

## بررسی پراکندگی عنصر آرسنیک در محدوده کانسارهای مس عباس‌آباد (شرق شاهرود) با نگرشی ویژه بر کانسار معدن بزرگ

محمد معانی جو<sup>۱\*</sup> و مهرداد حیدری<sup>۲</sup>

۱- عضو هیئت علمی گروه زمین‌شناسی دانشگاه بوعلی‌سینا- همدان

۲- دانشجوی کارشناسی ارشد زمین‌شناسی اقتصادی، دانشگاه بوعلی‌سینا- همدان

\*mohammad@basu.ac.ir

دریافت: ۹۰/۸/۳ پذیرش: ۹۰/۱۱/۱

### چکیده

منطقه عباس‌آباد دارای معادن مس با سابقه معدن کاری قدیمی می‌باشد، در این منطقه توالی‌های آتشفشانی- رسوبی ائوسن رخنمون دارند که بخش‌های آتشفشانی عمدتاً دارای ترکیب سنگ‌شناسی آندزیت و تراکی‌آندزیت می‌باشند و بخش‌های رسوبی شامل ماسه‌سنگ، آهک، کنگلومرا و شیل هستند. کانی‌سازی در منطقه در سنگ‌های آتشفشانی با بافت پورفیری تا مگاپورفیری رخ داده است که وسعت قابل توجهی (در حدود ۳۵ کیلومتر مربع) شامل می‌شوند. به منظور بررسی پراکندگی عنصر آرسنیک در منطقه از رسوبات آبراه‌های در نزدیکی کانسارهای واقع در محدوده شمالی و شمال شرقی عباس‌آباد (شامل کانسارهای دامن جلا، معدن بزرگ، آسیادیو و لب‌کال) تعداد ۵۲ نمونه مورد تجزیه شیمیایی قرار گرفت و پراکندگی این عنصر با توجه به وجود کانی‌سازی گسترده در منطقه و سابقه معدن کاری قدیمی مورد بررسی قرار گرفت. نقشه پراکندگی عنصر آرسنیک نشان می‌دهد بیش‌ترین میزان تمرکز آرسنیک در شمال شرق منطقه می‌باشد، هم‌چنین با استفاده از مقادیر آرسنیک موجود در رسوبات آبراه‌های مقدار زمینه ۱۶ پی پی ام، حد آستانه ۲۱ پی پی ام و آنومالی نسبت به عنصر آرسنیک در سری داده‌های موجود ۳۳ پی پی ام تعیین گردید.

واژه‌های کلیدی: آرسنیک، رسوبات آبراه‌های، معدن بزرگ، عباس‌آباد

### مقدمه و موقعیت زمین‌شناسی

مجموعه کانسارهای مس عباس‌آباد در راه ارتباطی شاهرود- سبزوار و در نزدیکی روستای عباس‌آباد واقع شده‌اند که پس از طی ۱۳۹ کیلومتر از شاهرود به طرف سبزوار می‌توان به منطقه مورد مطالعه دست یافت (شکل ۱). این کانسارها از انواع کانسارهای موجود در سنگ‌های آتشفشانی می‌باشند و عمدتاً کانی‌سازی مس در آن‌ها صورت گرفته است، در مورد اختصاصات زون کانی‌سازی شده باید ذکر کرد که کانی‌سازی مس عمدتاً در سنگ‌های آندزیتی و تراکی‌آندزیتی صورت گرفته است که این سنگ‌ها در برخی کانسارهای منطقه با بافت پورفیری تا مگاپورفیری شاخص هستند. کانی‌سازی مس در محدوده ی عباس‌آباد ۳۵ کیلومتر گسترش داشته [۳] و به صورت پرکننده حفرات، رگه و رگچه‌ای می‌باشد که کانه‌هایی از قبیل کالکوسیت، بورنیت، دیژنیت، کولیت، مالاکیت و آزوریت در آن‌ها به جا گذاشته و کانی‌هایی از

قبیل هماتیت و مگنتیت نیز به صورت پراکنده حضور دارند [۲]. شایان ذکر است که کانی سولفیدی غالب در این کانسارها کالکوسیت می‌باشد و در منطقه نواحی کانسار سازی شده با وسعت قابل توجه و معادنی با سابقه معدن کاری قدیمی وجود دارند، هم‌چنین در اطراف چند کانسار مس موجود در منطقه سربارهایی با وسعت قابل توجه دیده می‌شود. به منظور بررسی پراکندگی عنصر آرسنیک، نمونه‌برداری از رسوبات آبراه‌های نزدیک کانسارهای دامن جلا، معدن بزرگ، آسیادیو و لب‌کال (از غرب به شرق) صورت گرفت و میزان این عنصر در آن‌ها مشخص شد، از بین کانسارهای ذکر شده نزدیک‌ترین آن‌ها به روستای عباس‌آباد کانسار دامن جلا می‌باشد و کانسارهای معدن بزرگ، آسیا دیو و لب‌کال در فواصل دورتری نسبت به روستا واقع شده‌اند، مقادیر عنصر آرسنیک اندازه‌گیری شده با موقعیت نمونه‌برداری تطبیق داده شد و نقشه پراکندگی ژئوشیمیایی آن در منطقه به

می‌سازند [۱۱]. آلودگی آرسنیک در برخی مناطق معدنی بسیار رایج می‌باشد، در حقیقت تحرک آرسنیک از مناطق معدنی مستول این نوع آلودگی‌ها می‌باشد. تحرک آرسنیک به وسیله اکسیداسیون کانی‌هایی مثل ارسنوپیریت صورت می‌گیرد، آلودگی آرسنیک در خاک و آب مناطقی که سابقه معدن‌کاری زیادی دارا می‌باشند مهم تلقی می‌شود [۱۲]. ارسنوپیریت، رآلگار و اریپمنت معمول‌ترین منبع طبیعی آرسنیک هستند، آرسنیک سخت، شکننده و بسیار سمی می‌باشد [۵].

آرسنیک از عناصری است که تقریباً برای تمامی تیپ‌های مختلف کانی‌سازی مس به عنوان یک عنصر ردیاب ژئوشیمیایی گزارش شده است [۱]، حد مجاز آرسنیک در خاک و رسوبات مناطق مسکونی ۰/۳۹ پی‌پی‌ام و برای مناطق صنعتی - معدنی ۱/۶ پی‌پی‌ام است [۷]. با توجه به این که وجود آرسنیک موجود در رسوبات آبراهه‌ای منطقه می‌تواند ناشی از تحرک این عنصر از سنگ‌های منطقه باشد، به بررسی سنگ‌شناسی منطقه (شکل ۳) پرداخته و میزان آرسنیک معمول مربوط به این سنگ‌ها بررسی می‌شوند، توالی‌های موجود در منطقه از توالی‌های آتشفشانی - رسوبی تشکیل شده‌اند که قدیمی‌ترین واحد مربوط به یکسری سنگ‌های آتشفشانی - آواری می‌باشد، توالی‌های بعدی را ماسه‌سنگ‌هایی که بیش‌تر ماسه‌سنگ‌های توفی می‌باشند تشکیل می‌دهند و بر روی آن‌ها آهک‌های نازک لایه با ضخامت اندکی قرار می‌گیرند، واحد بعدی توالی‌های آتشفشانی با ترکیب غالب سنگ شناسی آندزیت تا تراکی‌آندزیت با بافت پورفیری تا مگاپورفیری هستند که کانی‌سازی مس در آن‌ها رخ داده و بر روی این واحد کانی‌سازی شده واحدهای ماسه‌سنگی و آهکی قرار می‌گیرند.

میانگین درصد وزنی فراوانی عنصر آرسنیک در سنگ‌های کربناته و ماسه‌سنگ‌ها برابر با  $1 \times 10^{-4}$  می‌باشد و در سنگ‌های حد واسط این مقدار برابر با  $2 \times 10^{-4}$  است [۸ و ۱۰]. نقشه ترسیمی پراکندگی ژئوشیمیایی عنصر آرسنیک (شکل ۲) در منطقه نشان دهنده تمرکز غلظت‌های بالاتر در محدوده شرق و شمال شرق منطقه می‌باشد، به عبارت دیگر میزان غلظت آرسنیک در محدوده مورد مطالعه از غرب به شرق در رسوبات آبراهه‌ای منطقه یک روند افزایشی را نشان می‌دهد که بیش‌ترین میزان آرسنیک

وسیله نرم افزار سرفر<sup>۱</sup> (Surfer) تهیه گردید و منطقه بندی براساس تغییرات غلظت آرسنیک در منطقه صورت گرفت، هم چنین بررسی‌های آماری به منظور تعیین مقدار زمینه، حد آستانه و آنومالی نسبت به عنصر آرسنیک در رسوبات آبراهه‌ای منطقه انجام پذیرفت.

### مواد و روش‌ها

در این پژوهش نمونه‌برداری از رسوبات آبراهه‌ای در اطراف کانسارهای دامن جلا، معدن بزرگ، آسیادیو و لب‌کال که همگی در محدوده شمالی تا شمال شرقی روستای عباس آباد واقع شده‌اند صورت گرفت و تعداد ۵۲ نمونه از رسوبات آبراهه‌ای منطقه نمونه‌برداری شد و مختصات جغرافیایی محل نمونه‌برداری به وسیله GPS<sup>۲</sup> ثبت شد. مقدار آرسنیک موجود در رسوبات از طریق روش ICP-<sup>۳</sup> MS با دستگاه مدل AGILENT 7500cs تعیین گردید (جدول ۱) و نقشه پراکندگی عنصر آرسنیک در منطقه توسط نرم افزار سرفر تهیه شد (شکل ۲). هم‌چنین مقدار زمینه و حد آستانه و آنومالی عنصر آرسنیک توسط روش‌های آماری و با کمک نرم افزار SPSS<sup>۴</sup> تعیین گردید.

### بحث

آرسنیک یک عنصر فلزی است که در محیط‌های مختلف از قبیل سنگ، خاک، زغال‌سنگ، فوران‌های آتشفشانی، دودخوان‌های سیاه زیر دریاها و چشمه‌های آب داغ می‌تواند حضور داشته باشد [۶]. فعالیت‌های معدن‌کاری با ایجاد شرایط نامطلوبی نظیر رهاسازی دپوهای باطله در مجاورت حریم آبراهه‌های اصلی، منجر به یک سری ناهنجاری‌های ژئوشیمیایی در آب‌های سطحی و پس از آن رسوبات رودخانه‌ای، لایه‌های سطحی خاک و آب‌های زیرزمینی محلی می‌شود که این ناهنجاری‌ها می‌تواند اکوسیستم منطقه را به شدت آلوده کند.

آرسنیک یکی از مهم‌ترین عناصر سمی در طبیعت است که به صورت ترکیبات آلی و غیرآلی حضور دارد، این عنصر در بیش از ۲۰۰ کانی، به فرم سولفید، اکسید، آرسنات و آرسنیت وجود دارد که منابع طبیعی آرسنیک را

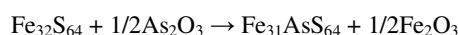
<sup>1</sup>Surfer <sup>2</sup>Global Position System <sup>3</sup>Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry <sup>4</sup>Statistical Program for Social Sciences

هایی مثل پیریت و ارسنو پیریت خارج می‌شود و به صورت  $4H_3AsO_4$  و  $FeAsO_4 \cdot 2H_2O$  در محیط پراکنده می‌شود.

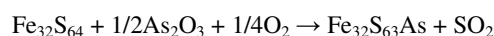
با توجه به بررسی رسوبات آبراهه‌ای و تجزیه و تحلیل‌های آماری صورت گرفته مقدار ضریب تغییرات ارسنیک برابر با ۰/۳۸ می‌باشد (جدول ۲) و با در نظر گرفتن این موضوع که برای توزیع عناصر کمیاب ضریب تغییرات معمولاً حدود ۲ تا ۲/۵ می‌باشد و اگر ضریب تغییرات یک عنصر از این حد کمتر باشد می‌توان استنباط نمود که آن عنصر در مقادیر بزرگ‌تر از آنچه مورد انتظار بوده است تمرکز یافته و از این رو ممکن است آنومالی‌هایی از آن در آن سری داده‌ها یافت شود [۱]، در نتیجه از آن جا که مقدار ضریب تغییرات بدست آمده در بررسی‌های آماری رسوبات آبراهه‌ای منطقه کمتر از حد فوق و برابر با ۰/۳۸ می‌باشد می‌توان انتظار حضور آنومالی ارسنیک را در مقادیر اندازه گیری شده را داشت، بنابراین برای بررسی وضعیت آنومالی عنصر ارسنیک، به بررسی مقدار زمینه و حد آستانه این عنصر در سری داده‌های موجود می‌پردازیم. در بررسی‌های ژئوشیمیایی اکتشافی، معمولاً مقادیر منطبق با  $\bar{X}+S$  را که در آن  $\bar{X}$  میانگین داده‌های موجود است و  $S$  انحراف معیار می‌باشد برای تعیین مقدار زمینه در نظر می‌گیرند و برای تعیین حد آستانه محلی و ناحیه‌ای، مقادیر منطبق با  $\bar{X}+2S$  انتخاب می‌گردند. به عبارت دیگر مقادیر بزرگ‌تر از  $\bar{X}+2S$  می‌توانند به عنوان آنومالی مورد توجه قرار گیرند [۱]، مقدار میانگین در سری داده‌های موجود برابر با ۱۱/۳۱ پی‌پی‌ام و مقدار انحراف معیار برابر با ۴/۳۹ محاسبه شد، با توجه به مطالب فوق و بررسی‌های آماری، در سری داده‌های موجود مقدار زمینه برای عنصر ارسنیک در رسوبات آبراهه‌ای برابر با ۱۵/۷ پی‌پی‌ام و مقدار حد آستانه آن برابر با ۲۰/۹ پی‌پی‌ام می‌باشد (جدول ۲)، بنابراین در سری داده‌های موجود مقادیر بزرگ‌تر از حد آستانه فوق را به عنوان آنومالی عنصر ارسنیک در نظر می‌گیریم که با توجه به این مطلب مقدار ۳۳/۱۰ پی‌پی‌ام را می‌توان به عنوان آنومالی موجود در رسوبات آبراهه‌ای منطقه معرفی کرد که این میزان در حدود بیست و دو برابر میزان ارسنیک در پوسته بالایی زمین است (میزان ارسنیک در پوسته بالایی حدود ۱/۵ پی‌پی‌ام است).

۳۳/۱۰ پی‌پی‌ام می‌باشد، با در نظر گرفتن این موضوع که حد مجاز ارسنیک در خاک و رسوبات مناطق معدنی ۱/۶ پی‌پی‌ام می‌باشد [۷]، بنابراین آنومالی موجود در حدود بیست برابر مقدار معمول است، منشاء ارسنیک در منطقه را می‌توان هوازدگی کانی‌های سولفیدی به خصوص انواعی که دارای میزان بالایی ارسنیک در ساختار خود هستند ذکر نمود و از آن جمله می‌توان به پیریت و ارسنوپیریت اشاره کرد که با توجه به کانی‌سازی گسترده در منطقه، این کانی‌ها به صورت پاراژنز همراه با سایر کانی‌های سولفیدی از قبیل کالکوسیت و کالکوپیریت حضور دارند. واکنش‌های مرتبط به وسیله اکسیداسیون شروع می‌شوند که طی آن از واکنش پیریت و ارسنولیت ( $As_2O_3$ )،  $Fe_{31}AsS_{64}$  ایجاد می‌شود، در هریک از چهار واکنش زیر یک نوع خاص جان‌شینی نشان داده شده است [۴].

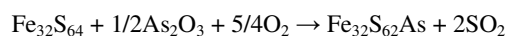
جای‌گزینی یک As با یک Fe:



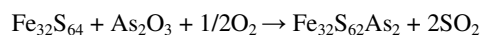
جای‌گزینی یک واحد AsS با یک واحد  $S_2$ :



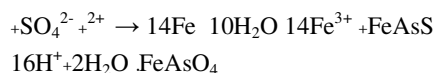
جای‌گزینی یک As با یک واحد  $S_2$ :



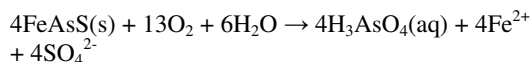
جای‌گزینی یک واحد  $As_2$  با یک واحد  $S_2$ :



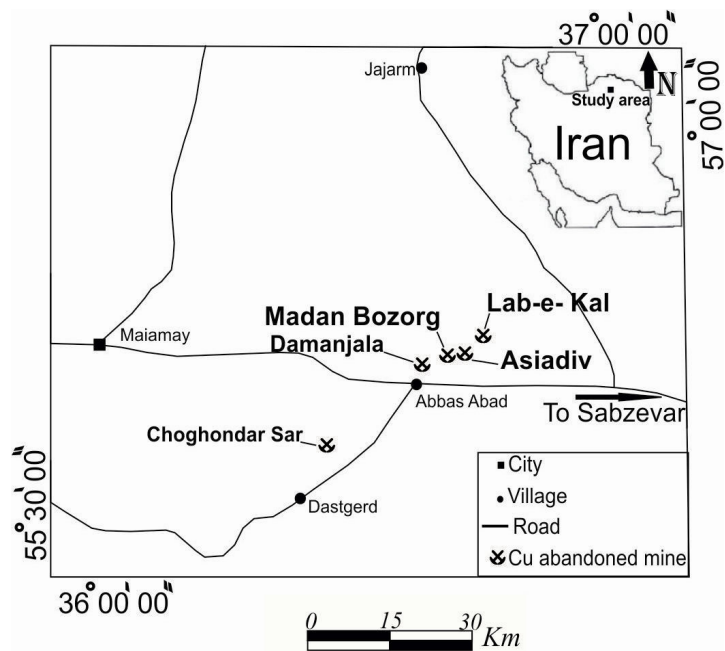
ارسنات‌های آهن (به ویژه اسکرودیت که در محیط‌های اسیدی پایدار است) با توجه به واکنش زیر می‌توانند مستقیماً از ارسنوپیریت تشکیل شوند [۹].



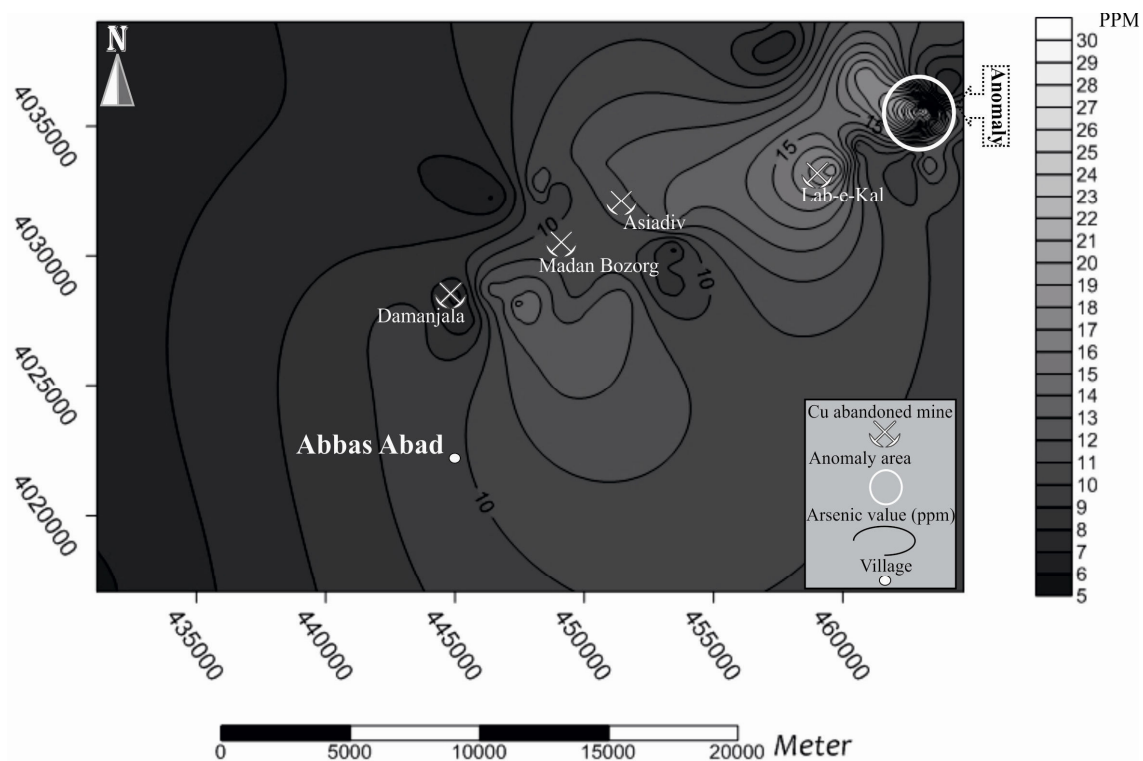
هم‌چنین واکنش حاصل از اکسیداسیون ارسنوپیریت به صورت زیر می‌باشد که در آن ارسنیک به همراه آهن و سولفات وارد محلول می‌شود [۹].



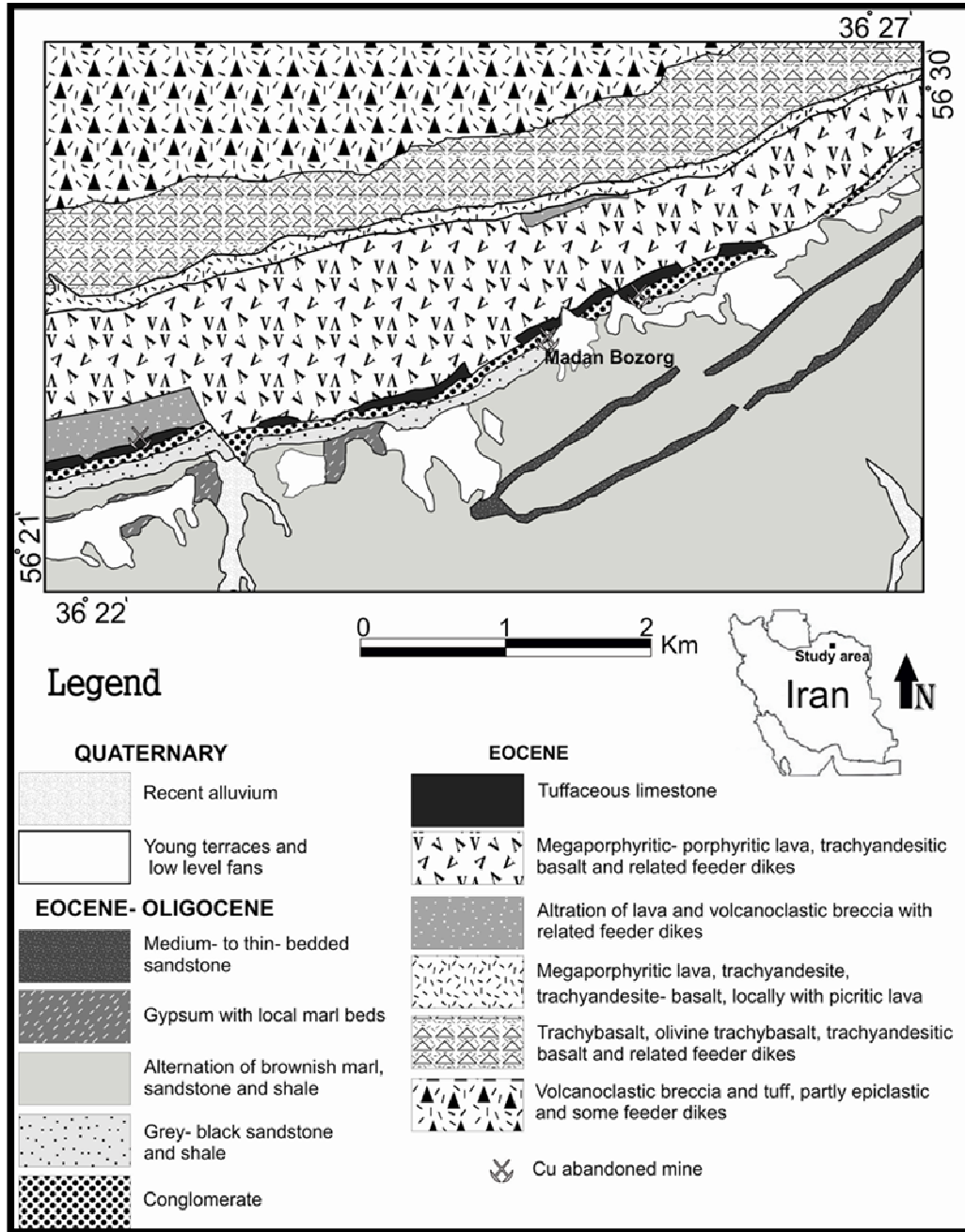
با توجه واکنش‌های بالا ارسنیک در اثر اکسیداسیون، که طی هوازدگی کانی‌ها صورت می‌گیرد از ساختار کانی



شکل (۱) نقشه راه‌های دسترسی به منطقه که موقعیت کانسارهای مس عباس‌آباد بر روی آن مشخص شده است.



شکل (۲) نقشه پراکنندگی ژئوشیمیایی آرسنیک (PPM) در محدوده مورد مطالعه



شکل ۳) نقشه زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه

جدول (۱) غلظت‌های عنصر آرسنیک در نمونه‌های رسوبات آبراهه‌ای منطقه

طول جغرافیایی (UTM)	عرض جغرافیایی (UTM)	کد نمونه	غلظت آرسنیک (PPM)	طول جغرافیایی (UTM)	عرض جغرافیایی (UTM)	کد نمونه	غلظت آرسنیک (PPM)
۴۵۳۴۰۹	۴۰۳۱۲۰۸	ACM1	۱۳/۲	۴۵۰۷۸۰	۴۰۳۳۵۱۸	ACM27	۸/۰۰
۴۵۳۴۰۱	۴۰۳۰۳۲۰	ACM2	۷/۴۰	۴۴۷۳۶۵	۴۰۳۲۵۱۲	ACM28	۱۲/۵۰
۴۵۳۴۹۸	۴۰۲۹۴۹۶	ACM3	۹/۶۰	۴۴۸۳۸۷	۴۰۳۲۷۴۹	ACM29	۶/۸۰
۴۵۳۳۰۶	۴۰۲۹۰۲۶	ACM4	۷/۹۰	۴۴۶۵۹۵	۴۰۳۲۸۰۳	ACM30	۱۱/۹۰
۴۳۱۱۵۸	۴۰۱۷۰۵	ACM5	۵/۸۰	۴۶۰۸۰۲	۴۰۳۷۰۳۹	ACM31	۱۸/۰۰
۴۵۰۸۹۰	۴۰۲۹۸۶۰	ACM6	۱۰/۶۰	۴۶۱۹۱۳	۴۰۳۵۵۳۱	ACM32	۱۹/۹۰
۴۴۹۶۵۵	۴۰۲۷۵۵۶	ACM7	۱۲/۱۰	۴۵۶۸۹۵	۴۰۳۷۷۷۲	ACM33	۷/۳۰
۴۵۰۱۵۳	۴۰۲۷۸۴۶	ACM8	۱۲/۸۰	۴۵۷۸۸۰	۴۰۳۸۲۱۳	ACM34	۷/۱۰
۴۰۲۷۹۵۳	۴۵۰۹۲۶	ACM9	۱۲/۶۰	۴۵۶۸۴۲	۴۰۳۸۹۹۱	ACM35	۹/۸۰
۴۵۱۵۲۸	۴۰۲۸۳۹۱	ACM10	۱۰/۴۰	۴۶۲۷۴۰	۴۰۳۶۸۷۶	ACM36	۱۰/۳۰
۴۴۹۸۰۷	۴۰۲۸۸۱۰	ACM11	۱۲/۲۰	۴۶۳۱۵۵	۴۰۳۵۶۲۰	ACM37	۳۳/۱۰
۴۴۹۲۶۴	۴۰۲۵۰۳۴	ACM12	۱۲/۴۰	۴۶۴۱۳۶	۴۰۳۸۴۱۷	ACM38	۱۰/۸۰
۴۴۹۱۵۳	۴۰۲۷۱۱۲	ACM13	۱۳/۱۰	۴۶۳۴۳۷	۴۰۳۶۰۲۶	ACM39	۱۱/۴۰
۴۴۸۲۸۶	۴۰۲۸۴۲۰	ACM14	۱۱/۲۰	۴۶۲۷۹۶	۴۰۳۴۱۰۰	ACM40	۹/۲۰
۴۴۹۱۴۲	۴۰۲۷۹۳۹	ACM15	۷/۲۰	۴۶۳۴۶۰	۴۰۳۴۶۶۵	ACM41	۱۳/۷۰
۴۴۵۵۴۶	۴۰۲۷۵۵۲	ACM16	۷/۸۰	۴۶۳۸۶۳	۴۰۳۶۱۵۹	ACM42	۶/۹۰
۴۴۵۴۳۴	۴۰۲۸۶۴۰	ACM17	۹/۶۰	۴۶۴۶۷۰	۴۰۳۵۷۸۶	ACM43	۱۱/۲۰
۴۴۳۵۱۶	۴۰۲۷۴۸۶	ACM18	۱۴/۴۰	۴۶۲۷۶۱	۴۰۳۳۲۲۱	ACM44	۹/۳۰
۴۴۷۳۷۱	۴۰۲۸۱۹۶	ACM19	۱۲/۲۰	۴۶۳۱۹۰	۴۰۳۳۴۷۵	ACM45	۱۳/۶۰
۴۴۷۳۳۶	۴۰۲۸۲۲۲	ACM20	۶/۵۰	۴۶۴۴۵۰	۴۰۳۴۱۸۹	ACM46	۹/۳۰
۴۴۴۹۷۰	۴۰۲۸۵۶۹	ACM21	۸/۸۰	۴۶۰۱۵۹	۴۰۳۴۰۷۸	ACM47	۱۳/۴۰
۴۴۴۳۵۳	۴۰۲۹۳۹۳	ACM22	۸/۳۰	۴۶۰۳۵۱	۴۰۳۴۱۰۸	ACM48	۱۳/۳۰
۴۴۳۶۲۶	۴۰۲۹۷۸۲	ACM23	۱۲/۴۰	۴۶۰۵۰۳	۴۰۳۴۱۹۲	ACM49	۹/۵۰
۴۴۶۱۹۲	۴۰۲۸۷۰۱	ACM24	۹/۲۰	۴۶۰۱۳۹	۴۰۳۳۷۴۶	ACM50	۱۵/۲۰
۴۴۸۷۸۸	۴۰۳۲۶۰۹	ACM25	۵/۸۰	۴۵۹۷۰۴	۴۰۳۳۳۲۴	ACM51	۱۹/۰۰
۴۴۶۴۸۴	۴۰۳۲۳۲۰	ACM26	۱۲/۰۰	۴۶۰۴۵۷	۴۰۳۳۰۸۲	ACM52	۱۲/۲۰

جدول (۲) خلاصه محاسبات آماری (مقادیر برحسب پی‌پی‌ام می‌باشد)

میانگین ( $\bar{X}$ )	انحراف معیار (S)	ضریب تغییرات ( $S/\bar{X}$ )	مقدار زمینه ( $\bar{X}+S$ )	حد آستانه ( $\bar{X}+2S$ )
۱۱/۳۱	۴/۳۹	۰/۳۸	۱۵/۷	۲۰/۹

## نتیجه‌گیری

- materials and health, National Academy of Sciences, 188 p.
- [7] Gutierrez, M., Herrera, M. T., Camacho, L. M (2009) Geographical distribution of arsenic in sediments within the Rio Conchos Basin, Mexico, *Environ Geol*, Vol. 57, pp. 929- 935.
- [8] Kablukov, A. D (1964) Dispersion halos of uranium and its associations in exploration for hydrothermal uranium deposits, *Nedra*, 234 p.
- [9] Matera, V., Le Hecho, I., Laboudigue, A., Thomas, P., Tellier, S., Astruc, M (2003) A methodological approach for the identification of arsenic bearing phases in polluted soils, *Environmental Pollution*, Vol. 126, pp.51- 64.
- [10] Levinson, A. A (1974) Introduction of exploration geochemistry, Applied Publishing Company, 608 p.
- [11] Smedley P. L. and Kinniburgh, D. G (2002) A review of the source, behavior and distribution of arsenic in natural waters. *Applied Geochem*, Vol. 17, pp. 517- 568.
- [12] Twarakavi, N. K. C., Misra, D., Bandothyay, S (2006) Prediction of arsenic in bedrock derived stream sediments at a gold mine site under conditions of sparse data, *Natural Resources Research*, Vol. 15, No. 1, pp. 15- 26.
- با توجه به مطالعات انجام شده با وجود کانی‌سازی گسترده و از طرفی سابقه معدن‌کاری قدیمی در منطقه و هم‌چنین حضور سرباره‌های قدیمی که وسعت قابل توجهی را در اطراف کانساره‌های دامن جلا، معدن بزرگ و آسیادیو شامل می‌شوند، آرسنیک در حد آنومالی و مقادیر غیر عادی در رسوبات آبراهه‌های منطقه که ناشی از تحرک آن از سنگ‌های نواحی کانساری و سرباره‌های موجود می‌باشد وجود دارد، بنابراین می‌توان استنباط نمود که میزان آرسنیک موجود در منابع اولیه آن در منطقه که شامل سنگ‌های نواحی معدنی، سنگ‌های پیرامون آن‌ها و سرباره‌های موجود می‌باشد، در حد مقادیر زیادی که توانسته باشد آنومالی در رسوبات حاصل از فروشست آن‌ها ایجاد کند وجود داشته و پتانسیل سنگ‌های منطقه در حد ایجاد آنومالی برای عنصر آرسنیک می‌باشد. وجود آنومالی عنصر آرسنیک در رسوبات آبراهه‌های منطقه با حضور مقدار غیر عادی این عنصر در نمونه ACM37 با میزان ۳۳/۱۰ پی‌ام آرسنیک مشخص می‌شود، با توجه به این موضوع که آنومالی حاصل موجود در شمال شرق منطقه تقریباً بیش از بیست برابر مقدار میانگین آرسنیک معمول در خاک و رسوبات می‌باشد، احتمال آلوده شدن یا کاهش کیفیت آب در این قسمت وجود دارد و به ویژه آن که ناحیه دارای آنومالی آرسنیک به رودخانه لب‌کال نزدیک می‌باشد.

## منابع

- [۱] حسینی‌پاک، ع. ا (۱۳۸۳) اصول اکتشافات ژئوشیمیایی، موسسه انتشارات و چاپ دانشگاه تهران، ۶۱۵ صفحه.
- [۲] علی‌نیا، ف و دهقان‌نژاد، م (۱۳۸۳) مطالعات زمین‌شناسی اقتصادی ژئوشیمیایی معادن مس عباس‌آباد شاهرود و برآورد پتانسیل معدنی آن‌ها، کنفرانس مهندسی معدن ایران، دانشگاه تربیت مدرس، صفحات ۱۰-۱
- [3] Bazin, D. and Hubner, H (1969) Copper deposits in Iran, *Geological survey of Iran*, Report No.13, 232 p.
- [4] Blanchard, M., Alfredsson, M., Brodholt, J., Wright, K., Catlow, C (2007) Arsenic incorporation into FeS<sub>2</sub> pyrite and its influence on dissolution: A DFT study, *Geochimica et Cosmochimica Acta*, Vol. 71, pp. 624-630
- [5] Chatterjee, K. K (2007) Use of metals and metallic minerals, *New Age International*, 314 p.
- [6] Committee on research priorities for earth science and public health (2007) *Earth*