فصلنامه علمی پژوهشی زمین شناسی محیط زیست
سال چهاردهم، شماره ۵۰، بهار۹۹

پهنه‌بندی غلظت فلزات سنگین در خاک محدوده اکتشافی کانسار طلای هیرد

شهرام بیک پور[1]*، مهسا اسکندری[2] و امید اردبیلی[3]

۱-استادیار، گروه زمین شناسی زیست محیطی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات تهران، ایران ،
baikpour2004_rsgsi@yahoo.com
۲-دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران، ایران ،
۳-مدیریت پایگاه داده‌های علوم زمین ،سازمان زمین شناسی کشور

چکیده

در این پژوهش، منطقه معدنی هیرد در جنوب شهرستان بیرجند ، استان خراسان جنوبی به عنوان مرکز تجمع آلودگی معدنی شناسایی شده و سعی برآن شده است که خاکهای محدوده ی مورد مطالعه را از نظر ژئوشیمیایی و زیست محیطی نقشه ی پهنه بندی آنها ترسیم شود. حداکثر غلظت بخشی برای عنصر آرسنیک و آنتیموان به ترتیب ۵۵۵۰ و ۹۱۰ ppm می باشد. با توجه به وضعیت زمین شناسی منطقه و توجه به منشأ خاکهای منطقه نشان می دهد که افزایش غلظت آنها بیشتر منشأ طبیعی داشته و به مقدار کمتری توسط فعالیتهای انسانی پدید آمده است. فاکتور غنی شدگی برای عناصر آرسنیک، آنتیموان و کادمیوم به ترتیب ۱،۸۹ ، ۲،۰۵ و ۰،۰۳ می باشد. که نشان دهنده ی آلودگی متوسط دو عنصر آرسنیک و آنتیموان و عدم آلودگی منطقه نسبت به عنصر کادمیوم می باشد. براساس شاخص زمین انباشت ، درجه آلودگی عناصر آرسنیک و آنتیموان ۱بوده که بیانگر آلودگی متوسط این دو عنصر در منطقه و برای عنصر کادمیوم کمتر از ۱ می باشد. شاخص آلودگی نیز در منطقه برای عناصر آرسنیک و آنتیموان در حد متوسط و برای عنصر کادمیوم عدم آلودگی را نشان می دهد که خاکهای منطقه مورد بررسی از نظر شاخص های آلودگی در زمره خاکهای غیرآلوده تا آلودگی متوسط قرار دارند و بیشترین این آلودگی در خاکهای مجاور معدن می باشد. به طور کلی خاکهای منطقه مورد مطالعه دارای مقادیر بالایی از عناصر مورد نظر (بالاتر از مقدار زمینه طبیعی) می باشند و در صورت عدم کنترل آن در آینده، آلودگی به حد بحرانی خواهد رسید و مشکلات زیادی برای افراد ساکن در منطقه ایجاد خواهد کرد.

واژگان کلیدی: هیرد، آلودگی خاک، کانسار طلا ، فلزات سنگین، پهنه بندی.

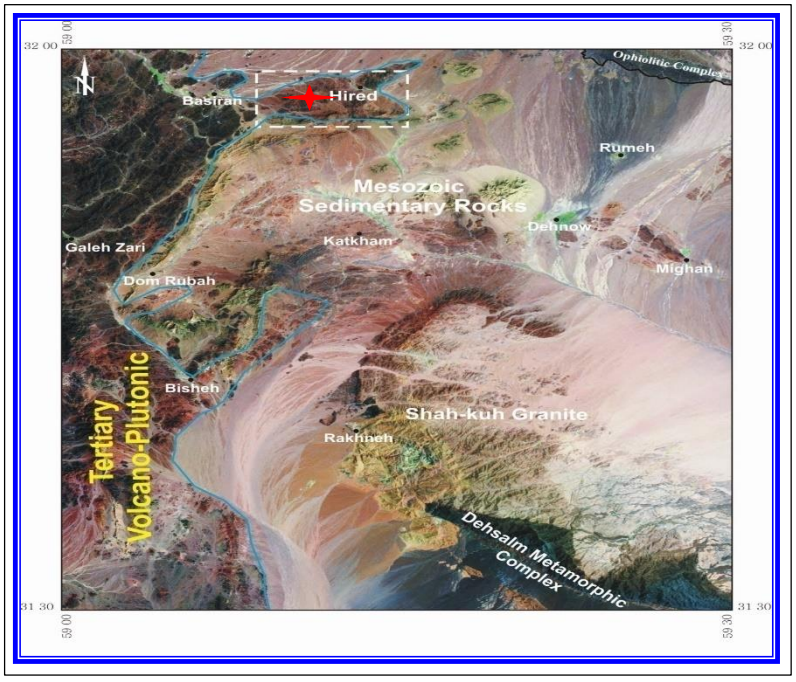
مقدمه

بهره‌مندی از محیط زیست سالم، پایه و اساس توسعه پایدار هر جامعه محسوب می‌شود. بنابراین توجه به مسئله محیط زیست و حفظ سلامت آن حین انجام فعالیت‌های مختلف، از جمله فعالیت‌های صنعتی و معدن کاری امری ضروری است. بهره‌برداری از مواد معدنی، بدون رعایت مسائل زیست محیطی، اثرات نامطلوب و جبران ناپذیری بر محیط زیست می‌گذارد. در بین ذخایر معدنی، طلا از دیرباز مورد توجه بشر بوده و طی زمان همواره بر ارزش و اهمیت آن افزوده می‌شود. در نیمه قرن بیستم، بخش قابل توجهی از سرمایه گذاری معدنی جهان، بر روی اکتشافات دو فلز طلا و مس (حدود

۵۰ درصد) صورت گرفته است. اکتشاف ذخایر طلا، در آخرین دهه این قرن از شکوفایی خاصی برخوردار بوده است. ایران نیز تحت تأثیر حرکت جهانی، طی چند سال اخیر، مبالغ زیادی را در زمینه اکتشاف طلا، سرمایه گذاری نموده است (علی محمدی، ۱۳۸۶). ذخایر معدنی، گاه به طور طبیعی یکی از منابع مهم آلودگی در منطقه محسوب می‌شوند و در بسیاری موارد، محیط پیرامون خود را به شدت آلوده نموده و در نتیجه ساکنین این مناطق را تحت تأثیر قرار می‌دهند. انتشار آلودگی‌های این ذخایر از طریق آب، خاک و هوا، بیماری‌های متعددی در انسان و حیوانات ایجاد و گاه کشاورزی در منطقه را به صفر می‌رساند (زارع نقدهی و همکاران، ۱۳۸۶). ذخایر طلا به علت همراهی فلزات سنگین و مواد شیمیایی مورد استفاده در استخراج و فرآوری آن (همانند سیانید و جیوه)، از اهمیتی فراتر برخوردارند. از دیدگاه زیست محیطی ذخایر طلا به دلیل همراهی با کانی‌های سولفیدی و فلزات سنگین و سمی مانند آرسنیک، آنتیموان، سرب، روی و مس بسیار حائز اهمیت می‌باشند (Smedley et al.,2007). گسترش و غلظت فلزات در اطراف ذخایر طلا به فاکتورهای هوازدگی شیمیایی منطقه بستگی دارد (Silva et al.,2004). هوازدگی کانی‌های سیلیکات آلومینیوم، اکسیداسیون پیریت، آرسنوپیریت و دیگر کانی‌های سولفیدی و تعویض کاتیونی در سنگ‌های معدنی طلا، کیفیت آب و خاک مناطق پایین دست را تحت تأثیر قرار می‌دهند (Lawrence and Higgs, 2007; Kortatsi et al., 2007).

مواد و روش‌ها

کانسار هیرد- بصیران در ۱۴۰ کیلومتری جنوب شهرستان بیرجند در استان خراسان جنوبی قرار گرفته و در محدودهای به مختصات جغرافیایی ″۰۰ ′۰۵ °۵۹ و ″۰۰ ′۱۵ °۵۹ طول شرقی و ″۰۰ ′۵۴ °۳۱ الی ″۰۰ ′۵۹ °۳۱ عرض شمالی واقع شده است. منطقه معدنی هیرد بخشی از محدوده مورد مطالعه می‌باشد.



شکل ۱- تصویر ماهواره‌ای (Landsat) با مقیاس ۱:۵۰۰۰۰۰، از محدوده شمالی بلوک لوت

مناطق کانی سازی در منطقه معدنی هیرد

کانی‌سازی در منطقه معدنی هیرد، در چهار منطقه، به نام‌های منطقه اکتشافی یک (Target1) تا منطقه اکتشافی چهار (Target4) مشاهده می‌شود (شکل۱). موقعیت، نوع کانی سازی و کانی شناسی چهار منطقه اکتشافی در زیر آورده شده است (عسکری و صفری، ۱۳۸۲؛ اشراقی، ۱۳۸۴؛ کریم‌پور و همکاران، ۱۳۸۶).

منطقه اکتشافی شماره یک

منطقه اکتشافی شماره یک در بخش‌های میانی محدوده مطالعاتی واقع شده و از گسترش نسبتاً زیادی برخوردار است (شکل۳). این منطقه اکتشافی مهمترین بخش کانی-سازی منطقه است. در این ناحیه زون گسلی به طول بیش از ۴ کیلومتر وجود دارد، که روند بخش غربی با بخش شرقی آن متفاوت بوده و تحدبی به سمت شمال دارد. کانی‌سازی در قسمت جنوبی گسل مشاهده و نوع آن در بخش غربی و شرقی با هم متفاوت است. از آنجایی که کانی‌سازی استوک ورک، کانی‌سازی اصلی محدوده معدنی هیرد است و منشأ محلول ماگمایی کانی‌ساز، توده‌های گرانیتوئیدی نوع I هستند، کانی سازی اصلی منطقه تنها در بخش شرقی منطقه اکتشافی یک (به دلیل توده‌های نفوذی I متعدد و کانی‌سازی استوک ورک در این بخش) مشاهده می‌شود. این بخش نزدیکترین مکان به توده‌های منشأ اصلی است. کانی‌شناسی رگچه‌ها عمدتاً شامل آرسنوپیریت و پیریت است. کانی‌سازی بخش غربی منطقه اکتشافی یک (در امتداد بخش غربی گسل بزرگ) از نوع اسکارنی مرتبط با زون گسلی است. محلول کانی‌ساز، از توده‌های گرانیتوئیدی نوع I سرچشمه گرفته است و از طریق گسل به سطح راه یافته است. تفاوت کانی‌سازی در قسمت‌های مختلف منطقه باعث شده که کانی‌سازی حالت بی‌نظمی داشته و از نظر عیار غیرمتجانس باشد. کانی-شناسی بخش غربی شامل پیریت+ آرسنوپیریت ± کالکوپیریت+اکسیدآهن‌ثانویه+تورمالین±کلریت±سریس یت±اپیدوت±کلسیت± ولاستونیت ± هورنبلند است.

منطقه اکتشافی شماره دو

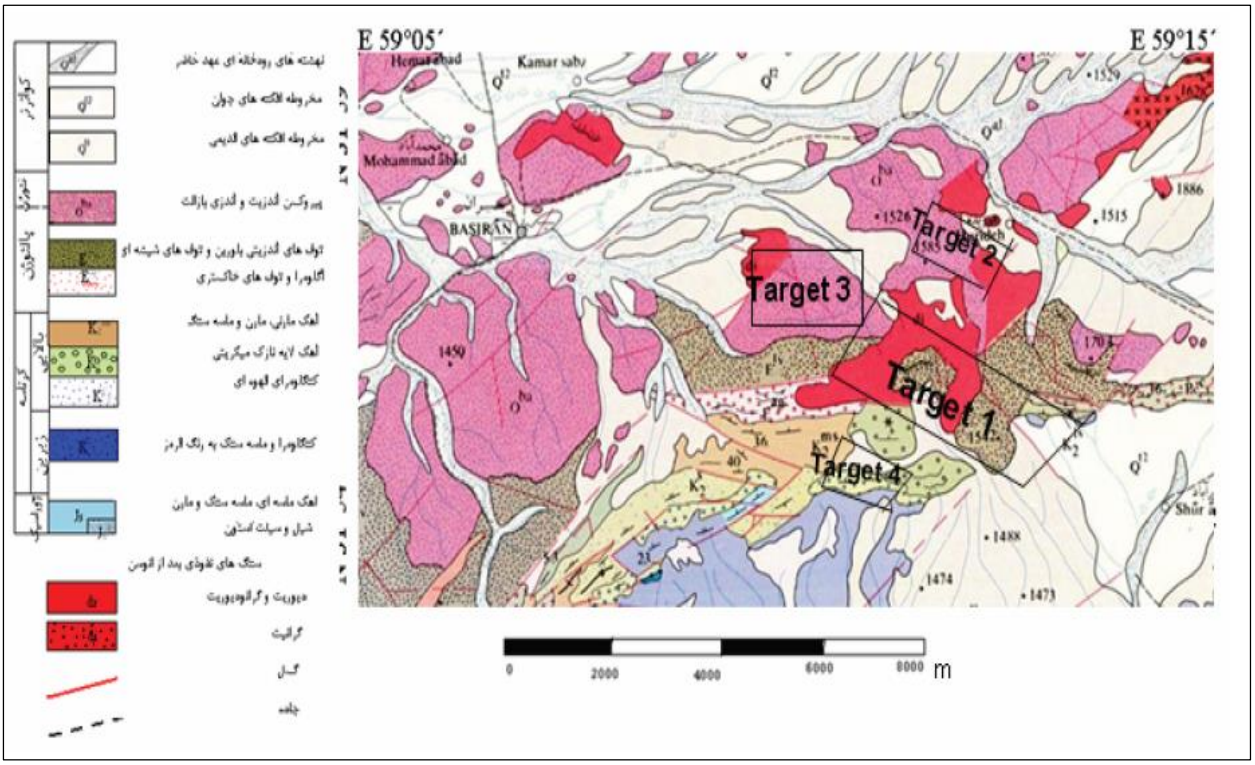
منطقه اکتشافی شماره دو در شمال شرق نقشه، حد فاصل روستای هیرد و منطقه اکتشافی شماره یک قرار گرفته است (شکل۳). کانی-سازی در این منطقه از نوع رگه‌ای مرتبط با زون گسلی است. بزرگترین زون گسلی این محدوده به طول ۳۰۰ متر و با ضخامت ۲۰ سانتی‌متر تا ۴ متر درون توده‌های دیوریتی و سنگ‌های آتشفشانی در حد آندزیت و لاتیت است که کانی‌سازی مس به صورت کربناته و سیلیکاته در این منطقه به چشم می‌خورد.

منطقه اکتشافی شماره سه

منطقه اکتشافی شماره سه در شمال غرب نقشه و در فاصله چهار کیلومتری جنوب غربی روستای هیرد واقع شده است (شکل۲). کانی سازی در این منطقه از نوع رگه‌ای درون زون‌های گسلی و به طور محدود جانشینی است. محلول ماگمایی–گرمابی کانی‌ساز از توده‌های گرانیتوئیدی نوع I منشأ گرفته است. کانی‌شناسی این بخش شامل پیریت+ آرسنوپیریت± کالکوپیریت+ اکسید آهن ثانویه+ تورمالین± کلریت±هورنبلند است.

منطقه اکتشافی شماره چهار

منطقه اکتشافی شماره چهار، در جنوب محدوده معدنی هیرد در امتداد گسلی با راستای شرقی–غربی قرار گرفته است. بخش اعظم آن توسط واریزه و آبرفت پوشیده شده است. کانی‌های پیریت+ کالکوپیریت+ کربنات‌های مس+ اکسید و هیدروکسید ثانویه آهن در آن دیده می‌شود.

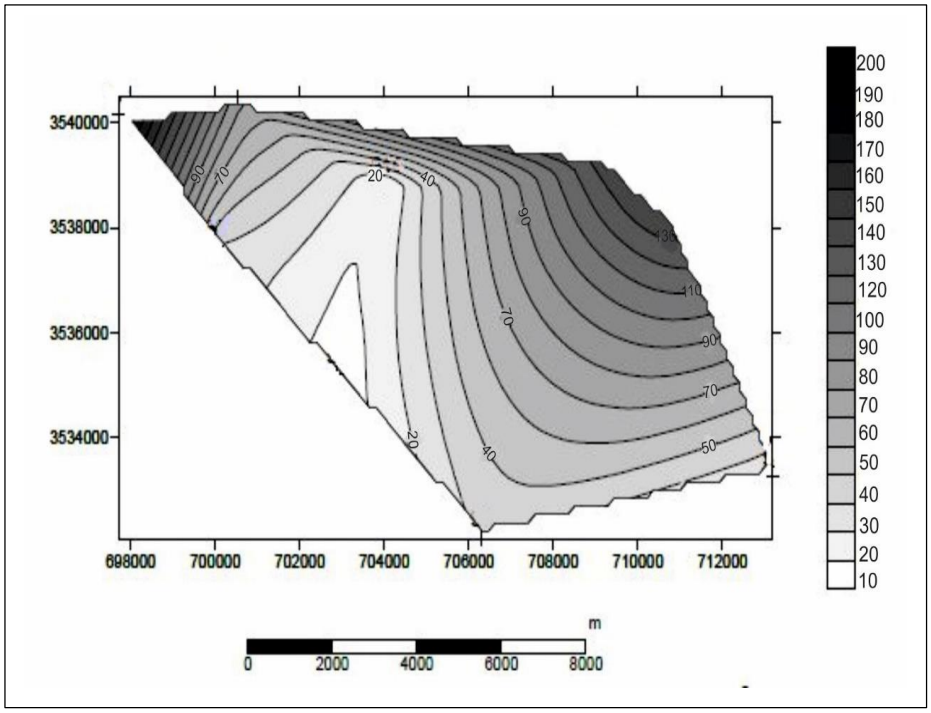


شکل۲- نقشه زمین شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ بصیران (برگرفته از بهروزی و خان ناظر، ۱۳۷۱)

بحث و نتایج

به منظور شناخت چگونگی تأثیر کانسار طلا بر کیفیت خاک، پس از بازدید صحرایی از منطقه، محل نمونه برداری‌ها مشخص و نمونه‌ها برداشت شد. نمونه‌برداری از خاک‌های منطقه به صورت سطحی و از عمق۰ تا ۲۰ سانتی‌متر از سطح انجام گرفت. جهت بررسی رابطه سنگ شناسی منطقه با کیفیت خاک از سنگ‌های منطقه نیز نمونه‌برداری صورت گرفت. با تعیین نقاط نمونه‌برداری، در اردیبهشت ماه ۱۳۹۸ نمونه‌برداری از خاک‌های حواشی معدن انجام گرفت. در هر نقطه، مقدار ۲ کیلوگرم از بخش ریزدانه خاک برداشت شده و در نایلون‌های پلاستیکی تمیز بسته بندی شد. سپس بر روی هر یک از نمونه‌ها، مشخصات آن درج گردید. برای حفظ محیط زیست و کنترل آلودگی، باید اطلاع دقیقی از میزان آلودگی‌ها به ویژه فلزات سنگین و پراکندگی آن‌ها در محیط‌ها در دست باشد که برای به دست آوردن این اطلاعات می‌توان از ابزارها و دستگاه‌ها و روش‌های خاص فیزیکوشیمیایی استفاده نمود. به منظور تعیین میزان کل(total) عناصر سنگین در نمونه‌های خاک از روش ICP-AES استفاده گردید. ابتدا نمونه‌های اماده شده (در بخش آماده سازی نمونه‌ها)، به وسیله اسید هضم گردید که برای هضم نمونه‌ها از مخلوط چهار اسید (اسید کلریدریک، اسید فلوئوریدریک، اسید نیتریک و اسید هیپوکلریک) استفاده شد و همگی با غلظت بالا مورد استفاده قرار گرفتند. پس از آن محصول فوق توسط روش ICP-AES مورد آنالیز قرار گرفت و مقدار هر یک از عناصر اندازه‌گیری و مشخص گردید. حد تشخیص دستگاهی عناصر در نمونه‌های خاک برای عناصر آرسنیک،کادمیوم، آنتیموان در مقیاس ppm به ترتیب

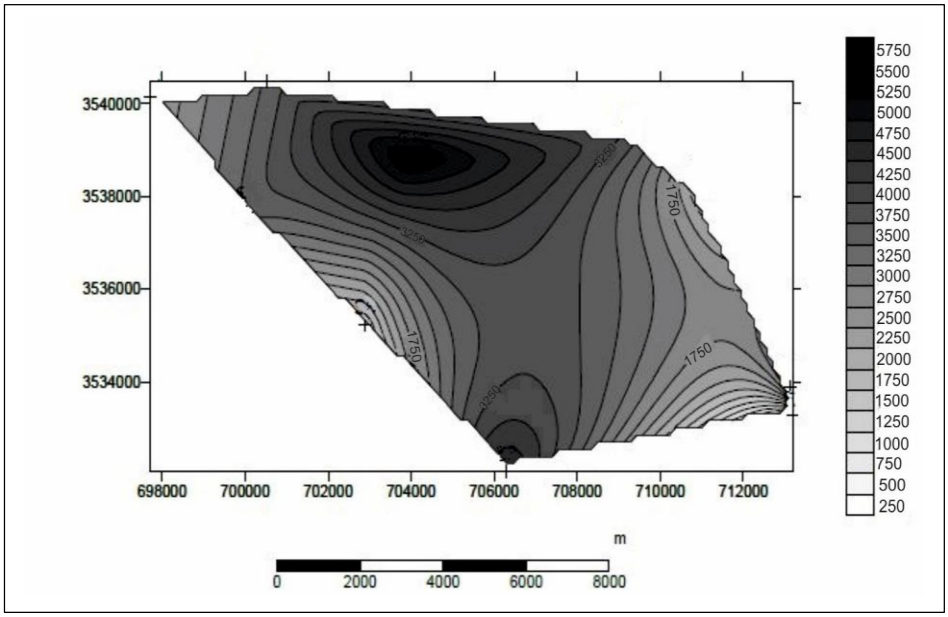
۵ ، ۵،۰ ،۵ بوده است. کلیه این مراحل در آزمایشگاه سازمان زمین شناسی کشور انجام گرفته است . نتایج حاصل از آنالیز نمونه های خاک محدوده معدن نشان می دهند(جدول۱) که عنصر آرسنیک (As) در نمونه های خاک مورد مطالعه حداکثر ۵۵۵۰ ppm و حداقل 4.1 ppm است. این مقادیر برای عنصر آنتیموان (Sb) به ترتیب ۹۱۰ و ppm۲,۳۵، برای فلز کادمیوم 1.42 (Cd)و ۰,۰۲ ppm می باشد. همچنین نقشه پهنه بندی فلزات سنگین در محدوده مورد مطالعه با استفاده از نرم افزار ARC Gisترسیم شده است (شکل۲، ۴و ۵). با توجه به نقشه های ترسیم شده، حداکثر غلظت عناصر سنگین را در نزدیکی معدن نشان می دهند و با دور شدن از منبع آلودگی (معدن هیرد) از میزان غلظت عناصر کاسته می شود.مهمترین منبع آنتیموان در منطقه اکسیداسیون استیبنیت می باشد. استیبنیت معمولاً همراه آرسنوپیریت و دیگر کانیها در ذخایر طلا دیده می شود. این عنصر تحرک کمی داشته و به سرعت جذب اکسیدهای آهن خاک شده و در خاک تمرکز می یابد و ورود آن به آبهای زیرزمینی کم می باشد.غلظت آنتیموان در قسمت از جنوب به سمت شمال بیشتر می شود (شکل۳).



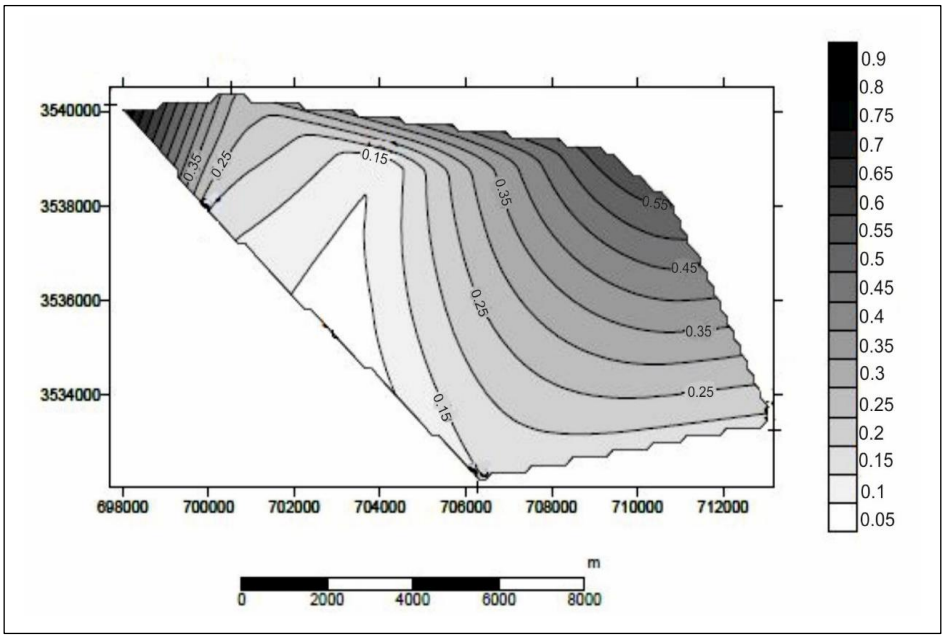
شکل۳-پهنه‌بندی عنصر آنتیموان در محدوده‌ی مورد مطالعه

جدول۱- نتایج آنالیز نمونه‌های خاک (ppm) به روش ICP-AES

sample NO.	As	Cd	Sb	sample NO.	As	Cd	Sb
B12/1	9.6	0.08	7.62	B12/41	87.7	0.05	49.8
B12/2	92.2	0.07	53.9	B12/42	130.5	0.03	44.8
B12/3	14	0.04	9.63	B12/43	96.2	0.07	98.4
B12/4	73	0.05	91.3	B13/1	16.2	0.07	3.87
B12/6	83.5	<0.02	36.7	B13/2	17	0.07	3.45
B12/7	160	<0.02	28.7	B13/3	156	0.05	79.7
B12/8	15.6	0.02	21.1	B13/4	72.9	0.07	38.2
B12/9	66.4	0.03	76.9	B13/5	128.5	0.04	40.3
B12/10	18.1	0.03	32.5	B13/6	698	0.04	50.1
B12/11	29.6	0.02	72.8	B13/7	238	0.04	41.9
B12/12	350	0.04	910	B13/8	901	0.05	54.2
B12/13	88.8	0.09	102	B13/9	921	0.04	56.4
B12/14	69.2	0.16	40.1	B13/10	167.5	0.09	61.5
B12/15	328	0.14	107.5	B13/11	146	0.13	59.3
B12/16	39.1	0.06	259	B13/12	180	0.18	54
B12/17	166.5	0.06	195.5	B13/13	453	0.14	43.4
B12/18	40	0.02	45.8	B13/14	149	0.11	73.9
B12/19	7.9	0.03	12.45	B13/15	64.7	0.09	43.4
B12/20	6	0.06	9.41	B13/16	184.5	0.07	17.35
B12/21	4.4	0.03	6.69	B13/17	321	0.08	44.8
B12/22	8	0.03	6.73	B13/18	169	0.07	55.3
B12/23	5.4	0.02	6.06	B13/19	779	1.45	51.4
B12/24	4.1	<0.02	6.87	B13/20	57.8	1.03	38.7
B12/25	4.3	0.03	9.68	B13/21	2610	0.26	48.8
B12/26	5	<0.02	14.2	B13/22	5550	0.03	47.9
B12/27	7.4	0.02	11.5	B13/23	1185	0.1	87
B12/28	5.3	0.02	9.9	B13/24	1225	0.11	58.5
B12/29	9.3	0.02	7.89	B13/25	799	0.09	124.5
B12/30	18.7	0.04	6.53	B13/26	16.5	0.05	16.3
B12/31	21.5	0.06	6.74	B13/27	118	0.08	60.1
B12/32	8.1	0.02	5.91	B13/28	16.2	0.35	7.97
B12/33	14.6	0.04	7.94	B13/29	13.8	0.1	6.25
B12/34	16.2	0.02	5.7	B13/30	16.4	0.07	12.25
B12/35	21.1	0.03	53.8	B13/31	13.2	0.29	8.86
B12/36	10.9	0.02	5.45	B13/32	129.5	0.05	38.4
B12/37	10.5	0.02	7.68	B13/33	1140	0.11	54.5
B12/38	10	0.03	3.83	B13/34	17.6	0.07	12.65
B12/39	8.8	0.03	2.47	B12/41	87.7	0.05	49.8
B12/40	6.2	<0.02	2.35	B12/42	130.5	0.03	44.8



شکل۴-نقشه پهنه‌بندی عنصر آرسنیک در خاک‌های محدوده‌ی مورد مطالعه



شکل۵- پهنه‌بندی عنصر کادمیوم در خاک محدوده‌ی مورد مطالعه

نتیجه گیری

فاصله نمونه‌برداری از منبع آلوده کننده یکی از مهمترین عوامل مؤثر در جذب عناصر سنگین می‌باشد. در محدوده مورد مطالعه نیز نمونه‌های B12/12 و B12/16 و B12/17 کمترین فاصله را با منبع آلوده کننده داشته و بیشترین میزان غلظت عناصر سنگین را نشان می‌دهند.که دو عنصر گوگرد دوست آرسنیک و آنتیموان در سنگ‌های نفوذی منطقه به طور طبیعی وجود داشته و هوازدگی این سنگ‌ها موجب آزاد شدن این عناصر و انتقال آن‌ها به خاک شده است. همچنین فعالیت معدن کاری درگذشته موجب تقویت

این نقش شده است.خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک‌های اطراف معدن و خصوصیات ویژه عناصر سنگین مورد مطالعه (آرسنیک، آنتیموان و کادمیوم) تأثیر مهمی بر روی این عناصر گذاشته استف به طوری که تطابق مثبتی بین اندازه ذرات و جذب این عناصر وجود دارد.ودر پایان غلظت میانگین عنصر کادمیوم در خاک‌های منطقه مورد مطالعه در مقایسه با مقدار غلظت زمینه در حد طبیعی و نرمال می‌باشد و افزایش میزان این عنصر در برخی نقاط را می‌توان مرتبط با زمین شناسی منطقه در نظر گرفت.

منابع

-**اشراقی،ح. (۱۳۸۴).**" مطالعه سیالات درگیر در رخداد طلای هیرد: نمونه‌ای از ذخایر طلای مرتبط با نفوذی‌های گرانیتوئیدی احیائی"، نهمین همایش انجمن زمین شناسی ایران،تهران.

-**بهروزی، ا. خان‌ناظر، ن. (۱۳۷۱)**، نقشه زمین شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ بصیران، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور.

-**زارع نقدهی، م، حیدری شکری، ب، جمشاسب، ف، ۱۳۸۶**. " بررسی بیماری‌های مرتبط با انتشار آلودگی‌های حاصل از منابع معدنی " اولین کنفرانس زمین شناسی زیست محیطی و پزشکی، تهران.

-**عسکری، ع. صفری، م، (۱۳۸۲)**. " طرح اکتشاف مواد معدنی جنوب خراسان، گزارش نقشه زمین شناسی معدنی ۱:۲۰۰۰۰ ناحیه امید بخش معدنی طلای هیرد (شمال غرب نهبندان)"، سازمان زمین شناسی کشور، ۲۲۰ص.

-**علی محمدی، م. (۱۳۸۶)**، پایان نامه کارشناسی‌ارشد، " کانی-شناسی، ژئوشیمی، دورسنجی و ژنز کانسار طلای هیرد" دانشکده علوم پایه دانشگاه شهید بهشتی. -**کریم‌پور، م. ملک‌زاده شفارودی، ا. حیدریان، م. عسکری، ع. (۱۳۸۶)**. "کانی‌سازی، دگرسانی و ژئوشیمی منطقه اکتشافی طلا-قلع هیرد، استان خراسان جنوبی"، مجله بلورشناسی و کانی‌شناسی ایران، شماره۱، ص۶۷-۹۰.

Kortatsi, B.K, Tay Collins, K., Anomu, G., Hayford, E., Dartey, G.A,(2007). "Hydrogeochemical evalution of ground water", Enviromental Geology, V.53, 1651-1662p.

-**Lawrence, R.W., Higgs, S.A.T.W. (2007).**" Removing and stabilizing as stabilizing as in acid mine water, "Metals and Materials society, v.51, 27-29p.

-**Silva F. 0. F. D., Zhang C., Pinto L. S., Patinha C., Reis P., (2004),** "Hazard assessment on arsenic and lead in soils of Castromil gold mining area, Portugal", Geochemistry Applied, Vol 19(6): 887-898.

-**Smedley P.L., Knudsen J., Maiga D., (2007),** "Arsenic in groundwater from mineralized Proterozoic basement rocks of Burkina Faso", Applied Geochemistry**,** Vol 22: 1074–1090.

Heavy Metal Concentration Zoning in Soil of the Hiered Gold Exploration Area

Shahram Beikpour [1 *], Mahsa Eskandari [2] & Omid Ardabili [3]

1- Assistant Professor, Department of Environmental Geology, Islamic Azad University, Science and Research Branch, Tehran, Iran
2- Master student, Islamic Azad University, Science and Research Branch, Tehran, Iran
3- Geosciences Database Management, Geological Survey of Iran

Abstract

The Hired mining area south of Birjand, South Khorasan province has been identified as the center of mineral pollution accumulation and it has been attempted to map the soils of the study area from their geochemical and environmental map. The maximum concentrations of Arsenic and Antimony were 5550 and 910 ppm, respectively. The enrichment factor (EF) for Arsenic, Antimony and Cadmium are 1.89, 2.05 and 0.03, respectively. This indicates the average contamination of the two elements Arsenic and Antimony and the lack of contamination of the area with Cadmium. According to the I-geo index, the degree of contamination of Arsenic and Antimony elements was 1, indicating a moderate contamination of the two elements in the region and less than 1 for Cadmium. Pollution Index (PI) for the Arsenic and Antimony elements in the area was moderate and for the Cadmium element, indicating that the soils of the study area were classified as non-polluted to moderately contaminated and most of this contamination is in the adjacent soils of the mine. In general, the soils of the study area have high levels of trace elements (above the natural background value) and if not controlled in the future, the pollution will reach a critical level and cause many problems for the inhabitants of the area.

Keywords: Hiered, Soil Pollution, Gold mine, Zoning, Heavy Metals.