

اکتشافات ژئوشیمیایی و مطالعه کانیهای سنگین رسوبات رودخانه‌ای در برکه

توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ برندق، شمال خاور زنجان، ایران

نوشته: حسین هادی‌زاده*، دکتر علی اصغر کلاگری* و علی عابدینی*

Geochemical Exploration and Heavy Mineral Study of Stream Sediments in Barandagh Quadrangle, NE of Zandjan, Iran

By: H. Hadizadeh*, Dr. A. A. Calagari* & A. Abedini*

چکیده

برکه توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ برندق، در شمال خاوری استان زنجان و جنوب خاوری استان اردبیل، بخشی از حوزه چند فلزی طارم- هشتجین است. نتایج اولیه حاصل از اکتشافات ژئوشیمیایی ناحیه‌ای در برندق، منجر به شناسایی بی‌هنجاریهایی از عناصر مختلف گردید. کنترل بی‌هنجاریهای ژئوشیمیایی از طریق مطالعات کانیهای سنگین در رسوبات آبراه‌ای و نمونه‌های کانی‌سازی شده و دگرسان شده در سطح برونزدها انجام گرفت. مهم‌ترین کانیهای سنگین شناسایی شده شامل هماتیت، گوئیت، پیریت، باریت، ایلمنیت، مس طبیعی، روی طبیعی، مالاکیت، مولیبدنیت، اولیژیست، لیمونیت، سرب طبیعی، سروسیت، گالن، اسمیت سونیت، مارکاسیت، کریزوکلا، روتیل، زیرکن، پیروکسن، آمفیبول و آپاتیت هستند. کانیهای سنگین فلزی شناسایی شده عمدتاً در ارتباط تنگاتنگ با مناطقی با دگرسانی گسترده و کانی‌سازیهای رگه‌ای و پراکنده می‌باشند. تجزیه بعضی از نمونه‌های لیتوژئوشیمیایی برداشت شده از محدوده بی‌هنجاریها، برای عناصری مانند Ba, Zn, Cu, Sr, Mo و Be عیار قابل ملاحظه‌ای نشان دادند. بیشتر مناطق بی‌هنجار منطبق بر زونهای دگرسانی ناحیه هستند. بر اساس شواهد صحرایی و مطالعات کانی‌شناسی، این دگرسانیها به دو گروه کاملاً مجزا قابل تفکیک می‌باشند: (۱) دگرسانیهای اسید- سولفاتی مرتبط با زونهای برشی منطقه که شامل زونهای سیلیسی، آلونیتی، آرزلیک پیشرفته، فلیک و پروپیلیتیک بوده و (۲) دگرسانیهای با pH خنثی که عمدتاً در حاشیه رودخانه قزل اوزن واقع شده و شامل زونهای آرزلیک، کالک سیلیکاتی و زئولیتی می‌باشند. تلفیق یافته‌های حاصل از تجزیه‌های شیمیایی، مطالعات کانیهای سنگین، سنگ‌نگاری نمونه‌های کانی‌سازی شده و دگرسان‌شده، و روابط صحرایی، منجر به شناسایی ده محدوده بی‌هنجاری شد که بعضی از آنها در جنوب و حاشیه رودخانه قزل اوزن پتانسیل معدنی بیشتری دارند. انطباق نقشه بی‌هنجاریهای نهایی با نقشه چگالی گسلهای ناحیه برندق نشان می‌دهد که همبستگی خوبی میان آنها وجود دارد و احتمالاً دال بر نقش مهم گسلها در ایجاد این بی‌هنجاریهاست. نتایج کلی به‌دست آمده از بررسیهای ژئوشیمیایی نشان می‌دهند که بی‌هنجاریهای شناسایی شده عمدتاً متعلق به عناصر Pb, Bi, Au, W, Ag, As, Sb, Sn بوده که می‌توانند به عنوان عناصر ردیاب مهم در اکتشاف کانسارهای طلا و نقره اپی‌ترمال و همچنین کانسارهای چند فلزی طلا - نقره - مس - سرب - روی به کار روند.

کلید واژه‌ها: بی‌هنجاری ژئوشیمیایی، کانیهای سنگین، رودخانه قزل اوزن، برندق

Abstract

Barandagh quadrangle (1:50000), a part of Taram-Hashtjin polymetallic district, is located in NE of Zanjan and SE of Ardabil. The results of preliminary regional geochemical explorations have led to the discovery of anomalous areas for a variety of elements. The anomalies were verified by studies on heavy minerals in stream sediments and mineralized and altered samples taken from the surface outcrops. The identified heavy minerals are hematite, goethite, pyrite, barite, ilmenite, native copper, native zinc, native lead, malachite, molybdenite, micaceous hematite, limonite, cerussite, galena, smithsonite, marcasite, chrysocolla, rutile, zircon, pyroxene, amphibole, and apatite. The identified heavy metallic minerals are principally affiliated with zones of widespread alterations and dispersed veinlet-type mineralization. Chemical analysis of some litho-geochemical samples from the anomalous areas shows noticeable assays for elements such as Ba, Zn, Cu, Sr, Mo, and Be. The majority of anomalous areas are intimately associated with alteration zones in the region. Based on field evidence and mineralogical studies, the alterations are categorized into two discrete types, (1) acid-sulfate alterations (e.g., silicified, alunitized, advanced argillic, phyllic, and propylitic) which are related to shear zones and (2) alterations developed in neutral pH conditions (e.g., argillic, calc-silicate-bearing, and zeolitized) cropped out along the margin of Ghezal-Ozan river. Combination of the overall obtained data from chemical analyses, study of the heavy minerals, petrography of mineralized and altered samples, and field relations led to identification of ten anomalous spots that some, in south and along the margin of the Ghezal-Ozan River, have more potential for ore deposits. The comparison of final anomaly map with the map of fault density depicts that there exists a good correlation between them that may indicate that the fault and shear zones have played a crucial

role in creation of these anomalies. Finally the overall results obtained from geochemical investigations in Barandagh show that the identified anomalies belong chiefly to elements such as Sn, Sb, As, Ag, W, Au, Bi, and Pb that can be used as tracer for exploration of epithermal gold and silver and of polymetal (Au, Ag, Cu, Pb, Zn) deposits.

Keywords: Geochemical anomalies, Heavy minerals, The Ghezal-Ozan River, Barandagh quadrangle.

مقدمه

توسط هادی‌زاده و همکاران (زیر چاپ) ارائه شد. نوشتار حاضر اطلاعات به نسبت جامعی از اکتشافات ژئوشیمیایی ناحیه برندق و ارتباط بی‌هنجاریهای به‌دست آمده از این بررسیها با پتانسیلهای معدنی موجود را ارائه می‌دهد.

زمین‌شناسی منطقه

بارزترین واحدهای سنگی ناحیه مورد مطالعه به ترتیب از قدیم به جدید شامل سنگهای گرافیت فیلیتی (معادل سری گشت - ماسوله مربوط به دونین)، واحدهای کربناتی برشی شده (اواخر دونین تا تریاس)، کوارتزیت، توف و شیل‌های آهکی (تریاس)، ماسه‌سنگ، شیل و کنگلومرا (معادل سازند شمشک مربوط به ژوراسیک)، آهکهای ماسه‌ای و سیلتی و ماسه‌سنگهای آهکی نومولیت‌دار (معادل سازند زیارت مربوط به پالئوسن)، سازندهای آتشفشانی و آتشفشانی-رسوبی (معادل سازند کرج مربوط به ائوسن)، توده‌های نفوذی و دایکهای گرانیتوئیدی (معادل سازندهای قرمز پایین و بالا مربوط به الیگوسن) و رسوبات مارنی، رسی و توفیتی (الیگوسن بالایی و میوسن) هستند (Davis et al., 1972).

بر پایه مطالعات صحرایی و بررسیهای سنگ‌نگاری (هادی‌زاده، ۱۳۸۳) سنگهای گرافیت فیلیتی دونین در بعضی بخشها دچار چین خوردگی و گسلش شده و در زیر میکروسکوپ حاوی بافت‌های چشمی بوده و چندین فاز دگر شکلی از خود نشان می‌دهند. در این سنگها، واحدهایی از سنگهای آهکی، دولومیتی و آندزیتی به صورت بین لایه‌ای دیده می‌شوند. واحدهای آتشفشانی و آتشفشانی-رسوبی معادل سازند کرج، بخش اعظم ناحیه را تشکیل می‌دهند که شامل سنگهای آندزیتی، توفهای سبز رنگ، واحدهای توفیتی خاکستری و سبز رنگ با میان لایه‌های آندزیتی - بازالتی و واحدهای پورفیروآندزیت، مگاپورفیروآندزیت و ریوداسیت است. واحدهای توفیتی خاکستری و سبز رنگ براساس مطالعات سنگ‌نگاری ترکیبی در حد لیتیک و یتریک توف و لیتیک کریستال توف دارند. همچنین یک حاشیه دگرگونی در حد رخساره اپیدوت هورنفلس در اثر نفوذ استوکها و دایکهای الیگوسن (که از نظر مودال ترکیبی در حد کوارتز مونزونیت تا مونزونیت دارند) در واحدهای آتشفشانی و آتشفشانی - رسوبی قابل تشخیص است. زونهایی از دگرسانیهایی مختلف بویژه همبر توده‌های نفوذی الیگوسن به فراوانی دیده می‌شود که توسط رسوبات مارنی و رسی سازند قرمز بالایی پوشیده شده‌اند.

برکه توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ برندق در شمال باختری ایران، به مختصات جغرافیایی ۴۸°۳۰' تا ۴۸°۴۵' طول خاوری و ۳۷°۰۰' تا ۳۷°۱۵' عرض شمالی، در جنوب خاور استان اردبیل و در شمال خاور استان زنجان واقع است. این ناحیه از نظر تقسیم‌بندی زونهای زمین‌شناسی ایران (نبوی، ۱۳۵۵) بخشی از زون البرز باختری - آذربایجان و از دیدگاه فلزایی (آقنابتی، ۱۳۸۳) متعلق به حوزه چند فلزی طارم - هشتجین است. وجود اندیساها و معادن متروک و فعال در بخشهای دیگر حوزه چند فلزی طارم - هشتجین (مانند شاه علی بیگلو، سنجد، چرمالو و مس بولاغی در منطقه هشتجین، اندیسهای معدنی زه‌آباد، باریک آب، خلیفه‌لو، علی‌آباد و گلوچه در منطقه طارم)، حضور دگرسانیهایی گسترده و گسترش توده‌های نفوذی اسیدی تا حد واسط در این بخش از حوزه، باعث شده است تا این ناحیه از نظر زمین‌شناسی، جزو مناطق مستعد برای اکتشاف و شناسایی کانسارهای فلزی و غیر فلزی محسوب شود (هادی‌زاده، ۱۳۸۳).

نخستین مطالعات انجام شده بر روی مسائل زمین‌شناسی این ناحیه، مربوط به کارهایی است که در خلال تهیه نقشه زمین‌شناسی ۱:۲۵۰۰۰۰ زنجان توسط Hirayama et al. (1965) انجام گرفته است. Davis et al. (1972) مطالعات زمین‌شناسی ناحیه‌ای برندق را در قالب تهیه نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ ماسوله انجام داده‌اند و سپس Clark et al. (1975) مطالعاتی را در ضمن تهیه نقشه زمین‌شناسی ۱:۲۵۰۰۰۰ بندر انزلی بر روی سنگهای ناحیه برندق انجام داده‌اند. پژوهشهای معدنی در ناحیه مورد مطالعه تا سال ۱۳۸۰ بسیار اندک بوده است. از مهم‌ترین مطالعات انجام شده در این ناحیه از سال ۱۳۸۰ به بعد، می‌توان به اکتشافات چکشی کارشناسان زمین‌شناسی (مهری و همکاران، ۱۳۸۱) بر روی واحدهای کربناتی شمال ناحیه اشاره کرد. این بررسیها منجر به شناسایی و اکتشاف اندیسهایی از عناصر سرب و روی در واحدهای دولومیتی شمال روستای زاویه گردید. همچنین در سال ۱۳۸۰، مهندسین مشاور تهران پادیر به بررسی پلاسره‌های حاشیه رودخانه قزل اوزن پرداخته‌اند. در سال ۱۳۸۳ مطالعات صحرایی، کانی‌شناسی و ژئوشیمی اکتشافی به نسبت جامعی بر روی سنگها و رسوبات رودخانه‌ای این ناحیه توسط هادی‌زاده صورت گرفت و نتایج حاصل از این مطالعات به‌صورت تفصیلی در قالب کانی‌شناسی، سن، تیپ و شرایط تشکیل زونهای دگرسانی

نمونه برداری و تجزیه شیمیایی

غالب جوامع مختلف سنگی طبقه‌بندی شدند. پس از تفکیک و طبقه‌بندی جوامع سنگی، مقدار زمینه محلی که در واقع مقدار میانه مربوط به هر جامعه می‌باشد محاسبه شد و سپس با تقسیم یافته‌های خام مربوط به هر یک از عناصر در هر جامعه بر مقدار زمینه محلی، مقادیر شاخص غنی شدگی سنگ محاسبه گردید. مقادیر به دست آمده توسط نرم افزار SPSS به روش سه پارامتری نرمال شد. پس از این مرحله، مقادیر خارج از ردیف طبق آزمون دورفل (Wellmer, 1998) شناسایی و جایگزین گردید. در نهایت ضرایب همبستگی برای عناصر مختلف به روش پیرسون (Swan & Sandilands, 1995) برای یافته‌های بهنجار شده، محاسبه شد (جدول ۱). براساس نتایج به دست آمده از این جدول، بیشترین میزان همبستگی بین عناصر Cr-Ni، Pb-Zn، Cr-Ni، Sn-Be، As-Sb، Cu-Mn، Ti-Fe و Ti-Ba دیده می‌شود. همچنین در این مطالعه به دلیل زیادی عناصر مورد بررسی و تعدد نمونه‌ها، به منظور تحلیل بهتر بر روی یافته‌های بهنجار شده، تحلیل عاملی (factor Analysis) انجام گردید به طوری که متغیرهای نرمال به ۵ عامل عناصر تبدیل شدند:

عامل اول: عناصر Hg, W, Ag

عامل دوم: عناصر Co, Ni, Cr

عامل سوم: عناصر Ti, Mo, Zn, Pb, Be

عامل چهارم: عناصر Au و Sr, Sn, Bi, Sb, As, Cu

عامل پنجم: عناصر Ba, Fe, Mn

در نهایت، برای تفکیک بی‌هنجاریهای ژئوشیمیایی، با محاسبه مقادیر میانه (X) و انحراف معیار (S) (جدول ۲)، مقادیر حد زمینه (معادل با X)، حد آستانه بی‌هنجاریها (معادل با X+2S) و بی‌هنجاریهای ممکن (مقادیر بین X+2S و X+3S) و احتمالی (مقادیر >X+3S) تعیین شد. سپس به منظور مرتب‌سازی بی‌هنجاریهای ژئوشیمیایی به دست آمده، از روش P.N (بیشترین رخداد احتمال) تفکیک آنها انجام شد و در نهایت نقشه‌های بی‌هنجاریهای ژئوشیمیایی اولیه به روش تخمین شبکه (حسنی پاک و شرف‌الدین، ۱۳۸۰) برای ۲۱ عنصر و ۵ عامل رسم شد. این بی‌هنجاریها، نشان دهنده نحوه تمرکز و گسترش عناصر در ناحیه برندق است (هادی‌زاده، ۱۳۸۳).

در اکتشافات ژئوشیمیایی، حضور یک یا چند عنصر از یک پاراژنز معین، می‌تواند دلالت بر حضور احتمالی اعضای دیگر آن پاراژنز داشته باشد. بنابراین، از وجود این عناصر می‌توان به عنوان ردیابی برای اکتشاف عناصر دیگر، بویژه نهشته‌های پنهانی که در آنها فلزهای اصلی کانسار به آسانی قابل ثبت نیستند، استفاده کرد (Peters, 1987).

برای طراحی شبکه نمونه برداری، ابتدا طرح کلی آبراه‌های ناحیه با استفاده از نقشه توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ برندق رسم شد (شکل ۱)، سپس نقشه‌های زمین‌شناسی و ژئوفیزیک هوایی منطقه به صورت لایه‌های اطلاعاتی بر روی آن قرار گرفت و محل ۲۱۴ نمونه ژئوشیمیایی در پایین دست گسلها، همبریه‌های مهم زمین‌شناسی، مناطق با چگالی گسلی بالا و بی‌هنجاریهای ژئوفیزیکی تعیین شد. چگالی شبکه نمونه برداری، یک نمونه به ازای هر ۲/۸ کیلومتر مربع است. نمونه برداری از محل‌های از پیش تعیین شده بر روی نقشه و با استفاده از الک ۸۰- مش انجام شد. نمونه‌های برداشت شده، توسط آزمایشگاه شرکت کانساران بینالود برای ۲۲ عنصر تجزیه شیمیایی شد. برای تعیین مقادیر Au و Hg نمونه‌ها از روش AAS، برای تعیین مقادیر Mn, Cu, Ni, Sr, Ba, Ti, Fe, Cr نمونه‌ها از روش ICP-ES و برای اندازه‌گیری مقادیر بقیه عناصر، از روش ICP-MS استفاده شد. همچنین به منظور کنترل دقت آزمایشها، ۳۰ نمونه تکراری نیز از بین نمونه‌های فوق به صورت تصادفی انتخاب و تجزیه شد (هادی‌زاده، ۱۳۸۳).

پردازش یافته‌های تجزیه

پس از تجزیه شیمیایی نمونه‌ها، ابتدا دقت تجزیه با استفاده از روشهای ترسیمی و نیز روشهای محاسباتی (Govett, 1983) تعیین شده که مقادیر حاصل، از دقت قابل قبول برخوردار بوده‌اند. سپس یافته‌های خام مربوط به عناصری که دارای بیش از ۵۰٪ مقادیر سنسورد بوده‌اند، حذف گردید (عنصر B). مقادیر سنسورد برای عناصر طلا و جیوه به دلیل این که تعداد یافته‌های سنسورد آنها بیش از ۱۰٪ کل یافته‌ها بود، به روش بیشترین درست‌نمایی کوهن (Sanford et al., 1993) و برای بقیه عناصر که تعداد یافته‌های سنسورد آنها کمتر از ۱۰٪ کل یافته‌ها بود، به روش جایگزینی ساده (حسنی پاک و شرف‌الدین، ۱۳۸۰) تصحیح شد. در اکتشافات ژئوشیمیایی به روش رسوبات آبراه‌ای و یا لیتوژئوشیمیایی، صرفنظر از مؤلفه آلودگی شیمیایی تغییر پذیری از حالت نرمال، دارای دو مؤلفه سین‌ژنتیک و اپی‌ژنتیک می‌باشد که مؤلفه سین‌ژنتیک در ارتباط با فرایندهای سنگ‌زایی و مؤلفه اپی‌ژنتیک در ارتباط با فرایندهای کانی‌سازی اقتصادی بوده و به عنوان یک مؤلفه مفید اکتشافی شناخته می‌شود. مقدار زمینه یک سنگ از یک ناحیه به ناحیه دیگر ممکن است تغییر کند و نیز ممکن است مؤلفه سین‌ژنتیک (تغییرات سنگ‌شناسی) چنان قوی باشد که اثر مؤلفه اپی‌ژنتیک را محو کند (حسنی پاک و شرف‌الدین، ۱۳۸۰). لذا برای از بین بردن اثر مؤلفه سین‌ژنتیک، با قرار دادن نقشه نمونه برداری بر روی نقشه زمین‌شناسی، سنگهای بالا دست هر نمونه ژئوشیمیایی که در تولید رسوب آبراه‌ای مربوط به هر نمونه نقش داشته‌اند، تفکیک و در

(جدول ۴). سپس براساس نتایج تجزیه‌های حاصل و قیاس آنها (Ginzburg, 1960) این نمونه‌ها به گروه‌های عقیم، کانی‌سازی پراکنده، کانی‌سازی غنی شده و کانی‌سازی کانساری تفکیک شد. از میان آنها، ۴ نمونه برای بعضی از عناصر غنی‌شدگی نشان می‌دهند که در اکتشاف عناصر $\text{Be, Sr, Mo, Cu, Zn, Ba}$ (از محدوده بی‌هنجاری شماره ۳).
۲- نمونه BH460 برای اکتشاف عناصر Ba, Mn, Zn (از محدوده بی‌هنجاری شماره ۳).
۳- نمونه BH8 برای اکتشاف عناصر Be و Mo (از محدوده بی‌هنجاری شماره ۵).
۴- نمونه BH18 برای اکتشاف عناصر Cu و Sr (از محدوده بی‌هنجاری شماره ۵).

زونهای دگرسانی

مطالعات صحرایی در مرحله کنترل بی‌هنجاریهای ژئوشیمیایی نشان داد که بیشتر بی‌هنجاریهای به‌دست آمده منطبق بر زونهای دگرسانی ناحیه است. براساس شواهد صحرایی و مطالعات سنگ‌نگاری دو تیپ دگرسانی در چهارگوش برندق تشخیص داده شده است. این دو تیپ که هر کدام حاوی مجموعه‌های کانیاپی خاص خود هستند، از نظر موقعیت مکانی، وسعت، و کانی‌شناسی تفاوتی با یکدیگر دارند (هادی زاده و همکاران، زیر چاپ) و شامل:

۱- **دگرسانیهای اسید-سولفاتی** که در طول زونهای برشی (Shear Zones) در بخش جنوبی منطقه مشاهده شده‌اند.
۲- **دگرسانیهای کالک سیلکاتی با pH خنثی** که در حاشیه رودخانه قزل‌اوزن رخ داده‌اند (شکل ۱).

دگرسانیهای اسید-سولفاتی که عمدتاً در اطراف روستاهای کمرکوه، کلوم، سرخ‌آباد، پازکی و کله سر مشاهده می‌شوند در طول یک زون برشی با روند تقریبی خاوری-باختری توسعه یافته و به نظر می‌رسد که این زونها به‌صورت مجرای برای عبور محلولهای گرمابی عمل کرده باشند. شواهد صحرایی و آزمایشگاهی نشان دادند که دگرسانیهای زونهای برشی شباهتهای زیادی به همدیگر دارند و توسط محلولهای هیپوزن و سوپرژن تشکیل شده‌اند. دگرسانیهای هیپوزن شامل زونهای سیلیسی (کوارتز، کالسدونی)، آلونیتی (آلونیت، کوارتز)، آرژیلیک پیشرفته (کائولینیت، آلونیت، کوارتز)، فلیک (سرسیت، کوارتز، پیریت، کائولینیت) و پروپیلیتیک (اپیدوت، کلریت، کلسیت، پرنیت، ژئولیت، مگمیت) بوده

بررسی محققان مختلف (Rose et al., 1979; Peters, 1987; Beus & Grigorian, 1977; Levinson, 1980) عناصری مانند Ag, Bi, Sb, As می‌توانند به عنوان ردیاب مناسبی برای اکتشاف کانسارهایی مانند رگه‌ای طلا و نقره به کار روند. این عناصر، همچنین در اکتشاف کانسارهای چند فلزی $\text{Co, Pb, Zn, Cu, Ag, Au}$ نیز اهمیت دارند. عناصری مانند Tl, Se, B, W, Sn نیز در برخی از کمربندهای کاندار بویژه در کانسارهای طلا، از خود غنی‌شدگی نشان می‌دهند (حسینی‌پاک، ۱۳۸۱). از این رو گسترش بی‌هنجاریهای فوق در ناحیه برندق، می‌تواند وجود کانسارهای رگه‌ای Ag, Au و نیز کانسارهای چند فلزی $\text{Pb, Zn, Ag, Au, Cu}$ را محتمل سازد.

کنترل بی‌هنجاریهای ژئوشیمیایی

کنترل بی‌هنجاریهای ژئوشیمیایی از طریق مطالعه نمونه‌های کانیهای سنگین در رسوبات آبراه‌های و همچنین توسط مطالعات سنگ‌نگاری نمونه‌های کانی‌سازی شده و دگرسان شده صورت گرفته است. ۲۳ نمونه کانی سنگین از محل بی‌هنجاریهای اولیه برای کنترل این بی‌هنجاریها برداشت (سری BH) و پس از آماده‌سازی در سازمان زمین‌شناسی کشور مطالعه شد. به‌علاوه نتایج حاصل از مطالعه ۲۳ نمونه کانی سنگین پلاسره‌های حاشیه رودخانه قزل‌اوزن (تهیه شده توسط شرکت مهندسین مشاور تهران پادیر، ۱۳۸۰) نیز به این یافته‌ها افزوده شد (سری Km) و در نهایت پردازش بر روی ۴۶ نمونه کانی سنگین انجام گردید (جدول ۳). کانیهای شناسایی شده در این نمونه‌ها، به دو سری ۱) کانیهای سنگ‌ساز (زیرکن، آپاتیت، روتیل، گارنت، مگنتیت، پروکسن، آمفیبول، اپیدوت، کلریت و بیوتیت) و ۲) کانیهای مرتبط با نهشته‌های کانی‌سازی شده (باریت، مس طبیعی، گالن، سرب طبیعی، ایلمنیت، مولیبدنیت، همتایت، پیریت، روی طبیعی، اولیژست، مارکاسیت، سروسیت، لیمونیت، اسمیت، زونیت، پیریت-اکسید، پیریت-لیمونیت، کریزوکولا و گوتیت) تقسیم شدند.

پس از پردازش آماری و رسم هیستوگرامها و نمودارهای تجمعی برای هر یک از کانیهای سنگین، مقادیر حاصل در نمونه‌های مختلف به محدوده‌های مختلفی تقسیم‌بندی شدند. سپس با استفاده از مطالعات صحرایی و آزمایشگاهی (مطالعه مقاطع نازک و صیقلی) منشأ هر یک از این مقادیر تعیین شد. مهم‌ترین کانیهایی که در ارتباط با نهشته‌های کانی‌سازی شده بوده و از نظر اقتصادی مهم هستند، عمدتاً در نمونه‌هایی دیده می‌شوند که در بالا دست آنها مناطق دگرسانی گسترده و کانی‌سازیهای رگه‌ای و پراکنده دیده می‌شود و اکثراً علت وجودی بی‌هنجاریهای اولیه هستند.

برای کنترل بی‌هنجاریهای ژئوشیمیایی با استفاده از نمونه‌های کانی‌سازی شده ۲۸ نمونه کانی‌سازی از میان نمونه‌های سنگی انتخاب و تجزیه شد

بخش حاشیه شمالی رودخانه به صورت مجموعه‌هایی با pH خنثی (دگرسانیه‌های کالک‌سیلیکاتی با بی‌هنجاریهای Au, Hg, Sn, W, Ag, Mo) ظاهر شده‌اند.

در نهایت، نتایج حاصل از پردازش یافته‌های تجزیه، مطالعات کانیهای سنگین، و سنگ‌نگاری نمونه‌های کانی‌سازی و دگرسان شده، و شواهد صحرائی با همدیگر تلفیق شده و در مجموع ۱۰ محدوده به عنوان بی‌هنجاریهای نهایی عناصر معرفی گردیده (جدول ۵ و شکل ۱) و به شرح زیر برای اکتشافات آتی اولویت بندی شده‌اند:

اولویت اول: محدوده بی‌هنجاریهای ۱، ۳ و ۵.

اولویت دوم: محدوده بی‌هنجاریهای ۲، ۴ و ۱۰.

اولویت سوم: محدوده بی‌هنجاریهای ۶، ۷، ۸ و ۹.

از آنجا که احتمال دارد بی‌هنجاریهای به دست آمده با ساختارهایی همچون گسلها در ارتباط نزدیک باشند، لذا برای انطباق این بی‌هنجاری با مناطق گسلی، نقشه چگالی گسلی منطقه رسم شد (شکل ۲). مقایسه و بررسی نقشه چگالی گسلها با نقشه بی‌هنجاریهای نهایی عناصر، انطباق بسیار خوبی را بین آنها نشان می‌دهد که می‌تواند گویای کنترل این بی‌هنجاریها تا حد زیادی توسط گسلها باشد. لذا مناطق با چگالی گسلی بالا، از اهمیت اکتشافی بالایی برخوردار است.

نتیجه‌گیری

۱- نتایج حاصل از اکتشافات ژئوشیمیایی در چهارگوش برندق، باعث تفکیک ۱۰ محدوده بی‌هنجاری از عناصر W, Mo, Sn, Co, Zn, Pb, Au, Ag, Bi, Sb, As, Hg شد.

۲- بیشترین گسترش این بی‌هنجاریها مربوط به عناصر W, Sn, Bi, Ag, Hg, Sb, As بوده که می‌تواند به عنوان ردیابهای خوب در اکتشاف ذخایر رگه‌ای Au-Ag و نیز رگه‌های Zn-Pb-Cu-Ag مورد استفاده قرار گیرند.

۳- نتایج حاصل از مطالعات کانیهای سنگین، باعث شناسایی کانیهای سنگ‌ساز (روتیل، آپاتیت، گارنت، مگنتیت، پیروکسن، آمفیبول، اپیدوت، کلریت و بیوتیت) و کانیهای مرتبط با نهشته‌های کانی‌سازی شده (باریت، مس طبیعی، گالن، سرب طبیعی، ایلمنیت، مولیبدنیت، هماتیت، پیریت، روی طبیعی، اولیژیت، مارکاسیت، سروسیت، لیمونیت، اسمیت زونیت، پیریت-اکسید، پیریت-لیمونیت، کریزوکولا و گوتیت) گردید. منشأ کانیهای فوق، عمدتاً زونهای دگرسانی و زونهای با کانی‌سازیهای رگه‌ای و پراکنده است.

۴- نتایج حاصل از مطالعات بر روی دگرسانیه‌های منطقه باعث شناسایی دو تیپ دگرسانی اسید-سولفاتی (شامل زونهای سیلیسی، آرژلیک پیشرفته، آلونیتی، فلیک و پروپلیتیک) و دگرسانیه‌های با pH تقریباً خنثی (شامل

که در کل یک حالت زون بندی نشان می‌دهند. دگرسانیه‌های سوپرژن با مجموعه‌های کانیایی جاروسیت، لیمونیت، گوتیت، آلونیت، ژپس، کائولینیت، و گوگرد طبیعی قابل شناسایی است (هادی‌زاده و همکاران، زیر چاپ). مقایسه این تیپ دگرسانیه‌ها، با دگرسانیه‌های مشابه در دنیا نشان می‌دهد که این دگرسانیه‌ها از تیپهای اسید-سولفاتی (Rye et al., 1992; Hemley et al., 1969; Stoffregen, 1987; Hemley & Joines, 1964) است. در چنین سامانه‌هایی، یک زون بندی قائم از عناصر وجود دارد به طوری که عناصر Au, Sb, As, Bi, Ag, Sb, As در نزدیکی سطح و عناصر Co, Cu, Pb, Zn, Bi, Te, Se, Ag در بخشهای عمیق تر سامانه متمرکز می‌شوند (Clark & Govett, 1990). با توجه به این که بی‌هنجاریهای به دست آمده اکثراً مربوط به عناصر Bi, Ag, Sb, As می‌باشند لذا منشأ این بی‌هنجاریها قابل توجه است.

دگرسانیه‌های حاشیه رودخانه قزل‌اوزن، وسعت کمتری نسبت به تیپ قبلی داشته و شامل زونهای آرژلیک، کالک‌سیلیکات (اپیدوت، پرهیت، کلسیت، آلپیت، فلدسپار پتاسیم، فلوریت، زئولیت، پیریت، کوارتز و کلسدون) و زئولیت (آنالیسم و لامونیت) است. این تیپ دگرسانیه‌ها، به احتمال توسط محلولهای غنی از کلرید با pH تقریباً خنثی شکل گرفته‌اند (Reyes, 1990; Brown, 1978). با توجه به رگه‌ای بودن سیستم و هم‌زمانی کلسیت و فلوریت، احتمالاً کاهش فشار نقش مهمی در ایجاد فرایند جوشش و در نتیجه نهشته شدن فلوریت داشته است (Richardson & Holland, 1979). فرایند جوشش همچنین می‌تواند باعث افزایش pH و ناپایداری کمپلکسهای فلزی و سبب نهشته شدن فلزها بویژه طلا و نقره شود (Barnes, 1979). با توجه به بی‌هنجاریهای قابل توجه از عناصر Au, Ag, Hg, Sb, Fe, Mo، احتمال وجود کانی‌سازیهای طلا و نقره دور از انتظار نیست.

شواهدی چون وجود دگرسانیه‌های وسیع در طول زون برشی جنوب منطقه، قطع شدگی استوکهای کوارتز مونزونیتی اولیگوسن توسط زون برشی، دگرسانی دایکهای نفوذی الیگوسن، قطع شدگی سازند سرخ زیرین به سن اولیگوسن پسین توسط دایکهای نفوذی موجود در منطقه، نشان می‌دهد که سن لکه‌های دگرسانی مرتبط با زون برشی جوان‌تر از اولیگوسن پسین است. با توجه به این که سازند سرخ پسین (میوسن پسین) از دگرسانیه‌های هیپوژن، متأثر نشده، از این رو سن تقریبی دگرسانیه‌ها را می‌توان در محدوده اولیگوسن پسین تا اواسط میوسن در نظر گرفت. از آنجا که دگرسانیه‌های منطقه، هم در امتداد زونهای برشی و هم در حاشیه رودخانه قزل‌اوزن دایکهای منطقه را دگرسان کرده‌اند، لذا هر دو نوع دگرسانی پس از دایکها و احتمالاً به طور هم‌زمان رخ داده و مربوط به فعالیت یک سامانه زمین گرمایی واحد بوده است که در بخشهای جنوبی رودخانه در بلندیها به صورت مجموعه‌های اسید سولفاتی (بی‌هنجاریهای As, Sb, Bi) و در

و گسلها نقش بسیار مؤثری ایفا کرده‌اند. از این رو زونهای با شکستگی بالا، از اهمیت اکتشافی بالایی برخوردارند.

تشکر و قدردانی

نویسندگان از حمایت‌های مالی شرکت مهندسین مشاور تهران پادیر و معاونت تحصیلات تکمیلی دانشگاه تبریز برخوردار بوده، لذا بجاست نهایت سپاس و قدردانی خود را ابراز دارند. همچنین از نظرات و پیشنهادهای ارزنده و سازنده داوران محترم مجله نیز سپاسگزاری می‌شود.

زونهای آرژیلیک، کالک سیلیکات و زئولیت) شد. این دگرسانها، در اثر عملکرد یک سامانه زمین گرمایی واحد در اواخر اولیگوسن تا اواسط میوسن تشکیل شده‌اند. دگرسانهای اسید سولفاتی، عمدتاً از عناصر As, Sb, Bi و دگرسانهای با pH خنثی، از عناصر Mo, Au, Hg, Sn, W Ag بی‌هنجاری نشان می‌دهند.

۵- نتایج حاصل از انطباق نقشه بی‌هنجاریهای نهایی با نقشه چگالی گسلها نشان داد که بیشتر بی‌هنجاریهای به‌دست آمده منطبق بر زونهای با چگالی گسلی بالاست. لذا در به‌وجود آمدن بی‌هنجاریهای فوق، احتمالاً شکستگیها

جدول ۱- ضرایب همبستگی (محاسبه شده با روش پیرسون، 1994، Swam & Sandilands) بین عناصر مختلف

	Au	Hg	Cr	Cu	Mn	Ni	Sr	Ba	Ti	Fe	Ag	As	Bi	Co	Mo	Pb	Sb	Zn	Be	Sn	W
Au	1	0.15	0.02	0.10	0.08	-0.08	0.03	0.07	0.04	0.06	0.13	0.10	-0.02	0.13	0.23	0.19	0.10	0.04	0.07	0.10	0.06
Hg	0.15	1	-0.06	-0.12	-0.21	-0.12	-0.05	0.10	0.03	0.18	0.00	0.12	0.05	0.08	0.15	0.05	0.12	0.05	-0.01	0.14	0.31
Cr	0.02	-0.06	1	0.17	0.35	0.61	-0.06	0.14	0.48	0.15	0.18	0.00	0.19	0.14	0.00	-0.13	-0.05	-0.06	-0.05	0.07	-0.11
Cu	0.10	-0.12	0.17	1	0.46	0.21	0.29	0.30	0.31	0.19	0.11	0.07	0.16	0.45	0.19	0.06	0.02	0.13	0.02	0.09	0.06
Mn	0.08	-0.21	0.35	0.46	1	0.21	0.01	0.42	0.42	0.32	0.12	-0.13	0.00	0.30	0.14	0.11	0.08	0.18	0.11	0.21	0.10
Ni	-0.08	-0.12	0.61	0.21	0.21	1	0.00	-0.05	0.07	-0.06	0.04	-0.05	-0.05	0.15	-0.09	-0.13	-0.18	-0.03	-0.09	0.04	-0.32
Sr	0.03	-0.05	-0.06	0.29	0.01	0.00	1	0.10	-0.14	0.04	-0.10	-0.23	-0.10	-0.10	-0.16	-0.27	-0.19	-0.17	-0.34	-0.41	-0.30
Ba	0.07	0.10	0.14	0.30	0.42	-0.05	0.10	1	0.44	0.44	0.15	0.16	0.10	0.36	0.27	0.31	0.20	0.20	0.17	0.23	0.29
Ti	0.04	0.03	0.48	0.31	0.42	0.07	-0.14	0.44	1	0.47	0.39	0.08	0.22	0.41	0.19	0.23	0.11	0.25	0.32	0.42	0.22
Fe	0.06	0.18	0.15	0.19	0.32	-0.06	0.04	0.44	0.47	1	0.02	-0.01	0.13	0.27	0.12	0.05	0.09	0.18	0.01	0.13	0.12
Ag	0.13	0.00	0.18	0.11	0.12	0.04	-0.10	0.15	0.39	0.02	1	0.09	0.00	0.25	0.10	0.21	-0.14	0.10	0.36	0.40	0.20
As	0.10	0.12	0.00	0.07	-0.13	-0.05	-0.23	0.16	0.08	-0.01	0.09	1	0.27	0.04	0.28	0.27	0.47	0.01	0.18	0.15	0.12
Bi	-0.02	0.05	0.19	0.16	0.00	-0.05	-0.10	0.10	0.22	0.13	0.00	0.27	1	0.06	-0.01	-0.03	0.32	-0.02	0.13	0.13	0.08
Co	0.13	0.08	0.14	0.45	0.30	0.15	-0.10	0.36	0.41	0.27	0.25	0.04	0.06	1	0.29	0.53	0.07	0.65	0.38	0.23	0.13
Mo	0.23	0.15	0.00	0.19	0.14	-0.09	-0.16	0.27	0.19	0.12	0.10	0.28	-0.01	0.29	1	0.41	0.22	0.17	0.29	0.28	0.17
Pb	0.19	0.05	-0.13	0.06	0.11	-0.13	-0.27	0.31	0.23	0.05	0.21	0.27	-0.03	0.53	0.41	1	0.20	0.69	0.45	0.34	0.28
Sb	0.10	0.12	-0.05	0.02	0.08	-0.18	-0.19	0.20	0.11	0.09	-0.14	0.47	0.32	0.07	0.22	0.20	1	0.07	0.09	0.15	0.31
Zn	0.04	0.05	-0.06	0.13	0.18	-0.03	-0.17	0.20	0.25	0.18	0.10	0.01	-0.02	0.65	0.17	0.69	0.07	1	0.30	0.27	0.22
Be	0.07	-0.01	-0.05	0.02	0.11	-0.09	-0.34	0.17	0.32	0.01	0.36	0.18	0.13	0.38	0.29	0.45	0.09	0.30	1	0.50	0.39
Sn	0.10	0.14	0.07	0.09	0.21	-0.04	-0.41	0.23	0.42	0.13	0.40	0.15	0.13	0.23	0.28	0.34	0.15	0.27	0.50	1	0.50
W	0.06	0.31	-0.11	0.06	0.10	-0.32	-0.30	0.29	0.22	0.12	0.20	0.12	0.08	0.13	0.17	0.28	0.31	0.22	0.39	0.50	1

جدول ۲- مقادیر محاسبه شده میانه (X)، انحراف معیار (S)، (X+S)، (X+2S)، (X+3S) برای عناصر مختلف در نمونه‌های ژئوشیمیایی

ناحیه برندق

	Au	Hg	Cr	Cu	Mn	Ni	Sr	Ba	Ti	Fe	Ag
X	-0.02	-0.36	-0.24	0.50	0.40	-0.97	0.005	-0.145	0.11	0.31	0.39
S	0.8775	1.4096	0.5094	0.1808	0.1630	1.2804	0.4437	0.3730	0.2054	0.2211	0.4823
(X+S)	0.8575	1.0496	0.2694	0.6808	0.5630	0.3104	0.4488	0.2280	0.3154	0.5311	0.8723
(X+2S)	1.7350	2.4593	0.7788	0.8616	0.7260	1.5907	0.8926	0.6009	0.5208	0.7522	1.3546
(X+3S)	2.6126	3.8689	1.2883	1.0425	0.8891	2.8711	1.3364	0.9739	0.7263	0.9733	1.8369
	As	Bi	Co	Mo	Pb	Sb	Zn	Be	Sn	W	
X	0.22	-0.22	-0.32	-0.16	0.01	0.06	-0.33	0.52	0.655	0.10	
S	0.4288	0.5846	0.6817	0.5277	0.6606	0.5547	0.8097	0.1726	0.1805	0.5353	
(X+S)	0.6488	0.3646	0.3617	0.3677	0.6706	0.6147	0.4797	0.6926	0.8355	0.6353	
(X+2S)	1.0776	0.9492	1.0435	0.8954	1.3313	1.1695	1.2894	0.8652	1.0160	1.1707	
(X+3S)	1.5064	1.5338	1.7253	1.4230	1.9920	1.7242	2.0991	1.0378	1.1965	1.7060	

جدول ۳- مقادیر کانیهای سنگین در رسوبات آبراهه‌ای ناحیه برندق بر حسب ppm

	Sample	Mag.	Mal.	Py.	Gln.	Hem.	N-Zn.	Barl.	Brch.	Smt.	Lim.	N-Cu.	Pv-Lim.	Pv-Ox.	N-Pb.	Moly.	Olig.	Cem.	Goet.	Cry.	Marc.	Ilm.
1	BH407	295.7	0	184.2	0	278.8	0	5.5	0	0	20.1	0	176.9	387.7	0	0.19	13.9	0	116.6	0	0	0
2	BH408	2751.3	0	14.8	0	1086.5	0	5.3	0.46	0	112.1	0	262.6	663.9	0	0	62.1	0	259.7	0	0	0
3	BH409	1481.5	0	1.8	0	540	0	0	0	0	5.6	0	65.3	198	0	0	15.4	0	193.6	0	0	0
4	BH420	3219	0	78	0	1021.5	0	1.7	0	0	0	0	0.7	69.9	0	0	20.4	0	0.7	0	0	0
5	BH426	14233.6	0	181.5	0	4564.2	0	3.2	0	0	0	6.44	3.2	97.6	0	0	3.8	0	95.4	0	0	0
6	BH447	172.5	0	0	0	442.6	0	0	0	0	0.1	0	3.1	31.5	0	0	0.1	0	3.1	0	0	0
7	BH448	922.3	0	0	0	2133.2	0	0	0	0	14.3	0	99	222.5	0	0	78	0	163.2	0	0	0
8	BH460	884.1	0.21	0	0	771.5	0	0.2	0	0	0	0	6.5	39.6	0	0	15.4	0	6.4	0	0	0
9	BH466	1913.7	0	0	0	1249.2	0	0	0	0	10	0	11.7	47.5	0	0	13.9	0	116.1	0	0	0
10	BH467	7272.7	0	0	0	3464.6	0	23.4	0	0	1.3	0	42.4	171.6	0	0	300.9	0	83.9	0	0	0
11	BH470	3874.6	0	73.6	0	1620.1	0	1.3	0	0	0	0	1.3	92.4	0	0	54	0	45.2	0	0	0
12	BH488	729	0	0.3	0	66.6	0	0	0	0	0	0	0	0.3	0	0	0	0	0.3	0.15	0	0
13	BH490	2666.7	0	1	0	140.4	0	0.9	0	0	0	0	0	0.9	0	0	0	0	0	0.42	0	0
14	BH504	477.4	0	0	0	2100	0	0	0	0	0.3	0	0.3	13.8	0	0	0.4	0	135.2	0	0	0
15	BH541	10.1	0	0	0	17.9	0	0	0	0	0.4	0	0	2.1	0	0	0	0	5	0	0	0
16	BH559	155.4	0	1.3	0	1446.5	0	0.2	0	0	0.2	0	0.2	36	0	0	0.3	0	17.6	0	0	0
17	BH567	20.7	0	0.1	0	223.5	0	0.1	0	0	1.6	0	1.9	11.5	0	0	0.1	0	92.4	0	0	0
18	BH564	0.4	0	0.3	0	666.3	0	0	0	0	12	0	0.3	28.5	0	0	0	0	410.7	0	0	0
19	BH571	3.5	0	10.2	0	2144.2	0	0	0	0	51.6	0	30.2	122.3	0	0	0.7	0	1494.7	0	0	0
20	BH575	0.1	0	0	0	281.3	0	0	0	0	22.6	0	2.6	5.3	0	0	0.1	0	156.8	0	0	0
21	BH556	317.1	0	0.8	0	1086.8	0	0	0	0	157	0	30.6	124	0	0	0.8	0	909.1	0	0	0
22	BH576	0.5	0.32	5	0	468.7	0	0	0	0	169.3	0	19.8	40.1	0	0	0.5	0	588.1	0	0	0
23	BH599	65.9	0.07	0	0	343.8	0	0	0	0	9	0	2.6	10.7	0	0	3.1	0	78.4	0	0	0
24	FM.1	354	0.22	27.2	0	605	0.3	18.4	0	0.24	0.2	0	0.2	95.2	0.46	0	0	0	251	0	0.27	0.26
25	FM.2	2570	0	34.3	0	1051	0	30.9	0	0	0.5	0	0.6	185.3	0	0	0	0	332	0	0	0.65
26	FM.3	1179	0	126	0	1469	0.55	34	0	0.44	0.4	0	0.4	12.6	0.86	0	133.6	0	222	0	0	0
27	FM.4	58	0	0	0	74	0	1.8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	26	0	0	0
28	FM.5	62	0	0.1	0	288	0	3.6	0	0	0	0	0	0	0.14	0	0.1	0	211	0	0	0
29	FM.6	262	0	0.2	0	623	0.18	0.4	0	0	0	0	0	0.2	0.29	0	0	0.22	41.4	0	0	0.16
30	FM.7	321	0	0.4	0.26	946	0.19	36.6	0	0.15	0.1	0	0	0.2	0.29	0	0	0.22	181	0	0	0
31	FM.8	262	0	0.1	0	499	0	25.2	0	0	0	0	0.1	0.1	0	0	0	0	103	0	0	0
32	FM.9	19	0	0	0	27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11	0	0	0
33	FM.10	3873	0	57	1.14	1571	0	68.4	0	0	0	0	0	0.8	0	0	362.6	0.99	10	0	0	0
34	FM.11	1082	0	41.6	0	1102	0	18.7	0	0	0.3	0	0.4	208	0	0	330.7	0	27.5	0	0.42	0.39
35	FM.12	212	0	40.8	0	1586	0	61.2	0	0	0.2	0	0.2	114.2	0	0	0.3	0	311	0	0.27	0
36	FM.13	3261	0	2.8	0	4985	0	151.2	0	0	0	0	0	33.6	0	0	1.2	0	296	0	0	0
37	FM.14	1165	0	1.4	0.84	1959	0	50.4	0	0	0	0	0	0.6	0	0	0.6	0.73	180	0	0	0
38	FM.15	4056	0	150	1.8	2571	0	108	0	0	0.9	0	0	1.2	0	0	1.3	1.56	27.1	0	1.2	0
39	FM.94	157.2	0	0.1	0	130.6	0	5	0	0	0.1	0	0.1	0.1	0	0	0	0	15.8	0	0	0
40	FM.95	93.6	0	0.1	0	76.3	0	9.7	0	0	0.1	0	0	0.1	0	0	0.1	0	20.5	0	0	0
41	FM.96	2582.5	0	116.4	0	4441.8	0	122.7	0	0	0	0	0.7	0.8	0	0	493.5	0	320	0	0	0
42	FM.98	1223	0	0.6	0	771.5	0	25.1	0	0	0.4	0	0.5	0.6	0	0	0.6	0	32	0	0	0
43	FM.99	2562.5	0	1.6	0	2566.6	0	102.2	0	0	0	0	0	0.6	0	0	14.9	0	12.3	0	0	0
44	FM.100	958.4	0	1.4	0	671.6	0	38.9	0	0	0.4	0	0.5	0.6	0	0	0.6	0	380.1	0	0	0
45	FM.101	44.9	0	0	0	45.8	0	1.6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	38	0	0	0
46	FM.102	396	0	0.3	0	374.8	0	12.2	0	0	0.4	0	0	0	0	0	0.3	0	155.6	0	0	0

Mag = magnetite, Mal = Malachite, Py = pyrite, Gln = Galena, Hem = hematite, N-Zn = Native Zinc, Barl = Barite, Brch = Brochantite, Smt = Smithsonite, Lim = limonite, N-Cu = Native Copper, N-Pb = Native Lead, Moly = Molybdenite, Olig = Oligoclase, Cem = Cementsite, Goet = goethite, Cry = Crysochola, Marc = Marcasite, Ilm = Ilmenite, Ox = oxide.

جدول ۴- نتایج حاصل از تجزیه نمونه‌های کانی‌سازی شده که از محل بی‌هنجاریهای اولیه برداشت شده است

(طلا بر حسب ppm و بقیه عناصر بر حسب ppm)

Sample #	Au	Cr	Mn	Mo	Ni	Sr	Zn	Ba	Be	Ti	Fe	Ag	As	B	Bi	Co	Cu	Pb	Sb	Sn	W	
1	BH-13	0.75	3	112	0.075	1.5	49.5	3.5	11.8	0.2	208	3920	0.008	<	<	0.6	10.5	0.7	0.4	<	<	
2	490.5	2	5	457	1.2	1.5	90.6	4	2.7	3	730	16400	0.2	<	0.1	1.1	11.5	28.7	0.5	0.9	1.1	
3	447.1	0.75	238	10	3.1	10	543	11.6	2.59	1.9	6510	71800	0.13	71.6	<	2.5	0.3	11.7	5.5	11.9	2.1	1.7
4	BH-467A	1	49	373	0.5	21	321	44.5	637	1.7	5450	50500	0.05	71.1	<	<	12.9	49.1	2.6	3.6	3.8	0.9
5	BH-G1	0.75	14	694	3.4	6	326	43.8	510	3.7	3420	32500	0.86	32.5	<	<	7.7	56.1	17.7	2.7	3.4	7.7
6	407.1	0.75	14	1.5	1.3	1.5	493	0.15	80.2	0.2	1810	4050	0.06	19.2	<	0.3	1	6	6.6	7.2	0.9	0.5
7	BH-G2S	0.75	22	1010	3.8	10	349	61.6	564	3.2	4490	39700	0.15	18.5	<	<	16.2	40.8	14.4	1.5	3.1	1.3
8	B-576.1	46	20	1740	1.7	19	47.1	18.7	69.5	0.3	290	38400	0.26	17.3	<	0.2	4.4	9.1	1.8	5.6	0.4	0.6
9	490.7	0.75	11	956	1.1	8	444	68	821	2.3	3760	30100	0.08	15.6	<	<	6.4	32.4	18.2	1.2	1.3	1.4
10	467.2	2	8	6	1.6	2	777	1.1	26.2	0.4	1460	4080	0.02	13.6	<	0.4	1.7	11.3	0.9	28.7	0.2	0.6
11	BH-18	0.75	22	722	1.1	5	1020	7.6	20.9	3.4	2400	38800	0.36	13.2	<	<	5.8	4430	39.3	3.3	1.9	0.6
12	BH-460	0.75	6	211	1.1	3	115	436	3460	1	1230	15500	1.59	11.7	<	<	2.9	65.3	129	14.4	0.7	0.8
13	BH-420	0.75	8	433	3.7	4	209	42	277	6.9	2800	21500	0.25	11.5	<	<	3.7	23.6	23.1	2.2	5.4	9.8
14	576.2	3	75	757	0.075	47	54.3	62.8	434	2.8	4470	44600	0.09	10.6	<	0.5	12.4	42.7	2	4.6	3.5	2.6
15	576.3	3	38	2190	3.3	16	140	14.8	42.7	0.4	649	41700	0.1	10.1	<	<	4.3	20.8	32	3.8	0.5	0.6
16	467.1	0.75	37	8	0.5	1.5	666	0.15	140	0.3	4070	1430	0.1	8.1	<	0.7	0.3	6.9	8.3	11.4	7.5	0.7
17	BH-455	2	4	8470	7	1.5	124	602	188	7.4	119	178000	0.008	6.4	<	0.3	5.7	3.9	12.8	7.2	2.7	1.7
18	B-490.1	0.75	36	1060	1.6	17	168	77	313	2.2	5530	53700	0.23	5.9	<	0.2	14.7	56.8	17.7	1.1	1.9	2.9
19	B-490.3	2	11	633	1	5	834	9.1	9	3.8	4160	30800	0.21	3.1	<	<	5.4	68.8	28.4	1.8	1.8	1.3
20	490.4	16	7	619	2.4	1.5	356	4.5	4	5.3	1730	23200	1.68	2.8	<	0.1	2.5	42.2	43.7	1.2	1.4	1.4
21	BH-10	0.75	7	596	3.7	3	655	62.4	710	2.5	5130	43500	0.41	2.8	<	<	11.6	42.7	11.7	0.8	3	2.8
22	490.3	1	11	606	0.8	3	782	6.3	5.4	4.5	3590	28700	0.18	2.5	<	<	3.2	51	30.8	1.7	1.6	1.1
23	571.1	0.75	19	1800	0.9	13	91.8	14.8	39.1	0.2	351	37100	0.02	2.5	<	<	2.3	12.1	1.6	1.3	0.5	0.4
24	490.6	0.75	4	602	1.2	1.5	433	0.9	3.2	3.3	1530	21900	0.35	1.8	<	<	2.1	26.6	29.4	1	1.2	1.1
25	BH-16	0.75	12	826	1.9	5	359	72.8	635	2.4	5840	44800	0.44	1.6	<	<	11.1	78.9	12.3	0.6	2.4	1.7
26	BH-8	2	3	629	4	1.5	150	0.15	7.5	9.3	520	14800	0.29	1.6	<	<	0.9	3.6	36.2	0.6	0.5	0.4
27	B-490.2	0.75	5	338	3.4	1.5	142	35	813	1.6	3570	19700	0.17	1.3	<	<	2.9	4.1	3.5	0.5	1.6	1.5
28	BH-11	0.75	2	149	0.6	1.5	59.6	1.6	5.5	0.4	32	1670	0.01	0.9	<	<	0.3	0.5	3.3	1.2	<	<

جدول ۵- معرفی بی‌هنجاریهای ژئوشیمیایی و اولوتیهای اکتشافی آنها در ناحیه برندق

ردیف	نوع	زمین‌شناسی	دگرسانی	نمونه منبرالیزه	نتایج منبرالیزه	نمونه منبرالیزه	نتایج منبرالیزه	عنصر انومال	نمونه کانی سنگین	کانی سنگین	نمونه	نتایج	کانی سنگین	نمونه منبرالیزه	نتایج منبرالیزه	دگرسانی	زمین‌شناسی	ردیف
۱	اندزیت، توف، مارون، کوارتز، موزونیت	گسل	اسید سولفاتی (میوزن) سوری	447.1	فلسه شادگی نیست	447.1	فلسه شادگی نیست	Cu, As, Ag, Sr, Mo, Sn	14, 15, 407, 408, 409, 420, 436	Moly, Broch, N-Cu, Ceru, Gln, Marc, Smts, Mag, Py, Bar, Olig	407, 408, 409, 420, 426	407, 408, 409, 420, 426	Cu, As, Ag, Sr, Mo, Sn	14, 15, 407, 408, 409, 420, 436	Moly, Broch, N-Cu, Ceru, Gln, Marc, Smts, Mag, Py, Bar, Olig	اسید سولفاتی (میوزن) سوری	گسل	اول
۲	اندزیت، توف	Shear Zone	اسید سولفاتی (میوزن) سوری	447.1	فلسه شادگی نیست	447.1	فلسه شادگی نیست	As, Sb, Bi	12, 447, 448	Marc, Py, Olig, Hen, Mag, Geo, Bar	447, 448	447, 448	As, Sb, Bi	447.1	فلسه شادگی نیست	اسید سولفاتی (میوزن) سوری	Shear Zone	دوم
۳	اندزیت، کوارتز، موزونیت	گسل	اسید سولفاتی (میوزن) سوری	455, 460	فلسه شادگی نیست	455, 460	فلسه شادگی نیست	Cu, As	10, 460	Gln, Ceru, Marc, Bar, Olig, Py, Mag, Hen	460	460	Cu, As	455, 460	فلسه شادگی نیست	اسید سولفاتی (میوزن) سوری	گسل	اول
۴	اندزیت، توف، کوارتز، موزونیت	Shear Zone	اسید سولفاتی (میوزن) سوری	467.1, 467.2	فلسه شادگی نیست	467.1, 467.2	فلسه شادگی نیست	As	9, 466, 467, 470	Mag, Bar, Py, Hen, Geo, Lim	466, 467	466, 467	As	467.1, 467.2	فلسه شادگی نیست	اسید سولفاتی (میوزن) سوری	Shear Zone	دوم
۵	توف، اندزیت	گسل، چین خوردگی	H (تالک سیلیکاتی)	8, 10, 11, 13, 16, 18, 490.1, 490.2, 490.3, 490.4, 490.5, 490.6, 490.7	فلسه شادگی نیست	8, 10, 11, 13, 16, 18, 490.1, 490.2, 490.3, 490.4, 490.5, 490.6, 490.7	فلسه شادگی نیست	Au, Hg, Mo, Sb, W, Sn, Ag, Ti, Fe	95, 101, 488, 490, 504	Cry, Mag, Py, Bar, Olig, Py, Ox, Py, Lim	488, 490, 493, 494, 497	488, 490, 493, 494, 497	Au, Hg, Mo, Sb, W, Sn, Ag, Ti, Fe	8, 10, 11, 13, 16, 18, 490.1, 490.2, 490.3, 490.4, 490.5, 490.6, 490.7	فلسه شادگی نیست	H (تالک سیلیکاتی)	گسل، چین خوردگی	اول
۶	اندزیت، توف، مارون	گسل	-	-	-	-	-	Hg	541	Mag, Geo, Py, Ox, Hen	541	541	Hg	-	-	-	گسل	سوم
۷	انگکند، دولومیت، اندزیت	Ereccia Zone	اسید سولفاتی - دولومیتی شده	-	-	-	-	Pb, Zn, Co, Be	556, 557, 559	Mag, Py, Py, Ox, Py, Lim, Olig, Geo, Hen	556, 557, 559	556, 557, 559	Pb, Zn, Co, Be	-	-	اسید سولفاتی - دولومیتی شده	Ereccia Zone	سوم
۸	توف، اندزیت	گسل	اسید سولفاتی	-	-	-	-	As, Sb	564	Py, Geo, Hen, Py, Ox, Py, Lim	564	564	As, Sb	-	-	اسید سولفاتی	گسل	سوم
۹	فیلتین، انگکند، اندزیت	گسل	-	-	-	-	-	As, Ag, Sn	571, 575, 576	Malc, Py, Geo, Hen, Py, Ox, Py, Lim	571, 578, 576	571, 575, 576	As, Ag, Sn	571.1, 576.1, 576.2, 576.3	-	-	گسل	سوم
۱۰	اندزیت، توف، مارون	دوم	آوزییکه	-	-	-	-	Pb, Zn, Co, Be	3, 599	Malc, Olig, Bar, N, Pb, N-Tn, Py, Smts, Lim, Mag, Geo	596, 599	596, 599	Pb, Zn, Co, Be	-	-	آوزییکه	-	دوم

جدول ۶- نتایج حاصل از تجزیه نمونه‌های ژئوشیمیایی پیش از برآورد مقادیر سنسورد

UNITS	ppb	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	
DETECT	1	0.05	2	2	5	2	2	2	10	100	0.01	0.5	0.5	0.1	0.2	0.1	0.2	0.1	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	
METHOD	ARM2	ARM2	IC3E	IC3E	IC3E	IC3E	IC3E	IC3E	IC3E	IC3E	IC3M	IC3M	IC3M	IC3M	IC3M	IC3M	IC3M	IC3M	IC3M	IC3M	IC3M	IC3M	IC3M	IC3M	IC3M	IC3M	IC3M	IC3M	IC3M
SAMPLE	Au	Hg	Cr	Cu	Mn	Ni	Sr	Ba	Ti	Fe	Ag	As	B	Bi	Co	Mo	Pb	Sb	Zn	Be	Sn	W							
M-407	2	<	16	33	156	22	2040	96	859	9080	<	4.4	<	<	5.4	0.9	4.5	0.5	30.1	0.3	0.4	0.2							
M-408	5	<	82	109	1220	44	584	577	4080	47900	0.18	34.8	<	0.7	22	4.7	21.5	5.7	75.6	1.5	1.7	1.2							
M-409	6	<	68	84	812	37	361	483	4290	46700	0.11	48.3	<	0.5	19.6	6.2	29.4	5.8	99	1.5	3.9	1.7							
M-411	<	<	58	75	1120	53	560	502	4140	39000	0.05	11.6	<	0.2	19	2.1	12.3	1	71.9	1.2	0.9	0.9							
M-412	<	<	72	76	1050	52	466	446	4010	41100	0.02	21.9	<	0.4	20.1	3.1	18.8	2.3	87.6	1.5	1.3	1.2							
M-413	3	<	59	75	1040	51	430	408	3710	38000	0.22	18.9	<	0.4	21	2.9	17	2.1	102	1.4	1.3	1.1							
M-414	2	<	59	55	795	45	1170	631	3890	39300	0.07	15.5	<	0.2	18	4.1	16.2	1.6	74.8	1.4	1.2	1.1							
M-415	3	0.05	72	54	1000	37	450	635	4760	50300	<	20.1	<	0.2	16.2	3.1	25.8	2.7	98.9	1.9	1.9	2.5							
M-416	3	0.14	67	51	945	22	341	549	4720	51400	0.09	20.6	<	0.2	12.2	3	31.1	3.1	99.1	2.2	2.3	3.4							
M-417	1	<	82	74	942	49	973	1340	4860	49700	<	11.9	<	0.3	19.6	2.6	16.1	1.9	90	1.6	1.4	1.5							
M-418	2	<	59	59	917	43	565	490	4100	40600	<	26.3	<	0.2	17.7	2.6	14.9	2	83.2	1.4	1.2	1.3							
M-419	4	<	56	53	798	52	449	419	3750	39500	0.09	16.7	<	0.2	17.9	2.2	13.8	1.3	84.2	1.4	1.2	1							
M-420	2	0.08	88	40	1140	27	332	517	5610	61500	0.22	18.4	<	0.1	13.8	4	45.5	2.9	124	2.7	3.6	4.2							
M-421	<	0.15	231	52	954	120	154	640	4310	45000	0.02	29.8	<	0.3	22.2	2.6	16.9	7.4	112	1.4	1.3	1.1							
M-422	1	0.05	99	46	1070	55	274	447	4580	39100	0.27	12.8	<	0.2	18.2	1.8	33.1	2.2	139	1.4	1.4	1.7							
M-423	5	<	57	54	1330	33	240	488	4600	41200	0.11	15.2	<	0.1	12.5	3.5	62.1	2.9	154	3	3.3	4.9							
M-424	3	<	90	57	1270	35	363	463	5550	60700	0.26	19.7	<	0.2	16.6	3.3	44.5	2.3	152	2.5	3.7	4							
M-425	2	0.05	69	67	785	43	308	458	3800	38700	<	23.5	<	0.2	16.1	2.6	24.5	3.3	93.6	1.4	1.7	3.2							
M-426	4	0.08	73	76	893	34	566	605	5090	53200	0.24	77.3	<	0.2	17.6	3	22.1	6.7	95.6	1.7	1.6	2.5							
M-427	1	0.08	57	60	743	29	531	577	4200	38700	<	43.2	<	0.2	14	2.1	22.9	4.3	90.6	1.5	1.3	1.9							
M-428	3	0.06	54	59	869	44	502	488	3920	38500	<	22.2	<	0.2	16.9	2.1	16.3	2	82.9	1.4	1.1	1.3							
M-429	2	0.13	105	78	902	47	552	533	4740	54900	<	16.4	<	0.3	25.8	2.2	13.4	2.1	81.5	1.4	1.2	1.2							
M-430	<	<	78	61	912	44	695	523	4520	40500	0.39	18.9	<	0.3	16	2	16.3	1.7	79.2	1.5	1.2	1.1							
M-431	2	0.05	81	93	930	28	802	596	5780	53100	0.25	21.9	<	0.3	17.9	2.4	17.4	1.8	91.1	1.7	1.4	1.6							
M-432	<	0.12	74	97	991	29	932	512	5180	53700	0.23	12.2	<	0.3	21.5	1.5	14.5	1.4	83.6	1.6	1.2	1.5							
M-433	3	0.13	92	85	1090	29	758	470	5580	54100	0.24	13.3	<	0.2	21.4	2	15.3	1.3	87.2	1.7	1.2	3.2							
M-435	1	0.18	85	92	920	27	669	537	5470	58800	0.3	19.7	<	0.2	21	1.4	15.4	2.2	91.8	1.6	1.2	1.9							
M-436	8	0.06	78	73	896	25	403	508	5420	49800	0.12	21.6	<	0.8	17	3.1	27.4	3.2	99.9	1.6	1.6	2.1							
M-437	7	<	87	78	1010	30	502	559	6620	62700	0.3	14.9	<	0.3	18.5	2.8	28	1.8	116	1.6	1.8	2.2							
M-438	<	0.07	92	80	1020	28	477	535	6500	62700	0.3	11.8	<	0.2	18.5	2.7	28.6	1.6	117	1.5	1.4	2.1							
M-440	1	0.06	98	53	981	31	298	406	5910	47700	0.61	16	<	0.3	12.6	3.7	44.9	2.4	131	3.5	3.4	4.8							
M-441	5	<	89	75	994	28	455	531	5760	55700	0.29	10.6	<	0.2	19.3	1.7	20.5	1.3	106	1.3	1.2	1.2							
M-443	1	<	81	79	1140	25	458	555	6110	58100	0.09	10.1	<	0.3	19.2	1.9	23.7	1.7	146	1.3	1.2	1.5							
M-444	2	<	82	65	1150	25	468	580	6480	60300	0.22	11.5	<	0.3	18.8	2.1	22.7	2	109	1.4	1.3	1.6							
M-445	4	0.13	91	97	564	28	490	589	6090	59300	0.12	58	<	0.2	18.6	2.7	27.8	6.4	74.9	1.6	2.3	1.5							
M-446	2	0.08	80	90	584	26	477	607	5780	56000	0.22	47.6	<	1.8	16.7	2.6	21.4	5.6	63.4	1.5	2.1	1.5							
M-447	7	0.13	101	95	570	24	442	639	6510	65000	0.19	53.2	<	2.2	16.3	3	25.8	7	68.7	1.5	2.6	1.8							
M-448	<	0.08	69	88	380	26	435	445	5340	44000	<	73.3	<	2.2	14.1	2.9	16.2	7.4	50.9	1.3	1.7	1.1							
M-449	2	0.07	98	68	760	20	364	520	7130	69900	0.17	36.8	<	1.3	15.2	2.3	21.1	6.4	71.2	1.6	2.1	2							

ادامه نتایج حاصل از تجزیه نمونه‌های ژئوشیمیایی پیش از برآورد مقادیر سنسورد

UNITS	ppb	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	
DETECT	1	0.05	2	2	5	2	2	2	10	100	0.01	0.5	0.5	0.1	0.2	0.1	0.2	0.1	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	
METHOD	ARM2	ARM2	IC3E	IC3E	IC3E	IC3E	IC3E	IC3E	IC3E	IC3E	IC3M	IC3M	IC3M	IC3M	IC3M	IC3M	IC3M	IC3M	IC3M	IC3M	IC3M	IC3M	IC3M	IC3M	IC3M	IC3M	IC3M	IC3M	IC3M
SAMPLE	Au	Hg	Cr	Cu	Mn	Ni	Sr	Ba	Ti	Fe	Ag	As	B	Bi	Co	Mo	Pb	Sb	Zn	Be	Sn	W							
M-450	4	0.08	80	54	814	22	376	549	7300	63200	0.38	37.8	<	1.4	15.9	3.5	32.5	6.7	80.1	1.8	2.6	2.6							
M-451	8	<	114	67	1530	33	319	447	5180	53600	0.25	28.7	<	0.2	14.7	3.8	76.5	3.8	166	2.3	2.4	2.8							
M-452	<	<	82	63	992	18	340	559	6170	57900	0.26	20.5	<	0.5	14.8	2.4	33.7	3.2	125	1.4	1.7	2							
M-453	3	<	70	64	910	15	305	518	5700	54400	0.18	18.8	<	0.5	13.9	2.3	32.9	2.7	117	1.2	1.5	1.7							
M-454	1	<	85	76	1240	21	344	608	7370	68500	0.35	14.9	<	0.3	18.2	2.8	36.5	2.6	160	1.4	1.5	1.9							
M-455	<	<	147	46	1500	30	333	388	10600	86000	0.66	11.7	<	<	15.6	4.2	26.6	2.3	123	2.4	2.7	1.6							
M-456	4	<	109	77	1230	21	344	621	7640	70600	0.31	14.4	<	0.3	17.6	3.5	42.2	2.6	165	1.4	1.5	2.3							
M-457	<	<	37	68	1130	15	236	750	4740	40800	0.29	12.6	<	0.1	8.6	2.7	44	3.3	155	1.7	1.8	3.1							
M-458	6	<	45	75	1060	16	220	1050	5860	50400	0																		

ادامه نتایج حاصل از تجزیه نمونه‌های ژئوشیمیایی پیش از برآورد مقادیر سنسورد

UNITS	ppb	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
DETECT	1	0.05	2	2	5	2	2	2	10	100	0.01	0.5	0.5	0.1	0.2	0.1	0.2	0.1	0.2	0.2	0.2	0.1
METHOD	ARM2	ARM2	IC3E	IC3E	IC3E	IC3E	IC3E	IC3E	IC3E	IC3E	IC3M	IC3M	IC3M	IC3M	IC3M	IC3M	IC3M	IC3M	IC3M	IC3M	IC3M	IC3M
SAMPLE	Au	Hg	Cr	Cu	Mn	Ni	Sr	Ba	Ti	Fe	Ag	As	B	Bi	Co	Mo	Pb	Sb	Zn	Be	Sn	W
M-532	3	0.06	92	35	786	31	353	499	5480	48000	0.1	10.2	<	0.1	18.5	1.2	15.4	1.1	82.7	1.6	1.6	2
M-533	4	0.25	64	40	965	29	467	502	4230	36900	0.21	15.1	<	0.2	15.6	1.6	27.9	1.7	80.4	1.7	1.4	2.3
M-534	<	0.1	103	33	648	45	500	415	4620	35100	0.38	15.8	<	0.2	14.7	1.1	22.1	1.1	88.9	1.3	1.5	1.3
M-535	<	<	95	43	784	41	320	384	4940	41400	0.28	9.9	<	0.2	18.3	1.2	12.9	0.8	75	1.5	1.3	1.5
M-536	2	<	56	31	910	28	603	525	4230	39800	0.18	15.4	<	0.2	16	1.1	19.1	2.7	91	1.8	1.4	2
M-537	3	<	52	57	887	44	563	611	3650	35100	0.23	21.6	<	0.2	17.1	1.3	16.9	1.7	84.5	2	1.5	1.6
M-538	2	0.05	63	66	792	52	537	462	4290	40900	0.22	14.5	<	0.2	18	1.7	17.3	1.2	86.6	2.2	1.7	1.9
M-539	1	0.11	50	40	864	33	303	353	3630	35700	0.12	21.2	<	0.2	16.9	2	16.3	0.9	68.8	1.8	1.4	2
M-540	2	<	60	40	833	42	338	401	4070	38600	0.32	12.2	<	0.2	15.3	1.7	15.1	1	83.1	2.6	2.1	2.3
M-541	5	10.8	66	36	976	30	340	457	3760	37500	0.13	13	<	0.2	15.8	1.2	20.7	3.9	75.2	1.4	1.3	2.5
M-542	4	0.48	63	25	904	21	336	549	4780	51800	0.17	16	<	0.2	13.2	1.8	31.7	8.3	84.9	1.5	2.1	3.1
M-543	3	0.1	85	25	1000	24	356	522	4870	43100	0.44	14.2	<	0.2	13	2.8	24	1.9	89.7	2.3	1.8	2.5
M-544	3	0.07	63	35	782	30	423	554	3900	32800	0.26	14.7	<	0.1	12.4	2.6	16.5	1.3	61.3	1.7	1.5	2.2
M-545	2	0.09	82	31	848	40	303	419	4190	38800	0.34	12.7	<	0.2	15	1.9	15	1.2	83.5	2.4	2.1	2.3
M-546	3	0.13	48	40	633	31	239	291	3460	33800	0.24	10.2	<	0.2	14.2	1.4	15.1	1	78.3	1.9	1.6	1.8
M-547	1	0.15	120	57	905	55	515	671	5000	56900	0.29	9.1	<	0.1	23.4	1.3	17.4	0.6	79.5	2	1.2	1.9
M-548	1	0.33	145	53	729	67	267	295	4250	45200	0.11	15.4	<	0.1	22.5	1.5	13.7	1	68.3	1.5	0.9	1.5
M-549	2	0.12	84	38	706	48	265	426	4640	38900	0.23	27	<	0.2	16.9	1.2	35	1.7	106	1.7	1.9	1.6
M-550	3	0.34	77	39	571	46	265	207	4380	38900	0.12	17	<	<	17.4	1.2	16.5	2.6	83.5	1.5	1	1.7
M-551	1	0.44	59	37	680	28	245	342	5180	42200	0.17	10.1	<	0.2	15.8	1.7	12.6	0.9	83.5	2	1.7	2
M-552	1	0.12	56	25	499	42	208	321	3420	25400	0.15	30.9	<	0.2	10.9	1.9	34.5	5.3	220	1.3	1.3	1.4
M-553	<	<	55	25	480	40	214	318	3070	21900	0.16	33.8	<	0.2	9.8	1.6	30	3.3	315	1.3	1.3	1.3
M-554	3	0.1	100	26	503	45	224	473	4850	30900	0.44	44.5	<	0.2	13.7	1.7	38.8	2.7	292	1.6	2	2.3
M-555	5	0.07	80	24	400	46	222	419	4760	32400	0.21	42.4	<	0.2	14.1	1.4	38.7	1.7	177	1.5	2.1	1.4
M-556	<	0.07	56	35	716	28	288	294	3610	37100	0.02	16.4	<	0.2	14.2	2.2	23.2	2.5	82	1.4	1.1	1.9
M-557	<	0.08	28	17	349	18	173	182	3940	20300	0.25	7.8	<	0.3	7.1	1.2	13.8	1	87.1	3.3	2.3	3.1
M-558	<	<	111	22	410	43	252	317	4130	25000	0.34	26.6	<	0.6	12.1	1.8	27.4	1.4	108	1.5	1.6	4.3
M-559	9	0.33	50	25	514	22	307	699	4800	37200	0.66	27.6	<	0.4	10.7	2.8	20.5	1.2	68	2.2	1.9	3.7
M-560	<	0.17	78	36	711	48	403	372	4320	37100	0.16	18.2	<	0.3	15.2	1.2	24	1	103	1.4	1.7	1.5
M-561	1	0.27	41	39	627	24	325	413	3990	35700	0.08	31.2	<	0.2	14.3	2.7	17.7	1.2	59.7	1.8	1.2	2.7
M-562	5	0.14	80	23	462	32	230	354	3910	26300	0.21	49.9	<	0.2	12.3	1.9	38.3	3.3	90.7	1.2	1.2	2.1
M-563	3	0.13	80	36	638	35	196	427	3410	36000	0.12	26.8	<	0.2	14.9	1.8	24	1.4	79.5	1.5	1	1.8
M-564	4	0.08	67	17	412	26	189	414	3130	21600	0.1	66	<	0.1	9.4	2	30.9	1.9	75.9	1.3	1.3	1.9
M-565	3	0.07	107	43	630	54	217	334	6360	44400	0.7	34.1	<	0.2	20.5	1.3	19.9	1.2	92.4	1.9	2	1.9
M-566	<	<	112	34	555	55	182	358	5770	44200	0.93	19.5	<	0.3	17.9	1.1	27.8	0.9	110	2	2.1	2.2
M-567	<	0.05	117	33	651	47	399	389	4510	35100	0.88	18.1	<	0.2	15.3	1	20.3	0.9	97.4	1.4	1.7	1.8
M-568	3	<	199	64	765	85	224	360	7660	42600	0.93	14.8	<	0.3	23.1	1.2	18.4	2.3	104	1.7	2.3	1.9
M-571	2	0.06	149	55	984	57	178	376	5670	48900	1.05	28.1	<	0.4	21.7	1.5	29	2.6	116	2.2	2.5	2.3

ادامه نتایج حاصل از تجزیه نمونه‌های ژئوشیمیایی پیش از برآورد مقادیر سنسورد

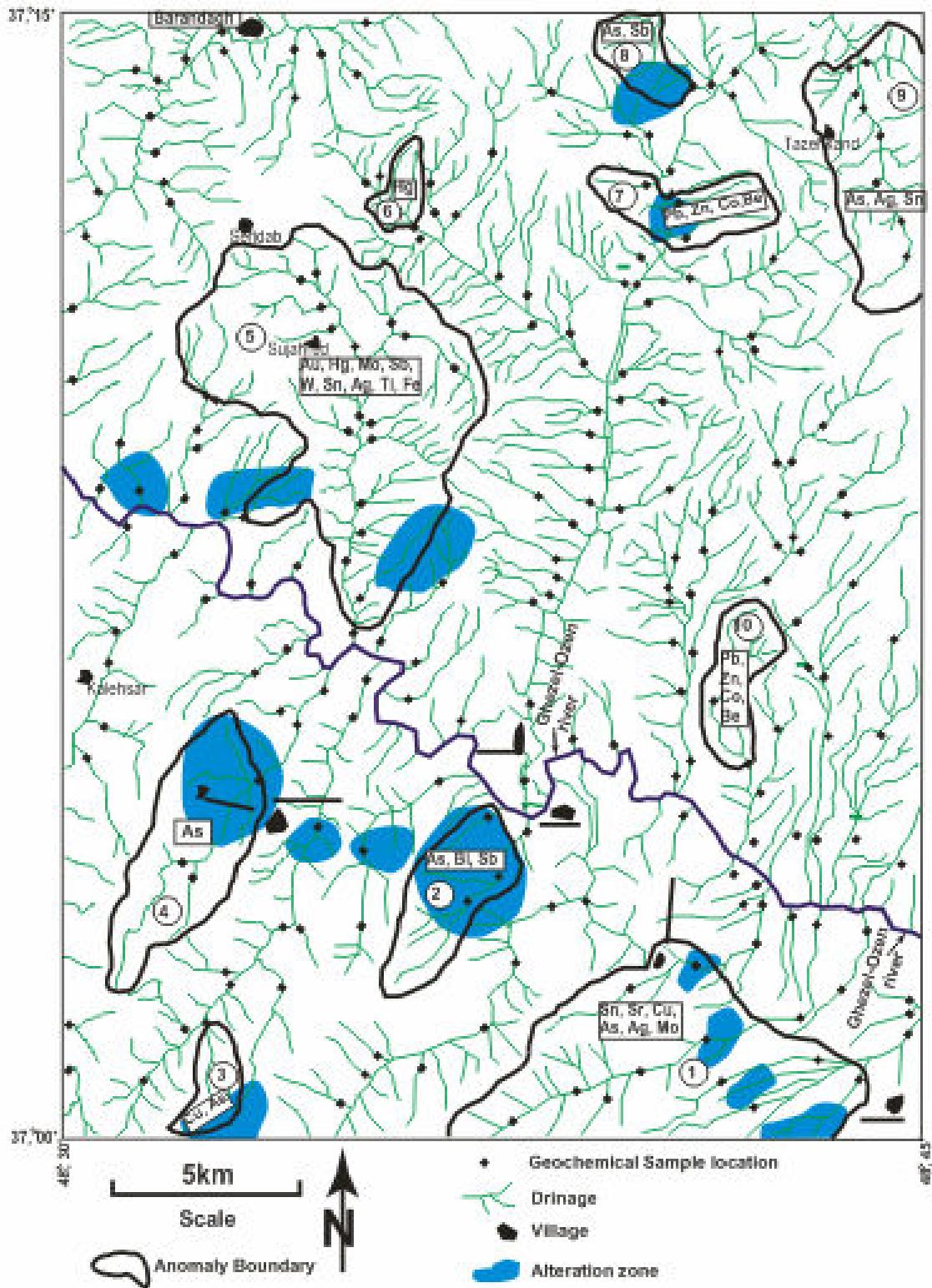
UNITS	ppb	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
DETECT	1	0.05	2	2	5	2	2	2	10	100	0.01	0.5	0.5	0.1	0.2	0.1	0.2	0.1	0.2	0.2	0.2	0.1
METHOD	ARM2	ARM2	IC3E	IC3E	IC3E	IC3E	IC3E	IC3E	IC3E	IC3E	IC3M	IC3M	IC3M	IC3M	IC3M	IC3M	IC3M	IC3M	IC3M	IC3M	IC3M	IC3M
SAMPLE	Au	Hg	Cr	Cu	Mn	Ni	Sr	Ba	Ti	Fe	Ag	As	B	Bi	Co	Mo	Pb	Sb	Zn	Be	Sn	W
M-490	105	2.42	164	46	795	26	429	532	5770	48100	0.92	15.5	<	0.2	16.1	2.7	619	2.9	110	1.2	1.3	1.4
M-491	9	0.13	39	46	706	17	313	454	4650	40400	0.58	5.8	<	0.2	16	1.2	32.6	1.4	74.6	1.7	1.7	1.8
M-492	1	0.06	43	49	591	17	285	402	5320	46200	0.4	4.1	<	0.2	15.6	1.4	14.8	0.8	88.5	1.8	1.9	2.2
M-493	4	1.66	39	43	780	18	410	681	4550	39200	0.37	10.3	<	0.2	21.3	2.5	20.4	2.2	93.4	1.4	1.4	15.2
M-494	<	0.31	93	68	1100	35	475	445	5540	58300	0.3	7	<	0.2	25.6	1.7	14.4	0.7	96	1.4	1.3	4.9
M-495	5	0.17	54	46	881	24	433	754	5230	44200	0.38	12.9	<	0.3	16.1	2.8	22.7	2.3	111	1.5	1.5	2.3
M-496	<	0.07	55	71	1050	27	321	554	5480	48300	0.41	13.8	<	0.4	22	1.9	27.9	1.9	118	1.8	1.8	1.5
M-497	2	0.16	72	64	1020	18	308	1510	8500	63700	0.68	49.4	<	0.3	17.6	4.6	58.5	6.6	148	1.6	2.1	2.6
M-498	<	0.49	42	54	875	21	347	627	5310	43000	0.46	10.5	<	0.2	16.3	3.1	20.2	2.4	101	1.5	1.4	1.6
M-499	4	0.15	55	59	929	22	333	707	5750	47800	0.5	8.7	<	0.3	18.4	2.2	32.1	3.7	112	1.4	1.4	1.4
M-500	<	0.42	69	55	889	24	336	564	4940	44700	0.4	9.5	<	0.5	18.4	2.6	18.5	1.6	97.6	1.5	1.4	1.4
M-501	<	0.1	59	47	878	21	436	627	5720	46300	0.43	9.2	<	0.3	16.5	2.2	21.8	1.9	110	1.4	1.4	1.4
M-502	3	0.09	48	42	837	23	472	551	4880	42100	0.44	11.5	<	0.4	16.7	1.6	21.6	1.6	88	1.5	1.4	1.6
M-503	2	<	102	36	651	50	503	343	3670	32400	0.31	7.4	<	0.1	16.3	1.9	12.4	0.6	64.2	0.9	0.9	0.6
M-504	3	0.05	120	58	1030	28	312	631	18500	117000	0.59	22.2	<	0.3	26.9	5.5	49.9	4.8	314	1.5	3	1.1
M-505	2	0.08	64	41	931	23	474	640	5690	47200	0.39	10	<	0.4	16.8	1.8	17.3	3.9	110	1.6	1.4	1.5
M-506	3	<	241	39	1430	44	479	584	9350	81600	0.37	11.8	<	0.3	25.2	1.8	14.3	2.6	147	1.2	1.5	1.6
M-507	4	0.08	65	40	792	35	381	425	4020	36800	0.35	12	<	0.2	16.7	1.4	17.6	3.4	76	1.2	1.3	1.4
M-508	<	<	49	37	848	28																

ادامه نتایج حاصل از تجزیه نمونه‌های ژئوشیمیایی پیش از برآورد مقادیر سنسورد

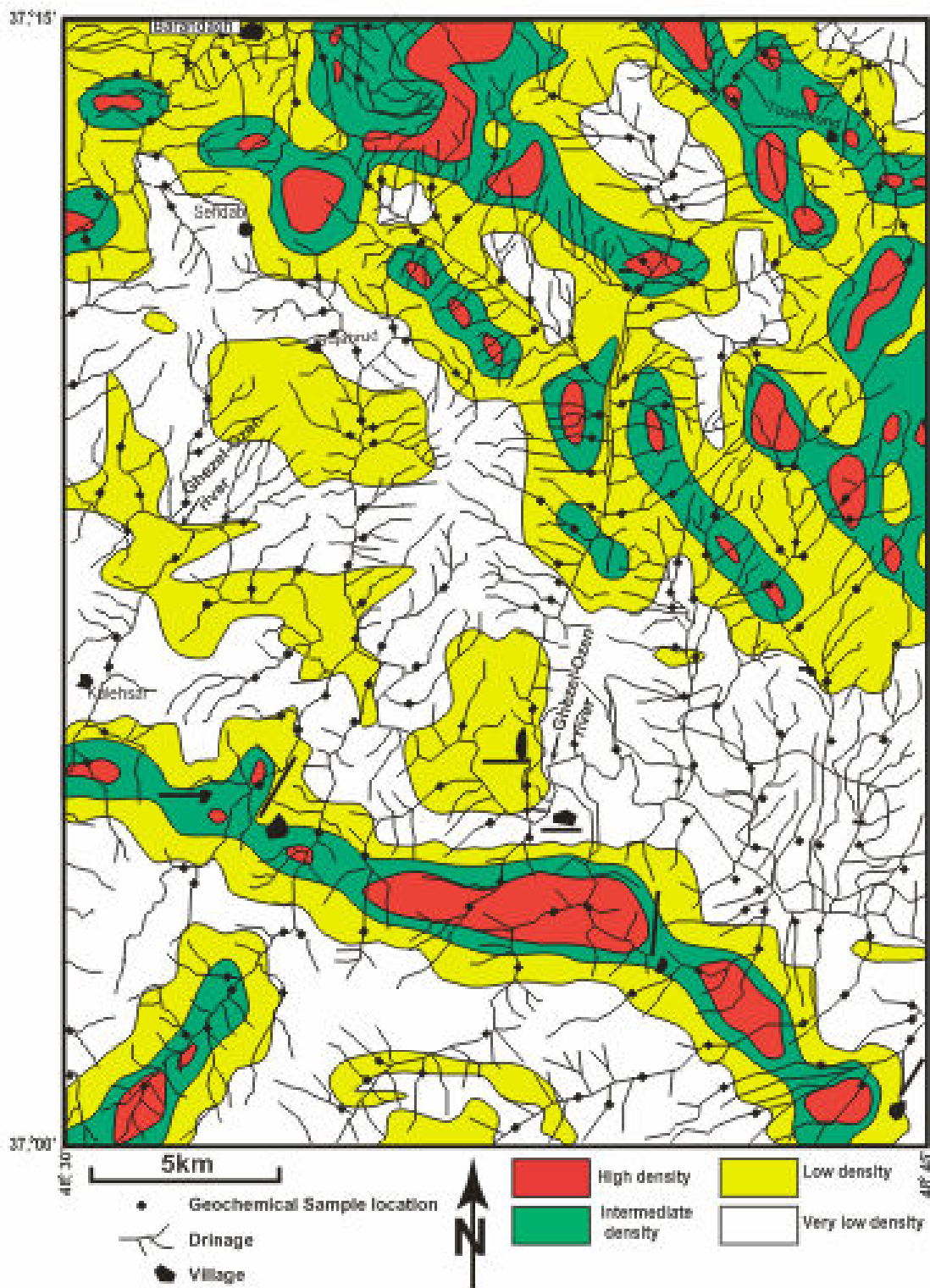
UNITS	ppb	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
DETECT	1	0.05	2	2	5	2	2	2	10	100	0.01	0.5	0.5	0.1	0.2	0.1	0.2	0.1	0.2	0.2	0.2	0.1
METHOD	ARM2	ARM2	IC3E	IC3E	IC3E	IC3E	IC3E	IC3E	IC3E	IC3E	IC3M	IC3M	IC3M	IC3M	IC3M	IC3M	IC3M	IC3M	IC3M	IC3M	IC3M	IC3M
SAMPLE	Au	Hg	Cr	Cu	Mn	Ni	Sr	Be	Ti	Fe	Ag	As	B	Bi	Co	Mo	Pb	Sb	Zn	Be	Sn	W
M-572	6	0.07	137	54	1100	71	168	618	6510	55100	1.04	27.5	<	0.4	25.5	1.8	35.2	1.3	134	2.2	2.8	2.4
M-573	2	0.07	146	69	989	58	190	408	5930	50400	0.7	37.5	<	0.4	22.1	2.4	15.1	4.1	101	2.2	3.3	2.9
M-574	11	<	128	78	1130	65	162	475	6070	52900	0.71	41	<	0.4	22.1	2.2	17.3	4.4	106	2	3.4	2.5
M-575	5	0.11	116	78	1120	69	143	471	6070	56700	0.83	53.5	<	0.4	21.1	2.4	22.5	4.7	114	1.9	3.4	2.3
M-576	11	0.16	114	82	1150	65	152	463	6170	54000	0.6	41.4	<	0.4	21.7	2.3	30.5	5.8	100	2.1	3.6	2.2
M-578	10	0.05	121	58	845	69	153	404	7980	52000	0.85	33.3	<	0.3	22.6	2	28	3.8	130	2	3.5	2.1
M-579	6	0.08	112	60	901	40	551	500	5980	56500	0.43	16.2	<	0.1	19	1.5	15.6	0.8	123	1.4	1.7	1.7
M-580	<	0.09	113	59	824	42	455	450	5880	52800	0.39	19.1	<	0.2	19.5	1.6	13.3	0.7	112	1.5	1.6	1.9
M-581	4	0.09	143	67	958	41	527	530	6370	61400	0.38	14.5	<	0.1	19.7	1.5	16.4	0.7	165	1.5	1.0	1.0
M-582	2	0.08	159	42	447	58	237	594	6070	43900	0.49	13.1	<	0.3	16.3	1.5	15.7	0.9	96.8	1.8	2.5	2.3
M-582A	3	0.05	347	75	661	200	182	196	11400	67600	0.27	12.1	<	0.1	33.2	1.2	2.5	0.6	101	0.9	1.5	1.1
M-583	<	0.14	105	48	581	41	348	419	5490	41300	0.48	13	<	0.2	17.5	2.1	15.9	0.8	93.7	1.8	2.2	2
M-584	<	0.08	115	56	843	43	472	456	5890	52500	0.36	19.2	<	0.2	19.1	1.6	14.7	0.7	107	1.4	1.8	1.7
M-585	6	0.08	64	47	736	29	272	403	5010	37500	0.39	6.4	<	0.3	19.7	2.7	14.6	1	77.8	1.8	2.1	2
M-586	2	0.14	100	54	795	42	477	479	5830	48600	0.51	20.4	<	0.2	20.8	1.8	13.5	0.8	106	1.5	1.9	1.7
M-587	5	0.08	363	73	1140	47	715	1010	8790	64600	0.42	14.1	<	0.2	24.1	2.8	32.3	1.4	211	1.2	2.1	1.7
M-588	4	0.07	74	53	927	38	624	523	4930	37500	0.34	6.8	<	0.1	19.8	1.3	18.2	1	104	1.2	1.4	1.3
M-589	3	0.1	113	44	893	47	544	349	4340	41800	0.21	14.7	<	0.2	21.7	1.1	17.3	0.7	99.8	1.1	1.3	1.1
M-590	4	0.08	98	51	912	51	593	405	4830	43200	0.31	13.3	<	0.2	22	1	15.5	0.9	103	1.1	1.3	1.1
M-591	4	0.05	94	67	924	41	626	590	4910	39200	0.36	9.7	<	0.1	18.2	2	24.9	1.2	119	1.1	1.5	1.4
M-592	<	0.05	99	52	855	41	521	516	5400	43700	0.38	7	<	0.1	19	1.9	14.9	0.9	99.2	1.3	1.4	1.5
M-593	<	<	99	56	911	36	342	327	4930	52600	0.25	2.6	<	0.2	24.1	0.9	17.5	0.8	114	1.1	1.4	1.1
M-594	1	0.05	134	56	1070	41	427	290	5520	67800	0.17	12.4	<	0.2	26.2	0.7	20.9	0.7	129	1.3	1.4	1
M-595	5	0.11	105	82	955	47	542	575	5690	48600	0.37	10	<	0.1	20.8	2.3	15	0.8	106	1.4	1.6	1.4
M-598	2	0.12	89	56	882	40	525	508	5550	43400	0.5	13	<	0.2	19.6	1.7	14.2	0.9	99.3	1.2	1.5	1.4
M-597A	2	0.1	15	25	488	10	231	302	3140	24700	0.19	5.2	<	0.5	6.6	1.3	21.6	0.2	69.6	1.3	1.5	2.2
M-597C	2	<	79	45	768	26	322	435	5590	46200	0.21	12.2	<	0.3	13.2	1.6	15.1	1.6	114	0.9	1.5	1.6
M-598	2	0.07	75	50	850	40	516	468	4640	38800	0.36	15.4	<	0.2	17.6	1.4	13.2	0.8	87.4	1.2	1.4	1.2
M-599	<	<	65	52	946	39	1630	357	3540	29800	0.52	10.9	<	0.1	17	2.1	12.6	1.2	74.8	0.8	1.3	1.1
M-600	5	<	58	50	789	44	941	490	3520	29500	0.32	13.7	<	0.2	19.3	2.1	11.9	0.6	76.4	1	1.2	1
M-601	5	<	51	56	518	46	794	203	2870	26800	0.17	20.6	<	0.2	15.8	3.5	9.5	0.7	69.9	1.2	1.1	0.7
M-602	4	<	66	70	813	46	1190	330	3220	27900	0.28	14.8	<	0.2	21.5	2.8	13.1	0.6	72.3	1.3	1.3	0.9
M-603	<	<	85	54	847	53	1080	778	4130	34700	0.29	12.8	<	0.2	19.8	2.9	14.7	0.7	83.2	1.3	1.6	1.2
M-604	<	0.06	87	53	879	43	561	501	4550	37600	0.3	19.2	<	0.2	21.5	2.3	14.4	0.9	95.5	1.4	1.4	1.4
M-605	7	0.1	84	52	796	44	802	808	4330	32800	0.4	15.9	<	0.3	17.8	1.9	17.3	0.8	89.8	1.4	1.4	1.5
M-606	6	0.08	111	55	712	57	295	429	5890	41100	0.44	25.2	<	0.3	19.2	2	21.9	2.4	119	1.9	2.5	1.9
M-607	7	0.08	46	35	488	38	622	273	3550	23500	0.23	14.9	<	<	13.9	1.5	14.3	0.3	80.2	0.9	1	0.5
M-608	4	0.07	64	52	842	45	554	477	4550	38700	0.35	21.6	<	0.2	21.3	2.2	14.3	0.9	95.1	1.5	1.6	1.3

ادامه نتایج حاصل از تجزیه نمونه‌های ژئوشیمیایی پیش از برآورد مقادیر سنسورد

UNITS	ppb	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
DETECT	1	0.05	2	2	5	2	2	2	10	100	0.01	0.5	0.5	0.1	0.2	0.1	0.2	0.1	0.2	0.2	0.2	0.1
METHOD	ARM2	ARM2	IC3E	IC3E	IC3E	IC3E	IC3E	IC3E	IC3E	IC3E	IC3M	IC3M	IC3M	IC3M	IC3M	IC3M	IC3M	IC3M	IC3M	IC3M	IC3M	IC3M
SAMPLE	Au	Hg	Cr	Cu	Mn	Ni	Sr	Be	Ti	Fe	Ag	As	B	Bi	Co	Mo	Pb	Sb	Zn	Be	Sn	W
M-609	5	0.13	84	65	912	39	677	587	5170	43000	0.34	15.4	<	0.2	22.8	1.9	13.7	0.9	97	1.7	1.6	1.2
M-610	3	0.12	83	54	1010	43	563	589	4870	40000	0.33	17.9	<	0.2	21.1	2	15.4	0.9	103	1.5	1.5	1.3
M-611	<	0.07	138	32	619	61	184	237	5260	39100	0.37	26.5	<	0.2	17.3	2.4	20.8	0.5	98.3	1.6	2.3	1.6
M-612	<	0.15	69	74	725	36	574	391	5380	48900	0.28	7.2	<	0.2	21.8	1	12.1	0.5	95.4	2.1	1.7	1.3
M-613	3	0.06	105	60	885	42	671	614	5180	45000	0.36	15.1	<	0.2	22.4	1.6	13.5	1.1	102	1.6	1.7	1.4
M-614	2	<	121	59	872	45	602	791	6350	42700	0.31	21.2	<	0.2	20.2	3.6	16.2	0.9	96	1.9	1.9	1.9
M-616	1	0.07	139	51	919	49	595	550	5560	46000	0.48	13.9	<	0.3	19.4	2.2	19	1.4	105	2.1	2.2	1.7
M-617	3	0.06	154	75	1020	49	534	355	4840	49500	0.2	12.9	<	0.3	23.6	1.3	11.2	1.2	111	1.3	1.3	2.3
M-618	2	0.08	137	41	680	55	503	378	3940	33500	0.35	6.7	<	0.1	17.1	1.6	12.6	0.5	82.7	1.3	1.7	1.1
M-619	2	0.08	182	59	1040	44	508	390	4870	52100	0.19	13.2	<	0.2	22.1	1.5	10.9	1.5	88.5	1.4	1.4	2.6
M-620	2	0.06	214	39	772	45	350	378	4380	37600	0.53	13.1	<	0.2	17.5	1.5	15.1	0.9	99.7	1.2	1.2	1.2
M-621	3	<	108	41	1100	28	319	481	5340	61200	0.34	21.8	<	0.2	19	1.2	12.1	9.3	97.4	1.5	1.2	2
M-622	2	<	87	51	1040	31	418	404	4830	47900	0.32	19.1	<	0.2	22.4	0.7	9.8	5.2	88.9	1.6	1.1	1.5
M-624	3	<	40	42	671	15	320	513	5370	40000	0.4	14.9	<	0.5	13.6	0.7	18.1	6.6	208	2.4	1.9	2.2
M-626	3	0.06	146	42	812	46	351	387	4380	38300	0.37	12.1	<	0.2	16.4	1.3	12.2	0.9	87.4	1.2	1.2	1
M-627	2	0.09	84	44	989	25	413	524	5390	47700	0.36	18.5	<	0.4	18.4	1.1	13.6	4.4	106	1.4	1.5	1.7
M-628	2	0.16	48	48	1040	18	400	610	5230	44900	0.37	11.2	<	0.3	16.5	1	16	1	109	1.8	1.4	1.6
M-629	2	0.15	61	45	980	21	387	604	5800	46100	0.43	7.1	<	0.4	17	0.9	19.5	2.3	117	2	1.6	1.7
M-630	3	0.07	142	52	1160	41	3															



شکل ۱ - نقشه شبکه آبراه‌های و محل‌های نمونه‌برداری و محدوده بی‌هنجارهای نهایی عناصر و موقعیتهای زونهای دگرسانی در چهار گوش برندق



شکل ۲- نقشه چگالی گسلها در چهارگوش برندق

کتابنگاری

- آقاباتی، س.ع، ۱۳۸۳- زمین شناسی ایران. انتشارات سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۵۸۶ ص.
- حسینی پاک، ع.ا. و شرف الدین، م.، ۱۳۸۰- تحلیل داده‌های اکتشافی. انتشارات دانشگاه تهران، ۹۸۷ ص.
- شرکت مهندسين مشاور تهران پادير، ۱۳۸۰- طرح اکتشافات پلاسره‌های حاشیة رودخانه قزل اوزن، ۱۷۲ ص.
- مهری، ب.، باباخانی، ع.، ر.، و قلی پور، م.، ۱۳۸۱- اکتشاف ذخایر سرب و روی با سنگ میزبان کربناتی (تیپ دره می سی سی پی) در رشته کوه‌های البرز. چکیده مقالات بیست و یکمین گردهمایی علوم زمین، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور. ص ۱۵۲-۱۵۵.
- هادی زاده، ح.، ۱۳۸۳- اکتشافات ژئوشیمیایی از دیدگاه زمین شناسی اقتصادی در محدوده برکه توپوگرافی ۵۰۰۰۰:۱ برندق (از شیت ۱:۱۰۰۰۰۰:۱ ماسوله)، ۱۴۷ ص.
- هادی زاده، ح.، کلاگری، ع.ا.، عابدینی، ع.، زیر چاپ. کانی شناسی، نوع و توان فلززایی زونهای دگرسانی در ناحیه برندق (شمال خاور زنجان). مجله بلورشناسی و کانی شناسی ایران.
- نبوی، م.ح.، ۱۳۵۵- دیباچه‌ای بر زمین شناسی ایران. انتشارات سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۱۰۹ ص.

References

- Barnes, H. L., 1979- Geochemistry of hydrothermal ore deposits, 2nd edition. John Wiley & Sons, 798p.
- Beus, A. A., Grigorian, S. V., 1977- Geochemical exploration method for mineral deposits. Translated by R.T. Schneider Ed. by A. A Levinson, Illiais Applied Publishing, 924p.
- Brown, P. R. L., 1978- Hydrothermal alteration in active geothermal field. Review of Earth and Planetary Sciences 6, 229-250.
- Clark, G. C., Davis, R. G., Hamzhepour, B., Jones, C. R., 1975- Explanatory text of the Bander-e-Anzali quadrangle map (1:250000). Geology a survey of Iran. Rep. No.D3, 198p.
- Clark, D. S., Govett, J. S., 1990- Southwest pacific epithermal gold: a rock-geochemistry prespective. In: J.W. Hedenquist, N. C. White, and G. Siddeley (ed). Epithermal gold mineralization of the circum-pacific. Association of Exploration Geochemists, special publication, No.16a, 225-240.
- Davis, R. G., Hamzhepour, B., Clark, G. C., 1972- Geology of masuleh sheet (1:100000). NW Iran. Rep. No.24, Geological Survey of Iran, Tehran, 110p.
- Ginzburg, I.I., 1960- Principles of geochemical prospecting, 1st English edition. Pergamon Press, New York and London, 311p.
- Govett, G.J., 1983- Handbook of Exploration Geochemistry (Statistical Data Analysis in Geochemical Prospecting), Amsterdam, Elsevier, 461p.
- Hirayama, K., Samimi, M., Zaahedi M., Hushmandzadeh, A., 1965- Geology of Tarem district western part (Zandjan area – Northwest of Iran). Geological Survey of Iran. Rep. No.80.
- Hemley, J.J., Hostetler, P.B., Gud A.J., Mountjoy, W.T., 1969- Some stability relations of alunite. Economic Geology 64, 599-612.
- Hemley, J.J. Joines, W. R., 1964 - Chemical aspect of hydrothermal alteration with emphasis on hydrogene metasomatism. Economic Geology 59, 538-569.
- Levinson, A. A., 1980- Introduction of exploration geochemistry. Applied publishing Ltd., Wilmette, Illinois, 924p.
- Peters, W. C., 1987- Exploration and Mining Geology. John Wiley & Sons Ltd, 704p.
- Reyes, A.G., 1990- Petrology of philippine geothermal systems and the application of alteration mineralogy to their assessment. Journal of Volcanology and Geothermal Research 43, 279- 309.
- Richardson, C. K., Holland, H. D., 1979- Flourite deposition in hydrothermal systems. Geochimica et Cosmochimica Acta 43, 1327-1335.
- Rose, A.W., Hawkes, H. E., Webb, J. S., 1979- Geochemistry in mineral exploration. Academic Press, New York. 657p.
- Rye, R.O., Bethk P.M., Wasserman M.D., 1992- The stable isotope geochemistry of acid-sulfate alteration. Economic Geology 87, 225-262.
- Sanford, F., Pierson T., Crovelli R.A., 1993- An objective replacement method for censord geochemical data, Mathematical Geology 27, 59-79.
- Stofferegen, R., 1987- Genesis of acid-sulfate alteration of Au-Cu-Ag mineralization at Summitville, Colorado. Economic Geology 82, 1575-1591.
- Swan, A. R. H., Sandilands M., 1995- Introduction to geological data analysis, Blackwell Science, Cambridge, 446p.
- Wellmer, F. W., 1998- Statistical evolution in exploration for mineral deposits. Springer Verlag, New York, 379p.

* گروه زمین شناسی، دانشکده علوم طبیعی، دانشگاه تبریز، ایران

*Department of Geology, Faculty of Natural Sciences, Tabriz University, Iran.