سنجش و ارزیابی آلودگی فلزات سنگین در رسوبات رودخانه گرگان‌رود

حسین باقری[۱*]، ترانه شارمد[۲]، وحید خیرآبادی[۳]، کاظم درویش‌بسطامی[۱]، زهرا باقری[۴]

۱- موسسه ملی اقیانوس شناسی، ایستگاه پژوهشی دریای خزر، استان مازندران، نوشهر، پست الکترونیکی: Baghery1@gmail.com

۲- سازمان زمین شناسی کشور، بخش ژئوشیمی دریایی، استان تهران، تهران، پست الکترونیکی: T_Sharmad@yahoo.com

۳- اداره کل حفاظت محیط زیست گلستان، استان گلستان، گرگان، پست الکترونیکی: khierabadi@yahoo.com

۴- دانشگاه تربیت مدرس، دانشجوی کارشناسی ارشد محیط زیست، استان مازندران، نور، پست الکترونیکی: Bagheri.zahra@hotmail.com

* نویسنده مسوول

تاریخ دریافت: دی ۸۹ تاریخ پذیرش: اسفند ۸۹

© نشریه علمی ـ پژوهشی اقیانوس‌شناسی ۱۳۹۰، تمامی حقوق این اثر متعلق به نشریه اقیانوس‌شناسی است.

چکیده

مطالعات ژئوشیمیایی رسوبات پیکره‌های آبی مانند رودخانه‌ها، مصب‌ها و بستر دریاها، می‌تواند گام مؤثری برای یافتن منشأ رسوبات، الگوی پراکنش عناصر و ارزیابی زیست محیطی وضعیت آلاینده‌ها برای مدت موجود در یک منطقه باشد. رسوبات، محل نهایی تجمع فلزات سنگین در محیط آبی‌اند، اما تحت شرایطی می‌توانند خود به‌عنوان منبع آلودگی در آب عمل کنند. ورود فلزات سنگین به منابع آبی از طرق مختلف، باعث ایجاد مخاطراتی از قبیل مسمویت، سرطان‌زایی و غیره. در بدن موجودات زنده می‌شود. برای مطالعه فلزات سنگین در رودخانه گرگان‌رود از ۱۰ ایستگاه، نمونه‌ی سطحی و یک مغزه برداشت شد. از بخش ریزدانه‌ی رسوبات برای تعیین غلظت فلزات سنگین استفاده شد و غلظت فلزات سنگین (Al, Cr, Ni, Cu, Fe, Co, Mn) توسط روش پلاسمای جفت شده القایی تعیین شد. مقایسه غلظت فلزات سنگین در رسوبات سطحی نسبت به رسوبات عمقی آن ناحیه تحت عنوان ضریب غنی‌شدگی صورت گرفت که غلظت عناصر برحسب میانگین کل ایستگاه‌ها، به ترتیب Al>Cr>Co>Fe>Ni>Mn>Cu تعیین گردید. بیشتر مناطق، ضریب غنی‌شدگی مقادیر نزدیک به یک از خود نشان دادند که حاکی از اثرحوضه‌ی آبریز و عوامل طبیعی در غنی‌شدگی فلزات سنگین است و مقادیر کم ضرایب غنی‌شدگی فلزات سنگین بیانگر آن است که این فلزات به‌طور عمده از منابع طبیعی فرسایش (حوضه‌ی آبریز) تأمین می‌شوند و اثر فعالیتهای انسانی در تمرکز فلزات سنگین ناچیز است. همچنین مقادیر بیشتر از یک که در ایستگاه شماره ۱ مشاهده گردید، نشان‌دهنده‌ی سهم عوامل انسانی در این منطقه است. بنابراین لزوم مدیریت زیست‌محیطی در این رودخانه احساس می‌گردد.

کلمات کلیدی: *رسوب، فلزات سنگین، گرگان‌رود*

۱. مقدمه

رسوبات، محل نهایی تجمع فلزات سنگین در محیط آبی‌اند، اما تحت شرایطی می‌توانند خود به‌عنوان منبع آلودگی در آب عمل کنند (Yu, etal., 2001; Izquierdo, et al. 1997). آلودگی محیط ناشی از فلزات سنگین اکنون به‌عنوان مشکلی در مقیاس جهانی

Archive of SID

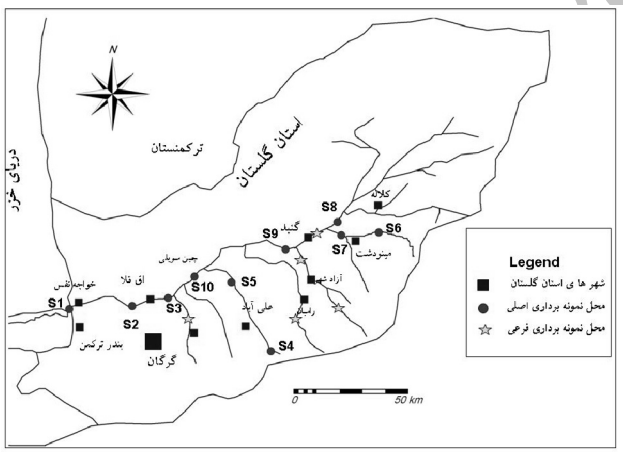
www.SID.ir

محسوب می‌شود (Nriago & Pasyna, 1998).آلودگی یکی از مهمترین مسایل مطرح در حفاظت دریاها و حفظ تعادل بوم‌شناختی آبهاست. مطالعات ژئوشیمیایی رسوبات موجود در پیکره‌های آبی مانند رودخانه‌ها، مصب‌ها و بستر دریاها، می‌تواند گام مؤثری برای یافتن منشأ رسوبات، الگوی پراکنش عناصر و ارزشیابی زیست‌محیطی وضعیت آلاینده‌ها، برای مدت موجود در یک منطقه باشد (Shajan, 2001). اگرچه آلاینده‌ها برای مدت طولانی در رسوبات، باقی می‌مانند، ولی در اثر فعالیت‌های زیست‌شناختی و تغییر شرایط فیزیکی و شیمیایی، وارد آبهای فوقانی می‌شوند. لذا اندازه‌گیری غلظت کل عنصر سنگین نمی‌تواند تصویر واقعی از آلودگی یک محیط آبی به‌دست دهد (Helling et al; 1990؛ Karbassi, 1998). این مسأله، لزوم انجام مطالعات تفکیک شیمیایی را به‌منظور دستیابی به منشأ و نوع پیوندها، ضروری می‌سازد (Gupta & Chen, 1975; Chester & Hughes, 1967). در صورت عدم دسترسی به امکانات لازم می‌توان از علم آنالیز خوشه‌ای برای منشأیابی عناصر سنگین در رسوبات استفاده کرد (Davis, 1973).

حوضه‌ی آبریز گرگان‌رود با جهت شرقی ـ غربی در جنوب شرقی دریاچه‌ی خزر قرار دارد. این حوضه در دامنه‌های شمالی البرز واقع شده و آب حاصل از بارش‌ها و سامانه‌ی زهکشی خود را به دریای خزر می‌ریزد. از نظر موقعیت ریاضی این حوضه بین عرض‌های جغرافیایی ۳۶ درجه و ۳۳ دقیقه شمالی تا ۳۷ درجه و ۴۵ دقیقه شمالی و در طول ۵۴ درجه و ۳ دقیقه الی ۵۶ درجه و ۱۳ دقیقه شرقی قرار دارد. قسمت‌های جنوبی و شرقی حوضه دارای کوههای نسبتا بلند و شیب‌دار بوده که دره‌های نسبتا عمیقی در آنها ایجاد شده‌اند. البته به سمت شمال از شدت شیب کاسته شده و منطقه حالت دشت به خود گرفته که احتمالا ناشی از گسترش دریای خزر در این قسمت در دوره‌های گذشته است. به‌طور کلی در حوضه آبریز گرگان‌رود و قره‌سو، ۵۴/۰۲ درصد از وسعت حوضه را کوه‌ها و ۵/۸۳ درصد از تپه‌ها و ۵/۲۸ درصد را فلات‌ها و تراس‌های فوقانی، و حدود ۱۴/۹۷ درصد را دشت‌های دامنه‌ای، ۱۲ درصد را دشت‌های رودخانه‌ای، ۱۶/۲۵ درصد را اراضی پست و ۱/۶۷ درصد را واریزه‌های بادبزنی شکل تشکیل می‌دهند. در این حوضه حداکثر ارتفاع در حدود ۳۶۰۰ متر و حداقل آن ۲۶ متر از سطح دریا است. مساحت این حوضه در حدود ۱۰۵۷۰ کیلومتر مربع است. آبهای سطحی در این حوضه با رژیم برفی ـ بارانی همراه هستند، به‌طوری که رودخانه‌های آنها از کوه‌هایی که بین ۲۵۰۰ تا ۳۰۰۰ متر ارتفاع دارند سرچشمه می‌گیرند. لازم به ذکر است که آبدهی این رودخانه در ماه‌های فروردین و اردیبهشت که فصل ذوب برف است به حداکثر می‌رسد (گزارش امور آب استان گلستان، ۱۳۸۱). در این تحقیق سعی شده تا با آنالیز شیمیایی رسوبات بستر رودخانه گرگان‌رود، میزان آلودگی برآورد شود. با توجه به ویژگی‌های زمین‌شناسی و شرایط آب و هوایی منطقه و چندین شهرک صنعتی در حاشیه‌ی این رودخانه، مقادیر و نحوه پراکنش آلودگی‌های فلزات سنگین در رودخانه گرگان‌رود مشخص شد.

۲. مواد و روش کار

به‌منظور سنجش و ردیابی فلزات سنگین رودخانه گرگان‌رود، با توجه به موقعیت مکانی شهرک‌ها و نواحی صنعتی و وضعیت زمین‌شناسی و راه‌های دسترسی، ۱۰ ایستگاه نمونه‌برداری اصلی جهت برداشت رسوب (مطابق جدول شماره ۱) در نظر گرفته شد و در هر ایستگاه جهت اطمینان از صحت آزمایش‌ها سه تکرار در بخش‌های بالادست، میانی و پایین‌دست رودخانه گرگان‌رود و سر شاخه‌های آن انجام شد (شکل ۱).



شکل ۱ـ موقعیت ایستگاه‌های برداشت نمونه‌ی رسوب در رودخانه گرگان‌رود

همچنین در برداشت نمونه‌ها سعی شد که از بالادست یا منطقه‌ی کمتر دست‌خورده و پایین‌دست که محل خروجی شهرها است، برداشت صورت گیرد تا تاثیر ویژگی‌های صنعتی و انسانی در هر بخش مشخص گردد. نمونه‌برداری رسوب با کمک دستگاه نمونه‌بردار اکمن با سطح ۲۲۵ سانتی متر مربع و یک لوله‌ی پلی اتیلن انجام شد، به‌طوری که در هر ایستگاه تعداد سه نمونه

www.SID.ir

رسوب برداشت شد که پس از قرار دادن در یک ظرف پلاستیکی با ثبت مشخصات به آزمایشگاه حمل و تا زمان بررسی در یخچال نگهداری شدند. بعد از طبقه‌بندی نمونه‌ها، عملیات خشک کردن، آسیاب، تقسیم و غربال بر روی آنها صورت گرفت تا به پودر ۲۰۰ مش تبدیل شوند. آنگاه با ارسال نمونه‌ها به آزمایشگاه (ACME LAB, Canada)، آنالیز فلزات به‌روش انحلال در تیزاب یا ۴ اسید و عیارسنجی با استفاده از روش Inductively-Coupled Plasma Mass Spectrometry (ICP-MS) انجام شد. همچنین نمونه‌هایی از بستر و عمق ۱ متری برداشت و به‌عنوان نمونه‌ی استاندارد انتخاب شد. پس از جمع‌آوری و ثبت داده‌ها، نرمال بودن آنها با استفاده از آزمون کولموگراف_ اسمیرنف بررسی شد. آنالیز واریانس داده‌های به‌دست آمده از ایستگاه‌های مختلف با روش one-way ANOVA انجام و اختلاف معنی‌دار بین ایستگاه‌ها با استفاده از آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد تعیین گردید. برای تشخیص وجود رابطه بین متغیرهای اندازه‌گیری شده از آزمون آماری پیرسون استفاده شد. کلیه آنالیزهای آماری با استفاده از نرم افزار Spss ver.16 انجام شدند. سرانجام با استفاده از شاخص ژئوشیمیایی، شدت آلودگی و نحوه پراکنش آن مشخص گردید (Muller,1979).

جدول۱_ موقعیت ایستگاه‌های نمونه‌برداری در رودخانه گرگان‌رود در بهار ۱۳۸۸

ایستگاه شماره	نام ایستگاه	موقعیت
S 01	خواجه نفس	N 37° 01′ 45.6″ E 54° 06′ 53.8″
S 02	اق قلا	N 37° 00′ 18.6″ E 54° 26′ 12.8″
S 03	اق قلا	N 37° 01′ 10.9″ E 54° 30′ 04.6″
S 04	علی آباد	N 36° 50′ 38.9″ E 54° 58′ 24.2″
S 05	علی آباد	N 36° 57′ 22.8″ E 54° 50′ 24.3″
S 06	مینو دشت	N 37° 13′ 55.5″ E 55° 23′ 15.2″
S 07	مینو دشت	N 37° 13′ 09.3″ E 55° 22′ 08.3″
S 08	گنبد	N 37° 16′ 17.5″ E 55° 10′ 37.8″
S 09	سلطانعلی	N 37° 13′ 48.5″ E 55° 05′ 00.1″
S 10	جین سوبلی	N 37° 05′ 30.4″ E 54° 36′ 48.0″

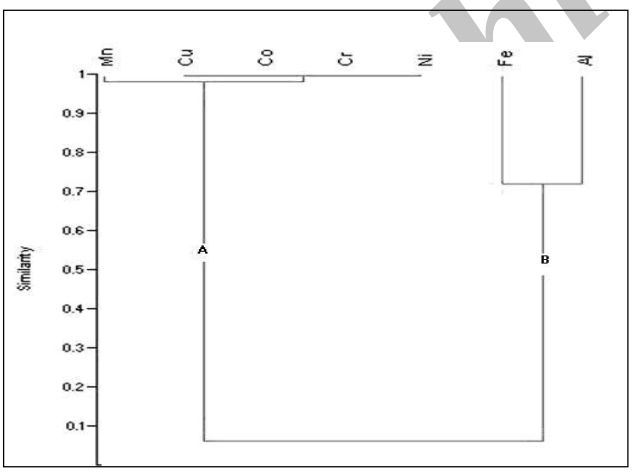
۳. نتایج

همان‌طور که در جدول شماره ۲ نشان داده شده است، میانگین غلظت فلزات آهن، مس، کبالت و آلومینیوم از مقادیر پوسته پایین‌تر است و سطح فلزات سنگین نیکل، کروم و منگنز نیز حد فاصل مقادیر رسوبات جهانی و پوسته زمین قرار دارد که حکایت از فرسایش رسوبات واحدهای زمین‌شناسی منطقه دارد.

جدول شماره ۲_ مقایسه دامنه‌ی مقادیر فلزات به‌دست آمده در بررسی حاضر و دستورالعمل‌های کیفیت رسوب (مقادیر بر حسب ppm)

ایستگاه	کبالت	کروم	نیکل	آهن%	آلومینیوم%	منگنز	مس
۱	۱۹/۵۷	۷۸/۳۳	۵۷/۷۷	۴/۳۵	۶/۶	۸۰۶/۳۳	۳۰/۵۰
۲	۱۳/۶۷	۴۷/۶۷	۳۵/۲۷	۳/۴۱	۲/۲۵	۶۵۷/۳۳	۱۱/۵۷
۳	۱۳/۵۳	۴۰/۶۷	۳۳/۱۰	۳/۶۱	۲/۸۰	۶۷۸/۶۷	۶/۷۳
۴	۱۶/۹۰	۵۷/۳۳	۴۶/۲۷	۵/۲۵	۴/۳۴	۴۶۸/۰۰	۱۲/۹۷
۵	۱۱/۰۳	۳۹/۶۷	۲۸/۶۳	۳/۲۳	۲/۶۹	۴۹۸/۰۰	۱۲/۶۷
۶	۶/۱۳	۲۶/۶۷	۱۷/۶۷	۱/۸۱	۱/۶۳	۳۶۳	۶/۵۳
۷	۱۰/۰۷	۳۹/۰۰	۲۸/۵۳	۲/۷۲	۲/۶۴	۴۸۶/۶۷	۱۵/۲۰
۸	۱۰/۸۳	۴۷/۶۷	۳۳/۹۳	۲/۶۹	۲/۳۴	۶۰۵/۶۷	۱۱/۹۷
۹	۱۰/۵۷	۴۳/۳۳	۳۹/۴۰	۲/۶۴	۲/۸۸	۵۳۴/۰۰	۱۱/۹۰
۱	۱۶/۲۰	۷۵/۶۷	۵۳/۰۰	۳/۸۱	۵/۹۶	۷۹۱	۲۳/۷۰
انحراف معیار	۰/۸۶	۴/۳۳	۲/۸۸	۰/۹۵	۰/۳۹	۳۹/۵۵	۲/۲۹
میانگین	۱۲/۸۳	۴۹/۵۰	۳۵/۴۶	۳/۳۵	۳/۶۲	۵۶۹/۰۳	۱۶/۴۷
نمونه دست نخورده	۶	۱۸	۱۹	۱.۶۶	۰/۹۸	۳۳۷	۹
پوسته زمین	۱۰	۳۵	۲۰	۳/۵	۸/۰۳	۶۰۰	۲۵
رسوبات جهانی	۱۴	۹۰	۵۲	۴/۱	۷/۲	۷۷۰	۳۳

به‌عبارت دیگر می‌توان نتیجه‌گیری کرد که غلظت‌های عناصر سنگین در واحدهای مختلف زمین‌شناسی بسیار متفاوت است و مقایسه غلظت‌ها با میانگین‌های پوسته و رسوبات جهانی، نتیجه خاصی را در اختیار نمی‌گذارد. ضرایب همبستگی عناصر سنگین در رسوبات رودخانه گرگان‌رود به‌منظور تفسیر آماری رابطه عناصر سنگین با یکدیگر و منشأیابی آنها مورد استفاده قرار گرفته است. سپس ضرایب همبستگی به دندوگرام آنالیز خوشه‌ای تبدیل شده است. نتایج آنالیز خوشه‌ای در شکل ۲ ارائه شده است.



شکل ۲_ دندوگرام آنالیز خوشه‌ای عناصر سنگین در رسوبات گرگان‌رود

دندوگرام از دو شاخه تشکیل شده است که در شاخه A عناصر نیکل، کروم، کبالت، مس و منگنز قرار دارند که تحت ضرایب تشابه بسیار بالا و معنی‌دار به یکدیگر متصل شده‌اند و می‌توان نتیجه گرفت که عوامل کنترل‌کننده‌ی آنها یکسان است. در شاخه B

www.SID.ir

عنصر آهن، آلومینیوم حضور دارند که آنها نیز می‌توانند منشأ یکسان داشته باشند. با توجه به ضرایب تشابه متفاوت در دو شاخه می‌توان نتیجه گرفت که منشا آنها متفاوت است.

۴. بحث و نتیجه‌گیری

گسترش فعالیت‌های انسانی در حوضه‌ی آبریز و در ناحیه‌ی ساحلی سبب افزایش بار آلودگی رودخانه‌های ورودی به خزر شده است (Voropaev, 1994). رودخانه‌های بخش باختری و شمالی خزر، نقش اصلی را در ورود آلاینده‌های رسوبات فلزی به خزر ایفا می‌کنند (Aliev, 1997). گرگان‌رود در مقایسه با دیگر رودخانه‌های خزر از نظر غلظت فلزات سنگین در حدّ کم و متوسط قرار دارد. همچنین بخش عمده فلزات سنگین در رسوبات ساحلی دریای خزر حاصل فرسایش سنگ‌های حوضه‌ی آبریز است (Stephen et al., 2004) . برای تفکیک سهم عوامل طبیعی از عوامل انسانی در تمرکز فلزات سنگین رسوبات گرگان‌رود از اندیس غنی‌شدگی زمین شیمیایی استفاده شد. این اندیس بیانگر آلودگی محیط در مقادیر بالا (۵ و۶) و محیط فاقد آلودگی در مقادیر پایین (نزدیک به ۱) است که اساس آن بر پایه‌ی فرمول زیر استوار است (Muller,1979):

$$Igeo=Log2\ (Cn/1.5*Bn)$$

که در آن *Igeo* شاخص زمین‌شیمیایی، *Cn* غلظت فلزات سنگین در نمونه‌ی سطحی و *Bn* غلظت در نمونه‌ی دست نخورده است. بر اساس این فرمول، داده‌های حاصل از تحقیق حاضر و غلظت عناصر در نمونه‌ی دست نخورده، شدت آلودگی عناصر در رودخانه گرگان‌رود محاسبه و در جدول شماره (۳) با طبقه‌بندی مولر مقایسه شده است.

بر این اساس، شدت آلودگی عناصر سنگین رسوبات روخانه گرگان‌رود در ایستگاه‌های بالا دست عموما از رده غیرآلوده (کمتر از ۱)، اما در ایستگاه شماره ۱ با آلودگی متوسط و با درجه‌ی آلودگی در محدوده ۱ تا ۲ قرار می گیرد. ضرایب غلظت عناصر برحسب میانگین کل ایستگاه‌ها، به‌شرح زیر است:

Al(1.29)>Cr(87)>Co(5)>Fe(42)>Ni(3)>Mn(16)>Cu(09)

با توجه به دندوگرام و اندیس زمین‌شیمیایی می‌توان گفت که در مناطق بالادست با توجه به سازندهای زمین‌شناسی و شرایط زمین شناسی و اقلیم منطقه، نقش این عوامل در مقدار فلزات سنگین موجود در رودخانه بسیار بیشتر از عوامل انسانی است.

جدول شماره ۳ـ شدت آلودگی رودخانه‌ی گرگان‌رود براساس طبقه‌بندی مولر

عنصر	Igeo این تحقیق براساس نمونه استاندارد	راهنمای Igeo بر اساس طبقه بندی مولر				متوسط شدت آلودگی در کل ایستگاه ها	متوسط شدت آلودگی در ایستگاه ۱
		محدوده Igeo (مولر)	درجه آلودگی (مولر)	شدت آلودگی (مولر)	درجه آلودگی عنصر دراین مطالعه		
کبالت	۰/۵	۰-۱	۱	غیر آلوده	۱	غیر آلوده	۱.۱۷
کروم	۰/۸۷	۱-۲	۲	متوسط	۱	غیر آلوده	۱.۵۳
نیکل	۰/۳	۲-۳	۳	متوسط	۱	غیر آلوده	۱.۰۱
آهن	۰/۴۲	۳-۴	۴	شدید	۱	غیر آلوده	۰/۷۹
آلومینیوم	۱.۲۹	۴-۵	۵	شدید	۲	آلوده	۲.۱۶
منگنز	۰/۱۶	۵-۶	۶	بسیار شدید	۱	غیر آلوده	۰/۶۶
مس	۰/۰۹	۶	۶	بسیار شدید	۱	غیر آلوده	۱.۱۷

به‌علاوه، در مناطق پایین‌دست با توجه به فعالیت‌های صنعتی و فعالیت‌های انسانی، روند غلظت فلزات به‌صورت افزایشی است، به‌طوری که غلظت فلزات سنگین در ایستگاه شماره ۱ و محل ورودی رودخانه (مصب گرگان‌رود) به‌ترتیب برابر است با:

Al(2.16)>Cr(1.53)>Co(1.17)>Cu(1.17)>Ni(1.01)>Fe(79)>Mn(56)

که نشان از افزایش چشمگیر غلظت فلزات سنگین در رودخانه گرگان‌رود دارد و بنابراین منطقه‌ی مزبور براساس طبقه‌بندی مولر آلودگی در رده‌ی متوسط طبقه‌بندی می‌گردد. در نتیجه با توجه به حساسیت زیست محیطی دهانه‌ی گرگان‌رود و فعالیت‌های شیلاتی در این منطقه، لزوم مدیریت زیست‌محیطی دقیق‌تر در آن احساس می‌گردد. همچنین غلظت‌های به‌دست آمده در این تحقیق می‌تواند به‌عنوان پایه‌ای برای مطالعات آتی در نظر گرفته شود.

منابع

Aliev N. k.; et al. 1997. Ecological Problems of the Caspian Sea, Ministry of Environment Protection, Makhachkala, Russia. 168 pp.

Chester, R. and Hughes, M. 1967. A Chemical technique for the separation of ferromanganese minerals, carbonate minerals and adsorbed trace elements from pelagic sediments. J. Chemical Geology. 2:242-262.

Archive of SID
www.SID.ir

Forstner, U. 1979. Sediment and toxic substances. 336 pp.

Nriagu, J.O. and Pacyna J.M. 1988. Quantitative assessment of worldwide contamination of air, water and soils by trace metals. Nature. 333: 134-139.

Rainbow P.S. 1985. The biology of heavy metals in the sea. J. Environ. Stud. 25: 195–211.

Shajan, K.P. 2001. Geochemistry of bottom sediments from a river-estuary-shelf mixing zone on the tropical southwest coast of India. Bull. Geol. Surv. Japan. 52(8):371-382.

Stephen, de M.; Sheikholeslami, M.R.; Wyse, E.; Azemard, S. and Cassi, R. 2004. An assessment of metal contamination in coastal sediments of the Caspian Sea. Marine pollution bulletin. 48(1-2): 61-77.

Voropaev G.V. 1994. Studies of ocean and seas: The Caspian sea, Moscow. Water Problem Inst. 117 pp.

Yu, K.C.; Tsal, L.J.; Chen, S.H. and Ho, S.T. 2001. Chemical binding of heavy metals in anionic river sediments. Water Research. 35(17):4086-4096.

Davis, J.C. 1973. Statistics and data analysis in geology. Wiley International. New York.

Gupta, S. K. and Chen, K. Y. 1975. Partitioning of trace metals in selective chemical fraction of near shore sediments. J. Environmental Letters. 10:129-158.

Helling, D.; et al. 1990. Sediments and environmental geochemistry. Springer Verlag. New York.

Izquierdo, C.; Usero J. and Gracia I. 1997. Speciation of heavy metals in sediments from salt marshes on the southern Atlantic coast of Spain. Marine pollution bulletin. 34(2): 123-128.

Karbassi, A. R. 1998. Geochemistry pf Ni, Zn, Cu, Pb, Co, Cd, V, Mn, Fe, Al and Ca in sediments of North Western part of the Persian Gulf . ntl. J. Env. Studies. 54: 205-212.

Martin, M. H. and Coughtrey, P.J. 1982. Biological monitoring of heavy metal pollution. Land and Air Applied Science. London. 475 pp.

Mason, C.F. 1991. Biology of freshwater pollution. Second ed. Longman. New York. 351 pp.

Muller, G.; Schwermentalle, I.N.; Calmano, W. and

Archive of SID

www.SID.ir