برونی

سنگهاي منطقه اسکارن برونی انارگ از نظر درشت بیني ظاهري قهوه‌اي رنگ تا سبز تیره دارند. لایه نازکي از کانی‌هاي اکسیدي مس مانند مالاکیت، آزوریت

قابل مشاهده است (شکل۳). از نظر ریزبیني در منطقهٔ اسکارن برونی، بافت هورنفلسي تاگرانوبلاستیك دانه متوسّط دیده مي‌شود ومنطقه بندي تدریجي و ضعیفي بر اساس کانی‌هاي تشکیل دهندهٔ غالب (گارنت اسکارن، گارنت - پیروکسن اسکارن و پیروکسن اسکارن) مي توان در نظر گرفت. بیشترین حجم منطقه اسکارن برونی را گارنت تشکیل مي‌دهد. بنا بر تجزیه و تحلیل‌هاي انجام شده، گارنت‌ها از دستهٔ محلول جامد اوگراندیت[٤] (گراسولار- آندرادیت) (And58-And95)

مي‌باشند كه مقدار آندرادیت آن بيشتر از گراسولار است. پرازاد (پاراژنز) اسکارن معمولاً به صورت± گارنت ± اپیدوت + کلینوپیروکسن کوارتز کلسیت آمفیبول کلریت بوده و این ترکیب کاني شناختي بيانگر آن است که سنگ آغازین آن حداکثرتا اوایل رخساره پیروکسن هورنفلس دگرگون شده است.

۲-۳-کانه زایي

وضعیت نابهنجاریهاي ایجاد شده به لحاظ ویژگیهاي زمین‌شناختي، در ارتباط با توده گرانیتوئیدي انارگ و بخش کربناتهاي مرمري (mb) کمپلکس پشت بادام بوده و در اثر تماس بین آن دو ایجاد شده است (شکل ۱). شکل فضایي نابهنجاري A "صفحه‌اي" و با امتداد N155 / 80 NE بوده و تراکم مادّه معدني در آن، دریك امتداد از منطقه گسله و خردشده است که قاعدتاً حاصل عملکرد مشترك استقرار توده نفوذي و زمین ساخت بوده است [۱۲]. در منطقه خرد شده و در حاشیه بخش گرانیتي(اسکارن درونی) آثاري از پیریت و آغشتگي‌هاي مالاکیت به همراه دگرسانیهاي آرژیلي نیز دیده مي‌شود. در نابهنجاري B ، منطقه دگرگونه همبري با رخساره‌ٔ هورنفلس و اسکارن در امتداد N145 / 80NE بوده و از روند مرمرهاي سفید فوقاني تبعیت مي‌نماید. در راستاي

شکل۳- تشکیل آزوریت و مالاکیت و اکسیدهاي آهن در امتداد سطوح خرد شده.

عدسي شکل(٥) تا توده‌اي نامنظم و

منطقه‌ٔ اسکارن برونی، کانه زایي با پرازاد مس، سرب، روي و آهن اتّفاق افتاده است که به وسیله‌ٔ گسلهایي در راستاي تقریباً شمالي - جنوبي کنترل شده‌اند. طول آن به ۱ تا ۱/٥ کیلومتر مي‌رسد [۹] که قسمت قابل رؤیت کاني سازي آن حدود۱٥۰ متر است. کانه زایي به صورت‌هاي با شیب نسبتاً زیاد دیده مي شود (شکل٤). در نابهنجاري C نیز کانه زایي به صورت رگچه و پاکت‌هایي تا ابعاد ۲۰*۲۰ سانتي‌متر روي داده است که سنگهاي دربرگیرنده‌ٔ آن اسکارن برونی و بخش مرمر کلسیتي مي باشند؛ کانه‌زایي احتمالاً به وسیله‌ٔ شکستگي‌ها کنترل شده است. مطالعات

ميكروسكوپي نشان مي‌دهند كه بافت‌هاي متداول در توده‌هاي معدني از نوع هم‌ساخت (يكپارچه)[٦]، درونگر[٧]، پراكنده[٨]، تزريقي، دانه‌دار بلورين و بافت برون‌داشته[٩] مي باشند (شكل ٥).

٢-٤- پرازاد كانيها

با توجّه به شواهد صحرايي و مطالعات ميكروسكوپي و بافتي در روند فرايندهاي اسكارن زايي، كاني زايي گرمابي و هوازدگي، پرازاد كانيها مشخص شد. درجدولهاي ٢ و ٣، كانيهاي هميافت مربوط به مراحل مختلف كاني زايي دركانسار انارگ درج شده است.

الف- نفوذ ماگماي گرانيتوئيدي انارگ با دمايي حدود ٧٠٠تا٩٠٠ درجه سانتي‌گراد به درون بخش مرمري كمپلكس پشت بادام و زمينه سازي براي تشكيل اسكارن در اثر ايجاد حالت شكنندگي در سنگهاي ميزبان مرمري.

ب - با ورود سيّالهاي گرمابي كه داراي مقادير زيادي Fe_2O_3، SiO_2، FeO ، يونهاي عناصر فلزي، آب و دي‌اكسيدكربن بوده‌اند، مرحله اصلي اسكارني شدن صورت گرفته است كه در اين مرحله كاني‌هاي شاخص اسكارني مثل گارنت و پيروكسن در دمايي حدود 600^0C - ٤٥٠ تشكيل شده اند (شكل ٦). از شواهد صحرايي و سنگنگاري چنين استنباط مي‌شود كه تشكيل اين اسكارن در منطقه مورد مطالعه تحت كنترل عوامل زمين‌ساختي بوده و عمدتاً از مسير شكستگيها و گسل‌ها صورت گرفته است. در اين مرحله در سمت تودهٔ نفوذي، يونهاي

٣-مراحل ژنتيكي تشكيل اسكارن انارگ

تشكيل اسكارن انارگ و دگرساني و كاني‌زايي بعد از آن، طي مراحل زير صورت گرفته است:

شكل٤-كانه زايي عدسي شكل

شكل٥- الف- تجمّع مگنتيت، گالن، هماتيت. تصوير ميكروسكوپي، نور عادي، بزرگنمايي (٤×).

شكل٥- ب- بافت تزريقي كه در آن پيريت به وسيلهٔ عامل زمين ساختي خرد شده و محيط براي تزريق تتراهدريت فراهم شده است.
تصوير ميكروسكوپي، نور عادي، بزرگنمايي (٤×).

شكل٥- ج- بافت " امولسون مانند" كه در آن قطراتي از پيريت در زمينه اي از اسفالريت تحت پديده "برون داشته" قرار گرفته است.
تصوير ميكروسكوپي، نور عادي، بزرگنمايي (× ٤).

كلسيوم گرفته شده از كربنات ها نيز سبب تشكيل كاني هاي اسكارني (اسكارن دروني) شده است. كاني‌سازي فلزّي در اين مرحله چشمگير نبوده و فقط مقادير كمي مگنتيت نهشته شده است.

ج- با تغيير شرايط فيزيكوشيميائي و ورود سيّالهايي كه با اسكارن اوّليه در تعادل نبوده‌اند اولين مرحله دگرساني پسرونده در دمايي حدود ^{0}C ٤٥٠ - ٣٠٠ اتفاق افتاده است. در اين مرحله گارنت و پيروكسن اسكارن، تبديل به مجموعه‌هايي داراي اپيدوت، ترموليت - اكتينوليت، كلسيت، مگنتيت، پيريت و ... شده (شكل٦) و با گذشت زمان غني‌شدگي سيّالها از سولفور و فلزات صورت گرفته است[٨].

در اثر ناپايداري كمپلكس‌هاي مس و آهن، بيشترين كاني‌سازي اقتصادي در اين مرحله انجام گرفته است(شكل٧). كلسيت و گارنت موجود در منطقهٔ اسكارني، از طريق خنثي كردن محلول‌هاي اسيدي كانه‌دار بيشترين تأثير را در نهشت كانه‌ها داشته‌اند. كلسيت همچنين تأثير زيادي در جلوگيري از گسترش غني شدگي ثانويه در اين كانسار داشته است. در حالت كلي مي‌توان روند تغييرات فيزيكوشيميائي را از اسكارن اوّليه به تأخيري، شامل كاهش دما و افزايش نسبي فشارهاي كم دوام[١٠]

fS_2 و fo_2 در نظر گرفت.

د- تأخيري‌ترين پديده در اين اسكارن كه در دماي كمتر از ^{0}C ٣٠٠ رخ داده، تبديل كاني‌هاي اسكارني بي‌آب مرحله اول و آبدار مرحله دوم به مجموعه‌هاي دانه ريز است كه شامل كلريت، كلسيت، كوارتز و كاني‌هاي رسي مي باشند. كاني‌سازي فلزّي قابل توجّهي به غير از نهشت مقادير اندكي گوتيت، كالكوسيت و كوليت در اين مرحله صورت نگرفته است.

٤- نتيجه گيري

١- تودهٔ خارا مانند (گرانيتوئيدي) انارگ كه سنّ آن به دورهٔ ائوسن مياني مي‌رسد در راستاي شمالي - جنوبي درون منطقه انارگ نفوذ كرده است. اين توده در برخورد با سنگهاي همبر سبب خردشدگي و شيب‌دار شدن سنگهاي مرمري و اسكارن سازي و كانه زايي شده است.

٢- با توجّه به اينكه كانه زايي در ناحيهٔ انارگ در منطقهٔ اسكارن بروني صورت گرفته است نوع پرازاد موجود به نحوي است كه نمي‌توان آنرا تنها به سنگهاي اوّليه مرتبط دانست،

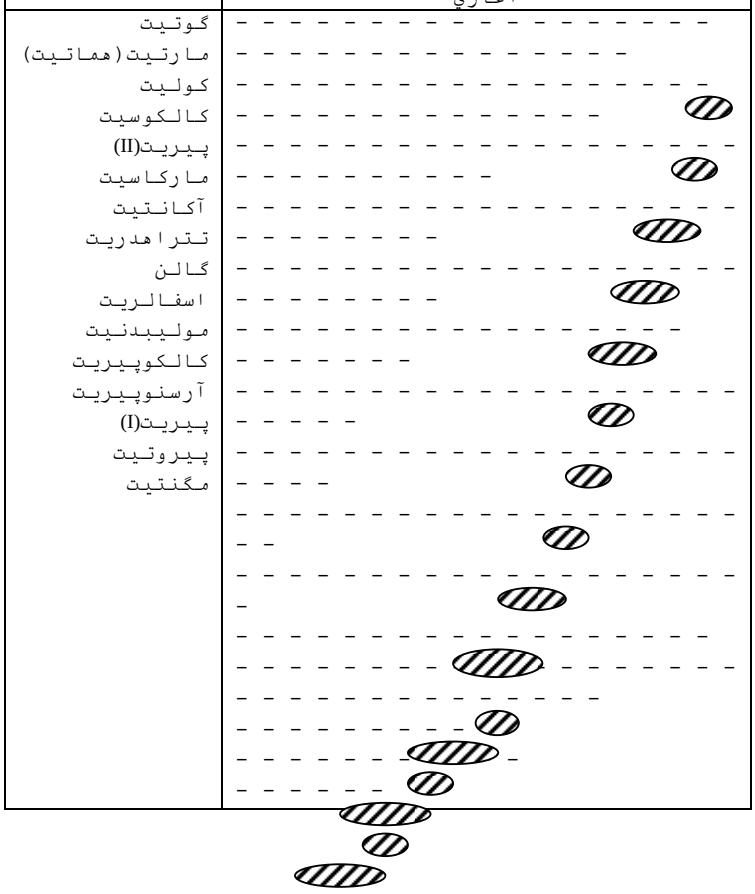
بلكه بنا برشواهد موجود، به نفوذ تودهٔ گرانيتوئيدي انارگ و تشكيل سيّالهاي باقي مانده ناشي از تكامل ماگما وتعامل

جدول ۲- كانيهاي هميافت مربوط به مراحل مختلف كانيزايي در كانسار انارگ.

كاني	مراحل اسكارنزايي و كانهزايي				
	هورنفلس	مرحلهٔ آغازي (اسكارن پيشرونده)	مرحلهٔ مياني (اسكارن-متاسوماتيسم پسين)	مرحلهٔ تأخيري (گرمابي)	هوازدگي
پلاژيوكلاز	———	———	·····		
آلكالي فلدسپار		———	·····		
كوارتز	———	———	———	———	·····
بيوتيت		———	·····		
آندرادیت-گروسولار		———			
ديوپسيد-هدنبرژيت		———	·····		
ترموليت-اكتينوليت			———	·····	
اپيدوت			———	———	
كلريت			·····	———	·····
كانيهاي رسي				———	———
كلسيت	———	———	———	·····	
مگنتيت		·····	———	·····	
هماتيت				———	———
گوتيت				———	———
پيريت			———	·····	
پيروتيت			———	———	
كالكوپيريت			———	·····	
موليبديت			———	———	
گالن			———	·····	
اسفالريت			———	———	
تتراهدريت			·····	·····	
كوليت				———	———
كالكوسيت				———	———

جدول ۳- روند تسلسلي تشكيل كانه‌ها در كانسار انارگ

كانه‌ها	مراحل كانه‌زايي تاخيري آغازي
گوتيت	
مارتيت(هماتيت)	
كوليت	
كالكوسيت	
پيريت(II)	
ماركاسيت	
آكانتيت	
تتراهدريت	
گالن	
اسفالريت	
موليبدنيت	
كالكوپيريت	
آرسنوپيريت	
پيريت(I)	
پيروتيت	
مگنتيت	



شكل۶- تبديل آندراديت به مجموعهٔ كلسيت، كوارتز و اكسيدهاي آهن در منطقه اسكارن برونـي.
(تصوير ميكروسكوپي، ppl)

شكل۷- كانه زايي اكسيدي و سولفيدي بعد از تشكيل كانيهاي كالك سيليكاته بي‌آب اوّليه صورت گرفته است(تصوير ميكروسكوپي، ppl).

اين سيّالها با سنگهاي همبر، ارتباط داشته و موجب تمركز مواد معدني شده است. در اين تمركز دما، فشار و تركيب سيّالهاي گرمابي ناشي از تودهٔ نفوذي از يك سو و تركيب اوّليه سنگهاي همبر از سوي ديگر دخالت داشته و به طريق متاسوماتيك موجب تشكيل اين كانسار شده است.

۳- توده نفوذي انارگ طي سه مرحلهٔ استقرار اوليه، متاسوماتيسم و گرمابي شكل گرفته است [۷] و اسكارن‌ها نيز به تبعيت از تحوّلات تودهٔ نفوذي سه مرحله پيشرونده، متاسوماتيسم پسين و گرمابي را پشت سر گذاشته‌اند.

٤- پرازاد اسكارن عمدتاً به صورت مجموعه گارنت + كلينوپيروكسن + اپيدوت + كوارتز + كلسيت + آمفيبول مي‌باشد كه حداكثر رخساره دگرگوني آن به اوايل رخساره پيروكسن - هورنفلس مي رسد.

٥- كانه زايي اقتصادي اين اسكارنها شامل كالكوپيريت، مگنتيت و اسفالريت مي‌باشد كه در آخرين فاز اسكارن زايي صورت گرفته و عمده آن در مرحله متاسوماتيسم پسين انجام شده است.

٦- ساز و كار تشكيل اسكارنهاي منطقه در نتيجه تعامل همبري - تراوش محلولهاي ماگمايي ناشي از تودهٔ نفوذي مي‌باشد.

۷- شكستگيهاي توده نفوذي و سنگ ميزبان نقش عمده‌اي در شكل گيري سيستم گرمابي و كاني سازي داشته است.

۸- در اين كانسار علاوه بر اكسيدهاي آهن و سولفيدهاي مس، مقادير اندكي موليبدنيت، سولفيدهاي سرب و روي و نقره نيز حضور دارند و علي‌رغم اينكه اين كانسار براي مس معدن‌كاري شده است ولي به لحاظ سيماهاي زمين شناختي و ژئوشيميائي به كانسارهاي اسكارن چند فلزي وابسته است.

۹- كانسار انارگ يك كانسار اسكارن كلسيت است و نهشته اقتصادي آن در منطقه اسكارن بروني قرار گرفته است.

۱۰- كانسار انارگ در محيط زمين ساختي مربوط به ماگماتيسم

همراه با فرورانش سطحي با شيب كم است كه ويژگيهاي اسكارن چند فلزي با اهميت محلي Au، As را نشان مي‌دهد [١٣].

١١- با توجّه به مطالعات انجام شده، نواحي دگرسان شده منطقه اسكارني نزديك به تماس، داراي بيشترين كاني‌هاي مرحلهٔ پسين بوده و در اولويت اكتشاف قرار دارند.

پي‌نوشت‌ها :

١-exoskarn
٢-endoskarn
٣-paragenesis
٤-ugrandite
٥-lenticular
٦-massive
٧-inclusion
٨-disseminated
٩-exolution
١٠-fugacity

References:

1. A. Haghipour, "Etude geologigue de la region de Biabanak - Bafgh couverture,'' These Univ. Grenoble, 403 (1974).
2. D. E. Harnish and P. E. Brown,"Petrogenesis of the Casseus Cu-Fe skarn, Terre Heuve District," Econ. Geol., 81:1801-1807 (1986).
3. G. D. Layen, F. G. Longstaffe, and E. T. C. Spooner, "The Jc tin skarn deposit. Southern Yukon Territorty:II, A carbon, oxygen, hydrogen and sulfur stable isotope study," Econ. Geol. 86, 48-65 (1991).
4. T. C. Labotka, "Chemical and physical properties of fluids in contact metamorphism," Mineralogical Society of America, Rewiews in mineralogy, Bookcrafters Pub., 26, 43-104 (1991).
5. L. D. Meinert, "Skarn zonation and fluid evolution in the Groundhog mine , Central Mining District," New Mexico. Econ. Geol., 82, 523-545 (1987).
6. L. D. Meinert, "Igneous petrogensis and skarn deposits," Geological Assiciation of Canada, Special paper, 40,569-583 (1995).
7. H. Mollai, "Petrochemistry and genesis of the granodiorite and associated iron-copper skarn deposit of Mazraeh, Ahar, Azerbaidjan, Iran," Ph. D. thesis. Roorke. Univ., India (1993).
8. D. Mullar, and D. I. Groves, "Potassic igneous and associated gold - copper mineralization," Springer Pub., 241 (1997).
9. E. Romankov, Y. U. Kokorin, B. Krivyakin, M. Susov, L. Morozov, and M. Sharkovski. "Outline of metallogeny of Anarak area (Central Iran)," Geological Survey of Iran, Report Te/NO.21-1984 (1984).
10. B. Samani, "Distribution setting and mettallogenic of copper deposits in Iran, A Global Perspective," Australian Mineral Formation, 135-158 (1999).
11. D. Shelley, "Igneous and metamorphic rocks under the microscope," Chapman & Hall Pub., 298 (1993).
12. T. E. Waight, S. D. Weaver, and R. J. Muir, "The Hohonu compositions controlled by source H_2O contents and generated during tectonic transition," Contrib. Mineral. Petrol. 128, 81-96 (1998).
13. V. A. Zharikov, "Skarn types, formation and mineralization condition. In Skarn. their Genesis and Metallogeny," (A. Barto Kyriakidis. ed. Theophrastus publishing & proprietary Co., S. A., Athen . Greece., 455-466 (1991).