

مطالعه تاثیر معدن کاری و استخراج طلا بر میزان آلودگی آبها به آرسنیک و جیوه در منطقه زرشوران تکاب

بهنام عباسی^{۱*}، رامین ملکی^۲ و حسین پیرخراطی^۳

۱- کارشناس ارشد زمین شناسی زیست محیطی، دانشکده علوم، دانشگاه ارومیه. b.abbasi.geologist@gmail.com

۲- استادیار پژوهشی گروه پژوهشی شیمی تجزیه، جهاد دانشگاهی آذربایجان غربی

۳- دانشیار زمین شناسی زیست محیطی، دانشکده علوم، دانشگاه ارومیه

چکیده

در این مطالعه، نشت فلزات سنگین آرسنیک و جیوه ناشی از معدن کاری، حمل و نقل کانسنگ، استحصال و پالایش طلا که منجر به ورود آلودگی به آبهای زیرزمینی و سطحی در منطقه زرشوران تکاب (جنوب آذربایجان غربی) شده مورد مطالعه قرار گرفت. محل‌های نمونه برداری (به تعداد ۱۶ عدد) در اطراف سه کارخانه فراوری و همچنین خارج از محدوده فراوری و استحصال انتخاب شد. نمونه‌های آب از چاه‌ها، رودخانه‌ها و چشمه‌ها در ظرف‌های پلی اتیلنی یک لیتری بر اساس روش مرجع نمونه برداری، در چهار فصل از سال (۱۳۹۴) جمع آوری شد. به نمونه‌های جیوه پنج میلی لیتر اسید نیتریک و به نمونه‌های آرسنیک پنج میلی لیتر اسید کلریدریک اضافه گردید و در دمای چهار درجه سانتی‌گراد به آزمایشگاه منتقل شدند. آرسنیک و جیوه در نمونه‌های آب به ترتیب به روش اسپکتروفتومتری جذب اتمی مجهز به سیستم تولید هیدرید و اسپکتروفتومتری جذب اتمی مجهز به سیستم بخار سرد اندازه‌گیری شد. مطالعات صورت گرفته بر روی کانسارهای طلا در منطقه زرشوران تکاب نشان دهنده وجود آرسنیک و جیوه در کانسارهای منطقه است. نتایج بدست آمده نشان داد که مقدار آرسنیک در منطقه مورد مطالعه بیشتر از مقدار استاندارد سازمان بهداشت جهانی است که این مسئله در ارتباط با ترکیبات شیمیایی خاک منطقه مورد مطالعه می‌باشد. همچنین توجه به این مطلب ضروری است که، تجمع جیوه در آب سطحی با فاصله گرفتن از کارخانه‌های فراوری کاهش می‌یابد که نشانگر تاثیر مثبت فراوری طلا در حلالیت فلزات سنگین و سمی است.

واژگان کلیدی: معدن کاری، استخراج طلا، آلودگی آب، تکاب.

مقدمه

مطرح شود. (Hofmann, & Schuwirth, 2008) از طرف دیگر سدهای باطله مکان‌هایی برای جمع آوری و نگهداری پساب‌ها و مواد باطله حاصل از کارخانه‌های فراوری مواد معدنی می‌باشند. عدم مدیریت صحیح این سدها می‌تواند بر کیفیت آب‌های سطحی و زیرزمینی، تاثیرگذار باشد. مدیریت پسماند و پساب باطله بزرگترین مسئله در حفظ محیط زیست بوده و این مسئله بخصوص در مورد کانسارهای بزرگ با عیار کم، اهمیت زیادی دارد

ترکیب زون زمین شناسی و همچنین زمین ساخت منطقه میتواند شرایط خاصی را برای انتشار مواد سمی در محیط و مسمومیت عمومی فراهم کند. همه تغییرات انسان‌زاد تعادل طبیعی هر بیوسیستمی که به تدریج طی یک دوره طولانی تشکیل شده را برهم می‌زند، بنابراین این تغییرات اغلب منجر به فروکاهی محیط زیست انسانی می‌شود (Stafilov et al., 2010). معدنکاری می‌تواند به عنوان یکی از خطرات شیمیایی جدی در آبهای سطحی و زیرزمینی

زیرا در این قبیل موارد حجم باطله تولید شده بسیار زیاد است. (Najafi & Yarahmadi Bafghi, 2011).

در دهه اخیر مطالعات زیادی در رابطه با تأثیر عملیات معدنکاری بر تحرک فلزات سنگین انجام شده است. (More, et al., 2010) همچنین معدنکاری و فراوری سبب فرسایش خاک و از بین رفتن لایه سطحی و خاک حاصل-خیز شده و نفوذ فلزات سنگین از محل باطله‌های معدنی به سفره‌های آب زیرزمینی را به همراه داشته است. مطالعات صورت گرفته بر روی کانسارهای طلا در منطقه زرشوران تکاب نشان دهنده وجود آرسنیک و جیوه در کانسارهای منطقه است. با توجه به تحقیقات انجام شده توسط رحیم سوری و همکارانش در منطقه اکسایش حجم عمده‌ای از کانی‌های پیریت و آرسنوپیریت در بخشهای سطحی کانسار، درصد فراوانی و محتوای آرسنیک موجود در ترکیب شیمیایی کانیهای پیریت می‌توان گفت که کانیهای اصلی منشاء آرسنیک را پیریت‌های آرسنیک دار آرسنوپیریت، اسکرویدیت و ملنیکوویت تشکیل می‌دهند. کانی اسکرویدیت در pHهای ۲ تا ۶ پایدار است و کمترین انحلال را دارد در حالی که خارج از این pH انحلال پذیری آن بالا می‌باشد.. (Dove, , 1985) بر این اساس و با توجه به pH خنثی تا قلیایی آب رودخانه آق‌دره و خاکهای منطقه می‌توان نتیجه گرفت که کانی اسکرویدیت در این محدوده pH می‌تواند انحلال یافته لذا وجود آن، چه در خاک و چه در آب می‌تواند یکی از کانیهای منشاء آلودگی آرسنیک در منطقه باشد. همچنین احتمال آلودگی آب‌های منطقه به جیوه نیز می‌تواند منشا کانیایی داشته باشد چرا که منشا آن سینابار تشخیص داده شده که در محدوده کانسار طلای آق‌دره عمدتاً در سنگ آهک‌های توده‌ای کانی‌سازی شده غنی از اکسیدهای آهن-منگنز و گاه دارای رگچه‌هایی از باریت و در محدوده معدن متروکه آنتیموان آغ‌دره بالا در سنگ آهک‌های کانی‌سازی شده و ماسه سنگ آهکی کانی‌سازی شده است (Rahimsoori, et al., 2010). هدف از این مطالعه تعیین مقدار عناصر آرسنیک و جیوه در محیط اطراف معادن و کارخانه‌های فراوری مواد معدنی و چشمه‌های طبیعی به منظور تفکیک آلودگی زمین‌زاد از

انسان‌زاد است. خطر عمده مناطق کانه زایی بالا بودن غلظت زمینه فلزات سنگین سمی نظیر آرسنیک، سرب، جیوه، کادمیوم، کروم و... در خاک و به طبع آن در آب‌های سطحی و زیر زمینی منطقه است. علاوه بر این وجود عناصر سنگین سمی در کانسارهای طلا نه تنها موجب ایجاد مشکلات زیست محیطی و مسموم نمودن نیروی انسانی می‌شود بلکه از ارزش کانسنگ نیز می‌کاهد. همچنین نفوذ فلزات سنگین از محل باطله‌های معدنی به سفره‌های آب زیرزمینی، آلودگی منابع آب منطقه معدن را به همراه خواهد داشت، (داودی فرد و فرقانی تهرانی، ۱۳۹۰). با توجه به اهمیت موضوع کانه زایی و فراوری فلزات گرانبها در منطقه زرشوران تکاب، مطالعه زیست محیطی با در نظر گرفتن عوامل زمین شناسی ضروری به نظر رسیده و هدف اصلی تحقیق می‌باشد. منطقه مورد مطالعه از نظر موقعیت جغرافیایی در جنوب شرقی استان آذربایجان غربی واقع در ۳۲ کیلومتری شمال شهر تکاب و ۱۵ کیلومتری مجموعه میراث فرهنگی و گردشگری تخت سلیمان واقع شده است. این منطقه در محدوده جغرافیایی ۳۶ درجه و ۴۴ دقیقه تا ۳۶ درجه و ۴۷ دقیقه عرض شمالی و ۴۷ درجه و ۷ دقیقه تا ۴۷ درجه و ۵ دقیقه طول شرقی قرار دارد. در شکل (۱) موقعیت منطقه روی نقشه ایران نشان داده شده است. میانگین سالیانه بارندگی تکاب حدود ۳۹۰ میلیمتر است که البته در سال‌های قبل که خشکسالی نبوده میانگین بارندگی تکاب تا ۵۰۰ میلیمتر مشاهده می‌گردید در حالی که در سال ۱۳۹۴ به دلیل خشکسالیهای پی در پی این میزان تا ۳۹۰ میلیمتر کاهش داشته است و در گروه رژیم بارانی نیمه بیابانی تا نیمه خشک قرار می‌گیرد. منطقه مورد مطالعه از نظر ساختمانی در زون خوی-مهاباد و محل تلاقی زون‌های ساختمانی البرز-آذربایجان، ایران مرکزی و سنندج- سیرجان بوده و در نتیجه دارای ویژگی-های زون‌های مذکور می‌باشد. (Babakhani, and Galamgash, 1995). در این منطقه سنگ‌های شدیداً دگرگون شده میکاشیست، گنایس، مرمر و آمفیبولیت تشکیل سرزمین مرتفعی را می‌دهند و امتداد اصلی ساختمانی شمال باختری- جنوب خاوری است. در این بخش پهنه‌های وسیع

رسوبات تراورتن که حاصل رسوب آهک در چشمه‌های آهک ساز است، مناطق گسترده‌ای با لایه بندی افقی و نسبتاً مسطح ایجاد کرده است.

مرمرهای حاصل از دگرگونی آهک‌های پرکامبرین و سنگ‌های آتشفشانی الیگو میوسن، راس قلل و برجستگی‌های مهم این منطقه را تشکیل می‌دهند. این منطقه عمدتاً از سنگ‌های دگرگونی شیست، مرمر، گنایس و آمفیبولیت تشکیل شده است که با روند شمال غرب-جنوب شرق در بخش میانی منطقه بلندترین ارتفاعات را شکل می‌دهند. این سنگ‌ها مستقیماً توسط رسوبات الیگومیوسن به طور دگرشیب پوشیده شده‌اند. بطور کلی توالی چینه‌ای سنگ‌ها در منطقه مورد مطالعه به ترتیب از پایین به بالا شامل سنگ‌های دگرگونی پرکامبرین، سنگ‌های رسوبی پرکامبرین-کامبرین زیرین و کامبرین-اردوئین، سنگ‌های دگرگونی پالئوزوئیک، توده‌های نفوذی دیوریتی، گرانودیوریتی و گرانیتی، سنگ‌های رسوبی آتشفشانی الیگومیوسن و نهشته‌های جوان پلیوسن و کواترنر می‌باشند. نقشه زمین شناسی منطقه در شکل ۲ نشان داده شده است. از رودهای مهم منطقه می‌توان به رود قلعه چای، آی دوغموش، بری، دونگه و آق‌دره اشاره کرد. از نظر ژئومورفولوژی ارتفاعات منطقه، سخت گذر و دارای توپوگرافی خشن با گدازه‌های آندزیتی به رنگ‌های خاکستری، قهوه‌ای و بنفش و همچنین رسوبات چشمه‌های آهکی (تراورتن) است و در مناطق پست که متشکل از زمین‌های سست، با تناوب گنایس، آمفیبولیت، مارن و ماسه سنگ قرمز رنگ با میان لایه‌های گچی همراه با کنگلومرا می‌باشد. این منطقه نیز مانند سایر نقاط ایران تحت فشار صفحات عربستان و روسیه چین خورده است و قسمت‌هایی به سمت بالا حرکت کرده و کوهستان‌ها را تشکیل داده‌اند (تاقدیس‌ها) و قسمتی نیز به سمت پایین حرکت نموده و چاله‌ها را تشکیل داده (ناودیس-ها) که به مرور زمان بر اثر رسوبگذاری و نیروهای فرسایشی به شکل دشت‌های هموار درآمده‌اند. در حد

فاصل کوه‌های متعدد، دشت‌ها و دامنه‌ها واقع شده‌اند. دشت‌های منطقه که در پایین ارتفاعات قرار گرفته و غالباً رودخانه‌ها در آن‌ها جریان دارند، از مهمترین مکان‌های استقرار اجتماعات انسانی منطقه به شمار می‌آیند. مهمترین شکستگی موجود در منطقه، گسل اصلی قینرجه-چهار طاق با روند شمال غرب-جنوب شرق می‌باشد که از بخش‌های میانی منطقه می‌گذرد. گسل مذکور با جابجایی معکوس و راست گرد، سبب بالا آمدن فرازمین گورگور-قبله داغ در ضلع شمال شرقی و فرو افتادن ضلع جنوب غربی و تشکیل حوضه شیر مرد گردیده است. این گسل علاوه بر جابجایی معکوس دارای حرکت امتداد لغز بزرگی نیز می‌باشد (سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور ۱۳۷۹). به منظور انجام تحقیق و تعیین منشأ آلودگی اعم از طبیعی یا مصنوعی، تعداد ۱۶ نمونه آب جهت بررسی آلودگی به فلزات سنگین جیوه و آرسنیک برداشت شد. با توجه به این که کارخانه‌های فراوری طلا در مجاورت رودخانه آق‌دره و همچنین رودخانه قورودره قرار دارند، نمونه برداری از این رودخانه‌ها، چاه‌های پیرومتریک حفر شده در اطراف کارخانه‌ها و همچنین از بالا دست حوضه آبریز رودخانه‌ها و کارخانه‌های فراوری و همچنین از پایین دست رودخانه‌ها بعد از کارخانجات فراوری از اعماق مختلف (بدلیل تغییر سطح ایستابی آب در فصول مختلف سال) جهت بررسی کیفیت و کمیت پراکندگی فلزات سنگین برداشت شد و موقعیت جغرافیایی مکان‌های نمونه برداری توسط سیستم مختصات جغرافیایی تحت سیستم متریک ثبت گردید. بنابر هدف مطالعه و حساسیت موضوع سعی بر این شده است که از آب چشمه و رودهای بالادست که فراوری تأثیری بر آلودگی آن‌ها ندارد و هدف از این کار مشخص نمودن تأثیر کانی‌ها و سنگ‌های منطقه در محلولیت و آلودگی می‌باشد نمونه برداری شده و نتایج آن‌ها را با مناطق مجاور و پایین دست کارخانه‌های فراوری که نشان دهنده تأثیر فراوری خواهد بود را مقایسه کرده

گردید. سپس محلول به ظرف سیستم بخار سرد منتقل و پنج میلی لیتر محلول کلرید قلع یک به یک اضافه شد سپس جذب نور توسط دستگاه در طول موج ۰,۲۵۳۷ میکرون قرائت شد. همین مراحل در خصوص محلولهای استاندارد نیز انجام گردید.

روش اندازه گیری آرسنیک

این روش بر اساس اندازه گیری جذب اتمی هیدرید آرسنیک سه ظرفیتی تولید شده است. برای جلوگیری از ایجاد خطا در اندازه گیری سایر حالت های اسیدی این فلز باید از قبل به آرسنیک سه ظرفیتی تبدیل شوند، لذا برای این منظور ابتدا ۲۰ میلی لیتر محلول هیدروکلریک اسید و چهار میلی لیتر محلول پتاسیم دیدید-آسکوربیک اسید به نمونه هضم شده اضافه گردید و به مدت ۱۵ دقیقه در دمای ۵۰ درجه سانتی گراد حرارت داده شد. محلول پس از خنک شدن به طور کامل به بالن ژوژه ۱۰۰ میلی لیتری منتقل و با آب مقطر به حجم رسانده شد. محلولهای شاهد و کالیبراسیون نیز به همین ترتیب آماده شدند. از واکنش آرسنیک سه ظرفیتی با سدیم تترا هیدروبورات در محیط هیدروکلریک اسید ایجاد می شود که برای این منظور بعد از نصب سیستم بخار سرد بر روی دستگاه جذب اتمی، ۵۰ میلی-لیتر از نمونه درون ظرف نمونه سیستم بخار سرد ریخته و بعد از تزریق پنج میلی لیتر معرف سدیم تترا هیدروبورات جذب آرسنیک در طول موج ۱۹۳/۷ نانومتر اندازه گیری شد. غلظت آرسنیک نمونه ها با مقایسه جذب آن از روی منحنی کالیبراسیون محاسبه گردید.

بحث و نتایج

عناصر آرسنیک و جیوه در نمونه های آب در چهار فصل از سال ۱۳۹۴ اندازه گیری شد و نتایج در (جدول ۱) آورده شده است.

جیوه

جیوه فلزی سنگین و سمی، یک ظرفیتی یا دو ظرفیتی و تنها فلزی است که در دمای اتاق به حالت مایع است. متیل مرکوری ها خطرناک ترین و سمی ترین ترکیبات جیوه هستند

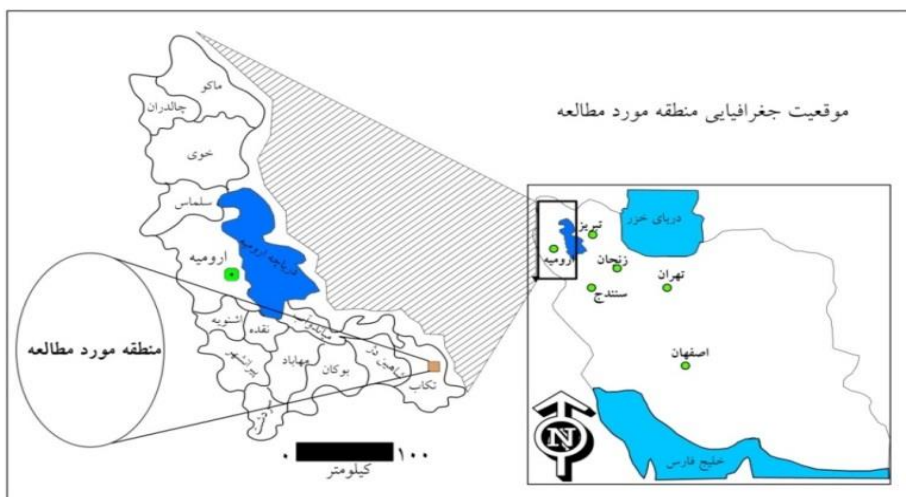
تا سهم آلاینده گی کارخانه های فراوری بر آب های سطحی و زیرزمینی پایین دست را مشخص کنیم. اسامی نقاط نمونه برداری به شرح زیر نام گذاری گردیده است: بی خیر بلاخ (A)، پایین دست معدن زرشوران (B)، قزل بلاخ (C)، چشمه سردابه (D)، چاه پیزومتری اول (E)، چاه پیزومتری دوم (F)، چاه پیزومتری سوم (G)، چاه پیزومتری چهارم (H)، چاه پیزومتری پنجم (I)، رودخانه قورودره (J)، چاه پیزومتری ششم (K)، چاه پیزومتری هفتم (L)، چشمه نشتی اول (M)، چشمه نشتی دوم (N)، رودخانه آغ دره (O)، پل روستای شیر مرد (P). (شکل ۳). در روش نمونه برداری، ابتدا ظرف های پلی اتیلنی یک لیتری را جهت نمونه برداری تهیه کرده و قبل از نمونه برداری ظروف کاملاً شستشو و تمیز شدند و در محل نمونه برداری قبل از برداشت نمونه، ظروف نمونه برداری توسط آبی که قرار است نمونه برداری از آن صورت گیرد، دوباره شستشو گردید، بعد از نمونه برداری آب مورد نظر، جهت آنالیز جیوه پنج میلی لیتر اسید نیتریک غلیظ به ظرف نمونه یک لیتری اضافه شد تا از راسب شدن جیوه موجود در نمونه آب جلوگیری کند. به منظور آنالیز آرسنیک نمونه جداگانه ای به میزان یک لیتر در ظرف پلی اتیلنی برداشت شد و به آن پنج میلی لیتر اسید کلریدریک غلیظ اضافه شد. در نهایت نمونه ها جهت آنالیز به جهاد دانشگاهی واحد آذربایجان غربی ارسال و تا زمان آزمایش در چهار درجه سانتی گراد نگهداری شدند.

روش اندازه گیری جیوه

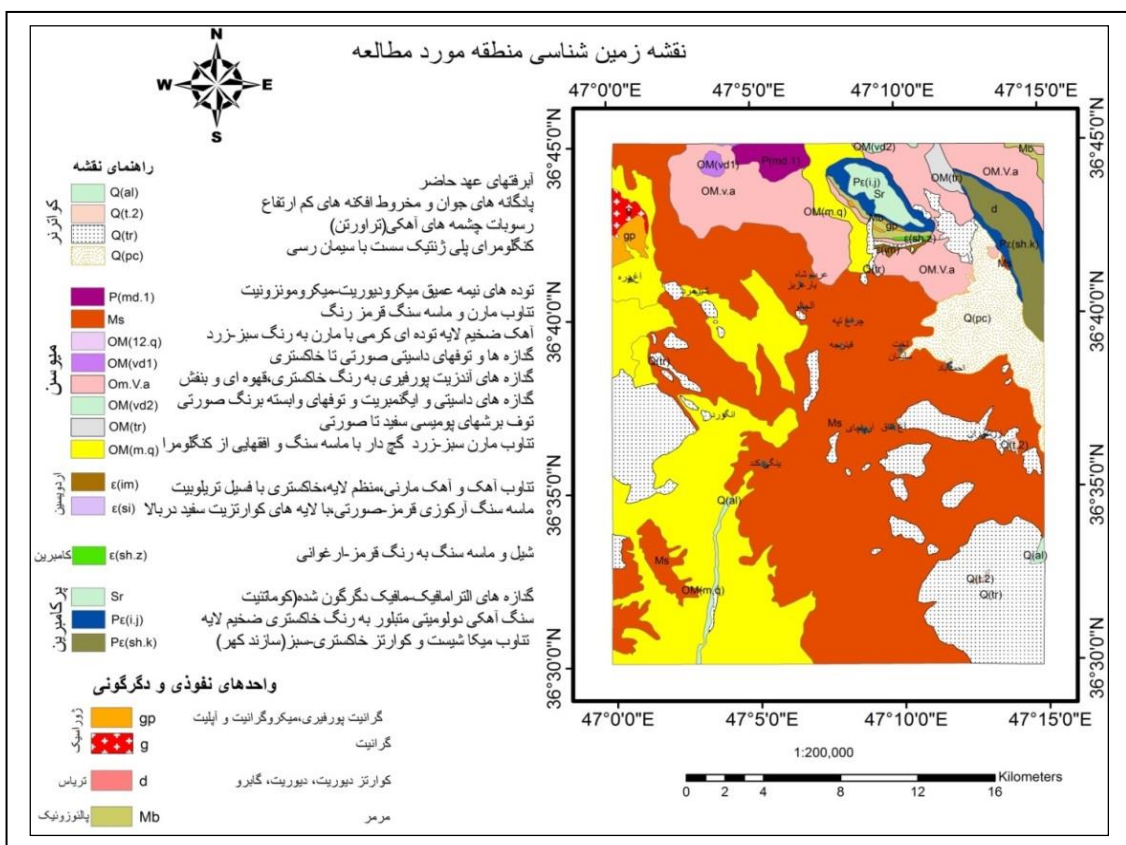
برای این کار ۱۰۰ میلی لیتر نمونه آب در ارلن ۲۵۰ میلی لیتری ریخته شد. پنج میلی لیتر اسید سولفوریک غلیظ و سپس ۲/۵ میلی لیتر اسید نیتریک غلیظ و ۱۵ میلی لیتر پرمنگنات پتاسیم (۵۰ گرم در لیتر) افزوده و به مدت ۱۵ دقیقه نگه داشته شد. بعد از گذشت ۱۵ دقیقه هشت میلی لیتر محلول پرسولفات ۵٪ اضافه نموده و در حمام آبی به مدت دو ساعت در دمای ۹۵ درجه سانتی گراد قرار گرفت. سپس محلول را خنک کرده با اضافه کردن محلول هیدروکسیل آمین ۱۰٪ پرمنگنات مازاد احیا

(Nabais, et al, 2006). نتایج بدست آمده از آنالیز عنصر جیوه در ۱۶ نمونه آب منطقه مورد مطالعه، با استفاده از نرم افزار Arc Gis در شکل‌های (۴، ۵، ۶ و ۷) و همچنین نمودارهای ستونی ترسیم شد. (حداکثر مقدار استاندارد جیوه در آب با توجه به استاندارد ملی ایران).

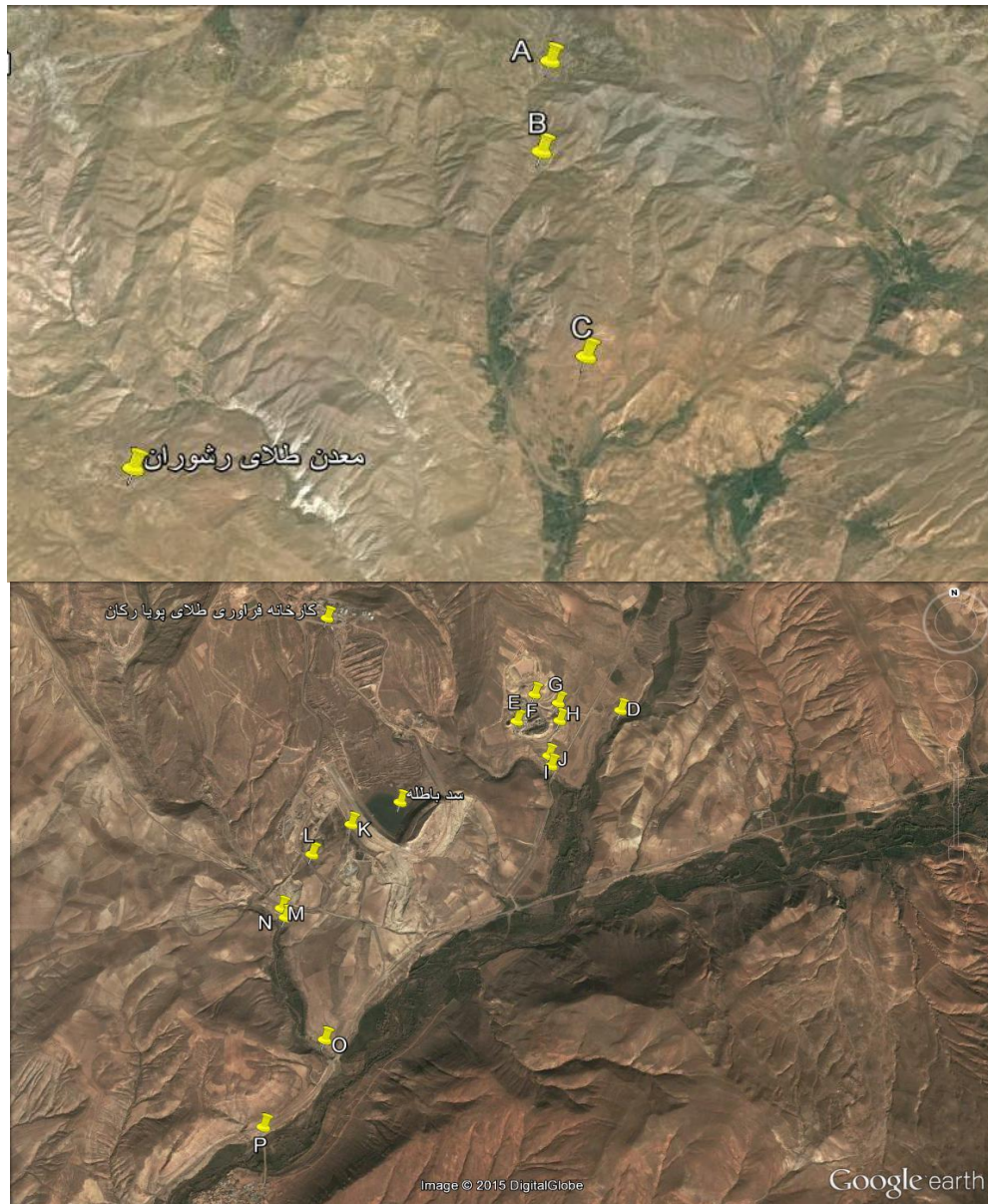
که به طریق مستقیم یا غیرمستقیم بصورت محصول فرعی فرآیندهای صنعتی به آب‌های طبیعی رها شده و وارد محیط زیست می‌شوند. به دلیل ناپایداری زیاد، حلالیت کم به سختی قابل کنترل بوده و خیلی سریع جذب می‌شود و می‌تواند از طریق پوست و شش‌ها جذب بدن شود.



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه بر روی نقشه ایران و استان آذربایجان غربی



شکل ۲- نقشه زمین شناسی منطقه مورد مطالعه (برگرفته از نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰ تخت سلیمان)



شکل ۳- عکس ماهواره ای از نقاط نمونه برداری (بر گرفته از سایت Google Earth با اعمال تغییرات

از حداکثر مجاز جیوه (میانگین چهار فصل: ۱۰۶,۴ میکروگرم در لیتر) می باشد و می توان نتیجه گرفت که به دلیل وجود جیوه در سنگها و کانی های منطقه این عنصر در اثر بارش های جوی و شستشو و انحلال در آبها باعث افزایش به بیش از حداکثر مجاز شده است. در نمودارهای ستونی مقدار جیوه در اردیبهشت ماه ۱۱۷,۰ میکروگرم در لیتر و در مرداد ماه ۷۶,۲ میکروگرم در لیتر، در آبان ماه ۲۳۲,۵ میکروگرم در لیتر و در بهمن ماه صفر می باشد. بر اساس نتایج مشخص می شود که مقدار جیوه در فصول پرباری (اردیبهشت و آبان) بیشتر از فصل کم آبی (مرداد) بوده که این امر به دلیل افزایش آب های سطحی و زیرزمینی و انحلال کانی ها و

شش میکروگرم در لیتر و بر اساس مقدار استاندارد سازمان بهداشت جهانی (WHO, 2008) به مقدار یک میکروگرم در لیتر می باشد. میل ترکیبی طلا با جیوه زیاد است و یکی از روشهای جداسازی طلا از سایر ترکیبات در کارخانه های فرآوری می باشد. به دلیل استفاده جیوه برای استخراج طلا از سنگ معدن در کارخانه های فرآوری و دفع آن با روشهای نادرست باعث آلودگی در آبهای منطقه شده است. با توجه به شیب منطقه محل نمونه برداری پایین دست معدن زرشوران (B) بالادست منطقه بوده و خارج از محدوده کارخانه های فرآوری می باشد. با مقایسه نمودارها و نقشه های پراکنش جیوه می توان گفت که این محل دارای مقداری بیش

سنگ‌های حاوی جیوه بوده و باعث افزایش بیش از حد آن شده است. همچنین در محدوده فراوری نیز برای مثال

جدول ۱- داده‌های حاصل از آنالیز آب‌های منطقه مورد مطالعه (غلظت برحسب میکروگرم بر لیتر)

زمستان		پاییز		تابستان		بهار		فصل
Hg	As	Hg	As	Hg	As	Hg	As	عنصر
۰/۸	۹۲,۰	۰	۹۳/۳	۴۸/۵	۴۴/۳	۱۶۹,۰	۱۱۰,۰	A
۰	۰	۲۳۲/۵	۱۸۰۰	۷۶/۲	۳۷۴/۵	۱۱۷	۷۷۱	B
۳/۵	۳۵	۰	۲۶/۶	۷۸/۵	۰	۱۸۳	۰	C
۱۹/۳	۲۲۱	۲۹/۶	۰	۷۱/۳	۵۴/۱	۹۵	۷۰	D
۷/۲	۲۱	۸۷/۵	۲۱۷/۶	۲۹/۴	۱۱/۰۸	۳۷/۶	۱۹۵/۷	E
۸/۱	۱۰۷۱	۴۳/۱	۹۴/۶	۲۰/۹	۹۹/۳	۲۰/۷	۱۷۹/۸	F
۴/۶	۱۸۵	۸۸/۳	۹۳/۳	۶۳/۷	۸۶/۲	۸۵/۴	۱۸۶/۶	G
۶/۳	۱۸۵	۳۹/۸	۷۳/۹	۶۱/۴	۵۲/۷	۶۷/۱	۱۳۸/۶	H
۰	۰	۱۱/۷	۱۱۳/۵	۰	۰	۱۸/۳	۱۷۴/۴	I
۲/۸	۵۷	۳۴/۸	۲۲۶	۰	۰	۱۳	۰	J
۲/۲	۱۴	۶۳/۵	۴۴/۲	۴۶/۲	۴۴/۷	۳۹/۳	۲۷/۶	K
۴/۵	۰	۴۶/۲	۳۲/۶	۱۸/۴	۵۴/۵	۲۰/۷	۳۱/۶	L
۱۱/۱	۵۷	۴۱/۱	۲۴۴/۳	۱۹/۶	۱۶۴/۱	۲۲/۴	۳۹۴/۲	M
۹/۶	۴۲	۴۹/۹	۳۴۲/۲	۱۸/۳	۱۲۷/۲	۵۳/۶	۸۹/۱	N
۲/۲	۲۱	۸/۹	۲۰/۷	1/4	۳۸/۹	۸/۵	۸۹/۶	O
۴/۵	۷۱	۵۲/۳	۰	۳۱/۷	۸۴/۲	۱۷۵	۸۲	P

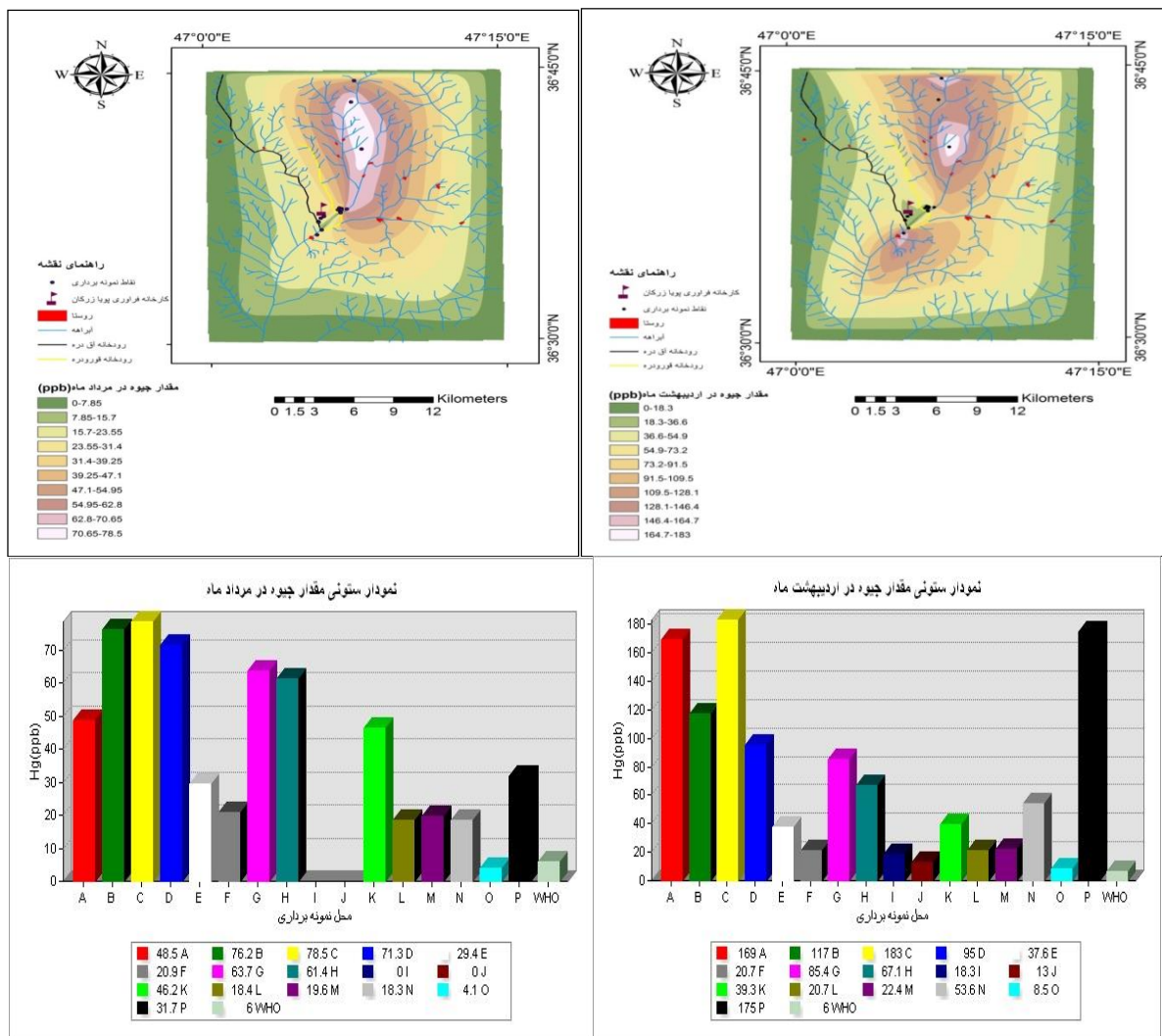
* میانگین غلظت سه اندازه گیری مکرر یک نمونه.

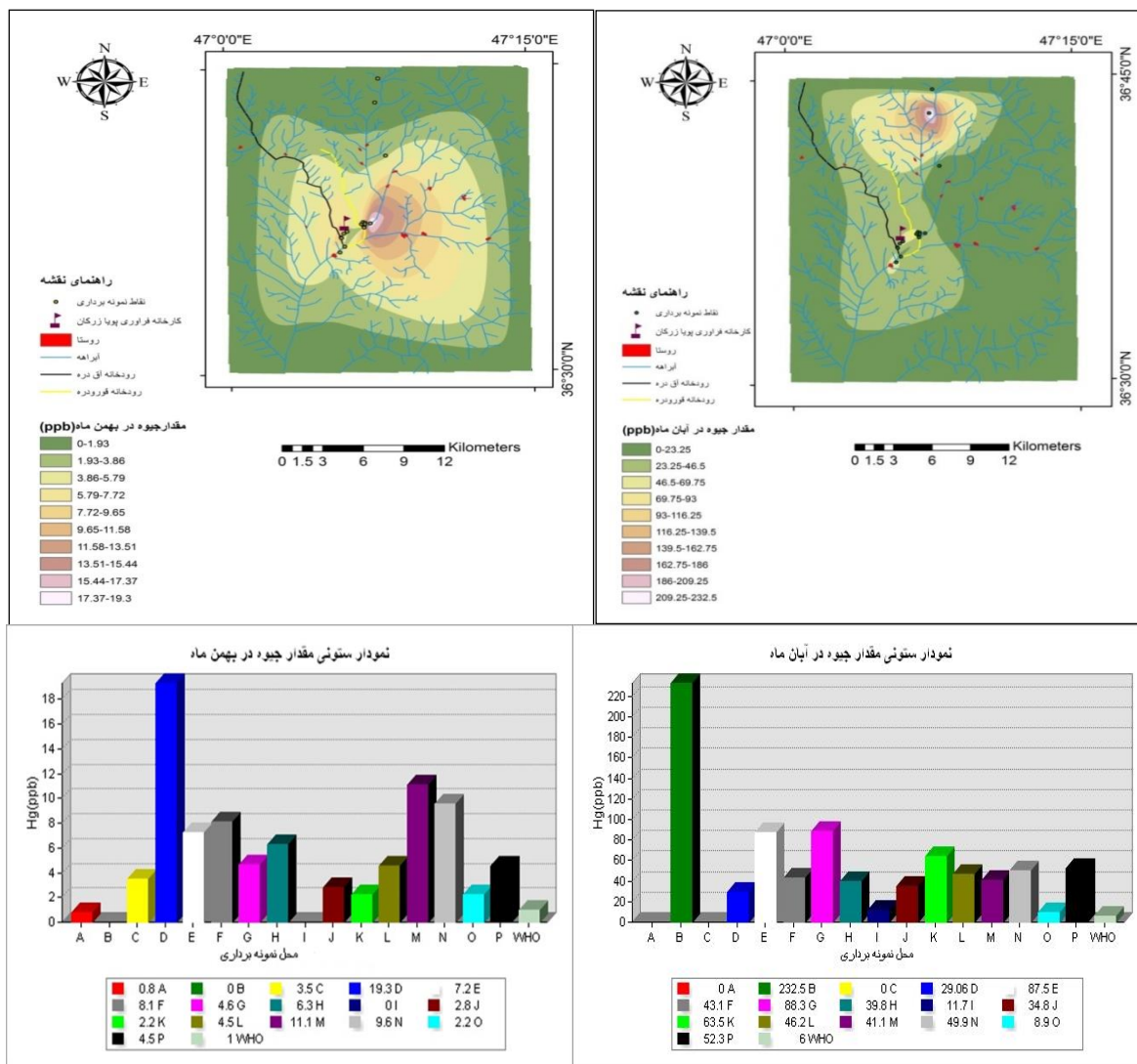
میکرو گرم در لیتر، در آبان ماه ۵۲,۳ میکروگرم در لیتر و در بهمن ماه به مقدار ۴,۵ میکرو گرم در لیتر می‌باشد که نشان دهنده آلودگی در ماههای اردیبهشت، مرداد و آبان و عدم ایجاد آلودگی در بهمن ماه می‌باشد. با توجه به بارش زیاد برف در این زمان احتمالاً ازدیاد آب‌های منطقه باعث کاهش غلظت و مقدار آلودگی در این زمان از سال شده است. آلودگی فلزات سنگین نظیر جیوه در اطراف معدن طلای داشکسن توسط رفیعی و همکارانش مورد مطالعه قرار گرفته و نتایج مشابهی حاصل گردیده است (Rafiei, et al., 2010). در نتیجه تمام

محل نمونه برداری چاه بیژمتری اول (E) و چشمه نشستی اول (M) در تمام فصول سال مقداری بیش از حداکثر مجاز را نشان می‌دهند که علت آن رها سازی زهاب قلیایی و باطله و پسماندهای کارخانه‌های فراوری در منطقه اطراف کارخانه‌ها و همچنین سد باطله و انحلال در اثر pH قلیایی و بارش‌های جوی این آب‌ها شده است. در نهایت پل روستای شیر مرد (P) پایین دست شیب منطقه بوده و تمامی آب‌های منطقه از این نقطه عبور می‌کنند، آخرین محل نمونه برداری است، مقدار جیوه در اردیبهشت ماه ۱۷۵,۰ میکروگرم در لیتر، در مرداد ماه ۳۱,۷

در نمودارهای ستونی ترسیم شدند. استاندارد استناد شده حداکثر میزان عنصر آرسنیک، بر اساس استاندارد ملی ایران پنجاه میکروگرم در لیتر و بر اساس استاندارد سازمان بهداشت جهانی (WHO) ده میکروگرم در لیتر می باشد. با توجه به شکل ها مشخص می شود که محل نمونه برداری پایین دست معدن زرشوران (B) در شمال منطقه و بالادست شیب قرار دارد و با توجه به نمودارهای ستونی ونقشه های پراکنش، مقدار آرسنیک در اردیبهشت ماه ۷۱،۰ میکروگرم در لیتر، در مرداد ماه ۳۷۴،۰ میکروگرم در لیتر، در آبان ماه ۱۸۰۰،۰ میکروگرم در لیتر و در بهمن ماه صفر است. مشاهده می شود که در تمام فصول سال مقدار آرسنیک بالاتر از حداکثر مقدار مجاز آن می باشد که علت را می توان انحلال کانی های رالگار و اورپیمنت و سنگ های حاوی آرسنیک و ورود آن به آب های منطقه دانست.

نقاط نمونه برداری در تمام فصول سال آلودگی به جیوه را نشان می دهد که علت هم به دلیل وجود جیوه در سنگ ها و کانی های منطقه و همچنین متاثر از کارخانه های فراوری در منطقه می باشد. این عنصر که دارای ماهیت سمی است به دو گونه سه و پنج ظرفیتی (آرسنید و آرسنات) در محیط آب یافت می شود (اکسید سه ظرفیتی آن خطرناکتر از ترکیبات پنج ظرفیتی است و ترکیبات معدنی از ترکیبات آلی خطرناکتر می باشد)، سمی بودن آرسنیک به شرایط فیزیوشیمیایی، راه ورود به بدن، اندازه و مدت همبری آن با بدن، رژیم غذایی، سن، جنس فرد و نیز تجمع این ترکیبات دریافت بستگی دارد (McConell, 1999). بنابر نتایج بدست آمده از آنالیز عنصر آرسنیک در ۱۶ نمونه آب از منطقه مورد مطالعه و تجزیه تحلیل آن ها با استفاده از نرم افزار Arc Gis نقشه پراکنش میزان آرسنیک در شکل های (۸، ۹، ۱۰ و ۱۱) و همچنین



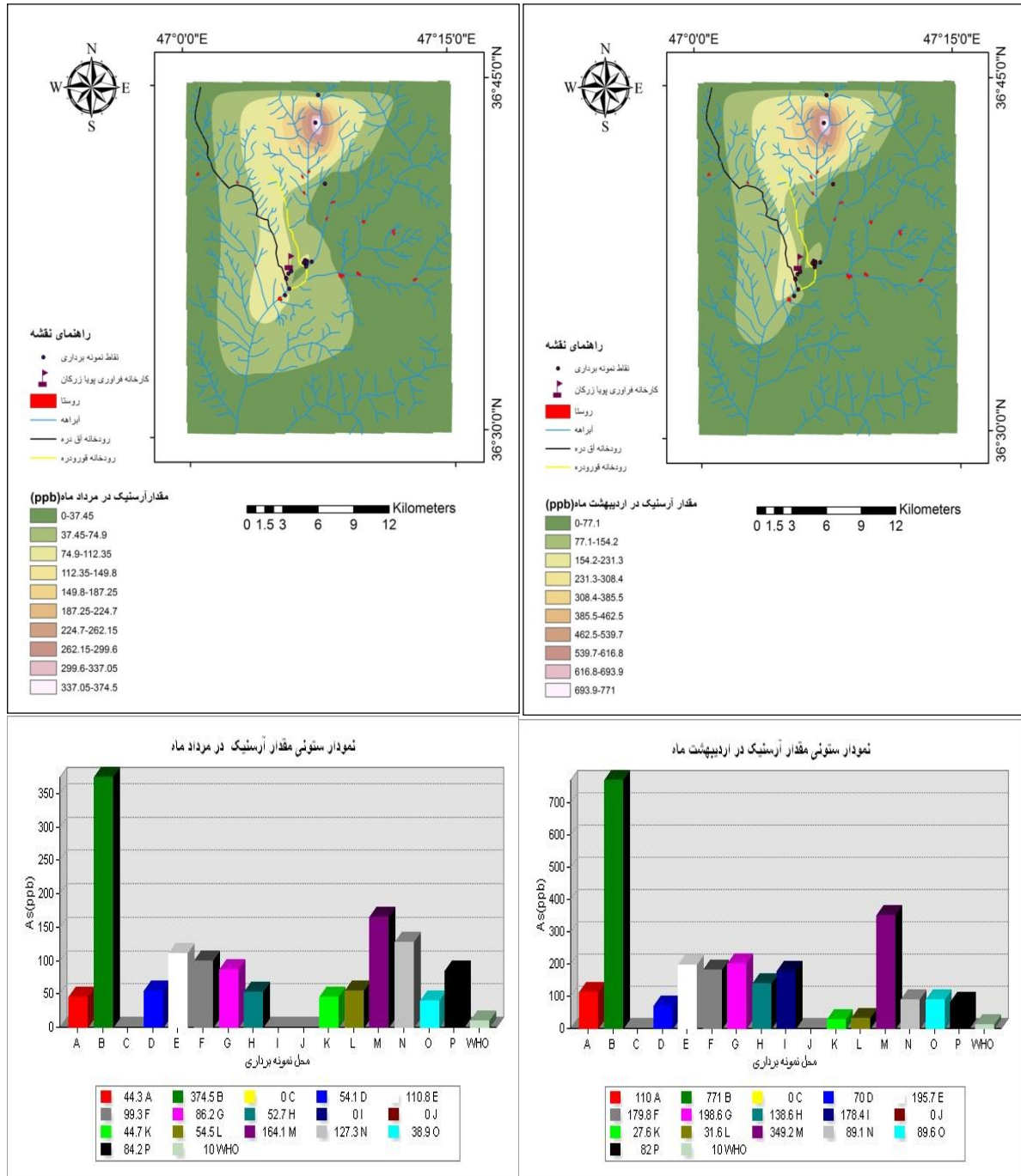


لیتر و مقدار چشمه نشتی اول (M) برابر با ۲۴۴,۳ میکرو گرم در لیتر و هم چنین در بهمن ماه مقدار چاه پیژومتری اول (E) مساوی با ۲۱,۰ میکروگرم در لیتر و مقدار چشمه نشتی اول (M) مساوی با ۵۷,۰ میکروگرم در لیتر می باشد. با توجه به این مقادیر روشن می شود که کارخانه های فراوری با رها سازی پسماندها و باطله ها در اطراف و سد باطله سهم عمده ای در آلوده سازی آب های منطقه به آرسنیک داشته اند. پل روستای شیر مرد (P) آخرین محل نمونه برداری و پایین دست شیب منطقه که تمامی آب های منطقه در نهایت از این نقطه عبور می کنند، در اردیبهشت ماه دارای مقدار ۸۲,۰ میکروگرم در لیتر در مرداد ماه ۸۴,۲ میکروگرم در لیتر در آبان ماه و در بهمن ماه ۷۱,۰ میکروگرم در لیتر را نشان می دهد. که

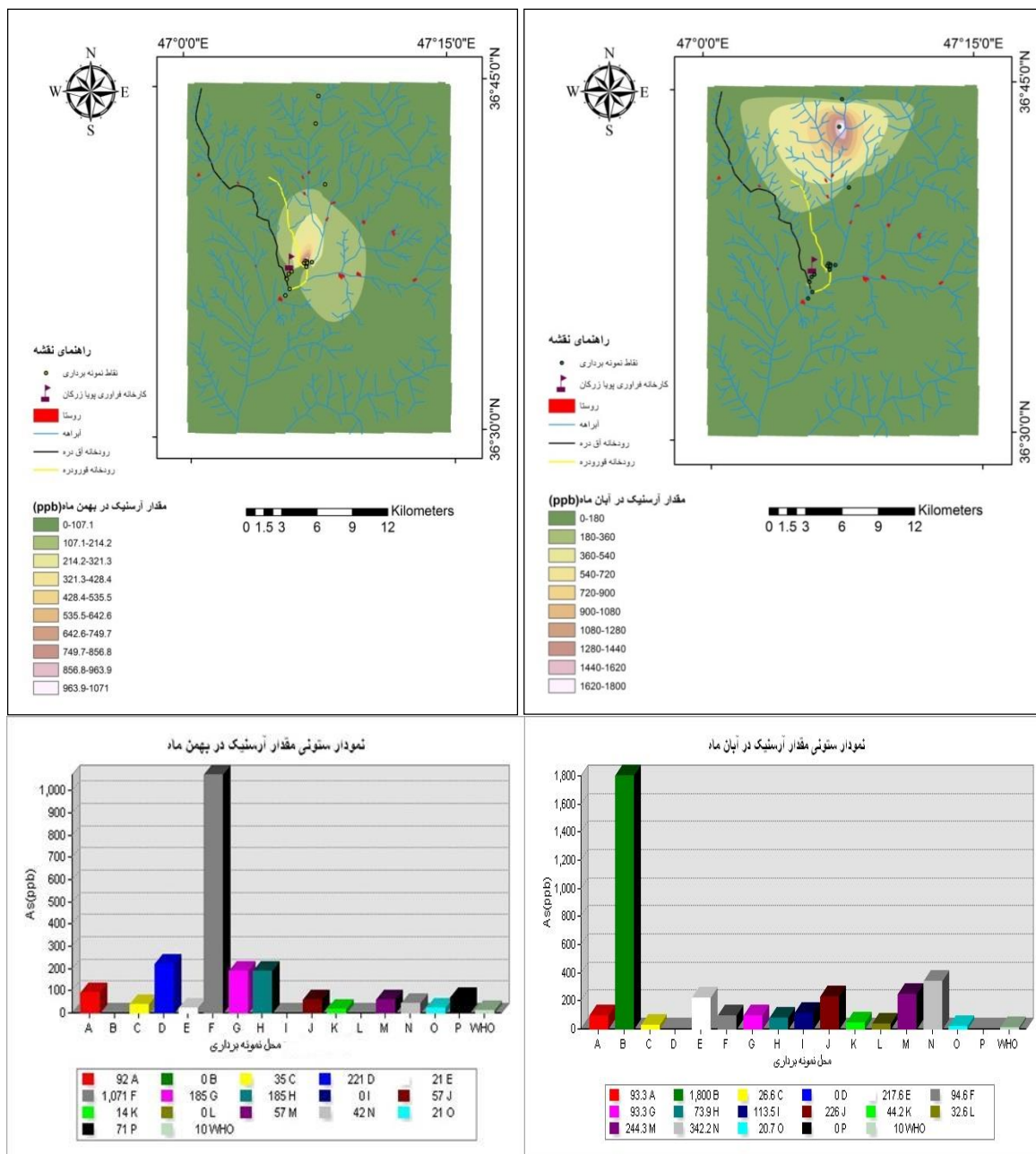
با توجه دقیق تر می توان دریافت که در مواقع پرآبی (اردیبهشت و آبان) مقدار آرسنیک به ترتیب ۷۷۱,۰ و ۱۸۰۰,۰ میکروگرم در لیتر بوده که این مقادیر بسیار بیشتر از حداکثر مقدار مجاز آرسنیک می باشند و علت به دلیل معدن کاری در آن محل و اثر آب های سطحی و زیر زمینی در انحلال و پراکنش در آب های اطراف و در نتیجه آلودگی می باشد. در محدوده کارخانه های فراوری برای مثال محل نمونه برداری چاه پیژومتری اول (E) و چشمه نشتی اول (M) در اردیبهشت ماه به ترتیب ۱۹۵,۷ و ۳۴۹,۲ میکرو گرم در لیتر، در مرداد ماه نیز چاه پیژومتری اول (E) ۱۱۰,۸ میکروگرم در لیتر و چشمه نشتی اول (M) ۱۶۴,۱ میکروگرم در لیتر را نشان می دهند و در آبان ماه مقدار چاه پیژومتری اول (E) برابر با ۲۱۷,۶ میکروگرم در

سنگین است (Fredrick, et al., 2010). در نهایت می توان به این نتیجه رسید که آلودگی به آرسنیک در منطقه هم منشا طبیعی، که در اثر انحلال کانی ها و سنگ های حاوی آرسنیک منطقه می باشد و همچنین منشا مصنوعی که حاصل فعالیت های کارخانه های فراوری منطقه است دارد.

می توان نتیجه گرفت در تمامی فصول سال آلودگی به آرسنیک وجود دارد. در غرب کشور غنا مطالعات مشابهی در رابطه با آلودگی فلزات سنگین در منطقه معدنکاری، جهت تفسیر داده های آب سطحی و زیر زمینی انجام گرفته است که نشان دهنده آلودگی در منطقه به فلزات



شکل (۸) نقشه پراکنش و نمودار ستونی مقدار آرسنیک در اردیبهشت ماه ۱۳۹۴ شکل (۹) نقشه پراکنش و نمودار ستونی مقدار آرسنیک در مرداد ماه ۱۳۹۴



نتیجه گیری

باعث افزایش حلالیت و پراکنش در آبهای منطقه شده و آلودگی ایجاد نموده است که علت اصلی آن دفع نادرست باطله‌ها می‌باشد. علی‌رغم وجود سد باطله در کارخانه فراوری پویا زرکان نشستی آب به دلیل مهندسی نبودن و همچنین نداشتن ژئوممبران جهت جلوگیری از ورود آلودگی به آبهای منطقه شده است. با توجه به اینکه در اغلب نقاط نمونه برداری، بویژه آرسنیک بیشتر از حداکثر مجاز سازمان بهداشت جهانی می‌باشد، لذا آبهای منطقه

با توجه به مطالب ارائه شده و مقایسه نتایج با استانداردها، مطالعات پیشین، آنالیزهای انجام شده از آبهای منطقه و همچنین بررسی آن‌ها با نرم افزار Arc Gis، روشن می‌شود که فلزات آرسنیک و جیوه به طور طبیعی در آبهای منطقه زرشوران تکاب وجود دارد، چرا که مقدار آنها دورتر از مناطق فراوری و کارخانه‌ها بسیار بیشتر از مقدار مجاز می‌باشد. از طرف دیگر معدن‌کاری و فراوری در سالیان گذشته بدون رعایت استانداردهای زیست محیطی

Multivariate Statistical Analysis, Journal of Environmental Statistics, Vol. 1, Issue 4

-Hofmann, T., Schuwirth, N., (2008), Zn and Pb release of Sphalerite (ZnS)-bearing mine, waste tailings, Journal of soils and sediments, Vol 8, NO 6, 433-441

-McConnell, J. W., (1999).- Geochemical Mapping Employment high-Density Lake sediment and water sampling in central Labrador (N.T.S.13N/2, 3, 6 and 7), Newfoundland department of mines and energy, Geological Survey Branch, Open File 13N/0084. 74p.

-More,F., Agazadrh asl dinabad,A., Piruznia,N., Behrouz.M., (2010), Assessment danger, solution, bioavailability , potentially toxic elements in sediments of Soungun mining area, 14th Congress of Iran geology society and 28th conference of earth science, Urmia university

-Nabais J.V., Carrott P.J.M., Ribeiro Carrott M.M.L., Belchior M., Boavida D., Diall T. and Gulyurtlu I., (2006), Mercury removal from aqueous solution and flue gas by adsorption on activated carbon fibres., Applied Surface Science.,252, 6046– 6052

-Najafi,M; Yarahmadi Bafghi,A; (2011), Safety audit and risk of tailing dams, 8th Congress on Safety, Health and Environment in Mines and Related Industries

-Rahimsoori, Y., Yagoubpour, A., Alipour, S., (2010), Source minerals and rocks of potentially toxic elements As, Sb and Hg related to water, river-bed sediments and soil pollution in the Aq-Darreh river watershed, Takab, NW Iran, 14th Congress of Iran geology society and 28th conference of earth science, Urmia university

-Rafiei, B., Bakhtiari Nejad, M., Hashemi, M. and Khodaei, A . S., (2010), Distribution of Heavy Metals around the Dashkasan Au Mine, Int. J. Environ. Res., 4(4):647-654

-Stafilov, T., Sajn, R., Pancevski, Z., Boev, B., (2010), Heavy metal contamination of top soils around a lead and zinc smelter in the Republic of Macedonia. Journal of Hazardous Materials, 175, 896-914

مورد مطالعه قابلیت شرب و کشاورزی ندارند و می‌تواند اکوسیستم منطقه را کاملاً تحت تاثیر قرار دهد و همچنین باعث امراض تنفسی و پوستی در انسان و حیوانات منطقه شود. بارش‌های جوی در منطقه نیز سهم بسزایی در حلالیت و ورود فلزات سنگین آرسنیک و جیوه به آب‌های منطقه دارد. نقاط نمونه برداری K,L,M,N که پشت سد باطله کارخانه فراوری پویا زرکان می‌باشد در تمام فصول سال آلودگی نشان می‌دهد که می‌توان نتیجه گرفت باطله‌های رها شده در سد و همچنین اطراف معادن توان آلاینده‌گی بالایی دارند. از میان دو فلز سنگین اندازه گیری شده در این تحقیق، آلودگی به هر دو فلز به میزان بسیار بالا وجود دارد.

منابع

- داودی فرم؛ فرقانی تهرانی،گ:(۱۳۹۰)، توزیع عناصر سرب، روی، آنتیموان، کادمیوم و آرسنیک در منطقه معدنی ایرانکوه، مقالات سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور، سی‌امین گردهمایی علوم زمین
- اطلاعات سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور،(۱۳۷۹)

-Babakhani, A; Galamgash, J; (1995), Takhtesoleyman 1:100000 geology map,
-Dove, P.M, and Rimstidt, J.D., 1985, The solubility and srability of scorodite, FeAsO₄·2H₂O. American Mineralogist, 70, 838-844
-Davoodifard, M; Forgani Tehrani,G;2011, Study environmental effect of mine wastes, Geological Survey & Mineral Explorations of Iran, 30th Symposium of Geosciences
-Fredrick Ato,A., Samuel,O., David Oscar, Y., Alex Nii Moi, P., Akoto, B., (2010), Mining and Heavy Metal Pollution: Assessment of Aquatic Environments in Tarkwa (Ghana) using

Study effects of mining and gold extraction on amount of water contamination to As and Hg in Zarshoran area of Takab

Behnam Abbasi^{1*}, Ramin Maleki², Hosein Pirkharrati³

1. Department of geology, faculty of science, urmia university

2. Research Department of Analytical Chemistry, Iranian Academic Center for Education, Culture and Research (ACECR), Urmia, Iran

3. Department of geology, faculty of science, urmia university

Abstract

In this study, seepage of heavy metals, As and Hg due to activities such as mining, ore transportation, gold refining that lead enter into ground and surface waters in Zarshoran area of Takab (south of west Azerbaijan province in Iran) were investigated. The sampling sites (n=16) selected around three different gold extraction factories and also out of industrial areas. Water samples were collected from wells, rivers and springs in polyethylene bottles according to standard methods in the mid of every season (2015). Samples of Hg acidified with 5ml Nitric acid and As samples acidified with 5ml Hcl and kept at 4⁰c and transferred to laboratory. As and Hg analysis respectively determined by using atomic absorption spectrophotometer at hydride generation mode and cold vapor analyzer. Studies on gold ore deposits in Zarshoran area of Takab indicate that As and Hg exist in minerals of studied area. The obtained results show that the concentration of As in the studied area is higher than the standard level allowed for drinking water by world health organization and it is related to the geochemical composition of the soil in studied area. Also it was found that, the concentrations of Hg in surface waters decreases with distance from the industrial area so it means that, the gold ore processing had positive effect on solubility of the toxic heavy metals.

Keywords: Mining, Gold extraction, Water contamination, Takab.