فصلنامه علوم محیطی، دوره چهاردهم، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۵

۱۸۷-۲۰۰

بررسی تأثیر کانسار مس- مولیبدن پورفیری هفت‌چشمه (ورزقان) بر سلامتی زیستمندان منطقه حفاظت‌شده ارسباران

خدیجه پوررنجبری، عبدالرضا واعظی هیر* و محمدرضا حسین زاده

گروه علوم زمین، دانشکده علوم طبیعی، دانشگاه تبریز

تاریخ دریافت: ۹۴/۱۰/۹ تاریخ پذیرش: ۹۵/۷/۲۰

پوررنجبری، خ.، ع.ر. واعظی-هیر و م.ر. حسین زاده. ۱۳۹۵. بررسی تأثیر کانسار مس - مولیبدن پورفیری هفت چشمه)ورزقان (بر سلامتی زیستمندان منطقه حفاظت شده ارسباران. فصلنامه علوم محیطی. ۱۴(۳): ۲۰۰-۱۸۷.

سابقه و هدف: کانسار مس- مولیبدن پورفیری هفت‌چشمه در ۲۸ کیلومتری شمال شهر ورزقان در استان آذربایجان شرقی در جنگل‌های ارسباران واقع شده است. آب سطحی و زیرزمینی موجود در منطقه از میان توده کانساری عبور کرده و ممکن است فلزات سنگین و سمی را به وسیله واکنش‌های شیمیایی از توده حل کند و با خود ببردو به مرور زمان باعث به خطر افتادن گونه‌های گیاهی و موجودات زنده جنگل ارسباران شود. با توجه به اینکه هنوز عملیات بهره‌برداری در منطقه صورت نگرفته هدف از این پژوهش بررسی تأثیر ماده معدنی بر افزایش غلظت عناصر آلاینده در آب‌های سطحی و زیرزمینی و تأثیر این آلودگی بر زیستمندان (انسان، گیاه و جانور) منطقه است.

مواد و روش: برای بررسی تأثیر این کانسار بر سلامتی زیستمندان منطقه (انسان، گیاه و جانور) ۲۴ نمونه از آب‌های سطحی و زیرزمینی خارج‌شده از این کانسار و مناطق مجاور، جمع‌آوری و برای اندازه‌گیری برخی پارامترهای شیمیایی و غلظت فلزات Pb, Mo, Cu و Zn به آزمایشگاه منتقل شد.

نتایج و بحث: غلظت فلزات سنگین حاصل از آنالیز آب سطحی و زیرزمینی هفت‌چشمه نسبت به حد مجاز توصیه‌شده توسط سازمان‌های بین‌المللی و نیز تحقیقات انجام‌شده برای جانداران آبزی، حیات‌وحش، گیاهان و ساکنان مقایسه و تجزیه‌وتحلیل شد. بررسی‌ها نشان داد که تحت تأثیر کانسار هفت‌چشمه، غلظت مولیبدن در نزدیک توده کانسار نسبت به حد استانداردهای EEC, EPA و WHO و غلظت سرب تمام نمونه‌ها نسبت به حد استاندارد EPA و غلظت روی و مس نسبت به حد استاندارد EEC بالا بوده و برای ساکنان منطقه خطرناک است. مقایسه غلظت عناصر نسبت به استانداردهای تعیین‌شده برای جانداران و گیاهان از جمله درخت بلوط و گیاهان کشاورزی نیز نشان داد که این عناصر در منابع آب سطحی و زیرزمینی مجاور کانسار بالاتر از حد مجاز استاندارد بوده و می‌تواند برای زیستمندان منطقه خطرناک باشد اما با دور شدن از کانسار از غلظت آنها کاسته می‌شود. به‌طوری که بیشتر نمونه ها دارای غلظت بالایی از مس و سرب بوده و برای آبزیان منطقه مضر است. از نظر خطر برای سلامت ساکنان منطقه، غلظت روی و مس پایین‌تر از استاندارد WHO است ولی غلظت مولیبدن و سرب در برخی نمونه‌های نزدیک به توده معدنی بالاتر از این استاندارد است. بر اساس استاندارد FAO غلظت مس در یک ایستگاه بالاتر از حد استاندارد لازم برای حیات‌وحش بوده ولی در سایر ایستگاه‌ها غلظت مناسب است. از نظر غلظت سرب و روی و منیزیم نیز در شرایط فعلی خطری متوجه حیات‌وحش منطقه نخواهد بود.

نتیجه‌گیری: این پژوهش نشان داد که کانسار مس-مولیبدن پورفیری هفت‌چشمه از عوامل مهم و تأثیرگذار بر کیفیت آب سطحی و زیرزمینی منطقه است که از تأثیرات آن کاهش pH و افزایش غلظت عناصر سنگین در رودخانه مجاور توده شده است که در صورت

* Corresponding Author. *E-mail Address*: r.vaezi@tabrizu.ac.ir

معدن‌کاری بدون رعایت اصول زیست‌محیطی می تواند به مرور زمان باعث از بین رفتن گونه‌های گیاهی جنگل ارسباران و به خطر افتادن موجودات زنده شود. مقایسه غلظت‌های فلزات سنگین حاصل از آنالیز آب‌های سطحی و زیرزمینی با استانداردهای جهانی و نیز تحقیقات انجام‌شده برای جانداران آبزی، حیات‌وحش، گیاهان و ساکنان نشان داد که بیشتر نمونه‌های نزدیک به توده کانساری دارای عناصر سنگین بیش از حد مجاز است و این برای سلامتی انسان، زیستمندان و گیاهان نادر منطقه ارسباران خطرناک است اما با دور شدن از کانسار از غلظت آنها کاسته می‌شود. بنابراین پیش از بهره‌برداری از کانسار هفت‌چشمه بایستی بررسی‌های مربوط به اثرات زیست‌محیطی بهره‌برداری از این کانسار (EIA) انجام و به دلیل قرار گرفتن آن در منطقه حفاظت‌شده ارسباران از تکنیک‌های متفاوتی برای بهره‌برداری استفاده شود.

واژه‌های کلیدی: کانسار مس ـ مولیبدن، استاندارد محیط زیست، فلزات سنگین، معدن هفت‌چشمه، ورزقان.

مقدمه

در قرن حاضر میزان ورود مواد شیمیایی به محیط از طریق فعالیت‌های صنعتی، کشاورزی، حمل‌ونقل، فاضلاب‌ها و سایر فعالیت‌های انسان به‌طور تأسف‌باری افزایش یافته است. مواد شیمیایی بعد از ورود به محیط ممکن است توسط جابجایی هوا و جریان آب، به‌طور وسیعی انتشار یابند و بر سلامتی زیستمندان اثر بگذارند. در میان عناصر موجود در طبیعت، عناصر سمی اثرات مخربی بر آلودگی محیط زیست دارند و عوارض جبران‌ناپذیری در طبیعت ایجاد می‌کنند. به‌طور کلی عناصر سمی دارای دو منشأ زمین‌زاد (ژئوژنیک) و انسان‌زاد (آنتروپوژنیک حاصل عملیات معدن‌کاری و فعالیت‌های صنعتی و کشاورزی) هستند. عناصر زمین‌زاد بر اثر واکنش‌های ژئوشیمیایی طبیعی و فعالیت‌های انسانی، از لیتولوژی منطقه وارد خاک و در نهایت وارد آب شده و سبب آلودگی محیط زیست می‌شود و به‌طور مستقیم و غیرمستقیم بر سلامتی انسان و سایر زیستمندان اثر می‌گذارند (Meson, 1917). وجود عناصر به حجم و اندازه سنگ‌ها و کانی‌های موجود در منطقه وابسته است (Selinus *et al*., 2005). عناصری مانند روی، مولیبدن، مس، منگنز، سدیم، پتاسیم، کلسیم، کبالت و آهن در غلظت‌های کم برای برخی سیستم‌های زنده ضروری و در غلظت‌های زیاد، بسیار سمی هستند. فلزات سنگین و شبه فلزاتی همچون کادمیوم، سرب، جیوه، نیکل، کروم و آرسنیک بسیار سمی هستند. به‌طور کلی سمیت فلزات به واسطه فاکتورهای شیمیایی آب شامل غلظت اکسیژن، سختی، دما و pH آب تغییر می‌کند. دمای بالا سبب افزایش سمیت فلز می‌شود. افزایش سختی، قلیائیت و ترکیبات آلی می‌توانند سبب کاهش کشندگی حاد ناشی از مسمومیت فلزات شود (Bodek *et al*., 1988). معمولاً یک ماده شیمیایی، تنها در صورتی آلاینده محسوب می‌شود که اثرات محیطی داشته باشد. اثر محیطی مواد شیمیایی به غلظت آنها در محیط و یا میزان دریافت و تجمع‌شان توسط موجود زنده بستگی دارد. میزان دریافت آلاینده‌ها تا حد زیادی به غلظت آلاینده در محیط و مدتی که در معرض آن قرار می‌گیرد بستگی دارد. گونه‌های مختلف گیاهی، عکس‌العمل و میزان حساسیت متفاوتی نسبت به آلاینده‌ها دارند. وقتی غلظت آلاینده به حد کافی زیاد باشد ممکن است باعث نابودی گیاه شود ولی در غلظت‌های پایین‌تر، گیاه قادر به ادامه حیات است اما اعمال حیاتی آن دچار اختلال می‌شوند. مثلاً ممکن است میزان فتوسنتزکاهش یابد، کنترل تعرق از بین برود و یا فعالیت ریشه کم شود (Adeniji, 2004).

به علت قرارگیری کانسار در معرض هوا (اکسیداسیون)، فرسایش و عوامل مختلف به مرور زمان اثرات زیست‌محیطی آن افزایش می‌یابد و باعث آلودگی منطقه می‌شود. در مناطق معدنی یا دارای توده کانساری، اکسیداسیون کانی‌های سولفیدی باعث تولید آب‌های اسیدی با مقادیر بالای فلزات سمی و سولفات می‌شوند. این آب‌های اسیدی باعث انحلال فلزات سنگین و عناصر بالقوه سمی و ورود آنها به آب‌های سطحی و زیرزمینی هستند. در نتیجه آب‌های آلوده به فلزات سنگین باعث آلوده شدن خاک، گیاهان، جانوران آبزی و خشکی‌زی و در نهایت انسان می‌شود (Keskin and Toptaş, 2012). میزان آلودگی حاصل از فرسایش سازندها در منطقه معدنی انگوران در استان زنجان را بررسی کردند. مشاهده آنها نشان می‌دهدکه برخی سازندها نظیر سازند قم و سازند قرمز بالایی و پایینی پتانسیل ایجاد آلودگی را ندارند ولی در مقابل برخی دیگر توانایی آلایندگی بالایی را از خود نشان می‌دهند. یکی از سازندهای آلاینده کانسار سرب و روی انگوران به قدمت پرکامبرین است (Sharyati *et al*., 2010). بررسی‌های محیط زیستی معدن روی و سرب نشان می‌دهد که میزان آلودگی عناصر سنگین (سرب و روی) در کانسار انگوران نسبت به

سایر مناطق در حد بالایی بوده و رابطه معکوس بین فاصله از کانسار و میزان آلودگی مشاهده می‌شود. آلودگی‌ها در سایر مناطق اندک بوده و تأثیر آن در حد ایجاد تغییرات جزئی در کیفیت آب‌های سطحی است (Gadimi and Mogimi,2012). جنگل‌های ارسباران منطقه‌ای حفاظت‌شده است که در شمال استان آذربایجان شرقی، از جنوب اهر تا رود ارس گسترده شده است. یونسکو آن را به‌عنوان منطقه‌ای حفاظتی و ذخیره‌گاه بیوسفر (ژنتیکی) در کره زمین معرفی کرده است. ناحیه جنگلی ارسباران با داشتن ۸ درصد از سطح کل کشور، بیش از ۱۰ درصد گونه‌های گیاهی را داراست که این گونه‌های گیاهی شامل: بلوط اوری، بلوط سفید، ممرز، گیلاس وحشی، زبان گنجشک، ذغال اخته، قارچ، کرب، کرکو، کیکم، سرخدار، بارانک، داغداغان، آردوج، سماق، بنه، تیس، ملچ، اوجا، قره غات، ال، پر و افرا است. همچنین در پارک ملی ارسباران ۲۲۰ گونه پرنده، ۳۸ گونه خزنده، پنج گونه دوزیست، ۴۸گونه پستاندار (نظیر کل و بز، گراز، خرس قهوه‌ای، گوزن، آهو، گرگ، سیاه‌گوش و پلنگ) و ۲۲ گونه ماهی شناخته شده است. منطقه هفت‌چشمه دارای کانسار مس-مولیبدن پورفیری است که در جنگل های ارسباران قرار گرفته است.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد بررسی

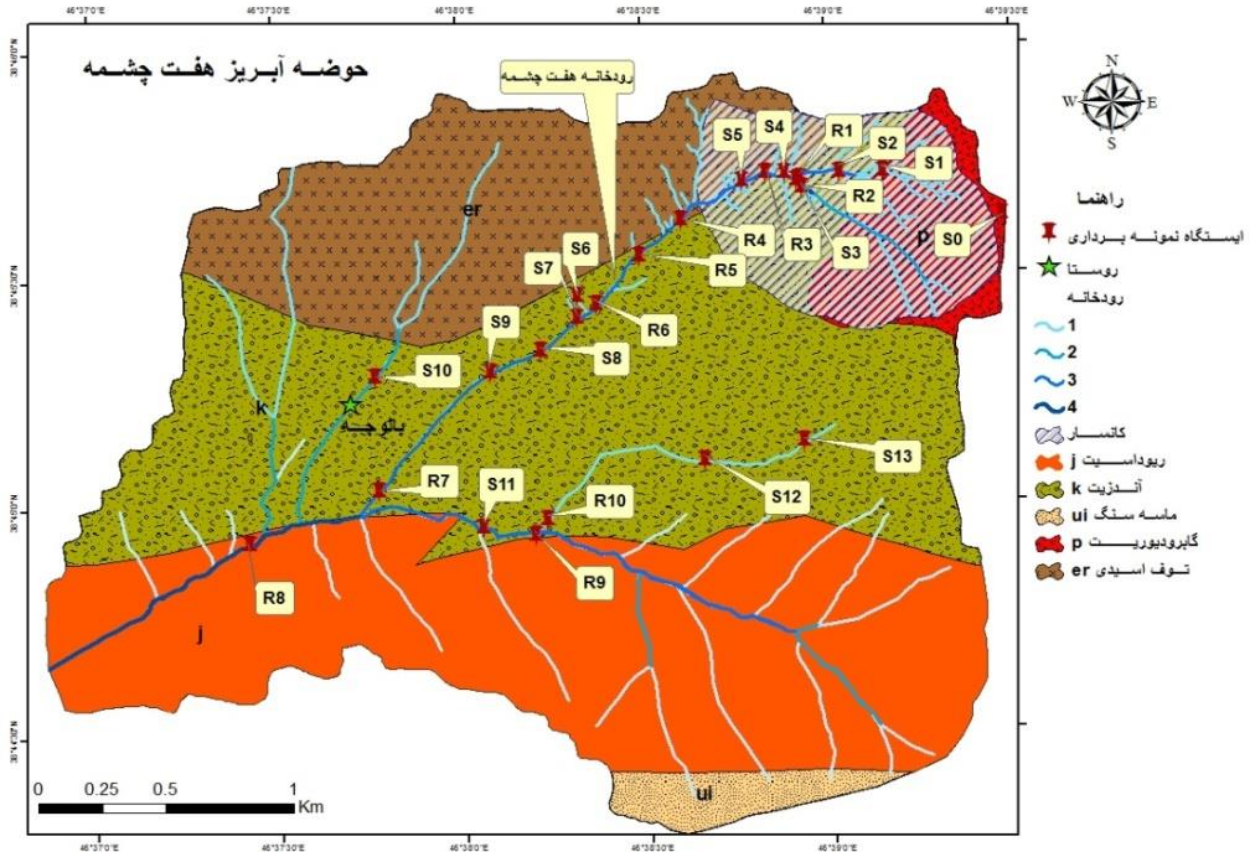
منطقه هفت‌چشمه در ۲۸ کیلومتری شمال ورزقان و ۷ کیلومتری شمال غرب معدن مس سونگون در استان آذربایجان شرقی واقع شده است. برای دسترسی به محدوده پس از طی ۲۵ کیلومتر از ورزقان به سمت معدن سونگون در نزدیکی معدن، جاده‌ای خاکی به سمت شمال غرب منشعب می‌شود. این جاده به طول ۱۷ کیلومتر است که پس از گذر از روستای خوینه‌رود و قلعه تاریخی آغچه قلعه‌سی نهایتاً به روستای طویل در شمال شرق محدوده منتهی می‌شود. بر اساس داده‌های ایستگاه هواشناسی اهر، میانگین بارش سالانه در این منطقه حدود ۲۸۰/۷ میلی‌متر و حداقل و حداکثر درجه حرارت به ترتیب ۱۹- درجه سانتی‌گراد در بهمن ماه و ۳۶+ درجه سانتی‌گراد در تیر ماه است. بخش عمده محدوده، کوهستانی با توپوگرافی خشن، صعب‌العبور و دارای دره‌های عمیق است. این منطقه بر روی رشته کوه‌های قره‌داغ و ارسباران قرار گرفته است (شکل ۱). پوشش گیاهی در منطقه شامل بخش‌های جنگلی با پوشش متراکم از درختان جنگلی مانند بلوط و میوه‌های جنگلی (آلو، زالزالک، زرشک و...) و همچنین بخش‌های مرتعی است (Alipour *et al*., 2014).

شکل۱- موقعیت منطقه هفت‌چشمه در جنگل‌های ارسباران.

Fig. 1- Location of Haftcheshmeh area in Arasbaran forest region.

واحدهای سنگی در محدوده هفت‌چشمه بر اساس نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ ورزقان به‌طور کلی شامل سنگ‌های آذرین نفوذی الیگومیوسن و مقادیر اندکی سنگ‌های ولکانیکی هستند (شکل۲). بررسی‌های سنگ‌شناسی، دگرسانی و کانی‌سازی توسط علی‌پور و حسن‌پور (Alipour *et al*., 2014; Hassanpour *et al*., 2011) و همچنین اکتشافات ژئوشیمیایی به وسیله وثوق‌زاده و آزرم (Vosugzadeh and Tadayoneslami, 1974) در این منطقه صورت گرفته است. واحدهای سنگی ولکانیکی مربوط به کرتاسه بوده و شامل ایگنمبریت و

پیروکلاستیک هستند که به‌عنوان سنگ در برگیرنده توده‌های نفوذی الیگومیوسن هستند. تمامی توده‌های پورفیری موجود در محدوده مورد بررسی حاوی مجموعه‌ای از کانی‌های سولفیدی (مولیبدنیت، پیریت، کالکوپیریت، بورنیت، گالن، اسفالریت و کوولیت)، اکسیدی و هیدروکسیدی (مگنتیت، هماتیت و گوتیت)، سولفوسالتی (انارژیت) و کانی‌های کربناته (مالاکیت و آزوریت) هستند (Alipour *et al*., 2014). مساحت حوضه آبریز هفت‌چشمه، حدود ۷ کیلومترمربع است که آبراهه اصلی (شمالی) منطقه با طول ۲/۸۰ کیلومتر از محدوده توده کانساری سرچشمه می‌گیرد و پس از عبور از حاشیه روستای بالوجه به آبراهه دیگری از شرق منطقه پیوسته و پس از طی حدود ۲۲ کیلومتر در نهایت به رودخانه ارس می‌ریزد (شکل۲). اهالی این منطقه از آب سطحی آبراهه شمالی و برخی چشمه‌ها به‌عنوان آب آشامیدنی استفاده می‌کنند. اکتشاف ذخیره هفت‌چشمه نشان‌دهنده وجود کانسار مس-مولیبدن پورفیری است که به دلیل قرارگیری این کانسار در مرتفع‌ترین نقطه حوضه، آلودگی منابع آب سطحی و زیرزمینی منطقه بسیار محتمل است. هدف از این پژوهش بررسی تأثیر ماده معدنی بر افزایش غلظت عناصر آلاینده در آب‌های سطحی و زیرزمینی و تأثیر این آلودگی بر زیستمندان منطقه است.



شکل ۲-واحدهای سنگی منطقه و موقعیت ایستگاه‌های نمونه‌برداری (S آب زیرزمینی و R آب سطحی).

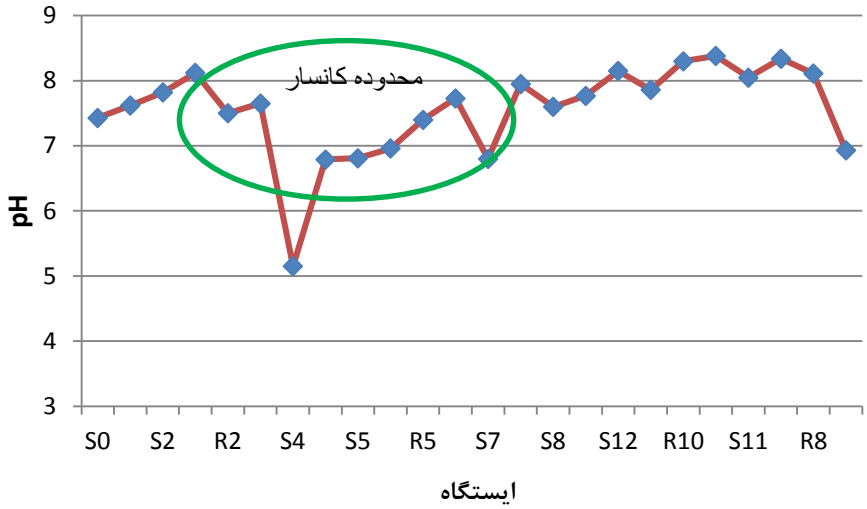
Fig. 2- Geological map of the area and location of sampling points (S groundwater and R surface water).

روش مطالعه

برای بررسی تأثیر کانسار هفت‌چشمه بر سلامتی زیستمندان منطقه، تعداد ۲۴ نمونه از منابع آب سطحی و زیرزمینی در خرداد ۱۳۹۴برداشت شد. شکل ۲ موقعیت ایستگاه‌های نمونه‌برداری را نشان می‌دهد. این نمونه‌برداری از آبراهه‌های شمالی و جنوبی این حوضه (شمال وجنوب توده معدنی) انجام شد. یک نمونه نیز به‌عنوان نمونه زمینه (S0) از بالادست کانسار که رابطه‌ای با کانسار نداشت برداشت شد. نمونه‌برداری در بطری‌های پلاستیکی (۱/۵ و ۰/۵ لیتر) صورت گرفت و پارامترهایی مانند EC, TDS وpH با استفاده از دستگاه‌های قابل‌حمل در محل اندازه‌گیری شد. نمونه‌ها با فیلتر سایز ۰/۴۵ میکرومتر صاف شده و برای جلوگیری از رسوب فلزات جهت آنالیز فلزات سنگین آنها، با استفاده از اسید نیتریک خالص، pH به کمتر از ۲ رسانده شد (Yazdi, 2003). سپس نمونه‌ها برای انجام آنالیز فلزات سنگین (Cu, Mo, Zn, Pb) به روش جذب اتمی کوره به آزمایشگاه ارسال شد.

نتایج و بحث

مقدار pH اندازه‌گیری‌شده مؤید تأثیر کانسار بر آب‌های سطحی و زیرزمینی منطقه هفت‌چشمه است. pH اندازه‌گیری‌شده در آبراهه شمالی کمتر از آبراهه جنوبی حوضه هفت‌چشمه است. کمترین pH مربوط به ایستگاه S4 است که چشمه‌ای است که از داخل توده خارج می‌شود (شکل۳). این کاهش pH را می‌توان ناشی از وجود کانی‌های سولفیدی مانند پیریت و کالکوپیریت در توده کانساری دانست. اکسایش کانی‌های سولفیدی باعث رهاسازی یون‌های H^+ در محلول می‌شود که با فاصله گرفتن از محدوده کانسار pH افزایش می‌یابد (Maynard, 1983).



شکل ۳- مقدار pH اندازه‌گیری‌شده آب سطحی و زیرزمینی برای منطقه مورد بررسی.
Fig. 3- pH values for surface and groundwater of the study area.

جدول ۱- استاندارد U.S.EPA برای جانداران آبزی (U.S.EPA, 2012).
Table 1. U.S.EPA standard for aquatic organisms (U.S.EPA, 2012).

آلاینده	آب شور (µg/l)		آب شیرین(µg/l)	
	غلظت مزمن	غلظت حاد	غلظت مزمن	غلظت حاد
مس	۳/۱	۴/۸	-	-
مولیبدن	۸/۲	۷۴	۵۲	۴۷۰
سرب	۸/۱	۲۱۰	۲/۵	۶۵
روی	۸۱	۹۰	۱۲۰	۱۲۰

تأثیر احتمالی آلاینده‌های معدنی بر جانداران آبزی:

سازمان غذا و کشاورزی سازمان ملل[1] حد مجاز مصرف سرب را ppm ۶-۰/۵، روی ppm ۱۰۰-۳۰ و مس ppm۱۰۰-۱۰ برای ماهی‌ها تعیین کرده است (FAO, 1994). جلبک‌ها می‌توانند غلظت سرب تا حد ppb ۲۰۰ و مس تاppb ۱۰ را تحمل کنند، غلظت‌های بالاتر باعث کاهش فتوسنتز و رشد و حتی از بین رفتن گونه‌های جلبک می‌شود (Bryan, 1992). همچنین مقدار ppb ۶۰ مس در آب باعث از بین رفتن حلزون می‌شود (Cheng, 1979). در کل NAS (1977) مقدار ppb ۲۰-۱۰ و سازمان بهداشت جهانی[2](WHO, 2011) مقدار ppm ۳ مس در آب را برای آبزیان خطرناک و سمی معرفی کرده است. موجودات آبزی در برابر مولیبدن پایدار هستند هرچند که تفاوت زیادی بین گونه‌های مختلف در انباشته کردن عناصر وجود دارد (Mcconnell, 1977). مقدار مولیبدن مجاز برای حشرات آبزی کمتر از ppb ۱ و برای جلبک سبز تا ppm ۵/۴ تعیین شده است که مقدار بالاتر از آن باعث کاهش رشد، تولیدمثل و حتی مرگ این موجودات می‌شود (Steeg, 1986). آخرین

استاندارد آلاینده‌های غیرآلی آژانس حفاظت محیط زیست ایالات متحده[3](U.S.EPA, 2012) برای جانداران آبزی در زیر فهرست شده است (جدول۱).

غلظت (Cu, Pb, Zn, Mo) نمونه‌های آب سطحی و زیرزمینی هفت‌چشمه نسبت به استاندارد (EPA) برای جانداران آبزی بررسی شد (شکل۵). نتایج نشان می‌دهد که غلظت مس تمام نمونه‌های آب به جز ایستگاه‌های S6, R4 و غلظت مولیبدن در ایستگاه‌های S1 و S5 بالاتر از استاندارد EPA برای جانداران آبزی است و با دور شدن از توده کانساری این غلظت و اثرات زیان‌بار آن کاهش می‌یابد. غلظت سرب در تمامی نمونه‌ها کمتر از حد استاندارد تعریف شده است. غلظت روی نیز در نمونه‌های (S0, S3, R3,S5, R4, R5,S6, R8, R6, S10وS13) کمتر از حد استاندارد و در بقیه نمونه‌ها بالاتر است و باعث مسمومیت و اثرات زیان‌بار بر موجودات آبزی این منطقه می‌شود. بر اساس این اطلاعات و نتایج داده‌های منطقه مقدار مس موجود در تمام نمونه‌ها برای جلبک‌ها و حلزون خطرناک و سمی است و مقدار مولیبدن موجود در ایستگاه‌های S1, S3, R3, S5, R4, S6 و R6 برای حشرات آبزی سمی است.

حداکثر مجاز مس موجود در آب برای جانداران آبزی وابسته به سختی آب است که این مقدار بر اساس رابطه ۱ به‌دست می‌آید (Jones, 1994):

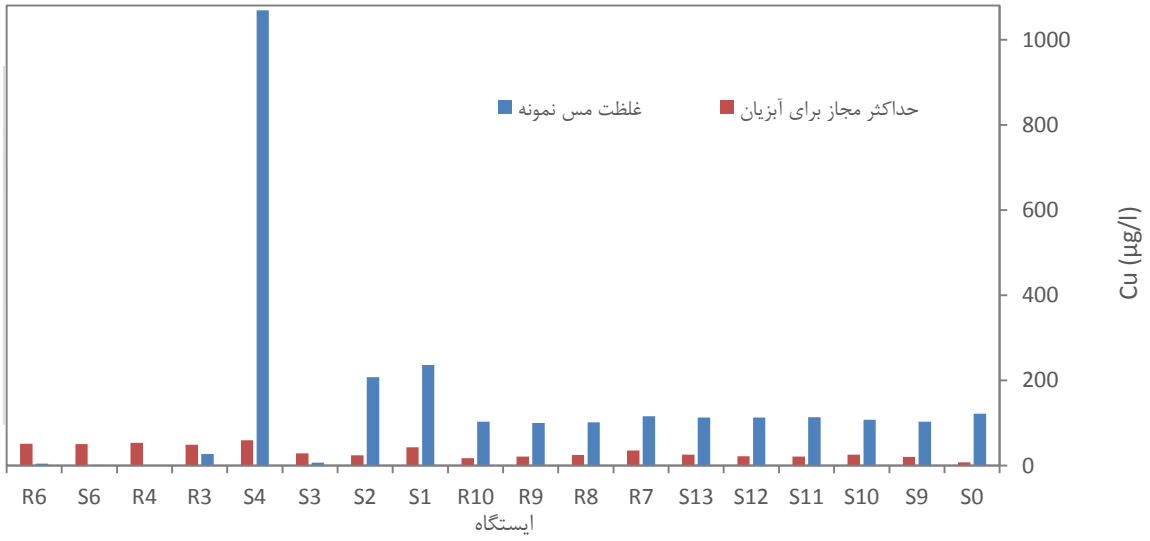
(۲ +mg/l سختی)۰/۰۹۴= حداکثر مجاز مس برای آبزیان

بنابراین حداکثر مجاز مس تمام ایستگاه‌ها مشخص و با داده‌های حاصل از غلظت مس هر ایستگاه مقایسه شد (جدول۲). نتایج نشان می‌دهد که آب تمامی ایستگاه‌ها به جز S3, R3, R4, S6 و R6 برای آبزیان منطقه سمی هستند (شکل۴). به‌طور کلی افزایش سختی می‌تواند سبب کاهش کشندگی حاد ناشی از مسمومیت فلزات شود.

جدول۲- حداکثر غلظت مجاز مس نمونه‌های آب سطحی و زیرزمینی هفت‌چشمه بر اساس سختی.

Table 2. The maximum allowable concentration of copper in surface and groundwater of the Haftcheshmeh area based on hardness of the samples.

ایستگاه	سختی (mg/l)	حداکثر غلظت مجاز مس(µg/l)
S0	۶۰	۸
S9	۱۹۴	۲۰
S10	۲۵۷	۲۶
S11	۲۰۴	۲۱
S12	۲۱۸	۲۲
S13	۲۵۷	۲۶
R7	۳۵۶	۳۵
R8	۲۴۳	۲۵
R9	۲۰۸	۲۱
R10	۱۶۸	۱۸
S1	۴۳۸	۴۳
S2	۲۳۹	۲۴
S3	۲۸۴	۲۸
S4	۶۱۷	۶۰
R3	۴۹۸	۴۹
R4	۵۴۸	۵۳
S6	۵۱۷	۵۱
R6	۵۲۸	۵۲



شکل ۴- مقایسه غلظت مس نمونه‌های آب سطحی و زیرزمینی منطقه با حداکثر مجاز مس برای آبزیان.

Fig. 3- Compare concentration of cupper surface and groundwater samples with the highest concentration of cupper for aquatic.

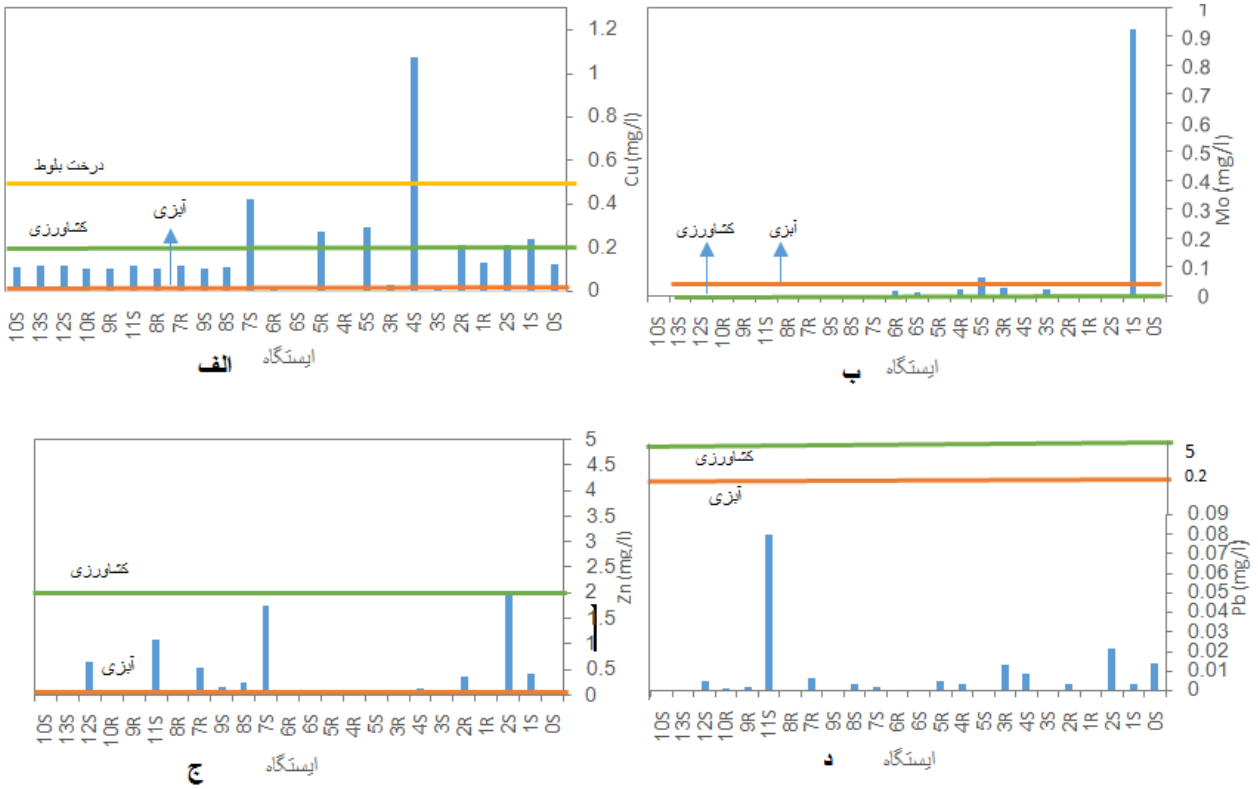
تأثیر احتمالی آلاینده‌های معدنی بر گیاهان منطقه

حد مجاز فلزات مس، مولیبدن، سرب و روی تعیین شده از طرف سازمان غذا و کشاورزی سازمان ملل متحد برای آب کشاورزی در جدول ۳ آمده است. بیشترین غلظت قابل‌قبول از مس در کشاورزی ۱۰۰میکروگرم بر لیتر است (EPA, 2012) طبق بررسی‌های Wisniewski (2003) درخت بلوط مس را تا غلظت ۰/۵ mg/L می‌تواند تحمل کند ولی مقدار بالاتر از آن مضر و باعث کاهش رشد ریشه درختان و یا از بین رفتن آنها می‌شود. بر اساس پژوهش دیگری مقدار روی معادل ۱۰۰ ppm برای گونه‌های گیاهی مانند بلوط و افرا خطرناک است (Eiser, 1989). در این بخش نتایج آنالیز نمونه‌ها با استانداردهای سازمان غذا و کشاورزی سازمان ملل مقایسه شد (شکل۵). غلظت مولیبدن نمونه‌های S1, S3, R4, R6, S5, R3نسبت به حد استاندارد FAO بالا است (شکل ۵ ب). غلظت مس نمونه‌های نزدیک کانسار (S1, S2, R2, S4, S5, R5) نسبت به این استاندارد بالا بوده و برای گیاهان مضر و باعث از بین رفتن آنها می‌شود اما با دور شدن از کانسار غلظت آن کاهش می‌یابد همچنین مقدار مس نمونه S4 بر اساس بررسی‌های Wisniewski (2003) برای درختان بلوط مضر و خطرناک است (شکل ۵ الف). در مورد روی فقط ایستگاه S2 نزدیک به حد استاندارد قرار دارد و غلظت سرب نیز مطابق استاندارد (FAO) مصرف کشاورزی است (شکل ۵ ج و د).

جدول۳- مقادیر استاندارد سازمان غذا و کشاورزی سازمان ملل متحد برای آب کشاورزی (FAO, 1994).

Table 3. Standards of Food and Agriculture Organization of United States for irrigation and animal husbanday water (FAO, 1994).

آلاینده	آب کشاورزی (mg/l)	آب آشامیدنی دام(mg/l)
مس	۰/۲	۰/۵
مولیبدن	۰/۰۱	-
سرب	۵	۰/۱
روی	۲	۲۴



شکل۵- مقایسه غلظت عناصر الف) مس، ب) مولیبدن، ج) روی، د) سرب در نمونه‌های آب سطحی و زیرزمینی هفت‌چشمه با استاندارد EPA برای جانداران آبزی و استاندارد FAO برای کشاورزی. حداکثر غلظت مجاز مس برای درخت بلوط در شکل الف نشان داده شده است.

Fig. 5- Comparing of the concentration of some metals a) copper, b) molybdenum, c) zinc, d) lead in surface and groundwater samples with EPA standard for aquatic organisms and FAO standard for agriculture water. Maximum allowable concentration of copper for irrigation of oak has been presented in (a).

تأثیر احتمالی آلاینده‌های معدنی بر حیات‌وحش منطقه

اثرات فلزات سنگین بر دام به شدت به غلظت آن در آب و خاک منطقه وابسته است. زمانی که خاک منطقه ای دارای غلظت بالایی از فلزات باشد، گیاه و آب آن منطقه را نیز آلوده می‌کند و حیوانات غلظت‌هایی از آن را جذب بدن خود خواهند کرد که بر سلامتی‌شان اثر سوء دارد. بالاترین سطح مولیبدن برای دام ppm ۱۰۰-۲۰ و برای گوزن و آهو ppm ۷۵۰۰-۵۰ است (Jones, 1994). Johnson (1987) غلظت بیش از ppm ۰/۳ مولیبدن و مس را برای حیوانات وحشی و اهلی خطرناک می‌داند. بر اساس این نمونه‌های S4, S5 و S7 دارای غلظت بالاتر از ppb ۳۰۰ است و آب این منابع برای حیات‌وحش مضر بوده و می‌تواند باعث آسیب به اندام‌های آنها شود. نمونه آب‌های برداشت‌شده از هفت‌چشمه با استاندارد سازمان غذا و کشاورزی سازمان ملل متحد(FAO) از نظر وجود مواد سمی در آب آشامیدنی دام بررسی شد (جدول ۳). نتایج نشان می‌دهد که غلظت مس در ایستگاه S4 بالاتر از حد استاندارد بوده و آب این ایستگاه از نظر آشامیدن برای دام مضر و خطرناک است اما غلظت سرب و روی نسبت به این استاندارد پایین است و دام این منطقه برای مدتی از خطرات این عناصر در آب آشامیدنی در امان هستند.

همچنین این نمونه‌ها از نظر غلظت منیزیم در آب شرب با استاندارد FAO روی انواع دام بررسی شد (جدول ۴). محدوده غلظت منیزیم mg/l ۷۲-۳ است بنابراین غلظت منیزیم در تمامی ایستگاه‌ها مطابق با استاندارد مصرف دام است.

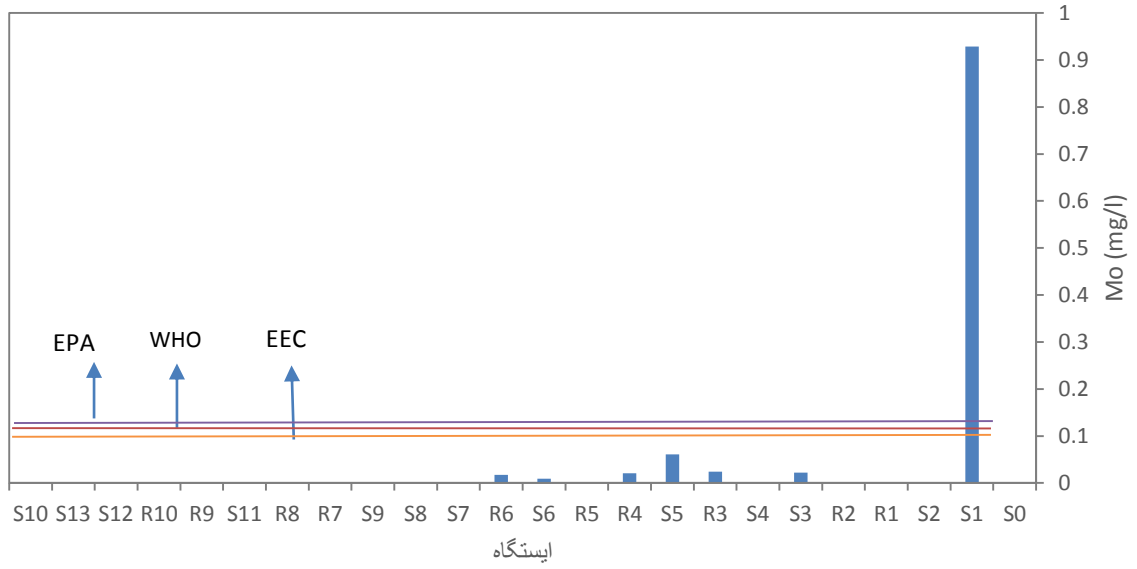
جدول ۴- مقادیر توصیه‌شده منیزیم در آب آشامیدنی دام (FAO).
Table 4. Recomended concentration of Mg in dinking water of animals.

نوع دام	مقدار منیزیم (mg/l)
طیور	۲۵۰>
خوک	۲۵۰>
اسب	۲۵۰
گاو (شیرده)	۲۵۰
میش یا بره	۲۵۰
گاو گوشتی	۴۰۰
گوسفند بالغ تغذیه‌شده با علوفه خشک	۵۰۰

تأثیر احتمالی آلاینده‌های معدنی بر ساکنان منطقه

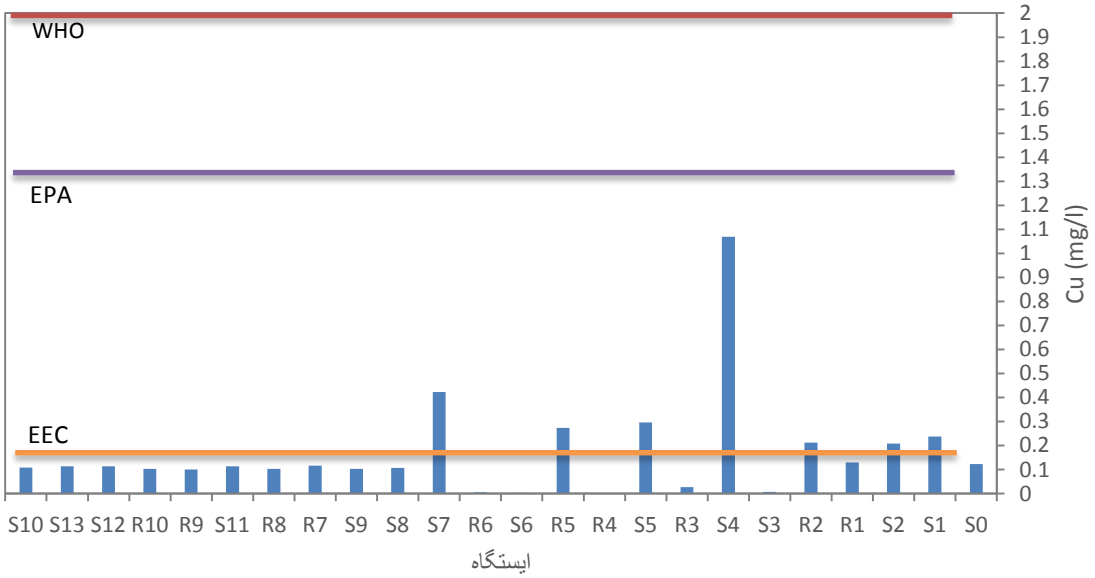
بنا بر آخرین اعلام آژانس حفاظت محیط زیست ایالات متحده، حد استاندارد سرب صفر میلی‌گرم در لیتر، روی ۵ میلی‌گرم در لیتر، مس ۱/۳ میلی‌گرم در لیتر و مولیبدن ۰/۰۸ میلی‌گرم در لیتر در آب‌های آشامیدنی است و بیش از این مقدار در آب‌های سطحی و زیرزمینی ایجاد آلودگی و مسمومیت می‌کند (EPA, 2012). بر اساس استاندارد سازمان بهداشت جهانی WHO حد استاندارد مس ۲ میلی‌گرم در لیتر، مولیبدن ۰/۰۷ میلی‌گرم در لیتر، سرب ۰/۰۱ میلی گرم در لیتر، روی ۳ میلی‌گرم در لیتر برای آب آشامیدنی تعیین شده است (WHO, 2011). حد استاندارد تعریف شده آب آشامیدنی در اتحادیه اقتصادی اروپا۴ برای مس، مولیبدن و سرب ۰/۰۵ میلی‌گرم در لیتر و برای روی ۰/۱ میلی‌گرم در لیتر است (EEC, 1985). حد استاندارد تعریف‌شده این عناصر توسط سازمان آب آشامیدنی ایران با حد استانداردهای سازمان بهداشت جهانی برابر است. غلظت طبیعی مولیبدن در آب‌های زیرزمینی و سطحی ۵۰ میکروگرم در لیتر است، غلظت بالاتر در مناطق آلوده صنعتی دیده می‌شود (Wisniewski, 2003).

اهالی منطقه هفت‌چشمه از آب سطحی آبراهه شمالی و برخی چشمه‌ها به‌عنوان آب آشامیدنی استفاده می‌کنند. بنابراین بررسی منابع آب سطحی و زیرزمینی این منطقه ضروری است. در نمونه‌برداری‌های صورت گرفته از این منطقه، بیشترین مقدار عنصر مولیبدن حدود ppm ۰/۹در نمونه S1 مشاهده شده است که دلیل بالا بودن این عنصر حضور واحدهای نفوذی دارای کانی سولفیدی مولیبدنیت است. شکل ۶ تغییرات غلظت مولیبدن را بر اساس استانداردهای جهانی (WHO, EEC, EPA) در نمونه‌های منابع آب سطحی و زیرزمینی هفت‌چشمه نشان می‌دهد. غلظت مولیبدن نمونه S1 بر اساس حد استاندارد آب آشامیدنی سازمان بهداشت جهانی، آژانس حفاظت محیط زیست آمریکا و اتحادیه اقتصادی اروپا بالاتر از حد مجاز است و نمونه S5 نسبت به حد استاندارد اتحادیه اقتصادی اروپا بیشتر است. غلظت این عنصر در بالادست حوضه بیشتر از مناطق دیگر است، علت آن قرار گرفتن کانسار مس مولیبدن پورفیری در این بخش از حوضه است و با فاصله گرفتن از کانسار مقدار آن کاهش می‌یابد.



شکل ۶- غلظت مولیبدن در نمونه‌های آب سطحی و زیرزمینی منطقه نسبت به استانداردهای مختلف (EEC, EPA, WHO).

Fig. 6- Comparing of of Molybdenum concentration in surface and groundwater samples of the area with various standards (EEC, EPA, WHO).



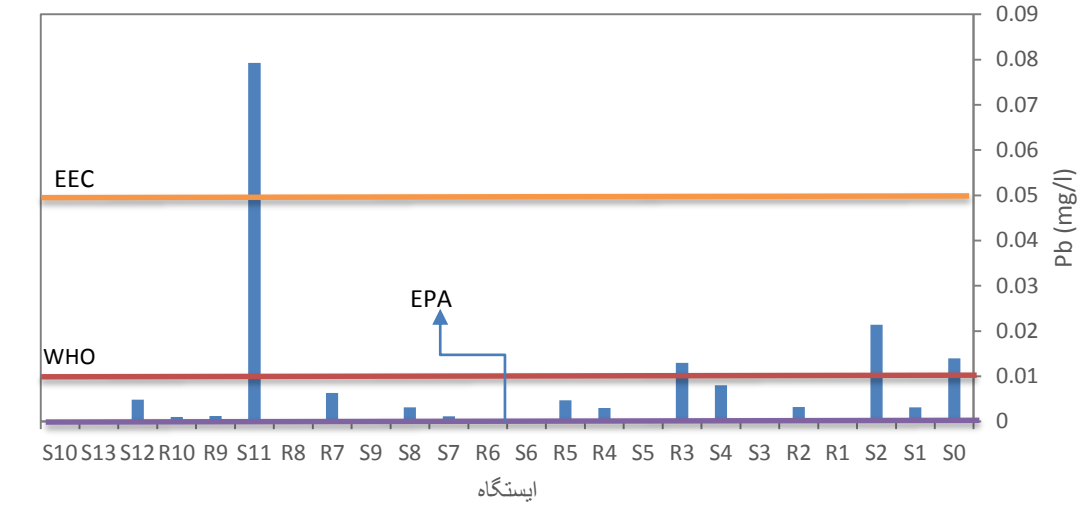
شکل ۷- غلظت مس در نمونه‌های آب سطحی و زیرزمینی منطقه نسبت به استانداردهای مختلف (EEC, EPA, WHO).

Fig. 7- Comparing of of copper concentration in surface and groundwater samples of the area with various standards (EEC, EPA, WHO).

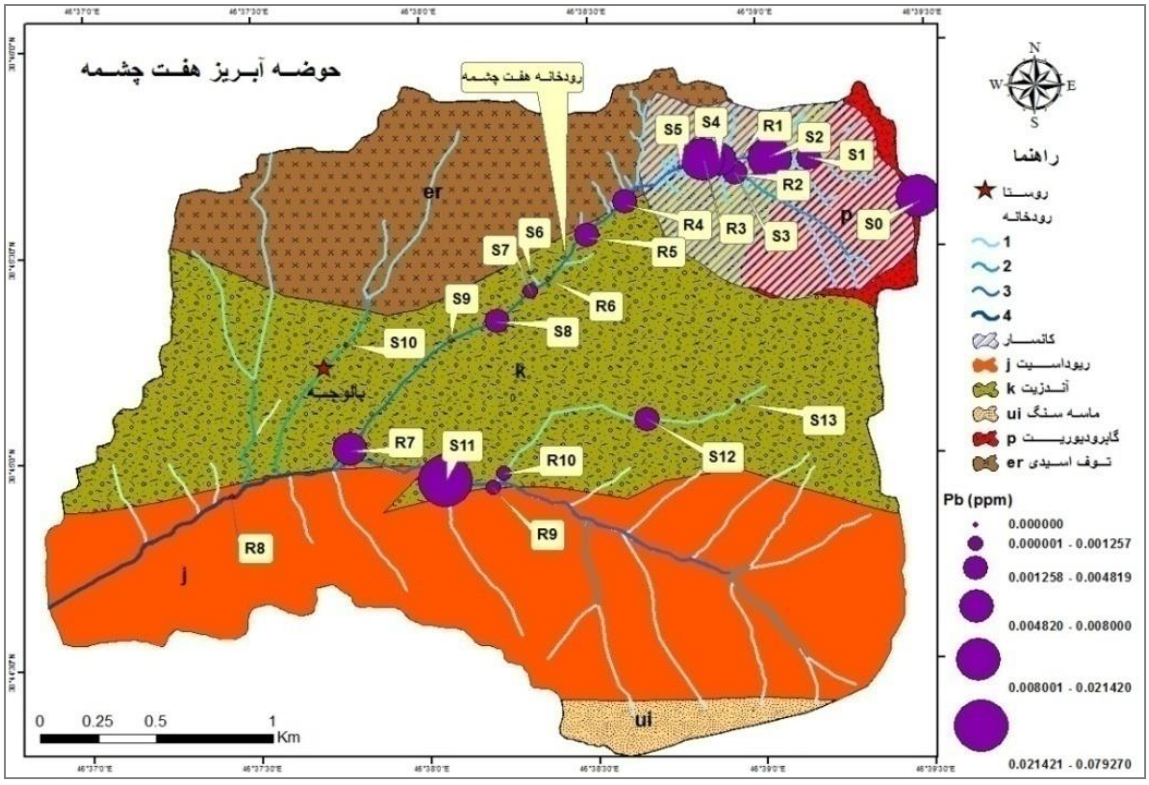
بیشترین میزان مس (۱/۰۶ppm) مربوط به ایستگاه S4 است که می‌تواند به دلیل حضور سولفیدهای مس داخل توده‌های نفوذی در بالادست آبراهه باشد. این مقدار تقریباً نزدیک به حد استاندارد است و نمی‌تواند منجر به ایجاد بیماری خاصی در این مناطق شود، با این حال پیشنهاد می‌شود در برخی مناطق از جمله نزدیک توده، با نمونه‌برداری خاک، اثرات زیست‌محیطی بررسی شود. شکل ۷ غلظت مس را نسبت به استانداردهای جهانی (WHO, EEC, EPA) در نمونه‌های منابع آب سطحی و زیرزمینی هفت‌چشمه نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود، غلظت این عنصرنسبت به حد استاندارد EEC بالاتر ولی نسبت به استانداردهای دیگر پایین‌تر است. تغییرات غلظت مس در هفت‌چشمه بیانگر این موضوع است که در بخش بالادست حوضه تمرکز این عنصر بیشتر از نواحی دیگر است.

بیشترین مقدار سرب مربوط به نمونه S11 در حدود ۰/۰۸ ppm است که می‌تواند به دلیل شدت

کانه‌زایی گالن در توده عمقی باشد. این مقدار در درازمدت، می‌تواند باعث عوارض زیست‌محیطی در این منطقه شده وخطراتی را برای سلامتی ساکنان این مناطق در پی داشته باشد. شکل ۸ الف غلظت سرب را با توجه به استانداردهای جهانی (WHO, EEC, EPA) در نمونه‌های منابع آبی هفت‌چشمه نشان می‌دهد. نمونه S11 نسبت به حداستاندارد EEC، نمونه‌های S0, S2, R3 و S11 نسبت به حد استاندارد WHO و تمام نمونه‌ها نسبت به حد استاندارد EPA دارای بیشترین مقدار است. با توجه به آنالیز انجام‌شده روی نمونه آب‌های منطقه مورد بررسی، نقشه غلظت سرب تهیه شد (شکل ۸ ب). غلظت سرب در بالادست حوضه مطالعاتی و نیز درآبراهه جنوبی دارای بیشترین مقدار است و پیشنهاد می‌شود بررسی‌های بیشتری در مورد این عنصر انجام شود.



الف

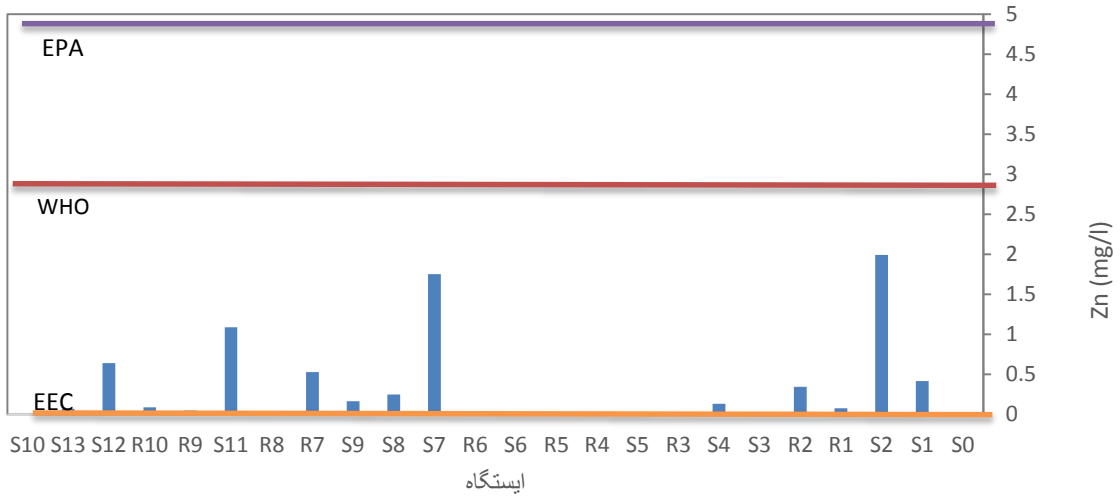


ب

شکل ۸ الف- غلظت سرب (Pb) در نمونه‌های آب سطحی و زیرزمینی منطقه نسبت به استانداردهای مختلف (EEC, EPA, WHO).

ب- پراکندگی غلظت سرب (Pb) در نمونه‌های آب محدوده کانسار هفت‌چشمه.

Fig. 8- a) Comparing of of lead concentration in surface and groundwater samples of the area with various standards (EEC, EPA, WHO) b) Lead concentration in the water samples of the study area.



شکل ۹- غلظت روی در نمونه‌های آب سطحی و زیرزمینی منطقه نسبت به استانداردهای مختلف (EEC, EPA, WHO).

Fig. 9- Comparing of of zinc concentration in surface and groundwater samples of the area with various standards (EEC, EPA, WHO).

با توجه به نتایج آنالیز نمونه‌ها، بیشترین مقدار عنصر روی در نمونه S2 (حدود ppm ۲) مشاهده شده است که احتمالا به دلیل حضور واحد کوارتزدیوریتی حاوی کانی‌سازی اسفالریت است (Alipour et al., 2014). با توجه به مقادیر غلظت روی، تمام نمونه‌ها دارای غلظتی پایین‌تر از حد استاندارد (WHO, 2011) و (EPA, 2012) نشان داده شده است، اما نسبت به حد استاندارد (EEC, 1985) غلظت برخی نمونه‌ها بیشتراست (شکل۹). غلظت این عنصر با توجه به pH و وجود کانی روی متغیر است. مقدار غلظت تعیین‌شده روی برای نمونه‌ها نشان می‌دهد که تأثیری بر زیستمندان منطقه ندارد چون حد استاندارد تعیین‌شده برای گونه‌های مختلف بالاتر از غلظت به‌دست آمده از آنالیز آب‌ها است.

نتیجه‌گیری

این پژوهش نشان داد که کانسار مس-مولیبدن پورفیری هفت‌چشمه از عوامل مهم و تأثیرگذار بر کیفیت آب سطحی و زیرزمینی منطقه است که از تأثیرات آن می‌توان به کاهش pH و افزایش غلظت عناصر سنگین در رودخانه مجاور توده اشاره کرد.

آب سطحی و زیرزمینی موجود در منطقه از میان توده کانساری عبور کرده و فلزات سنگین و سمی را به وسیله واکنش‌های شیمیایی از توده حل و با خود حمل می‌کند. این توده علاوه براثر زیانبار بر خاک و آلودگی آب‌های زیرزمینی از طریق آب‌شویی، موجب کاهش عملکرد و کیفیت محصول و در نهایت باعث از بین رفتن گونه‌های گیاهی جنگل ارسباران و به خطر افتادن موجودات زنده به مرور زمان می‌شود. آب‌های آلوده حتی با غلظت کمتر از حد مجاز می‌توانند در مدت زمان طولانی سبب انباشتگی عناصر در خاک، گیاه و موجودات زنده شوند.

مقایسه غلظت‌های فلزات سنگین حاصل از آنالیز آب‌های سطحی و زیرزمینی با استانداردهای جهانی و نیز تحقیقات انجام‌شده روی جانداران آبزی، حیات‌وحش، گیاهان و ساکنان نشان داد که بیشتر نمونه‌های نزدیک به توده کانساری دارای عناصر سنگین بیش از حد مجاز است و این برای سلامتی انسان، زیستمندان و گیاهان نادر منطقه ارسباران خطرناک است اما با دور شدن از کانسار از غلظت آنها کاسته می‌شود.

عملیات استخراج و بهره‌برداری از این منطقه معدنی بدون توجه به اثرات زیست‌محیطی آن باعث قرار گرفتن بیشتر کانه‌های حاوی عناصر سنگین در معرض هوازدگی و در نهایت ورود عناصر بیشتر به منابع آب و خاک خواهد شد و به‌طور مستقیم و غیرمستقیم بر سلامتی انسان و سایر موجودات زنده این منطقه اثر خواهد گذاشت.

پی‌نوشت‌ها

[1] Food and agriculture organization
[2] World Health Organization
[3] Environmental Protection Agency
[4] European Economic Community

منابع

Adeniji, A., 2004. Bioremediation of Arsenic, Chromium, Lead, And Mercury U.S. Environmental Protection Agency Office of Solid Waste and Emergency Response Technology Innovation Office.

Alipour, S., Hosseinzadeh, M., Moayed, M., 2014., Evaluation of alteration and mineralization in the area of Seven Springs with a specific view on the genesis of molybdenite. Master's Thesis of PNU. [In Persian]

Azarm and Mirzayi Nobari., 1992., Systematic geochemical exploration, mineral exploration reports 1/ 100000 sheet Varzeghan (North West Ahar). www.GSI.ir. [In Persian]

Bodek, I., W.J. Lyman, W.F. Reehl, And D.H. Rosenblatt.1988. Environmetal Inorganic Chemistry: Properties, Processes, And Estimation Methods. Pergam on Press, New York. P 7.7-1 To 7.7-9.

Bryan, G. W., And W. J. Langston. 1992. Bioavailability, AccumulationAnd Effects of Heavy Metals in SedimentsWith Special Reference To United Kingdom Estuaries: aReview. Environmental Pollution 76:89-131.

Cheng, T. C. 1979. Use of Copper as A Molluscicide. Pages 401-432 In J. O. Nriagu, Editor. Copper in The Environment. Part 2: Health Effects. John Wiley, New York.

E.PA. 2012, Edition of The Drinking Water Standards and Health Advisories. Office of Water U.S. Environmental Protection Agency Washington, DC. EPA 822-S-12-001.

Eiser, R.1989. Molybdenum Hazards to Fish, Wildlife and Invertebrates: A Synoptic Review. U.S. Fish Wildl. Serv. Biol. Rep. 85. 61p.

FAO, Food and agriculture organization of the United Nations. 1994. www.fao.org

Gadimi, S., Mogimi, H., 2012., environmental study of zinc and lead mine in Zanjan Anguran, the fifth Conference of Geology, Payam Noor University of Abhar. (In Persian with English abstract).

Hassanpour, Sh., Rasa, A., Heydari, M., Motakan, A., Moayed, M. 2011., geological, Altration and mineralizationin porphyry copper - molybdenum "Haftcheshmeh". Quarterly geological Iran. forth year. 15-28. (In Persian with English abstract).

Johnson T. R. 1987. Water Quality Criteria for Copper. Environment and Parks July 22

Jones, C.E. 1994. Molybdenum in The Environment and Implications to Mine Decommissioning In British Columbia. Proceedings of the 18th Annual British Columbia Mine Reclamation Symposium in Vernon, BC, 1994.

Keskin, T. & Toptaş, E., 2012- Heavy Metal Pollution in The Surrounding Ore Deposits and Mining Activity: A Case Study from Koyulhisar (Sivas-Turkey). Environ Earth Science. 67, 859-866.

Lloyd and Heathcote, 1985. Largely Based Upon The EEC Standards (European Economic Community 1975).

Mason, B., 1917., principles of geochemistry., publication university of Shiraz., 566p. (In Persian with English abstract).

Maynard, J. B. 1983. Geochemistry of Sedimentary Ore Deposits. 305 pp. Berlin, Heidellerg New York, Tokyo: springer- verlag.

Mcconnell, R. P., 1977. Toxicity of Rainbow Trout Under Laboratory Conditions. IN: Molybdenum In The Environment. Voi 2. The Geochemistry, Cycling, And Industrial Uses of Molybdenum. W.R. Chappell and K.K. Peterson (Eds.). P. 725-730. Marcel Dekker, New York.

National Academy of Sciences (NAS). 1977. Copper. Committee On Medical and Biologic Effects Ofenvironmental Pollutants, National Research Council, National Academy of Sciences, Washington, D.C. 115 Pp.

Selinus, O., Alloway, B., Centeno, J.A., Fuge, R., And Smedley, P., 2005. Essentials of Medical Geology, Impacts of The Natural Env Ironment On Public Health, PREFACE. Elsevier Academic Press, Pp: IX-XI.

Sharyati, Sh., Aghanabati, S., Mosavi, S., Modaberi, S., Adabi, M., 2010., to measure pollution from erosion formations and mining in the region Shykhlrshmal West Province (grapes), Quarterly Journal of Land and Resources, the first year, the first issue, pages 33-46(In Persian with English abstract).

Steeg, P. F. ter, P. J. Hanson, and H. W. Paerl. 1986. Growth-limiting quantities and accumulation of molybdenum in Anabaena oscillarioides (Cyanobacteria). Hydrobiologia. 140, 143-147.

Vosugzadeh & Tadayoneslami., 1974., detailed and semi-detailed exploration and geochemical North West Ahar: Bur Malek, Kyqal, Sungun and Balvja. www.GSI.ir. (In Persian with English abstract).

W.H.O. 2011.Guidelines for Drinking Water Quality. 4rd Ed. CA: Retrieved from WWW.WHO.Net

Wisniewski, L. and Dickinson, N.M., 2003. Toxicity of Copper to Quercus Robur (English Oak) Seedlings from A Copper-Rich Soil. Environmental and Experimental Botany. 50, 99-107.

Yazdi, M., 2003., Conventional methods in geochemical exploration. Publication Beheshti University Press. 180 pages. (In Persian with English abstract).

Study on the effects of Cu-Mo deposit Haftcheshmeh on health life species in the protected area of Arasbaran

Khadijeh Pourranjbari, Abdorreza Vaezihir*, Mohammadreza Hosseinzadeh

Department of Earth Sciences, Faculty of Natural Sciences, University of Tabriz

Received: December 30, 2015 Accepted: October 11, 2016

Citation: Pourranjbari, K., Vaezihir, A. and Hosseinzadeh, M.R. 2016. Study on the effects of Cu-Mo deposit Haftcheshmeh on health life species in the protected area of Arasbaran. Environmental Sciences. 14(3), 187-200.

Introduction: Haftcheshmeh Cu-Mo deposit is located in East Azerbaijan, 28 kilometres northwest of Varzeghan. Surface water and groundwater in the area pass over deposit and may leach heavy metals and toxic deposits from the chemical reactions of the mass and resolved. This would place forest plant species and organisms of Arasbaran Protected Area in danger with the passage of time. The aim of this study was to evaluate the effects of Cu-Mo deposits in Haftcheshmeh with the increasing of pollution in surface and groundwater and the impact of this pollution on life species is the area.

Materials and methods: In order to evaluate the effects of Cu-Mo deposits on the health of species in the study area, 24 water samples were collected from the deposits and the surrounding area. The samples were analyzed using an atomic absorption spectrophotometer for some heavy metals such as Zn, Pb, Mo, Cu.

Results and discussion: The results showed that, under the impact of these deposits, some elements were increased which it can be harmful for the life of human, plant and animal species and the health of the site. Investigations showed that the concentration of molybdenum in near deposit to standards (EEC, EPA, WHO), the lead level in all the samples was high in relation to the EPA standard and the concentrations of zinc and copper were high in comparison with the EEC standard and this can be harmful for human health and that of the site. However, the concentration decreased with distance from the deposit. If we compare these elements' concentrations with their permissible levels for aquatic organisms, plants and wildlife, it is demonstrated that around the deposit the concentrations were higher than permissible levels and it can be dangerous for the life of species.

Conclusion: The results of this research revealed that studies of the environmental impact (EIA) of the Haftcheshmeh deposit are required before mining operations are started. The location of deposits inside the Arasbaran Protected Area showed that special techniques should be employed for mining.

Keywords: Environmental Protection Agency, Food and Agriculture Organization, Heavy metal, Global standards, World Health Organization.

* Corresponding Author. *E-mail Address*: r.vaezi@tabrizu.ac.ir