Archive of SID

علـوم محـیـطی سال هشتم، شماره اول، پاییـز ۱۳۸۹
ENVIRONMENTAL SCIENCES Vol.8, No.1, Autumn 2011

۱-۱۰

ژئوشیمی زیست‌محیطی معدن زغال سنگ لاویج، البرز مرکزی

محمد یزدی[۱*]، رعنا اسماعیل پور[۱]، پدرام ناوی[۲]، احمد خاکزاد[۱]

۱- گروه زمین شناسی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی، ایران
۲- گروه محیط زیست، سازمان زمین شناسی، ایران

چکیده

مجموعه معادن زغال سنگ منطقه لاویج در۴۸ کیلومتری جنوب‌غربی آمل و در شمال زون البرز مرکزی قرار دارد. واحدهای زغال سنگی این منطقه در سازند شمشک با سن تریاس پایانی تا ژوراسیک آغازین تشکیل شده‌اند. سنگ‌های در برگیرنده زغال سنگ‌ها در این معادن اغلب شامل ماسه سنگ، شیل، ماسه سنگ آهکی، سیلت و آرژیلیت است. در چند سال اخیر معدن کاری و استخراج لایه‌های زغال باعث توجه به اثرات زیست‌محیطی این معدن‌کاری شده است. اگرچه این اثرات می تواند از دیدگاه‌های مختلف زیست‌محیطی مثل قطع درختان، برهم زدن اکوسیستم جانوری و گیاهی، تخریب چشم انداز طبیعی و... مورد توجه قرار گیرد. اما هدف این پژوهش بررسی آلودگی‌های ژئوشیمیائی آب و خاک منطقه لاویج در اثر معدن‌کاری است. با توجه به شرایط اقلیمی، آب وهوا باعث انحلال کانی‌های فلزی و غیرفلزی موجود در لایه‌های زغال‌دار شده و باعث آزاد شدن عناصر و آلودگی‌های آب و خاک منطقه گردیده است. بنابراین دو مرحله نمونه‌برداری از آب‌های منطقه و یک مرحله نمونه‌برداری از خاک منطقه صورت گرفت. از آن جاکه داده‌های بدست آمده از نمونه‌های خاک با نتایج خوبی همراه نبود، مقاله حاضر به بررسی ویژگی‌های زیست‌محیطی منابع آبی منطقه لاویج می‌پردازد. ۱۴ نمونه آب برداشت شده با دستگاه ICP-OES برای عناصر As, Ba, Be, Cd, Co, Cr, Cu, Eu, Ga, Ge, La, Li, Mo, Pb, Mn, Zn, S, Nd, Ni, P, Sc, Sn, Sr, V, Y and Yb. تجزیه شدند. بررسی نتایج حاصل از تجزیه شیمیایی این نمونه‌ها نشان می‌دهد که میزان آلودگی حاصل از تاثیر زغال سنگ بروی آب و خاک منطقه کم است.

کلیدواژه‌ها: ژئوشیمی زیست‌محیطی، آب و خاک، زغال سنگ لاویج، البرز مرکزی.

Geochemical Environmental Impacts of Lavij Coal Deposit in the Central Alborz

Mohammad Yazdi[1*], Raana Esmailpur[1], Pedram Navi[2], Ahmad Khakzad[1]

1- Department of Geology, Faculty of Earth Sciences, Shahid Beheshti University.
2- Department of Environment, Geological Survey, Iran

Abstract

Lavij coal deposit is situated at a distance of 48km to the southwest of Amol in the Central Alborz coalfield in the North of Iran. Lavij coal-bearing strata in the central Alborz zone are found within rocks of the Upper Triassic-Lower Jurassic era. The coal-bearing sediments in this area belong to the Shemshak Formation (Upper Triassic-Lower Jurassic). This formation mainly consists of sandstone, shale, calcareous sandstone, argillite and siltstone. Several coal seams with different thicknesses are interbedded with sediments. The ecosystem, landscape and biodiversity of the area have all been affected by coal mining activities during the last few years. The environmental impacts of this mining can be studied from different viewpoints, but the research presented here concerns the geochemical environmental impacts. The surface and ground water of the Lavij area seem to have been polluted during the mining, natural erosion and dissolution of maceral and minerals of the coals of Lavij area. The present paper deals with geochemical environmental impacts of these coals and 14 samples were analyzed from surface and ground water of the Lavij area. The samples were analyzed by ICP-OES for As, Ba, Be, Cd, Co, Cr, Cu, Eu, Ga, Ge, La, Li, Mo, Pb, Mn, Zn, S, Nd, Ni, P, Sc, Sn, Sr, V, Y and Yb. Data processing showed the pollution in the water and soil of the area is very low.

Keywords: Environmental geochemistry, Water and soil, Lavij coal deposit, Central Alborz.

* Corresponding author. *E-mail Address*: m-yazdi@sbu.ac.ir

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

استخراج معادن زغال سنگ در البرز از دیرباز از نظر اثرات زیان بار زیست‌محیطی همواره مورد توجه بوده است. یکی از معادن در حال استخراج در البرز معدن لاویج در بخش مرکزی البرز و نزدیک شهرستان آمل می‌باشد. بیشترین استخراج لایه‌های زغال‌دار منطقه لاویج به‌ویژه در محل روستاهای دیزنکلا و کرچی متمرکز است. از طرفی آب‌های زیرزمینی و سطحی باعث انحلال کانی‌های فلزی و غیرفلزی موجود در لایه‌های زغال‌دار شده و می‌تواند باعث آلودگی‌های زیست‌محیطی آب و خاک‌های منطقه گردد. بدین جهت آب‌های زیرزمینی و سطحی و خاک‌های سطحی منطقه از نظر تغییرات ژئوشیمیائی زیست‌محیطی مورد بررسی قرار گرفت.

منطقه لاویج در ۴۸ کیلومتری جنوب غربی آمل و ۳۵ کیلومتری جنوب شرقی شهرستان نور قرار دارد. این منطقه در تقسیمات زمین شناسی ایران در زون البرز مرکزی قرار می‌گیرد. منطقه لاویج بروی سازند شیلی زغال‌دار شمشک قرار گرفته و از نظر توپوگرافی این منطقه نسبت به دیگر نقاط منطقه کم ارتفاع‌تراست. از نظر آب و هوایی این منطقه شبیه سایر نقاط دیگر مازندران و جزء مناطق مرطوب و معتدل می‌باشد. طبق آمار ارائه شده توسط اداره تحقیقات هواشناسی کاربردی مازندران حداکثر مطلق دمای سالانه ایستگاه چمستان (نزدیک‌ترین ایستگاه به منطقه لاویج) ۴۰ درجه سانتی‌گراد در خرداد ماه و حداقل مطلق دما ۸.۵- درجه سانتی‌گراد در آذرماه می‌باشد. بیشترین مقدار رطوبت در منطقه لاویج مربوط به اسفند ماه حدود ۸۴٪ و کم‌ترین آن حدود ۸۰٪ در خرداد و تیرماه است. بیشترین بارندگی سالانه مربوط به فصل پائیز با ۳۳۲ میلی‌متر و کم‌ترین آن متعلق به فصل تابستان با ۱۱۰ میلی‌متر است. رودخانه‌های اصلی که در منطقه لاویج جریان دارند شامل واز رود در شرق منطقه که از جوربند عبور می‌کند و دیگری لاویج رود در غرب منطقه که از تنگه لاویج عبور می‌کند (Esmailpour, 2009).

در نقشه پهنه رسوبی – ساختاری ایران منطقه لاویج در شمال زون البرز مرکزی قرار می‌گیرد. بیشتر واحدهای رسوبی این منطقه مربوط به دوران مزوزوئیک و سنوزئیک می‌باشد. واحدهای زغال‌سنگی این منطقه در سازند شمشک با سن تریاس پایانی تا ژوراسیک آغازین تشکیل شده‌اند. سنگ‌های در بر گیرنده زغال سنگ‌ها در این معادن اغلب شامل ماسه سنگ، شیل، ماسه سنگ آهکی، سیلت وآرژیلیت است (Yazdi and Esmailnia, 2004). حد تحتانی واحد زغال‌دار لاویج محدود به دولومیت توده‌ای تا آهک دولومیتی زرد تا خاکستری الیکای فوقانی با سن تریاس میانی است. حد فوقانی واحد زغال‌دار در بخش غربی به سنگ آهک و چرت سازند نسن (پرمین) محدود می‌شود و در بخش شرقی به آهک مارنی نازک لایه (ورمیکوله) الیکا تحتانی (تریاس آغازین) محدود می‌شود (Yazdi, 2003). با توجه سست بودن لایه‌های سازند شمشک در مقابل فرسایش‌های فیزیکی، شیمیائی و حتی بیوشیمیائی عملیات معدن کاری منطقه را از نظر تخریب‌های زیست‌محیطی تحت تاثیر قرار داده است.

با توجه به اثرات مخرب استخراج زغال‌سنگ در منطقه لاویج، تخریب‌های زیست‌محیطی منطقه را می‌توان به دو گروه تخریب‌های فیزیکی و ژئوشیمیائی تقسیم‌بندی نمود. در بخش شرقی منطقه زغال‌دار لاویج بافت جنگلی مرکب از درختانی از نوع راش، ممرز، بلوط، انجیلی می‌باشد و اراضی جنگلی و بیشه‌زار از نوع متراکم است. در شیل‌های زغال‌دار منطقه کرچی و سادات محله پوشش گیاهی متراکم از نوع افرا و ممرز است. هم‌چنین در بخش شرقی به ترتیب از پائین به

www.SID.ir

Archive of SID

سمت بالای منطقه از راش، انجیل، ممرز پوشیده شده است و در بخش‌های نزدیک به دریای‌خزر زمین زراعی و باغبانی وجود دارد. در خصوص جانورانی که در کوه‌های البرز و از جمله در منطقه لاویج زندگی می‌کنند، می‌توان کل، بزکوهی، آهو، قوچ، گراز، کرزن، گوزن سرخ، ببر، پلنگ، خوک، گربه وحشی و هم‌چنین پرندگانی مانند انواع عقاب، قرقاول، توکا، تیهوی شاهی، مرغابی، غاز، قو و حواصیل را اشاره کرد.

استخراج زغال‌سنگ بصورت سنتی و غیر اصولی در منطقه لاویج باعث قطع درختان، احداث جاده‌های متعدد و به هم خوردن ترکیب جانوری و فرار آن‌ها از منطقه شده است. از آن‌جا که جنگل‌های این منطقه قبل از فعالیت‌های معدن‌کاری جزء مناطق بکر و محفوظ مانده بود. فعالیت‌های معدنی اکوسیستم منطقه را تحت تاثیر قرار داده است. با توجه به این که زون زغال‌دار لاویج در سازند شمشک جای دارد و این سازند از نظر سنگ‌شناسی شیل، سیلت و ماسه سنگ‌های سست است. باعث ایجاد زمین لغزش‌هایی در منطقه کرچی و دیزنکلاء شده است. در منطقه دیزنکلاء، با گابیون بندی که توسط جهاد سازندگی صورت گرفته، جلوی حرکت زمین به سمت کرچی، رئیس کلاء و تخریب این مناطق گرفته شده است. از طرفی در منطقه مورد مطالعه حفر زمین، تغییر شیب و برداشت زغال‌سنگ در بیش از ۱۵ نقطه در سازند شمشک در محل زمین لغزش قدیمی در حوضه مورد مطالعه سبب شده تا در اثر تحریکات طبیعی زمین، توده خاک بالادست به پایین دست حرکت نماید و قسمت حفرشده را پرکند. هم‌چنین برداشت بی رویه سنگ و ماسه از کف رودخانه سبب حذف تکیه‌گاه شیب لایه‌های بالائی و مرتفع شدن سطوح و در نتیجه افزایش پتانسیل زمین لغزش شده است.

مواد و روش‌ها

در این تحقیق جهت بررسی پتانسیل احتمالی آلودگی منابع آبی منطقه زغال‌دار لاویج، ابتدا تعداد ۴ حلقه چاه، ۸ منبع (۲نمونه زهاب) و از ۲ دهنه چشمه در طی دو دوره پرآبی (زمستان ۱۳۸۵) و کم آبی (تابستان ۱۳۸۶) نمونه‌برداری انجام شد. ابتدا با دستگاه GPS محل نمونه‌برداری‌ها ثبت گردید. به هنگام نمونه برداری توسط یک دستگاه pH متر، اسیدیته و دمای آب و با دستگاه ECمتر مقدار هدایت الکتریکی آب اندازه گیری شد. این نمونه‌ها با دستگاه طیف سنج نوع ICP-OES در آزمایشگاه سازمان زمین‌شناسی تجزیه شدند که نتایج آن بطور خلاصه در بخش‌های زیر و جداول شماره ۱ و ۲ ارائه می‌شود.

خاک‌های منطقه لاویج بیشتر از نوع برجا بوده و با مواد آلی مخلوط شده‌اند. در منطقه مورد مطالعه بیشتر در بخش‌های شمالی منطقه در محدوده اسپی کلا و لسفیجان خاک منطقه جهت کشاورزی وجود دارد. خاک های منطقه کرچی و دیزنکلاء بسیار ناچیز و از نوع درجا زا است و از آن‌جا که کشت و کار در آن صورت نمی‌گیرد، بنابراین نمونه‌برداری از خاک انجام نگردید، بلکه فقط از سنگ‌های منطقه نمونه برداشته شد. از آن جا که داده‌های ژئوشیمیائی بدست آمده از نمونه‌های خاک با نتایج خوبی همراه نبود، بنابراین در مقاله حاضر به بررسی ویژگی‌های زیست‌محیطی منابع آبی منطقه لاویج پرداخته شد.

نتایج

بر اساس نتایج این تحقیق مشخص شد که مقدار متوسط آرسنیک، جیوه، مس، روی و کروم در منابع آبی منطقه زغال‌دار لاویج از حد استانداردهای معرفی شده کمتر است (جداول شماره۱-۲). ولی مقدار متوسط غلظت سرب در دوره پرآبی ۰/۰۸ و کم آبی ۰/۱۱ بوده که از

www.SID.ir

Archive of SID

حد استاندارد بیشتر است. علاوه براین مقدار غلظت کادمیم در دوره پرآبی ۰.۰۰۶ و در دوره کم آبی ۰/۰۷ بیش از حد استاندارد می‌باشد. برای آب شرب در استانداردهای جهانی غلظت مجاز میزان کادمیم (ppm ۱ /۰)، کروم (ppm ۱)، مس (۱ppm)، سرب (۱ppm) و روی (ppm ۲) در نظر گرفته شده است (Shariat Panahi, 1984). غلظت عناصرسنگین نظیر روی، کروم، کبالت وکادمیم در منابع آبی که در نزدیکی معادن زغال سنگ قرار دارند (منبع ملامحله، منبع قدیم رئیس کلاء ومنبع جدید رئیس کلاء) در دوره کم آبی بیشتر از دوره پر آبی ولی از حد استانداردها کمتر است. ولی غلظت این عناصر بیشتر از مقدار موجود در زهاب معدن می‌باشد. مقدار مس (۰/۰۷) و سرب (۰/۳۳) در دوره پر آبی بیشتر از دوره کم آبی بوده است. به طوری که نسبت آن‌ها از استاندارد جهانی معرفی شده و هم‌چنین از مقدار موجود در زهاب بیشتر است (Duzgoren *et al.*, 2006; Pandey *et al.*, 2006).

تغییرات غلظت عناصر سنگین در نمونه‌های برداشتی از چشمه کرچی، منبع دیزنکلاء، منبع بهبنک و چشمه ملاکلاء مشابه هم بوده این منابع آبی در فاصله دورتری نسبت به معدن زغال‌سنگ لاویج قرار دارند. مقدار آرسنیک و جیوه در تمامی این نمونه‌ها در هر دو دوره بسیار پائین است واز نظر زیست‌محیطی مشکلی ایجاد نمی‌کند. غلظت کادمیم و روی در این نمونه‌ها به ترتیب ۰/۰۳و ۰/۰۷ بوده که غلظتی بیش از حد استانداردهای جهانی دارند (GWW, 1994; WHO, 2002; Wilcox, 1948).

غلظت سرب در دوره کم آبی در منبع بهبنک و دیزنکلاء (۰/۴)، چشمه کرچی (۰/۳)، چشمه ملاکلاء (۰/۱۳) را نشان می‌دهد که در تمامی این نمونه‌ها مقدار عنصر سرب بیشترازحد استاندارد است (Feth, 1965 and Freez *et al.*, 1979). مقدار مس در منابع آبی معرفی شده (۰/۰۱) می باشد. در دوره کم آبی بیشتر از پرآبی بوده و از حد استاندارد کمتر است. مقدار غلظت فلزات سنگین در نمونه‌های برداشتی از ۴ حلقه چاه نشان داد که غلظت آرسنیک و جیوه در تمامی چاه‌ها کم و مشابه هم است. غلظت بقیه عناصر در هردو دوره تقریبا مشابه هم و بسیار کمتر از حد استانداردهای معرفی شده می‌باشند (جداول ۷-۲). این مسئله نشان می‌دهد که نمونه‌های متعلق به آب چاه‌های منطقه لاویج از کیفیت بالایی برخوردار بوده و عاری از عناصر سمی و سنگین می‌باشد. در دوره کم آبی فقط مقدار کروم زهاب معدن دیزنکلاء بیشتر از منابع آبی لاویج بوده و غلظت بقیه عناصر در زهاب کمتر از منابع آبی است (جداول شماره۱-۲).

بحث

اگرچه عملیات معدن‌کاری زغال‌سنگ در منطقه لاویج مدت کوتاهی است شروع شده و نمی‌تواند از دیدگاه محتلف زیست‌محیطی مورد ارزیابی دقیق قرار گیرد. ولی با توجه به سست بودن لایه‌های زغال‌دار سازند شمشک در مقابل فرسایش‌های فیزیکی، شیمیائی و حتی بیوشیمیایی عملیات معدن‌کاری منطقه لاویج را از نظر تخریب‌های زیست‌محیطی فیزیکی تحت تاثیر قرار داده است. آب و هوای مرطوب و معتدل باعث شده انحلال کانی‌های فلزی و غیرفلزی موجود در لایه‌های زغال‌دار به سرعت صورت گیرد. این فرایند می‌تواند باعث آزادسازی عناصر در محیط گشته و حتی موجب آلودگی‌های‌های ژئوشیمیائی آب و خاک‌های منطقه گردد. در ابتدا به منظور تعیین وضعیت سنگ‌شناسی غالب در سازندهای سخت مسیر جریان آب زیرزمینی تیپ و رخساره منابع آب مورد بررسی قرار گرفت. رخساره شیمیایی منابع آبی نزدیک معادن زغال سنگ (منبع قدیم رئیس کلاء، منبع جدید رئیس کلاء و منبع ملامحله)

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۱ – مقایسه میزان یون‌های آب منطقه لاویج با مقادیر استانداردهای آب شرب (میلی‌گرم در لیتر)
(GWW, 1994; WHO, 2002 ; Wilcox, 1948)

پارامتر کیفی	محیط زیست آمریکا (USEPA،۲۰۰۳)	بهداشت جهانی (WHO،۱۹۸۴)	وزارت نیرو	موسسه استاندارد ایران	میانگین در آب‌های لاویج (پرآبی)	میانگین در آب‌های لاویج (کم آبی)
نیترات	۱۰	۴۵	۴۵	۵۰	۳.۸	۴.۱۸
نیتریت	۱	۰.۱	۰.۱	۳	۱.۸۷	۱.۸۷
سولفات	۵۰۰	۴۵۰	۴۰۰	۶۰۰–۴۰۰	۱۷.۱۴	۱۹.۲
کلرید	۲۵۰	۲۵۰	۶۰۰	۴۰۰	۱۲.۴۷	۲.۴۶
کلسیم	–	۱۰۰	۲۰۰	۲۵۰	۵۲/۷	۸۱.۴
منیزیم	–	۵۰	۱۵۰	۵۰	۳۳/۶	۲۶.۹
آهن	۰.۳	۰.۳	1	۰.۳	–	۰.۰۶۱
سدیم	–	۲۰۰	–	۲۰۰	۵.۴۷	۶
فسفات	-	–	۰.۲	–	۳.۸	۳.۸
سختی کل	–	۵۰۰	–	۵۰۰	۲۷۰	۳۱۳/۷
TDS (mg/lit)	–	۱۵۰۰	۲۰۰۰	۱۵۰۰	۲۴۴/۸	۳۸۹.۴

جدول ۲ – مقایسه میزان عناصر آب منطقه لاویج با مقادیر استانداردهای آب شرب (میلی‌گرم در لیتر)
(GWW, 1994; WHO, 2002 ; Wilcox, 1948)

عناصر	بهداشت جهانی ۱۹۷۱	مجمع اروپائی ۱۹۸۰	بهداشت جهانی ۱۹۸۳	بهداشت آمریکا	میانگین آب‌های لاویج (پرآبی)	میانگین آب‌های لاویج (کم آبی)
آرسنیک	۰.۰۵	۰.۰۵	۰.۰۵	۰.۰۱	۰/۰۰۸	۰.۰۰۸
کادمیم	۰.۰۱	۰.۰۰۵	۰.۰۰۵	۰.۰۱	۰.۰۰۶	۰/۰۷
کروم	-	۰.۰۵	۰.۰۵	۰.۰۵	۰/۰۱۶	۰/۰۱
سرب	۰.۱۰	۰.۰۵	۰.۰۵	۰.۰۵	/۰۸	۰/۱۱
جیوه	۰.۰۰۱	۰.۰۰۱	۰.۰۰۱	-	۰.۰۰۱	۰.۰۰۸
نیکل	–	۰۵/۰	-	-	-	-
باریم	-	۰.۱۰	-	۱	۰.۰۱۰	-
کلسیم	۲۰۰–۷۵	۱۰۰	-	-	۵۲.۷	۸۱.۵
کلر	۲۰۰–۶۰۰	۲۵	۲۵۰	۰.۰۱	۱۲.۴	۲۴۶
مس	۰.۰۵	۰.۱۰	-	۱	۰.۰۲	۰/۰۱
منیزیم	۱۵۰–۳۰	۵۰–۳۰	-	-	۳۳.۶	۹.۲۶
منگنز	۰.۰۵–۵۰	۰.۰۲ – ۰.۰۵	۰.۱۰	۰.۰۵	۰.۰۲	-
نیتریت	-	۰.۱۰	-	-	۱.۸	۱.۸
پتاسیم	-	۱۲	-	-	۱.۷	۱.۸
سدیم	-	۱۷۵	۲۰۰	-	۵.۴	۶
روی	۱۵	۰.۱۰	-	۵	۰.۰۴	۰.۴
سولفات	۲۰۰–۴۰۰	۲۵۰	۴۰۰	۲۵۰	۱۷	۱۹.۲
TDS	۵۰۰	۱۵۰۰	۱۰۰۰	۵۰۰	۲۴۴.۸	۳۸۹.۴
EC (µs/cm)	-	۴۰۰	-	–	۴۷۹	۷۷۸

www.SID.ir

Archive of SID

از نوع کربنات کلسیم است که علت آن می‌تواند ناشی از انحلال کانی‌های کربناته موجود در واحدهای آهکی سازند الیکا و تیزکوه باشد. منابع آبی دورتر از بخش‌های معدنی در محدوده وسیعی (چشمه کرچی، ملاکلاء، منبع دیزنکلاء و منبع بهبنک) بی کربناته منیزیک می‌باشد. این مسئله حاکی از آن است که آب باعث انحلال سنگ‌های دولومیتی سازند الیکا فوقانی شده و غلظت یون منیزیم در بخش‌های دورتر افزایش یافته است.

در این تحقیق قابلیت شرب و کشاورزی آب‌های زیرزمینی با استفاده از نتایج سنجش یون‌های اصلی شیمیائی از جمله نیترات، سولفات، فسفات و فلزات سنگین مورد بررسی قرار گرفت. با توجه به نتایج این پژوهش آب چشمه‌ها و چاه های منطقه از نظر شرب و کشاورزی در محدوده خوب و سالم قرار دارند و این نشان دهنده کیفیت مطلوب آب منطقه لاویج است. آب منطقه لاویج برحسب میزان TDS در دسته آب های شیرین و قابل شرب (۴۵۰- ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر) قرار می‌گیرد. به طوری که مقدار آن در دوره پرآبی ۲۴۴/۸میلی‌گرم و در دوره کم آبی ۳۸۹/۴ میلی‌گرم در لیتر می‌باشد. میانگین سختی آب زیرزمینی منطقه لاویج در دوره کم آبی ۳۱۳/۷ میلی‌گرم و در دوره پرآبی ۲۷۰ میلی‌گرم در لیتر برحسب CaCO3 می‌باشد. آب منطقه لاویج از نظر سختی در گروه آب‌های نسبتاً سخت قرار می‌گیرد. سختی آب در این منطقه به دلیل وجود سازندهای آهکی و دلومیتی است. این مقدار از استاندارد سختی آب گزارش شده سازمان بهداشت جهانی یعنی ۵۰۰ میلی‌گرم کمتر است (GWW, 1994; WHO, 2002 and Wilcox, 1948) . از آن‌جا که سختی این آب‌ها از نوع سختی موقت می‌باشد در اثر جوشاندن آب بی‌کربنات به کربنات تبدیل شده و در ته ظرف ته نشست می‌کند. بنابراین توصیه می‌شود قبل از آشامیدن آب، آن را باید جوشاند تا از بروز سنگ کلیه جلوگیری گردد. مقدار غلظت نیترات، نیتریت، سولفات و غلظت یون کلر در آب منطقه لاویج کمتر از حد استانداردهای معرفی شده می‌باشد (Hem, 1989 and 1992). این مسئله از نظر زیست‌محیطی مشکلی ایجاد نمی‌کنند.

در ادامه بررسی روی نمونه‌های های زغال‌سنگ و زهاب اطراف معدن نشان داد که درتمامی نمونه‌های زغال سنگ به ترتیب مقدار کادمیم، کبالت و سرب بسیار پایین و به همان نسبت در زهاب معدن کرچی و دیزنکلاء نیز کم است. مقدار کروم، مس و روی در نمونه‌های زغال سنگ بالادست معدن و در زهاب معدن نیز زیاد است. هم‌چنین مطالعه روی زهاب زغال‌سنگ‌های معدن کرچی و دیزنکلاء با زهاب مربوطه به آن معادن نشان داد که مقدار عنصر کادمیم در نمونه زغال کرچی کم و در زهاب نیز پایین است و عناصر کبالت و سرب در زغال سنگ بالاست ولی در زهاب نسبت آن ها کاهشی است. عناصر کروم، مس و روی در زغال سنگ زیاد و به همان نسبت در زهاب معدن کرچی بالاست. نسبت غلظت عناصر موجود در زهاب اسیدی دیزنکلاء کاملا مشابه نسبت های عناصر سنگین موجود در زغال سنگ است. این مسئله حاکی از آن است که منشاء عناصر سمی موجود در منابع آبی، انحلال کانی های سولفیدی جای گرفته در لایه‌های رسوبی مثل شیل و لایه‌های زغال‌دار است.

دراین پژوهش با استفاده از نرم افزارهای Excel و SPSS روابط بین عناصر تعیین شد. حاصل مطالعه روند تغییرات عناصر سنگین به صورت ذیل ارائه می شود. ضریب همبستگی بین عناصر سنگین در دوره پرآبی وکم آبی محاسبه گشته و در جداول شماره ۳ و۴ ارائه شده است. در این جداول ضرایب همبستگی بین عناصر مختلف با همدیگر بصورت مقادیر مثبت (همبستگی مثبت) و

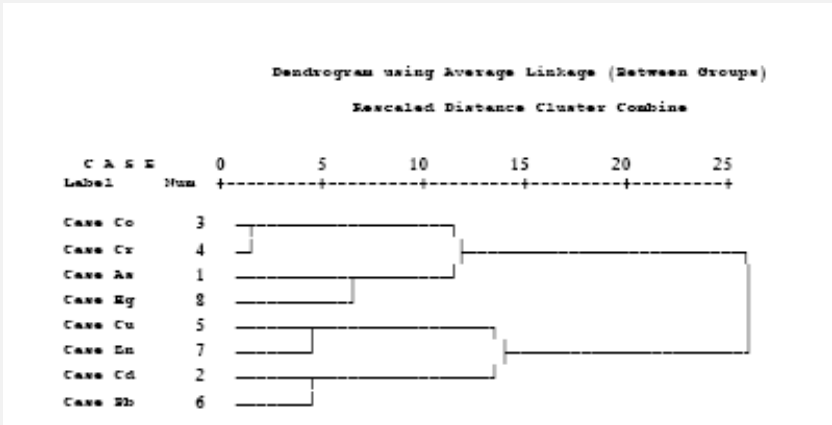
www.SID.ir

Archive of SID

مقادیر منفی (همبستگی منفی) بین عناصر سنگین را نشان می‌دهد. سپس نمودار خوشه‌ای ارتباط بین عناصر ترسیم گردید که در تصاویر شماره ۱ و ۲ ارائه می‌شود. در این نمودارهای خوشه‌ای عناصر تشابه خواص و رفتار عددی داده‌ها نسبت به یکدیگر مشاهده می‌گردد. براساس این نمودارها همبستگی بین عناصر سنگین در دوره پرآبی نشان داد که بیشترین همبستگی بین کروم و کبالت است. در گروه بعدی همبستگی تقریبا خوبی بین سرب با کادمیم وجود دارد. از طرفی سرب با آرسنیک، کبالت و کروم هیچ نوع همبستگی ندارد. جیوه نیز هیچ گونه همبستگی با مس، سرب وروی ندارد. همبستگی بین عناصر سنگین در دوره کم آبی نشان داد که بیشترین همبستگی بین جیوه با آرسنیک و کادمیم بوده سپس با کبالت داشته است. کبالت با آرسنیک و سپس با کادمیم همبستگی مثبت دارد. روی با مس، سرب، کروم، کادمیم، کبالت وآرسنیک همبستگی منفی دارد. هم‌چنین جیوه با مس، سرب، روی وکروم همبستگی منفی دارد. چنین روندی در جدول همبستگی‌ها نیز بصورت عددی قابل محاسبه می‌باشد.

جدول ۳- ضریب همبستگی بین عناصر سنگین دوره پرآبی منطقه لاویج

Case	Correlation between Vectors of Values							
	As	Cd	Co	Cr	Cu	Pb	Zn	Hg
As	1.000							
Cd	0.004	1.000						
Co	0.221	-0.442	1.000					
Cr	0.298	-0.558	0.819	1.000				
Cu	-0.139	0.259	-0.777	-0.766	1.000			
Pb	-0.736	0.654	-0.552	-0.702	0.422	1.000		
Zn	0.233	0.091	-0.694	-0.710	0.657	0.017	1.000	
Hg	0.554	0.378	0.404	0.341	-0.665	-0.263	-0.278	1.000



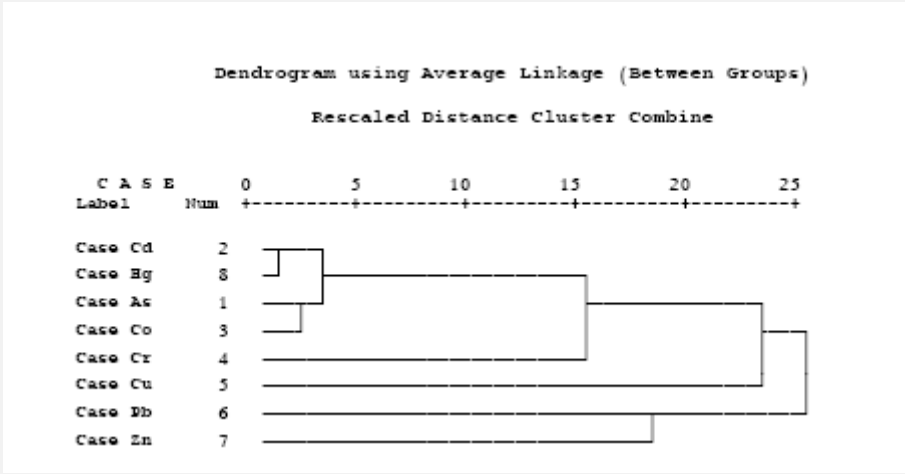
شکل ۱- نمودار خوشه‌ای عناصر سنگین در دوره پر آبی منطقه لاویج

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۴ – ضریب همبستگی بین عناصر سنگین در دوره کم آبی منطقه لاویج

Case	Correlation between Vectors of Values							
	As	Cd	Co	Cr	Cu	Pb	Zn	Hg
As	1.000							
Cd	0.819	1.000						
Co	0.890	0.728	1.000					
Cr	0.199	0.362	0.197	1.000				
Cu	0.093	-0.399	-0.027	-0.221	1.000			
Pb	-0.598	-0.215	-0.387	-0.285	-0.434	1.000		
Zn	-0.135	0.200	-0.108	0.139	-0.862	0.090	1.000	
Hg	0.937	0.949	0.823	0.283	-0.126	-0.397	-0.023	1.000



شکل ۲ – نمودار خوشه‌ای عناصر سنگین در دوره کم آبی منطقه لاویج

سپاسگزاری

این پژوهش با حمایت مالی و فنی سازمان زمین‌شناسی ایران انجام گرفت. نویسندگان مقاله از مساعدت و همکاری مسئولان و کارشناسان سازمان زمین‌شناسی ایران به خصوص آقای ترک سپاسگزاری می‌نمایند. هم‌چنین از همکاری صاحبان معادن زغال‌سنگ منطقه لاویج به خصوص اهالی خوب این روستا تشکر می‌شود.

نویسندگان مقاله از سرکار خانم مهندس دیبائی بدلیل ویراستاری ادبی مقاله و آقای دکتر خوشبخت بدلیل ویراستاری علمی مقاله تشکر می نمایند.

منابع

Duzgoren-Aydin N.S., C.S.C. Wong, A. Aydin, Z. Song, M. You and X.D. Li (2006). Heavy metal contamination and distribution in the urban environment of Guangzhou, SE China. Journal of Environmental Geochemistry and Health, 28:375–391.

Esmailpour, R. (2009). Geochemistry, Mineralogy of Coals in Lavij and its environmental impacts. MSc thesis. Shahid Beheshti University. Unpublished.

www.SID.ir

Archive of SID

Yazdi M. and A. Esmailnia. (2004). Geochemical properties of coal in the Lushan coalfield of Iran. International Journal of Coal Geology, 60: 73-79.

Yazdi M. (2003). Coal (from origin to environmental impacts). Tehran: Jahad Daneshgahi press.

Feth, J.H. (1965). Preliminary Map of the Conterminous United States. U.S Geological Survey. Hydrological Inv. Atlas HA-199.

Freez, R.A. and J.A. Cherry. (1979). Ground Water. Prentice Hall. 604p.

GWW. (1994). Ground Water for Windows (Manual and Soft Ware). New York: United Nation.

Hem, J.D. (1989). Study and Interpretation of the Chemical Characteristics of Natural Water. 3th Ed. U.S. Geological Survey Water- Supply.

Hem, J.D. (1992). Ground Water Characteristics and Interpretation. 3th Ed. U.S. Geological Survey Water- Supply.

Pandey P.K., R. Sharma, M. Roy, S. Roy and M. Pandey (2006). Arsenic contamination in the Kanker district of central-east India: geology and health effects. Journal of Environmental Geochemistry and Health, 28:409–420.

Shariat Panahi M. (1984). The Effectiveness of Land Treatment for Removal of Heavy Metals. Journal of Faculty Engineering, 45:27-59.

WHO. (2002). Guide lines for Drinking Water Quality. Vols: 1, 2 and 3. WHO-Geneva.

Wilcox L.V. (1948). The Quality of Water for Irrigation Use. U.S. Washington: Dept. of Agriculture Bulletin.

www.SID.ir