

سال بیست و سوم، شمارهٔ چهارم، زمستان ۹۴، از صفحهٔ ۷۵۹ تا ۷۷۴

سنگنگاری، ژئوشیمی و شیمی کانیهای استوک پورفیری استرقان، خاروانا، آذربایجان شرقی

رسول فردوسی ً، علی اصغر کلاگری، محمد رضا حسین زاده، کمال سیاه چشم

گروه علوم زمین، دانشکده علوم طبیعی، دانشگاه تبریز، تبریز ۵۱۶۶۶، ایران (دریافت مقاله: ۹۳/۱۰/۱۵ ، نسخه نهایی: ۹۴/۱/۲۵)

چکیده: ذخیره مس – طلای استرقان در ۵۰ کیلومتری شمال تبریز، جنوب شرقی خاروانا در استان آذربایجان شرقی، قرار گرفته است. مهم ترین واحدهای سنگ شناختی منطقه تودههای نفوذی به فرم استوک (الیگومیوسن) و توالی سنگهای فلیش گونه مرکب از سنگ آهک، ماسه سنگ آهکی و مارن (پالئوسن – ائوسن) هستند. ترکیب پلاژیوکلازها از الیگوکلاز تا آندزین متغیر بوده و پتاسیم فلدسپارها بیشتر ارتوز هستند. آمفیبولها بیشتر از نوع کلسیک بوده و ترکیب شیمیایی آنها در گسترهی مگنزیوهستینگزیت تا ادنیت قرار می-گیرد. این توده از گرانیتهای نوع I، پر آلومینوس و به گروه آهکی قلیایی با پتاسیم بالا و شوشونیتی که به قوسهای آتشفشانی پسابرخوردی وابستهاند. غنی شدگی در عناصر AL، Nb، Nd، La و Pr، Ta، Nb و و تهی شدگی در عناص ML و شوشونیتی که به قوسهای آتشفشانی مشاهده می شود، و LREE نسبت به HREE غنی شدگی نشان می دهند. بررسیهای ریز پردازش الکترونی کانهها، حضور طلای طبیعی همراه با کانیهای سولفیدی (استیبنیت و تتراهدریت) و رگچههای کوارتزی را ثابت می کنند. بیشترین محتوای طلا در شبکه، سولفوسالتها و کانههای سولفیدی با ممای پایین نظیر استیبنیت است. حضور مقادیر بالای عناصر در برای ملا در شبکه، مراه با کانیهای مولفیدی (استیبنیت و تتراهدریت) و رگچههای کوارتزی را ثابت می کنند. بیشترین محتوای طلا در شبکه، سولفوسالتها و کانههای سولفیدی با هالههای ژئوشیمیایی این عناصر همخوانی دارد که نشان دهندهی تشکیل این کانهها در دای پائین است.

واژەھاى كليدى: سنگنگارى؛ ژئوشىمى؛ شىمى كانىھا؛ شىمى كانەھا؛ استرقان؛ آذربايجان شرقى.

مقدمه

بررسیهای ریز پردازش الکترونی (-Electron Probe Micro) به ویژگیهای سنگشناسی و زمینساختی، کانی-شناختی و دیگر جنبههای زمینشناختی استوک پورفیری استرقان پرداخته شود.

زمین شناسی عمومی منطقهی مورد بررسی منطقهی استرقان در ۵۰ کیلومتری شمال تبریز بین عرض های شمالی ۲۲ ۲۱ ۳۵ ۳۸ تا ۴۹ ۲۵ ۳۵ و طول های شرقی ۱۱٬۱۶ ۴۶ تا ۲۰ ۲۸ ۳۷ قرار دارد. این منطقه بخشی از منطقهی زمین ساختی البرز-آذربایجان بوده و در جنوب منطقهی فلززایی ارسباران بواسطهی برونزدهای گسترده سنگ های رسوبی فیلیشی پالئوسن و سنگهای آتشفشانی و پلوتونیک ائوسن- میوسن شناخته میشود. کانسارهای-Cu Moپورفیری (و کانسارهای Pb-Zn-Ag-Au همراه آنها) در این منطقه بیشتر در گرانیتوئیدهای نوع I گسترش یافتهاند و عموماً با سمت اقیانوسی محل فرورانش و منطقههای پسابرخوردی وابسته هستند [۱–۳]. منطقهی مورد بررسی بخشی از منطقهی فلززایی ارسباران را تشکیل میدهد. در این مقاله سعی شده است تا با بررسیهای سنگنگاری، ژئوشیمی و

*نويسنده مسئول، تلفن: ۰۹۱۴۹۱۳۲۵۵۷، نمابر: ۳۳۳۹۲۷۰۳ (۰۴۱)، پست الکترونیکی: R_ferdosi@tabrizu.ac.ir

ورقهی ۱:۱۰۰۰۰۰ سیه رود واقع شده است. از بررسیهای مقدماتی انجام گرفته پیرامون منطقهی استرقان علاوه، بر اجرای چندین طرح پروژه پیجویی از سوی شرکت منطقهای معادن آذربایجان (زرین داغ آستارکان)، می توان به بررسی های [۴] در زمینهی زمین شناسی، ژئوشیمی و تعیین شکل گیری احتمالی منطقه میوه رود، همچنین [۵] در مورد بررسی سنگ-شناسی و ژئوشیمی سنگهای آذرین و دگرگونی منطقهی میوه رود (شرق خاروانا) و بررسیهای [۶] در مورد زمین شناسی اقتصادی، منطقههای دگرسانی و کانهزایی وراگرمایی بوزلوخ-قره داش، در قالب پایاننامه کارشناسیارشد اشاره کرد. بر اساس بررسیهای زمین شناسی انجام گرفته، واحدهای اصلی در منطقه شامل واحدهای رسوبی (فیلیشی) پالئوسن - ائوسن، واحدهای آذرین شامل مواد معدنی پورفیری، دایکها و سیلها و گدازهها، واحدهای دگرگونی شامل متاسوماتیتها، هورنفلس و نهشتههای کواترنر هستند (شکل ۱). قدیمیترین واحد سنگی، شامل یک رشته فیلیشی (فلیشوئیدی) از ماسه سنگ آهکی تا آهک ماسهای، همراه با میان لایههایی از سیلتستون، شيل و مارن به سن پالئوسن- ائوسن هستند. اين رسوب ها





شکل ۱ نقشهی زمین شناسی منطقه (الف) و راههای دسترسی به منطقهی مورد بررسی (ب).

روش بررسی

بررسیهای صحرائی شامل تهیهی نقشههای زمینشناسی از گسترهی مورد بررسی همراه با نمونهبرداری از سنگهای میزبان، منطقههای دگرسانی و کانیسازیها هستند. در بررسیهای آزمایشگاهی نخست با تهیه و بررسی ۵۰ مقطع نازک از نمونههای سنگی دگرسان و غیر دگرسان و ۷۵ مقطع صیقلی از رگههای کانیایی برای بررسیهای سنگنگاری و کانی نگاری آغاز شد. تعداد ۱۲ نمونه از استوک پورفیری برای بررسی های ژئوشیمی سنگ کل انتخاب و عناصر اصلی، فرعی و کمیاب آنها به روش ICP- ES و ICP-MS در آزمایشگاه ACME ونکوور کانادا، واکاوی شدند. برای شناسایی ترکیب شیمیایی دقیق کانیها و کانهها پس از بررسیهای سنگنگاری و کانینگاری، ۸ مقطع صیقلی و نازک- صیقلی از نمونههای غیر دگرسان تودهی نفوذی و رگه- رگچههای کانیساز با استفاده از ریز پردازش الکترونی EPMA مدل SX100 و مجهز به سیستم EDS مجهز به سیستم ساخت شرکت Cameca فرانسه (۱۹۹۴) و در شرایط 20kev و 20kev ،30nA و 20kev و 20nA و 20nA و قطر پرتو 5μm در مرکز تحقیقات و فرآوری مواد معدنی مورد بررسی

ریزپردازشی قرار گرفتند.

بحث و بررسی سنگ نگاری

تودههای پورفیری استرقان از نظر سنگشناسی طیفی از کوارتز مونزونیت، گرانودیوریت و کوارتز مونزودیوریت را تشکیل شده است. گرانودیوریت که بخش بیشتر توده را تشکیل میدهد، ترکیبی نسبتاً همگن از پلاژیوکلاز، کوارتز، بیوتیت و فلدسپار قلیایی است. پلاژیوکلاز بهصورت شکلدار تا نیمه شکلدار بوده و حدود (۵۰–۳۰٪) سنگ را تشکیل داده و در اثر دگرسانی به کانیهای رسی تبدیل شده است (شکل ۲، الف). کوارتز ۲۰٪ تا حدود (۵۱–۸۸) حجمی سنگ را تشکیل میدهد که اغلب در متن سنگ حضور دارد که به کانیهای رسی دگرسان شدهاند. بیوتیت (۱۰–۵۸٪) بهصورت میاندانه و نیمه شکلدار بوده و متن سنگ حضور دارد که به کانیهای رسی دگرسان شدهاند. نحت تاثیر دگرسانی گرمابی به کلریت و اکسیدهای آهن تجزیه شده است. روتیل، هورنبلند و کانیهای فرعی کدر را در این سنگها تشکیل میدهند. بافت غالب این سنگها پورفیری با



شکل ۲ تصاویر میکروسکوپی از واحدهای آذرین منطقهی استرقان (Xpl) الف) فنوکریست پلاژیوکلاز به همراه پتاسیم فلدسپار و بیوتیت در واحد گرانودیوریتی. ب) رگچهی سیلیسی با درشت بلور بیوتیت دگرسان شده به کلریت در واحد کوارتز مونزونیت. پ) انباشت بلورهای آمفیبول به همراه پتاسیم فلدسپار. ت) پتاسیم فلدسپار در داخل پلاژیوکلاز در زمینهای از کوارتز ریزدانه. ث) درشت بلور آمفیبول به همراه پتاسیم فلدسپار. ج) بلورهای پلاژیوکلاز در واحد میکرودیوریتی. (Pl=پلاژیوکلاز ؛ Amp = آمفیبول؛ Qtz = کوارتز؛ Kf = آلکالی فلدسپار Bt = بیوتیت).

کوارتز مونزونیت بیشتر در بخش جنوبی منطقه به صورت خانوادههای کوچک و پراکنده دیده می شود. کانی های اصلی شامل پلاژيوكلاز، فلدسپار پتاسيم، كوارتز و كلينوپيروكسن هستند. پلاژیوکلاز (۵۵–۳۵٪) هم به صورت درشت بلورهای شکلدار تا نیمه شکلدار و هم در زمینهی سنگ با اندازههای متوسط تا ریز قرار دارند. این سنگها بیشتر در محل رگههای سیلیسی و شکستگیها دستخوش دگرسانی فیلیک و آرژیلیک شدهاند. فلدسیار یتاسیم (۵۵–۳۵٪) به صورت درشت بلورهای شکلدار تا نیمه شکلدار و نیز در زمینه ی سنگ با ابعاد متوسط تا ریز قرار دارند و اغلب بهصورت میکروپرتیت هستند و بیشتر به کانیهای رسی و سرسیت دگرسان شدهاند. کوارتز (۱۵-۵٪) بهصورت بی شکل و رگچهای فضای بین کانی ها را پر کرده است (شكل ۲، ب). كلينوپيروكسن (۱۰–۵٪) بهصورت درشت بلورهای نیمه شکل دار تا بی شکل در نمونه ها حضور دارد که به بیوتیت، کدر، آمفیبول و کلریت دگرسان شده است. کانیهای فرعى شامل آمفيبول، بيوتيت، تيتانيت، روتيل با رشد شعاعى (در درون کوارتز) حضور دارند کدر هستند. بافت پورفیری با زمینهی ریز دانه، و دانهای در این سنگها مشاهده میشود.

کوارتز مونزودیوریت به صورت تودهای با حاشیهی نامشخص در درون گرانودیوریت دیده شدند. کانیهای اصلی عبارتند از پلاژیوکلاز، فلدسپارپتاسیم و کوارتز. پلاژیوکلاز (۷۰–۵۵٪) به صورت درشت بلورهای شکلدار است که در اثر دگرسانی به سریسیت و کانیهای رسی تبدیل شده است. فلدسپارپتاسیم (۲۵-۲۵٪) بهصورت درشت بلورهای شکلدار تا نیمه شکلدار حضور داشته و بیشتر به کانیهای رسی دگرسان شدهاند (شکل ۲، ت). کوارتز (۱۵–۱۰٪) به صورت بی شکل، فضای بین کانی-ها را پر کرده است. کانیهای فرعی عبارتند از: بیوتیت، اوژیت، کدر، تورمالین و هورنبلند. کلریت، بیوتیت، کانیهای رسی، سریسیت و اپیدوت از جمله کانی های ثانویه بوده و بافت کلی سنگ پورفیری با زمینهی ریز دانهای است. تودهی گرانیتوئیدی استرقان به وسیلهی دایکهای کوارتز دیوریتی و میکرودیوریتی قطع گردیده است. سنگهای مربوط به دایکها از نظر کانی-شناسی و ترکیبی شباهت زیادی با استوک پورفیری داشته و در نمونههای دستی به رنگ خاکستری متمایل به سبز (متأثر از دگرسانی پروپیلیتیک) دیده میشوند. آمفیبول، پلاژیوکلاز، کوارتز بهعنوان کانی های اصلی و کلسیت، کلریت، اپیدوت و کدر بهصورت کانیهای فرعی دراین سنگها حضور دارند (شکل ۲، ث و ج). دسته سیلها از نظر ترکیبی شامل تراکی آندزیت، هورنبلند آندزیت و گاهی داسیت هستند و دستخوش

دگرسانی پروپیلیتیک شدهاند. کانههای بررسی شده عبارتند از پیریت (۱۵–۵٪)، کالکوپیریت (۲۵–۵٪)، استیبنیت (۳۵–۵٪)، والنتینیت (۱۰–۰۰٪)، سینابار (۵–۰۰٪)، طلا (۲–۰۰٪) و مس طبیعی (۵–۰۰٪)، تتراهدریت (۳۵–۵٪)، تنانتیت (۵–۰۰٪)، آرسنوپیریت (۵–۰۰٪) و بورنیت (۱۰–۵٪).

ژئوشیمی تودهی پورفیری

نتایج آنالیز شیمیایی نمونههای وابسته به استوک یورفیری استرقان در جدول (۱) ارائه شدهاند. به منظور رده بندی نمونه-های وابسته به این توده از، نمودار [۷] استفاده شد. چنانکه مشاهده می شود نمونه های مورد آنالیز در گستره های کوارتز مونزونیت، گرانیت، کوارتز مونزودیوریت و گرانودیوریت قرار می گیرند (شکل ۳، الف). سنگهای مورد بررسی در نمودار تغییرات نسبتهای مولکولی Al_2O_3/Na_2O + K_2O در برابر $(A/CNK \text{ vs. } A/NK) \quad Al_2O_3/Na_2O + K_2O + CaO$ [۸] بیشتر در قلمرو سنگهای پرآلومینیوس واقع می شوند (شکل۳، ب). در نمودار Co نسبت به Th [۹] که از عناصر غیر متحرک استفاده شده است، تمامی نمونهها در گسترهی آهکی-قلیایی با پتاسیم بالا و شوشونیتی قرار گرفتهاند (شکل۳، پ)، بنابراین می توان گفت که ماگمای مولد سنگهای تودهی نفوذی استرقان دارای سرشت آهکی- قلیایی با پتاسیم بالا و شوشونیتی هستند. به منظور جدایش این دو گونهی گرانیتوئیدی از یکدیگر، از نمودارهای K/Rb-SiO₂ و K نسبت به Na₂O استفاده شده است (شکل ۳، ت). بر اساس نمودارها، نمونههای خانوادهی پورفیری در گسترهی گرانیتوئیدهای نوع I قرار گرفته و جزء ماگماهای نسبتاً تحول یافته هستند [۱۰].

الگوی غنی شدگی نمونه های وابسته به خانواده استرقان از عناصر LREE به سمت MREE و HREE کاهش نشان می-دهند [۱۱]، (شکل ۴، الف). بالا بودن نسبت LREE/HREE، عمق نشان دهنده ی بالا بودن نسبت CO₂/H₂O در خاستگاه، عمق نشان دهنده ی بالا بودن نسبت CO₂/H₂O در خاستگاه، عمق غنی شدگی Eu نیز نتیجه ی انباشت فلدسپار است [۱۲]. با توجه به اینکه حمل کننده ی Eu فلدسپارها هستند، این تعییرات ممکن است با درجه ی تجزیه ی این کانی ها در ارتباط باشد و بی هنجاری مثبت Eu با مرحله ی اولیه دگرسانی سنگ-مشبت Eu می تواند نشان دهنده ی شارههای با ماهیت اسیدی مثبت Eu می تواند نشان دهنده ی شارههای با ماهیت اسیدی با دمای بالا باشد [۱۴]. نمونه های سنگی توده ی نفوذی استرقان نسبت به مقادیر گوشته ی اولیه [۱۵] بهنجار شده اند

(شکل ۴، ب). به طور کلی در این نمودار، غنی شدگی در عناصری نظیر P ، Cs ،Zr ،Pb ،U ،Rb ،Nd ،La و P و تهی شدگی در عناصری نظیر Pr ،Ta,Nb و Ce مشاهده می شود. غنی شدگی Rb، یکی از شاخصهای اصلی گرانیتهای

برخوردی و پسا برخوردی است و نشانگر این است که تودههای یاد شده در پوستهی قارهای با ضخامت متوسط تا زیاد جایگیری کرده و از فرایند آلایش پوستهای متأثر شدهاند [۱۶].

جدول ۱ نتایج آنالیز ژئوشیمیایی نمونههای مربوط به خانوادهی پورفیری استرقان به روش ICP- MS و ICP- ES (qmz=کوارتزمونزونیت ؛ gd= گرانودیوریت؛ qmzd = کوارتزمونزودیوریت).

									·		<i>,</i> 1	
Oxide	AST-1	AST -2	AST -3	AST-4	AST-5	AST-6	AST -7	AST -8	AST -9	AST -10 (amzd)	AST -11 (amzd)	AST -12
SiO ₂	۶۰٫۲	<u>(۳</u>	69.75	<u>(۳</u> ۲) ۶۳/۲	۶۸/۷۵	۶۳/۸۸	<u>(۹۰۰۰)</u> ۶۴/۱۹	<u>۶۱</u> ۹۱	90,9V	89,N9	(q.i.i.d.) 88/1	<u>(ومع)</u> ۶۱/۶۹
TiO	• /٧٩	• 81	•/۴١	• /۵Y	• .0٣	. 84	• /04	٠٧٩	• 18	• / Δ	• ,49	•
Al ₂ O ₂	14.07	11/17	18.67	18/51	18,49	14.97	18.01	17.98	17.5	17/97	18.8	17/61
Fe ₂ O ₂	T.87	777	١.٨٣	5.51	1.44	۲.۵۶	٣,٩	4.7.4	7,97	۲.۳۵	۲۵۳	۲.8۵
MnO	• (•)	• /• A	• /• ٢	• /• ٨	• (•)	• .• ٣	• (•)	• (•)	• • • ۴	• • • •	• • • •	• /• ٧
MaO	٣.٩٨	7 .11	.9.4	۳.۸۲	.90	• (Å.)	7.74	1.4.4		1.+9	T.V A	٣.٩۶
G	۴۸	Y.AV	.97	T.).A	. 67		1,11	9			1.17	7.74
CaO No O	۱/۲۵ ۸.۹	A.X.V	A.9.4	1/17	A.9V	~ ~~	6,79	1.75	2.91	*.AG	67	1/12
Na ₂ O	ω/ ι	ω/1 ¥		ω/Λ1	ω/ (1	1//1	2/11	ω/11	1/11	1/07	~//	ω/ω (
K ₂ O	1/11	1/٨٨	1/19	1/11	1/8	1/1	1/1 9	1/10	1/10	1/25	1/01	1/04
P ₂ O ₅	•/*	•/1 ٧	•/17	•/01	•/1.1	•/11	•/1 9	· /77	•/17	•/17	•/11	•/61
LOI	1/50	1/70	1/17	1/19	1/19	1/19	1/18	1/14	1/51	1/51	1/11	1/1
Total	44/44	44/47	1	44/48	1	99/• 1	44/4	1	47/10	44/44	1	44/24
Ba	00.	۵۲۶/۸	۸۵۴,۶	244/4	۵۸۵/۷	407/1	rrr/ /	۷۵۲/۷	τ γ γγ	T00/A	449/	441/1
Rb	21,8	τv/1	۷۹٫۳	141	FT/T	٨٠/٢	fr/f	Y 1,Y	YA/Y	r4/r	F1/F	۲۸٫۷
Sr	۵٬۳۳۳	۶۱۰٫۸	447/8	ΨYΔ/Y	۴۸۶/۸	841/8	447,X	۴۰۹/۳	86.	44.	497	442
Y	٧/٢	۵/٨	1.	٩٫۶	818	Δ/Δ	۶/٩	۶/۹	ν,λ	۴	17/7	$\lambda/Y\Delta$
Zr	۵۰۰٬۰۵	۱۰۹/۶	۳۱۱۰/۳	۹۱/۴	۱ • ۹/۲	171/7	۹/۱۱۷	110/4	184/9	١٠٣	۱ • ۵/۱	17.
Nb	۱۸/۱	۱۰/۱	14/5	٨/٩	١٠/Υ	۱۱/۹	11/1	Δ / Δ	۱۵/۹	١٠	۹٫۷	۱۹/۶
Th	٣	۱۰/۰۹	١٠	٩/٩	Y/A	٩	٩٫٣	٨,۶	٩/١	٨/٩	٩/٢	۴. ۱۰
Pb	۵۰٫۲	۴.۰۳۲	۴۷	٨,۴	٨۶	۲۹٬۵	۸٬۳۲	۹٫۷	۸۱۱/۸	۲۳۰	۵۵۸/۳	۲۸٫۸
Ga	۲۲٫۳	۱۷/Α	۲۱/۱	۱۴/۹	۱۵/۳	۱۴/۹	۱۵/۸	18/8	۱۶/۹	٣/٢	۱۵/۱	١٨
Zn	۴۵	49	41	171	41	۱.	41	۲۷	47	۲۲	۴۵	141
Cu	۱۸۸٫۵	۴۰٫۸	۶۲۸/۴	٨٨	٩٢٣/٩	۴٫۵	۱۰۹/۶	۱۸۹٫۸	۱۹/۹	۱۸/۴	۱۲۴/۸	121/4
Ni	٨/۴	۱۰/۶	44/9	18/8	۲۵	Y/Y	۳٠./٣	۱۵/۶	18/8	۳/۷	٣٣/٧	۲۵
V	104	۷۵	٨٨	۵۳	۵۹	۶۲	۶.	44	۶۷	۴۸	149	198
Ag	• /A	٠/٢	٠/٢	٠/١	• /۵	٠/١	۰٫۳	•/1	٠/١	۰,٣	٠/١	٠/٣
Au(ppb)	۳۸/۴	۵/۲	١٣/٧	۶/۲	۲۹۲/۵	۲۶/۲	111/8	۲۰/۱	۲۵/۸	۳۷۴۸٬۵	۳/۷	۵۴۸
Hf	۸٫۸	٣/۴	۲,۸	۲٫۵	۲/٨	٣/۴	٣/١	٣/١	۳/۵	۲,٧	۱,۶	٣/١
Cs	٣/٧	۲,۶	۲,۸	٧,٣	171	۵/۹	۱/۴	۲/۱	11	۶/۱	۲/۲	Υ _/ ۵
Та	١/۵	• /۵	١	• /۵	• /Å	• /Y	• /A	١	1/1	٠,٢	۰./٣	• /۴
Co	۵,۶	۱,۶	٨,۴	٨	٨,۶	۲/۶	۴,۶	۵۶/۴	۶/٨	۱۸/۷	۱۴۸	۲۵٫۶
U	٣/٣	۲/۶	٣/١	۲	۲/۳	۲/۵	۲٫۳	٢	۲,٧	۲/۱	۲/۴	۲,٧
W	۲.	١/٣	۵/۲	۱/٨	٣/٩	Δ/A	۴/۲	۳۴۲	18,8	۵۲/۸	1/1	۱۵/۹
Sn	٣	٢	١	١	١	١	١	١	١	١	١	14
Мо	۰/۲	۲/۱	٢	۲/۵	۲/۲	۲/۱	A/V	۵	٢	• /۵	• /8	11/8
La	۳٧/٣	18/1	۳۲/۱	۱۸/۵	۲۰/۴	۳۵/۴	۲۶/۵	۲. ۲	×٩/٨	١٨/٨	17/5	17/9
Ce	۵۵٫۲	۲۷٬۵	68/Y	51/5	۳۷	88.F	481	35	51,9	TA.V	۲۵۳	77,9
Pr	YA/A	AY/T	11/8	۳۸/۳	۸۸.۳	٣,۶	٠۴۵	۷۵٬۳	۵۷٬۵	۵ <i>۱</i> ,۲	84.5	۵۲٬۳
Nd	٣/١٨	۵۹	571	0/17	9/17	1.5.	17	1/17	Y/\A	٩/٩	٣/٩	Y/1F
Sm	8.5	۶.)	٣٣	۲.۲	۴.۲	٨.٢	V.T	۵.۲	٨.٢	Y.)	YA	۲۳
Fu	٧۶	۵۴.۰	٧۴.٠	97.0	۶۵.۰	۵۳.۰	V9.+	V.•	٨٢	A)	Y.•	94.
Ed	8V.)	261	¥Δ.)	17.1	۶۳.۱	VT 1	41.0	14	VT.)	• 7 ()	VT.)	• • • •
ТЬ	74.	۲.,	19.1	۲١	78	۲۳	74.4	78	۲۸	τ	**	74.
Dv	16.1	17.1	.9.)	A . N	79.1	94.4	* ¢.\	***.1	AA.)	46.1	97.1	17.1
Dy Ha	17/1	11/1 44	- VI	n/1 X	1 V/1 YY	\	17/1 7¥	11/1 7¥	ω//1 ΥΔ	16.	VI/1	11/1 YG.,
H0 En	1 1/* GA	61.	۱۸/• ۸۱.	۹۸.	11/* GA .	۱۸/• ۸۴.	¢.	6V .	ιω/• cc.	17/* ¥V.	۱۱/• ۴.	17/*
EI T	· ^/·	× 1/*	ωΛ/•	ιω/•		ω1/*	·/·		. •	1 1/* . e	1/*	
1 m	• \u03c6/	1/*	11/*	• ^/ •	• 1/•	•••	• 1/•	• 1/•	• 1/•	• */•	• 1/•	• • • •
Yb	۳۶/۰	۶/۰	۴۲/۰	۶۵/۰	۷۳٬۰	۵۶/۰	۵۶/۰	۵۱٬۰	Υ۵/۰	۳۳/۰	٣٧/٠	¥ ω/•
Lu		٠٩,٠	•		٠٩,٠	• 9. •	11	• 9. •	1	· Y /·	•	• ٧.•



شکل ۳ الف) نمودار TAS [۷] و موقعیت سنگهای نفوذی منطقهی مورد بررسی در آن. ب) نمودار A/CNK – A/NK برای نمونههای توده نفوذی استرقان [۸]. پ) نمودار Th در برابر Co برای تعیین سری ماگمایی نمونههای استرقان [۹]. و ت) نمودار K₂O – Na₂O – IS [۱۰] که اکثر نمونههای مورد بررسی در بخش گرانیتهای نوع I قرار می گیرند.



شکل ۴ الف) عناصر کمیاب خاکی REE [۱۱] که نسبت به کندریت بهنجار شدهاند. ب) نمودار عنکبوتی بهنجار شده به گوشتهی اولیه [۱۵] پ) موقعیت نمونههای منطقه در نمودار Rb در برابر Y+Nb [۱۸]. و ت) نمودار Th در برابر Zr/TiO₂-Ce/P₂O₅ [۲۰] برای تعیین موقعیت زمین ساختی نمونههای منطقه، (CAP: قوس حواشی فعال قارهای و PAP: قوس پسا برخورد).

غنی شدگی Pb نشان دهندهی تأثیر یوستهی قارمای در شکل گیری ماگمای مولد تودهی نفوذی و یا آلایش با ماگمای ناشی از ذوببخشی گوشتهی عمیق که در ترازهای بالاتر دستخوش جدایش شده است. بنابر [۱۷] تهی شدگی Nb مشخصه تأثیر فرورانش بر منابع ماگمایی گوشته است. برای تعیین جایگاه زمینساختی تودههای گرانیتوئیدی، بیشتر از نمودارهایی استفاده می شود که براساس فراوانی عناصر کمیاب کم تحرک در برابر فرایندهای دگرسانی و هوازدگی طراحی شده باشند. بر همین اساس برای تعیین محیط زمینساختی این سنگهای منطقه، از نمودار Rb در برابر Y+Nb [۱۸] استفاده شد که در آن تقريباً تمامی نمونهها به قوسهای آتشفشانی (قوسهای حاشیه فعال قاره) وابستهاند (شکل ۴، پ). همچنین به منظور جدایش قوسهای ماگمایی حاشیهی فعال قارمای و قوسهای ماگمایی یسابرخورد از نمودار Zr/TiO₂ - Ce/P₂O₅. استفاده شد. در این نمودار نمونههای منطقهی مورد بررسی در گسترهی پس برخوردی (PAP) قرار می گیرند (شکل ۴، ت).

شیمی کانیها فلدسپارها

یافتههای حاصل از تجزیه فلدسپارهای خانواده پورفیری استرقان در جدول (۲) ارائه شده اند. بر اساس نمودار -Ah-An ترکیب پتاسیم فلدسپارها در گستره ارتوکلاز (بیش از Or درصد Or) و ترکیب پلاژیوکلازها در گستره آندزین و الیگوکلاز قرار می گیرند (شکل ۵، الف). ترکیب میانگین پلاژیوکلاز و پتاسیم فلدسپار در خانواده پورفیری به ترتیب به مورت _{3.02} Or _{3.02} Ab در الف). ترکیب میانگین Ab _{1.142} An _{3.97} Or _{94.99} و 409 Ac _{3.97} Or _{3.02} مهستند. دماسنجی فلدسپارها بر اساس نمودار ۲۱،۲۰ مورد محمی سانتی گراد رخ داده است (شکل ۵، ب). چنین دماهای پایینی ممکن است نشانگر دمای اوج تشکیل سنگهای مورد بررسی نباشد چراکه میتواند حاصل تعادل دوباره ی فلدسپارها در حالت شبه انجماد باشد [۲۲].

جدول ۲ ترکیب فلدسپارهای تجزیه شده از خانوادهی پورفیری استرقان به همراه فرمول ساختاری بر اساس ۸ اکسیژن.

Sample	F23-1	F23-2	F23-3	F23-4	F23-5	F23-6	Ast-21	Ast-21	Ast-21	Ast-21	Ast-21	
Mineral	Plg.	Plg.	Plg.	Plg.	Plg.	Plg.	Plg.	Plg.	Kf.	Kf.	Kf.	
SiO2	377/88	۷۴٬۶۵	۶٩/۶۱	• 8/87	31/81	4,87	۲۹٬۵۹	۱۲/۵۸	۹۷/۶۱	17/88	۲١/۶۴	
TiO2	•	• \(\) - •	•	• Δ /•	•	•	• ۲/۰	•	•	•	•	
Al2O3	٨٢/١٩	۲۸/۲۱	٩٣/٢٣	۶۴٫۲۳	• 8/24	۳۴/۲۳	37/20	54/24	۶۷/۱۸	۴۸٬۱۷	۶/۱۸	
Cr2O3	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	
FeO	•	٠٣٬٠	۱۷/۰	۱۱/۰	۱۶/۰	۱۹/۰	۲۴/۰	۲/۰	• A/ •	۲۶/۰	• ٩,٠	
MnO	•	•	•	•	۰.۰۱	•	•	•	•	•	•	
MgO	• ۲/۰	•	•	•	•	•	• ۱/۰	٣٩,٠	۱۱/۰	۵۱/۰	۱۴/۰	
CaO	٩/٣	۲۶/۳	۵۹٫۵	٣٣/۵	٨٩٫۵	٩٣/۴	٩٫٧	44/V	• ٩/٠	• ٣/ •	• %/•	
Na2O	٣۶/٩	Y _/ A	۳٧/٨	۹۷٫۸	٣۶/٨	۶۵٫۸	۴۸,۷	۹۱,۶	۳۲/۱	۶٩,٠	۴۸٬۰	
K2O	۱۲/۰	۲,۰	۹ ٩/۰	۵/ •	٨٩/٠	۹۹ /۰	۴۸٬۰	۵۱/۰	Υ٨/١۵	۱٩/١۶	۸۵/۱۶	
Total	۵۵/۹۹	۲۶ /۹۹	۲۵/۱۰۰	۶۶ _/ ۱۰۰	۶٩,١٠٠	۵/۱۰۰	۲۴/۱۰۰	۱۱/۹۸	۰۲٬۹۸	۲۸٬۹۸	٩٣/١٠٠	
8(O)												
Si	۹۳۱/۲	X93/7	۷۳۳٫۲	766/2	۲/۱ ۲۷	۲۶۵/۲	841/2	801/8	۵۲۹/۲	۵۶۹/۲	۵۶۵/۲	
Ti	•	••• • • •	•	••• ۲/•	•	•	۰۰۱ _/ ۰	•	•	•	•	
Al	۰۳۲٫۱	۱ • ۴/۱	۲۵/۱	۲۳۳/۱	۲۵۸/۱	۲۱۹/۱	۳۲۹/۱	۳۱۹٫۱	۰ <i>۱۶</i> /۱	٩۴٩,٠	٩٨٣٬٠	
Cr	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	
Fe++	•	•• ۱٫•	۰۰۶ _/ ۰	••۴/•	••۶/•	••Y/•	••٩/•	••	••Y/•	• ۲ ۱٫۰	•••Y/•	
Mn	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	
Mg	•• ١/•	•	•	•	•	•	••١/•	• T Y/ •	••٩/•	• 47/•	•))/•	
Ca	۱۸۵٬۰	۱۷۷/۰	۲۶۵/۰	۲۵۳/۰	۲۸٬۰	۲۳۴٬۰	۳۷۷/۰	۳۶۴,۰	••Y/•	••• ۲/•	• • \Delta / •	
Na	٨.٢/٠	Y۴۲/۰	۷۱۹٬۰	٧٧/٠	۷۱۹/۰	۲۴۳/۰	۶۴۶/۰	۶۱۱/۰	۲ ۱ ۵/۰	117/+	• <i>۲۶</i> /•	
K	••Y/•	•))/•	۰۵۶/۰	۰۲۸٬۰	• \(\-	۰۵۶/۰	• ۲۷/•	٠٣/٠	۵۷۶/۲	838/2	8V 1/T	
Total	۹۵۷/۴	٩٣/۴	٠٢٩٫۵	• ۳۵/۵	• ۳۵/۵	• ۲۵/۵	٠٣١/۵	۰۰۹٫۵	۳۵۹/۶	۶/۱۳۳	۳۱۸٫۶	
Na / (Na+K+Ca)	٨.٧/.	۲۹۷ /۰	۶۹۱/۰	۷۳۳٬۰	۶۸۵/۰	۲۱۹/۰	۶۱۵/۰	۶۰۸٬۰	• YY/•	۰۴۱/۰	۰۲۸٬۰	
K / (Na+K+Ca)	•••Y/•	• 17/•	٠۵۴٬٠	• YV/•	۰۴۸٬۰	۰۵۴٬۰	۰۲۶ _/ ۰	٠٣,٠	٩٢/٠	۹۵۸٬۰	٩٧١/٠	
Ca / (Na+K+Ca)	۱۸۶/۰	۱۹٫۰	۲۵۵/۰	141/.	۲۶۷/۰	۲۲۷/۰	۳۵۹٬۰	۳۶۲/۰	••••	۰۰۱ _/ ۰	••••	
An%	378/3	48/20	۷۱/۳۰	91/14	84/26	۸١/۲۴	٩٧/٢۴	37/20	۲۶۲/۰	٠٨٩/٠	145/.	
Ab%	T 1/8T	94/81	۶۵/۶۲	14/41	٣١,٧١	۶۴/۷۱	۲٩/٧١	T1/8T	۶۹۹ _/ ۷	٠٨۴/۴	۲۶۵/۲	
Or%	۴۱۸/۲	524/2	۶۲۳/۱	917/5	۰۰۷/۴	541/5	۲۲۵/۳	418/2	٠٣/٩٢	۸۲/۹۵	٠۶/۹۷	



شکل ۵ الف) ترکیب فلدسپارها در نمودار Ab-Or-An و ب) فشارسنجی فلدسپارهای خانوادهی پورفیری استرقان در نمودار مثلثی Ab-An-Or.

آمفيبول

تركيب آمفيبولهاى منطقەى مورد بررسى در جدول (٣) ارائه شده است. آمفيبولهاى منطقە با مقادير 1 $\leq (Ca+Na)$ و شده است. آمفيبولهاى گروه كلسيك بوده [٣٣] و بر CaB>1.5 جزء آمفيبولهاى گروه كلسيك بوده [٣٣] و بر اساس نمودار Si Jug/(Mg + Fe²⁺) مامقادير اساس نمودار Si Jug/(Mg + Fe³⁺) در گسترهى مگنزيوهستينگزيت NaCa₂(Mg₄Fe³⁺)Si₆Al₂O₂₂(OH) تا NaCa₂Mg₅(Si₇Al)O₂₂(OH) قرار مى گيرند



A) Edenite + 4 Quarz - Fremonite + Anorthite
 B) Edenite + Albite = Richeterite + Anorthite
 رابطهی A برای نمونههای کوارتز دار و رابطهی B برای نمونه های فاقد کوارتز به کار میروند [۲۴]. بر اساس دماسنجی زوج
 هورنبلند- پلاژیوکلاز برای فشارهای ۱ تا ۱۰ کیلوبار، دمای
 تبلور این زوج ۷۳۰ تا ۸۴۷ درجهی سانتیگراد تعیین شد.



شکل ۶ ردهبندی آمفیبولهای مورد بررسی؛ الف) نمودار ردهبندی کلی آمفیبول و ب) نمودار Si نسبت به Mg/(Mg+Fe²⁺) برای آمفیبولهای با ⁴⁴VIAI<Fe³⁺ که در آن آمفیبولها در گسترهی هستینگزیت منیزیمدار تا ادنیت ترسیم می شوند [۳۳].

جدول ۳ ترکیب آمفیبولهای خانوادهی پورفیری استرقان با فرمول ساختاری بر اساس ۲۳ اکسیژن.

Sample	FA13	FA13	FA13	FA13	FA13	FA13	FA13	FA13	FA13
Mineral	Amn	Amn	Amn	Amn	Amn	Amn	Amp	Amp	Amn
SiO2	p. ٣٢.۴۶	18.68	17.67	****	\$1.45Y	AV /67	V9.67	75/FT	۸،۴۳
TiO2	T 1/1	۳۷/۳	۴۵.۳	۵۴.۳	۵۶ <i>۳</i>	۵.۳	77/7	99.7	80/1
A1203	٨۵,٨	٩٣٨٠))/))	۳۵/۱۱	• Y())	• Y())	TY(1)	08/)·	۳۸٬۱۰
FeO	YY/17	V9(1)	8411	44/17	¥£(1)	٨٣/١١	18/17	• 7/17	۵/۱۳
MnO	٣۴,٠	۲۵	۲۸,۰	۲۵	۲۵	78.0	۲٩,٠	74	۳٩,٠
MgO	A) /) T	** /1 *	19/14	98/18	r1/14	10.15	.9.14	AT 1 F	9,17
CaO	17.17	۳۸/۱۱	***	701	F5 (1)	۳۲٬۱۱	75/11	20(1)	£1.11
Na2O	11/11	85.5	81/5	٧۴,٢	54.5	A9.5	84.5	Δ <u>Υ</u> .Υ	۵.۳
K2O	94.	•) ()	• ٣/١			. 8.1	9.4.1	• ()	۹۳
Total	VY.9A	A 7.9 A	57.9 A	97.91	VAA	۳۸.۹۸	49,94	۳۸.۹۸	16,99
10001	11/ 17	<i>x</i> 17 <i>w</i>	, , , , , ,	23(0)	1, 17	1 00/ 174	~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~		<i>iii</i> / x x
Si	۷۱۵۶	7771.8	711.8	1808	189.8	1478	1868	209.8	۲۷۹ <i>۶</i>
Ti	147	888.	۳۷۶,۰	۳۸۵،•	۳۸۸،۰	۳۸۲٬۰	۳۵۵.•	۳۲۵،۰	۲۸۸٬۰
41	A17/1	1810	٨٩٩/١	۹۳۵/۱	191	1981	97()	٨	V88/1
Fe	889.0	FTF.1	F17/1	A+ A/)	FTT.1	۴۳۸.۱	۴V.)	5050	8591)
Mn	. 47	• • • • •		• • • • • •	• ٣١,•	• ٣٢,•	• • • •	• ٣٩.•	• * ٨,•
Ma	919.5	• ٨ ٨ .~	. 57.2		• • *	. 60.8	• ٣ ٨.٣	181.8	99.7
Mg Ca		Vela	VAEA	V ** ^ . \	VV9.V	Veri	VA9.1	V * * . \	Vera
Na	FT1.	V**	VYE.	Vel	VEL	V	VAN	V a V a	N.
Na	117/	149.	191.0	\	144.4	197.	141.4	\)V)
K.	F9A.1A	541.1A	V. A.) A	697.10	V.9.) A	649.10	691.10	689.1A	6WA.1A
Sum	ναλ	× ~	1 • N/10	λ 9 V	γ• (/1ω ו ι ο	× 1/10	201/10	21 (/1ω 6%)	×10/10
Fe3+	170/*	۵۰۱/۰	111/• 9.V.I	ωτγ/·	1 / 1/+	۵۱۱/۰	ωω 1/+ α λ α	71 A/•	¥• 1/•
Fe2+	1 ¥ 1/1	711/.*	777/* 711 C	1.1/.	111/*	111/*	117/*	× × × ×	717/*
1: 51	¥1ω//		111/r			1			
AI(IV)	176/1	YZ 1/1	VX (/)	$\lambda \gamma \omega / 1$	A 11/1	A11/1	A17/1	¥ 1 1/1	11/1
Fe3+	•	•		·	•	•	•	•	•
11 T. Cours	•	•	•	•	•	•	•	•	•
I-Sum	~	^	^	A V	۸ د۹	^	^ \ \ \	~	۸ ۲۰
C: Al(VI)	111/-	• 11/•	111/*	• • • • •	• • • • • •	• • • • •	1.1/.	•7/•	• \ \ \ \ \ \
11	147/•	T77/•	τ γ <i>γ</i> /•	τ λω/·	۲۸۸/۰	171.	TOO/ •	rτω/•	۲۸۸/۰
Fe3+	1 70/*	ω· \ /·	F1 F/+	۵۹۷/۰	۲۸٦/۰	۵۱۲/۰	ωω 1/•	۶۲۸/۰	¥• \/•
Cr	•	•	•	•	•	•	•	•	•
Mg	414/1	• AA/T	• > Y/r	••• ٩/٢	• ٩/٢	• 70/r	• r ۵/r	111/1	44/1
Fe2+	144/1	411/+	۹۷۸/۰	۹•۸/•	۹۲۲/۰	417/•	414/•	٨٠۶/٠	۹۲۸/۰
Mn	• • • • • •	• ٢ ١/•	• ٢ ٢/•	• ٢ ١/•	• ٢ ١/•	• [].	• r ۵/•	• ٢ ٩/•	• TA/•
Ca	•	•	•	•	•	•	•	•	•
C-Sum	Δ	ω	۵ ۱۹۹۶ ۱	ω	ω	۵ ۱۱۹۳۰	ω	۵ ۱	
B: Ca	~~``	Y 7 1/1	VAT/1	V1 0/1	۲۲٦/۱ 	¥71/1	Y07/1	Y T T/ 1	Y 7 7/1
Na	114/•	117/•	1 17/•	190/•	11/•	11 4/•	111/1	107/•	117/•
B-Sum	١	1	1	١	١	١	١	١	١
A: Ca	•	•	•	•	•	•	•	*	•
Na	111/*	r ٦Δ/•	ω 1 Y/+	۵۰۲/۰	۵۱/۰	F1F/*	ω 1/•	τω 1/•	۲ ۲ ۲/۰
ĸ	197/*	187/*	131/*	188/*	۱۸۸/۰	147/+	141/*	1 \ \ \ / *	1 1 1/+
A-Sum	rη0/•	7/1/1	۷•۸/•	×17/•	۲•۹/۰ ۲۰۰	۶۸۹/۰	711/1	۶۳۹/۰ ۲۳۹	× T ۵/+
(Na+K)A	τ 40/·	۶۸۱/۰ ۱۰	۷•۸/•	۶۹۲/•	۲۰۹ /۰	۶۸۹/۰	۲۹۱/۰ NG:	۶۳۹/•	۶۳۵/۰ ۱۳
M/(M+Fe2+)	۶۹۶/۰	ΥΥ/.•	ν۵۸/۰	۷۶۸/۰	۲۶۸/۰ •	۲۶۹/۰	٧۶٨/٠	۲۹۵/۰	٧۶٣/٠
100Na/(Na+Ca)	۸۹۱/۱۸	r • 4/r 9	154/59	۶۸۵/۳۰	P7,177	۲۸/۲۹	۹۱۸/۲۹	177/TA	T47/TA
100Al/(Al+Si)	X1/1X	•• 1/17	F19/FT	٩٧٧/٣٣	77/77	771/77	۶۹۱/۳۳	77/777	407/71
Al(VI)Fe3+TiCr	٧٦۵/٠	٩۶١/٠	971/+	· ۵۲/۱	٩ <i>۴۶</i> /۰	٩٨/٠	•))/)	• ٣٣/ ١	• 34

شیمی کانهها

پيريت

این کانه به صورت پراکنده و رگه- رگچهای، در داخل تودهی پورفیری مشاهده میشود. پیریت به وسیلهی کالکوپیریت جانشین شده و از حواشی به گوتیت دگرسان شده است. نتایج برخی از نقاط آنالیز شده در جدول ۴ ارائه شده است. میانگین مقادیر اندازه گیریشده عناصر اصلی S، Fe در پیریت به ترتیب ۵۲/۳ درصد و ۴۷/۳ درصد است. عنصر Cu دارای میانگین ۵۲/۳ درصد و ۴۷/۳ درصد است. عنصر Vu دارای میانگین توده و حداکثر تا بیش از ۱۰۰۳ولار رگچههای سیلیسی)، توده و حداکثر تا بیش از ۲۰۰۰هدر رگچههای سیلیسی)، منصر Au در بهترین حالت دارای میانگین mpd ۹۰۰ و عنصر Hg با میانگین Te ولاه منطقه به ترتیب ۱۷۰۰ ppm و ۱۴۰۰ هستند (جدول ۴). با توجه به فراوانی بالای طلا در As میریت و ارتباط ژئوشیمیایی بین طلا و عناصر Hg، As م

Te در پیریتهای ذخایر دیگر دنیا [۲۵–۲۸] اهمیت طلا در پیریتهای منطقه را بالا میبرد. گالن و باریت از جمله کانی-های همراه با پیریت در منطقهی مورد بررسی هستند (شکل ۷، الف).

كالكوپيريت

این کانی فراوان ترین کانهی مس در منطقه بوده و دارای گسترش قابل توجهی به شکل دیسیمینه و رگه- رگچهای است. میانگین عناصر اصلی S، Fe، و Cu در کالکوپیریت به مرتیب ۲۱٬۱۳، ۲۷٬۶ و ۳۶٬۹ درصد است. بین عناصر فرعی Ag ترتیب ۲۱٬۱۳، ۲۷٬۶ و ۳۶٬۹ درصد است. بین عناصر فرعی Ag بیشترین مقدار هستند. بیشترین مقدار طلای اندازه گیری شده بیشترین مقدار هستند. بیشترین مقدار طلای اندازه گیری شده در کالکوپیریت ۸۰۰ ppm است. با توجه به این نتایج، فرمول محاسبه شده برای این کانی به صورت Fe_{1.1} Cu_{0.9} S است (شکل ۷، ب).



شکل ۷ تصاویر الکترونی (Backscattered Electron image) از کانههای منطقهی مورد بررسی. الف) کانه پیریت که از سمت حواشی اکسید شده است. ب) کالکوپیریت در نمونههای کانی سازی شده منطقهی مورد بررسی. پ) تتراهدریت- تنانتیت به همراه ادخال هایی از گالن. ت) استیبنیت به همراه طلای آزاد مربوط به رگههای کوارتز- استیبنیت. Py = Pyrite, Ba = Barite, Cpy = Chalcopyrite, Gn = Galena, Ttr = Tetrahedrite, Stb = Stibnite, Au = Native Gold.

٧۶	٩
----	---

جدول ۴ نتایج آنالیز ریزپردازشی سولفیدها در برخی از نمونههای انتخابی از منطقهی مورد بررسی; قسمت اول نتایج بر حسب درصد وزنی و قسمت دوم بر حسب نسبتهای اتمی است (Py = Pyrite, Cpy = Chalcopyrite, Gn = Galena, Ttr = Tetrahedrite).

Sample	Ast-23	Ast-23	Ast-14	Ast-14	Ast-1	Ast-1	Ast-1	Ast-1	Ast-1	Ast-14	Ast-14	Ast-14	Ast-14	Ast-14
Mineral	Ру	Ру	Gn	Gn	Сру	Сру	Сру	Сру	Сру	Ttr	Ttr	Ttr	Ttr	Ttr
Si	٠۲/۰	•	•٣/٠	۱۸/۰	۰۲/۰	٠	•	۲۵/۲	۰۶/۵	•	٠	٠	•	۱٩/۰
S	٧٦/٥٢	٧/۵٢	۳۳/۱۴	۰V/1۶	۲۰	26	۲۲	۳۵	٣.	6/14	٨/٢۴	۵/۲۵	٩/٢۴	* *
Fe	۳1/4٧	m1/fv	٧٢/١	49/1	1/17	۲۱	۲.	٩/١٧	۳.	۲۶/۰	۲۱/۰	۳۲/۰	۲٧/٠	• %/•
Co	•	•	٠٢/٠	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
Ni	•	٠٢/٠	٠٢/٠	•	•	•		•	•	•	•	•	•	•
Cu	٠٩/٠	٠١/٠	•	۰۴/۰	۵/۵۲	۵/۵۳	۲/۵۳	٩/٣٣	6/31	۲/۳۷	٣/٣٧	۵/۳۸	٨/٣٧	۲/۲۶
Zn	•	٠١/٠	•	۰۳٬۰	•	•		۰۱٬۰	•	19/0	۲۱/۵	۵۷/۵	۶/۵	•
As	٠١/٠	٠٩/٠		•	•	•		٠٣/٠	۰۳٫۰	۸/۳	٣	۵/۷	9/F	٨/١٢
Мо				•				٠٣/٠	•	•	•		•	٣/٠
Ag					۰۱٬۰			۰۲/۰		49/1	۳۱/۱	٨/٠	٨/٠	۲۲/۰
Cd				۱۱/۰				•	•	۰۸/۰	۰۵/۰	۰۱٬۰	•٧/٠	• %/•
Sb		٠٢/٠	٠٢/٠	•٧/•		٠١/٠		۰۲/۰		٣/٢٥	٩/٢۶	٩/١٩	۶/۲۳	۲/V
W	۱۲/۰	•	•	•				•		•	•		11/•	٠٨/٠
Au	•	۰۵٫۰					٠٣/٠	٠٣/٠	•۸/•	۴۳/۰	۲۵/۰	۳۲/۰	۳۴/۰	1/1
Hø		• ۴/•	• ۵/•	• 9/•		• \/•	•	•	٠٢/٠	١٧/٠	•	•	•	•
Ph			۸۶/۸۱	١٧/٧٩	۰۵/۰		• **/•	.۹/۰	181.	•				۳١
Bi	• \/•	٠٣/٠	17/1	۲۱/۰	• ۵/•		• **/•	٠٩/٠	181.					
Te	. 91.	1	15.0	14.	• ٢/•		•	•	•	1.	• ٢/•		10	• • • •
Ca	• * /•	181		•	۲	• \(\)				•	•		•	۶۳
Mn	•	•			•	•					• \/•	• 1/•	• */•	
Total	£1/1	49/1	21/94	V9/9A	94/99	۵۵/۱۰۰	14.90	۳۲/۸۹	1/97	٣/٩٨	44	٣/٩٨	A/AV	۸/۱۰۰
Total						Atom	ic proport	ions	.,	.7				
Mineral	Pv	Pv	Gn	Gn	Cnv	Cnv	Cnv	Cnv	Cnv	Ttr	Ttr	Ttr	Ttr	Ttr
	-)	- 5			- _F	- _P	-rj	- _F ,	-F)					
Si	•	•	•	•	•	•	•	۰۸٬۰	۱۸/۰	•	•	•	•	•
S	94/1	94/1	۴۴/۰	۵/۰	۶۲/۰	۸۱/۰	٨٦/٠	۰۹/۱	۹۳/۰	٧٦/٠	٧٧/٠	٧٩/٠	vv/·	۶٨/٠
Fe	۸۴/۰	٨۴/٠	•٣/٠	۰۴٫۰	۶/۰	49/.	۴۴/۰	۳٩/٠	99/·	•	•	•	•	•
Co	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	٠	•	•
Ni	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	·	•	•	٠
Cu	•	•	•	•	۸۲/۰	۸۴/۰	۸۳/۰	۵۳/۰	49/.	۵۸/۰	۵۸/۰	91.	۵٩/۰	41/.
Zn	•	•	•	•	•	•	•	•	•	••/•	•••/•	• ^/•	• ^/.	•
As Ma	•	•	•	•	•	•	•	•	•	• 0/•	• */•	• •/•	• • • / •	1/•
Δα					÷					• • • • •	• • • •			
Ag Cd	•							•		•	•			
Sb	•									۲/۰	۲۲/۰	181.	۱٩٬۰	۰۵/۰
W								•	•	•	•	•	•	•
Au	•		•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
Hg	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
Pb	•	•	۳٩/۰	۳۸/۰	•	•	•	•	•	•	•	•	•	۱/۰
Bi	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	٠	•	•	•
Te	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
Ca	•	•	·	•	•	•	·	•	•	•	·	•	•	•
Mn	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•

تتراهدریت و تنانتیت

جامد تتراهدريت-تنانتيت محلول سرى $(Cu,Ag)_{10}(Hg,Zn,Fe)_2Sb_4S_{13} - (Cu,Ag)_{10}(Hg,Zn,Fe)_2Sb_4S_{13} - (Cu,Ag)_{10}(Hg,Zn,Fe)_{10}(Hg$ Fe)₂As₄S₁₃ نسبت به دیگر کانیهای گروه سولفوسالت، جانشینی و رخداد گستردهای نشان میدهند [۲۹]. تتراهدریتها در داخل رگههای کوارتز- کلسدونی در داخل تودهی پورفیری دیده شدند و دارای میان بارهای ریز و پراکنده از طلای طبیعی هستند. میانگین عناصر اصلی Sb ،Cu ،S و As در تتراهدریت به ترتیب برابر ۲۵٬۳ ، ۳۲٬۵ و ۶٬۳ هستند (جدول ۴). در آنالیز نقطهای ترکیب یکی از فازهای سولفوسالتی به صورت ۲۷٬۰ ۲۷/۶ ۴۰٬۶ ۴۰٬۶ ۸s، ۱۸٬۹ As، ۴۰٬۶ را ۲۷٬۰ ۳٬۹ Sb٪ اندازه گیری شد که نزدیک به قطب تنانتیت است و مقادیر عناصر Fe ،Zn، و Bi در آن به ترتیب ۳٬۸، ۳٬۰۱، و ۰٬۳۸ تعیین شدند. در این کانی Fe و Zn و به مقدار کمتر Hg ،Pb ،Ag مى توانند جايگزين Cu شوند [۳۰]. بنابراين با توجه به این نتایج فرمول محاسبه شده برای این کانی به صورت (As_{1.04} Sb_{2.6})S₁₃ (Cu_{9.36} Pb_{0.26} Zn_{1.04}) كانى است. طلای طبیعی از کانیهای همراه با تتراهدریت است. میانگین طلای اندازه گیری شده برای تتراهدریت ۴۸۸۰ppm (حداقل ۱۰۰۰ppm و حداکثر تا بیش از ۱۱۰۰۰pm) است. بیشترین مقدار نقره در این کانی به ۱٬۴۹ درصد نیز میرسد. در داخل این کانی ادخالهایی از کانیهای سرب دار (احتمالاً گالن) مشاهده می شوند (شکل ۷، پ).

گالن

گالن از کانیهای با فراوانی بسیار پائین در منطقه است. در مقاطع بررسی شده، این کانی بیشترین هم یافتی را با پیریت، کالکوپیریت، باریت و تتراهدریت نشان میدهد (شکل ۷، پ). میانگین عناصر اصلی S و Pb به دست آمده در گالن به ترتیب ۱۵/۲ درصد و ۸۰/۵۱ درصد است. حداکثر فراوانی عناصر Zn و ۱۵/۲ درصد و ۸۰/۵۱ درصد است. حداکثر فراوانی عناصر Zn و ۱۵/۲ درصد و ۲۰/۵۱ درصد است. حداکثر فراوانی عناصر Zn و عناصر As و Zn به صورت جانشینی به جای Pb در شبکهی گالن جای می گیرند. نسبت Sb/Bi در گالن برابر ۲۰/۴ بوده که نشان دهندهی تشکیل آن در دمای پائین است [۳].

استیبنیت و طلای طبیعی

میانگین عناصر اصلی S و Sb در استیبنیت به ترتیب برابرند با میانگین عناصر اصلی S S هستند. پایین بودن مقادیر Sb احتمالاً به

دلیل اکسید شدن آن در رخنمونهای سطحی است. میانگین عناصر Au، AS و Hg در استیبنیت به ترتیب برابر با ۲٬۲۸، ۹٬۵ و ۸٬۰۸ درصد است. طلای طبیعی در رگههای کوارتز-استیبنیت به همراه اکسیدهای استیبنیت و حفرههای رگههای سیلیسی و نیز در داخل سولفیدها (به خصوص پیریت) یافت میشود. نهشت طلای طبیعی در استیبنیت به صورت مکانیکی میشود. نهشت طلای طبیعی در استیبنیت به صورت مکانیکی بوده که در مرحلهی کانیسازی از یک شارهی وراگرما و طی شکستن کمپلکس بی سولفیدی به همراه استیبنیت نهشت کرده است. در مرحلهی بعدی و طی هوازدگی استیبنیت و تبدیل آن به اکسیدهای استیبنیت (والنتینیت و استیبکونیت) طلای طبیعی نمود پیدا کرده است (شکل ۷، ت). میانگین Au در طلای ناتیو ۹۴٫۷ درصد و Ag برابر با ۲٫۴ درصد است (جدول ۵).

برداشت

اصلی ترین واحد سنگشناسی در منطقه استرقان، یک استوک پورفیری (الیگوسن) است که به درون رسوبهای فلیش کرتاسه بالایی- پالئوسن نفوذ کرده و به نوبه خود به وسیلهی دایکهای میکرودیوریتی (بسا ائوسن) قطع شده است. استوک پورفیری استرقان از نظر ترکیبی در حد گرانیت، گرانودیوریت، کوارتز-مونزونیت و کوارتزمونزودیوریت است. پلاژیوکلاز، کوارتز، پتاسیم فلدسپار از کانیهای اصلی بوده که به وسیلهی کانی-های فرعی مانند کلینوپیروکسن، بیوتیت، آمفیبول، آپاتیت، روتیل، زیرکن و کدر همراهی میشوند. کلریت، اپیدوت، بیوتیت دگر شکل یافته، سریسیت و کانیهای رسی به عنوان نوع گرانیتهای نوع I، پر آلومینوس با سرشت آهکی قلیایی با پتاسیم بالا و شوشونیتی بوده که از نظر زمین ساختی با قوس-های آتشفشانی بسا برخورد وابستهاند.

روند توزیع LREE در نمونههای وابسته به خانواده استرقان، به سمت MREE و HREE روند کاهشی نشان می-دهند. غنی شدگی در عناصری نظیر Nd ،La، Nb، U ،Rb، Nd و Pb، U ،Rb، Nd، La و Pr ،Nb، Ta و P، Cs، Zr و Pr ،Nb، Ta و Ce مشاهده می شود. در اثر نفوذ این توده به داخل رسوبهای فلیش، واحدهای دگرسانی دگرنهادی نسبتاً گسترده تشکیل یافته است.

وارتز- استیبنیت منطقهی مورد بررسی; قسمت اول نتایج بر حسب	جدول ۵ نتایج آنالیز ریزپردازشی استیبنیت و طلای طبیعی در رگههای ^۲
	(Sth=Stibnite)

	ل و قسمت دوم بر حسب نسبتهای اتمی است (Stb=Stibnite).										
Sample	Ast-33	Ast-33	Ast-33	Ast-33	Ast-33	Ast-33	Ast-33	GA	GA	GA	
Mineral	Stb.	Stb.	Stb.	Stb.	Stb.	Stb.	Stb.	Gold	Gold	Gold	
Si	٨,٠	٠	•	•	•	۰۵/۰	•	۱۳/۰	•٩/٠	٠٨٫٠	
S	٣/٢۴	84/81	21/18	٩٨/٢٢	• 4/4 •	۳۲/۱۸	۰۹ _/ ۱۹	٠٣/٠	۰۴٫۰	٠٣/٠	
Fe	٠٢/٠	•	•	٠١/٠	•	.۴/۰	•	• %/•	•٣/٠	•	
Co	٠٢/٠	•	•	•	•	۰۱/۰	•	•٣/٠	•	٠١/٠	
Ni	•	•	٠١/٠	٠١/٠	٠١/٠	۰۱/۰	٠١/٠	•	٠١/٠	•	
Cu	11/.	•	٠٣/٠	•۵/۰	۱۲/۰	۷۱/۰	۹۵/۰	٠٨/٠	•	٠١/٠	
Zn	•	۰۵/۰	٠٢/٠	٠٢/٠	٠١/٠	.۳/۰	•	•	•	•	
As	84/Y	۵٧/۲	۲/۴	۳۲/۳	۲٩/٣	۵/۲	۳۲/۴	•	•	•	
Мо	•	•	•	٠۲/۰	٠٩/٠	•	•	•	•	•	
Ag	•	•	٠٢/٠	•	•	•	.۴/۰	54/1	10/.	٩/٣	
Cd	•	•	•	•	•	۰۱/۰	۰۵/۰	•	•	•	
Sb	22/81	•9/80	· 0/V ·	19/94	•۸/۶۸	• 0/84	• 7/87	٣/٠	•	•	
W	•	•	.۳/۰	•	•	•	•	•	•	•	
Au	٩٨/٩	47/1.	۸۶/۹	•٧/۶	•٩/٨	١٢	•٩/١٠	1/94	۵/۹۶	۶/۹۳	
Hg	· 0/·	.۳/۰	• %/•	۱۷/۰	٠١/٠	• 9/4	۲/۳		•	•	
Pb	•	•	•	٠٣/٠	•	•	•		•		
Bi	•	•	•	•	•	•	•	٠٣/٠	٠۴/٠	• 1/•	
Te	• 1/•	•		۰۵/۰	•	۲/۰		• */•	•	•	
Ca	•			•		•		•			
Mn	• ۲٫۰	• ۲٫۰	•	•	•			•		•	
Total	•	•				١٢		٣/٩٧	٨,٩۶	8/9V	
10000				Atomic	proportions			7	,	7	
Mineral	Stb.	Stb.	Stb.	Stb.	Stb.	Stb.	Stb.	Gold	Golds	Gold	
Si	• /• ٢	•	•	•	•	•	•	• /• 1	•	•	
S	· /V۵A	· /9VD	·/۵·٨	·/VIV	• 1980	· /0V1	• 1090		•		
Fe	,	•	•	•	•	•	•		•		
Co									•		
Ni	•		•	•			•	•	•	•	
Cu						• /• 1	• /• 1		•		
Zn	•		•	•			•	•	•	•	
As	•٣	• /• ٣	• /• ۵	• /• ۴	• /• ۴	• /• ٣	• /• ۵	•	•	•	
Mo	•										
Ag						•		• /• ٢		• /• ٣	
Cd						•					
Sh	• 10.4	• 1030	· /۵۷۵	· 100Y	• 1009	· /۵۱۸	• 10•9				
W											
νν Δ.μ	• • • •	• /• 8	• (• 8	• /• ٣	• /• ۴			• / * V	• /61	• / F V	
Ha	, -	, -	, -			• • • •			,,,,,		
nig Dh							•				
го го	•								•	•	
DI	•		•	•			•	•	•	•	
										•	
Ca	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	
Mn	•	·	•	•	•	•	•	•	•	•	

the Sungun-Chay river, East-Azarbaidjan, Iran. Journal of Asian Earth Sciences 28 (2004) 423-438.

[2] Mollai H., Sharma R., Pe- PiPer, G., *Copper* mineralization around the Ahar(NW Iran): evidence for evolution and the origin of the skarn ore deposit, Ore Geology Reviews 35 (2009) 401-414.

[3] Jamali H., Mehrabi B., "Relationships between arc maturity and Cu–Mo–Au porphyry and related epithermal mineralization at the Cenozoic Arasbaran magmatic belt, Ore Geol. Rev (2014) in press.

 [۴] جمالی ح.، "بررسی زمینشناسی، ژئوشیمی و تعیین ژنز /حتمالی اندیس معدنی میوه رود"، پایان نامه کارشناسی ارشد.
 (۱۳۷۷) دانشگاه تربیت معلم تهران. ۱۲۰۰ص.
 [۵] گلگون ن.، "مطالعه آلتراسیونهای و مینرالیزاسیون سنگ-های میزبان رگههای اپیترمال طلا دار در منطقه بوزلوخ و قره داش منطقه خروانق"، پایان نامه کارشناسی ارشد (۱۳۸۰) دانشگاه تبریز. ۱۲۰ص.

[۶] خضری م.، "بررسی زمینشناسی، پتروژنز و ژئوشیمی سنگهای نفوذی و دگرگونی منطقه میوه رود(شرق خاروانا)"، یایان نامه کارشناسی ارشد. (۱۳۸۰) دانشگاه تبریز. ۱۲۰ص.

[7] Middlemost E. A. K., *Naming material in the magma igneous rock system*, Earth – Science Reveiws.37(1994) 215-224.

[8] Shand S.J., "Eruptive rocks: Their genesis, composition, Classification and their ralarion to Ore – deposits", 3 rd edition. John Wiely Sons, New York (1943) 488 p.

[9] Hastie A. R., Kerrr A. C., Pearce J. A., Mitchell S. F. *Calssification of altered volcanic island arc rocks using immobile trace elements: development of the Th-Co discrimination diagram*", Journal of Petrology 48 (2007) 2341-2357.

[10] Pearce J. A., *Trace element characteristics of lavas from destru ctive plate boundaries. In: Trorpe R. S. (ed.), Andesite*, Wiley, Chichester, (1982) 525-548.

[11] Boynton W.V., 'Geochemistry of the rare earth elements: meteorite studies. In: Henderson, P. (Ed.), Rare Earth Element Geochemistry'. Elsevier, (1984) 63–114.

تركيب يلاژيوكلازها در گسترهي آندزين و اليگوكلاز و يتاسيم فلدسیار در گسترهی سانیدین (ارتوز) قرار می گیرد. آمفیبولها از نوع کلسیک بوده و ترکیب شیمیایی آنها از مگنزیوهستینگزیت تا ادنیت متغیر است. فشارسنجی فلدسپارها دمایی در حدود ۷۵۰ –۶۵۰ درجهی سانتی گراد و فشارسنجی زوج هورنبلند- پلاژیوکلاز برای فشارهای ۱ تا ۱۰ کیلوبار دمای ۷۳۰ تا ۸۴۷ درجهی سانتیگراد را برای سنگهای منطقه تعیین می کنند. بررسی های حاصل از آنالیز میکرویروب، علاوه بر استیوکیومتری دقیق کانیهای اصلی نظیر پیریت، کالکوپیریت، تتراهدریت و استیبنیت باعث شناسایی دقیقتر کانههای فرعی مانند طلای طبیعی، گالن و تنانتیت در منطقه مورد بررسی قرار گرفت. نتایج حاصل از بررسی های کانیهای سولفیدی نظیر پیریت، کالکوپیریت، تتراهدریت و استیبنیت بیانگر مقادیر بالای طلا در این کانی ها بخصوص تتراهدریت و استيبنيت است. بنابراين كانههاي سولفوسالتي و سولفيدي با دما پایین، از نظر میزبانی طلا حائز اهمیت هستند. طلا علاوه بر حضور در کانههای سولفیدی و سولفوسالتی، به صورت مستقل (طلای آزاد) در رگچههای سیلیسی مشاهده می شود. حضور بالای عناصر ردیاب طلا نظیر As ،Bi ،Hg ،Ag ،Cu و Te با هالههای ژئوشیمیایی بررسی شده این عناصر در منطقه [۳۲]، نشان دهندهی یتانسیل بالای منطقه از نظر کانیسازی فلزهای گرانبهاست. فراوانی بالای عناصری همچون Hg ،Bi و Sb در کانی های سولفیدی نشانگر دمای پایین تشکیل این Sb کانیها در منطقه است.

قدردانی

نگارندگان از حمایتهای مادی و لجستیکی شرکت زرین داغ آستارکان و مدیریت تحصیلات تکمیلی دانشگاه تبریز برخوردار بودهاند، لذا شایسته است نهایت سپاس و قدردانی خود را ابراز دارند. نگارندگان همچنین از زحمات مدیریت و کارمندان مرکز تحقیقات و فرآوری مواد معدنی و سازمان توسعه و نوسازی معادن (ایمیدرو) و همچنین داوران و دست اندرکاران محترم مجله سپاسگزاری مینمایند.

مراجع

[1] Calagari A.A, Hosseinzadeh G., *The mineralogy of copper-bearing skarn to the east of*

igneous rocks: the Etive complex, W Scotland". Mineral Petrol 83 (2005) 27-53.

[23] Leake B. E., Woolley A. R., Birch W. D., Gilbert M. C., Grice J. D., Hawthorne F. C., Kato A., Kisch H. J., Krivovicher V. G., Linthout K., Laird J., Mandarino J., *Nomenclature of amphiboles-Report of the subcommittee on amphiboles of the international mineralogical association commission on new minerals and mineral names*^{*}, European Journal of Mineralogy 9 (1997) 623-651.

[24] Holland T., Blundy J., Non-ideal interactions in calcic amphiboles and their bearing on amphibole-plagioclase thermometry,

Contributions to Mineralogy and Petrology 116 (1994) 433-447.

[25] Bakken B. M., Fleming R.H., Hochella M. F. Jr., *High-resolution microscopy of auriferous*

pyrite from the post deposit, Carlin district, Nevada, "In: Hausen, D. M., Petruk, W., Hangi, R.

D., and Vassiliou, A., eds., Process mineralogy XL-characterization of metallurgical products: The Minerals, Metal and Materials Society, (1991) 13-23.

[26] Simon G., Kesler S. E., Chryssoulis S.L., Huang H., Penner-Hahn J.E., *Geochemistry and textures of gold-bearing arsenian pyrite, Twin Creeks Carlin type gold deposit. Nevada, implication for gold deposition*, Economic Geology, v.3 (1999a) 123-176.

[27] Simon G., Huang H., Penner-Hahn J.E., Kesler S.E., Kao L.S. *Oxidation state of gold and*

arsenic in gold-bearing arsenian pyrite["], American mineralogist, v.84 (1999b) 1071-1079.

[28] Arehart G. B., Chryssoulis S.L., Kesler S. E., 'Gold and arsenic in iron sulfide from sedimenthosted disseminated gold deposits. Implications for depositional processes', Economic Geology, v. 88 (1993) 171-185.

[29] Staude S., Mordhorst T., Neumann R., Prebeck W., Markl G., *Compositional variation of the tennantite_tetrahedrite solidsolution series in the Schwarzwald ore district (SW Germany)* : The role of mineralization processes and fluid source. [12] Jung S., Hoffer E., Hoernes S., Neo-Proterozoic rift-related syenites (North Damara Belt, Namibia): Geochemical and Nd-Sr-Pb-O isotope constraints for mantle sources and petrogenesis^{*}, Lithos, 96 (2007) 415-435.

[13] Kikawada Y., "Experimental studies on the mobility of lanthanides accompanying alteration of andesite by acidic hot spring water", Chemical Geology 176 (2001) 137-149.

[14] Wood S. A., "The aqueous geochemistry of the rare-earth elements and Yttrium. Theoretical predictions of speciation in hydrothermal solutions to $350 \,^{\circ}$ at saturation water vapor pressure", Chemical Geology 88 (1990) 99-125.

[15] Sun S. S., McDonough W.F., *Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: implications for mantle composition and processes*, In: Sounders, A.D., and Norry, M.J. (eds.), Magmatism in ocean basins. Geol. Soc. London. Spec. Pub. 42 (1989) 313-345.

[16] Pearce J. A., *Role of the sub-continental lithosphere in magma genesis at active continental margins*^{*}, In: Hawkesworth C.J. and Norry M.J. (eds,), Continental basalts and mantle xenoliths. Shiva, Natwich, (1983) 230-249.

[17] Wilson M., *Igneous petrogenesis: a global tectonic approach*, Unwin Hymen, London, (1989) 466 p.

[18] Pearce J. A., Harris N. B. W., Tindle A. G., *Trace element discrimination diagrams for the*

tectonic interpretation of granitic rocks", Petrol., 25(1984) 956-983.

[19] Muller D., Groves D.I. *Potassic igneuos rocks and associated Gold-Copper Mineralization*." Second Updated and Enlarged Edition, Springer (1997) 238 p.

[20] Fuhrman M. L., Lindsely D. H., *Ternary feldspar modeling and thermometry*, Amirican Mineralogist. 73(1988) 201-215.

[21] Nekvasil H., *Ternary feldspar crystallization in high temperature felsic magmas*", American Mineralogist^{*}. 77(1992) 592-604.

[22] Moazzen M., Droop G.T.R., *Application of* mineral thermometry and barometers to granitoid

[۳۲] فردوسی ر.، کلاگری. ع. ا.، حسین زاده. م. ر.، سیاه چشم ک.، *"بررسی ژئوشیمی و زمین آمار کانهزایی فلزات پایه و گرانبها در منطقه استرقان، خاروانا، آذربایجان شرقی"*، (۱۳۹۳) اولین همایش ملی کاربرد ریاضیات در علوم زمین. دانشگاه شیراز. Mineralogical Magazine, April 2010, Vol. 74 (2) (2010) 309–339.
[30] Klein C., *Mineral science book.University of New Mexico*, (2002) 370 p.
[31] Song X., *Minor Elements and Ore Genesis Of*

the Fankou Lead-Zinc deposit, China, Mineralium Deposita, 19 (1984) 95-104.