آلودگي فلزات سنگين در رسوبات دلتاي سفيدرود

حمید علیزاده کتک لاهیجانی[1]*، علیرضا کامرانپوري[2]، عبدالحسن امینی[3]

۱- استادیار مرکز ملی اقیانوس‌شناسی، تهران
۲- کارشناس ارشد رسوب‌شناسی، گروه زمین شناسي دانشکدة علوم، دانشگاه تهران
۳- استادیار گروه زمین شناسي، دانشکده علوم، دانشگاه تهران

چکیده

برای مطالعه فلزات سنگین در دلتای سفید رود، ۱۶ نمونه سطحی و یک مغزه از رسوبات دلتایی برداشت شد. از بخش ریزدانهٔ رسوبات برای تعیین غلظت فلزات سنگین استفاده شد. میزان دسترسی جاندران به فلزات سنگین از طریق فروشست نمونه‌ها در اسید کلریدریک سرد به مدت ۱۶ ساعت اندازه‌گیری گردید. غلظت فلزات سنگین(Cd,Pb,Cu,Ni,Cr,Zn) چه در مجموعه نمونه و چه در بخش حل شدهٔ آن از طریق دستگاه جذب اتمی تعیین شد. حداکثر غلظت فلزات سنگین ۴۰۰ppm برای فلز روی به‌دست آمد. غلظت بخش حل شدهٔ فلزات سنگین از صفر تا ۹۰٪ (برای کادمیم) غلظت کل تغییر می‌کند. مقادیر کم برای حلالیت فلزات سنگین(Zn,Cr,Ni,Cu,Pb) نشان می‌دهد که آنها عمدتاً در ساختار کانیها حضور دارند. تفکیک اثر عوامل انسانی از عوامل طبیعی با مقایسه غلظت فلزات سنگین در رسوبات سطحی نسبت به رسوبات عمقی آن ناحیه تحت عنوان ضریب غنی‌شدگی صورت گرفت. ضریب غنی‌شدگی مقادیر نزدیک به یک از خود نشان می‌دهد که حاکی از اثر حوضهٔ آبریز در غنی‌شدگی فلزات سنگین می‌باشد. مقادیر کم ضرایب غنی‌شدگی و مقادیر کم حلالیت فلزات سنگین بیانگر آن است که این فلزات عمدتاً از منابع طبیعی (فرسایش حوضهٔ آبریز) تأمین می‌شود و اثر فعالیتهای انسانی در تمرکز فلزات سنگین دلتای سفیدرود ناچیز است. بنابراین رسوبات دلتای سفیدرود از نظر میزان حضور فلزات سنگین (Zn,Cr,Ni,Cu,Pb) غیرآلوده می‌باشند.

کلید واژگان: فلزات سنگین، دریای خزر، رودخانه سفیدرود، آلودگی.

۱- مقدمه

رسوبات محل نهایی تجمع فلزات سنگین در محیط آبی‌اند، اما تحت شرایطی می‌توانند خود به‌عنوان منبع آلودگی در آب عمل کنند [۱، ۲]. آلودگی محیط ناشی از فلزات سنگین اکنون مشکلی در مقیاس جهانی است[۳]. این پدیده بویژه در محیطهای ساحلی اهمیت بیشتری می‌یابد، زیرا این محیطها فلزات سنگین حمل شده به‌وسیلهٔ رودخانه‌ها را که هم حاصل فرسایش سنگهای حوضهٔ آبریز و هم حاصل فعالیتهای انسانی است، دریافت می‌کنند [۴، ۵]. فلزات سنگین در محیط دریایی بسیار پایدارند و می‌توانند برای بسیاری از زیستمندان مضر باشند[۶]. فلزات سنگین موجود در رسوبات ممکن است به سهولت و به مقدار زیاد در دسترس جانوران بویژه کف زیان قرار

* نویسندهٔ مسؤول مقاله: تلفن: ۶-۶۹۴۴۸۷۳، فاکس: ۶۹۴۴۸۶۹، mail: hamidakl@yahoo.com, lahijani@inco.ac.ir

Archive of SID
www.SID.ir

گیرند[۲، ۷]. از این رو بررسی تمرکز فلزات سنگین در محیطهای ساحلی و میزان دسترسی موجودات به آنها حایز اهمیت است.

رودخانه سفیدرود با مساحت حوضهٔ آبریز $۶۷۰۰۰ km^2$ [۸] و آبدهی سالیانه $۴km^3$ رسوب ۳۰ میلیون تن در سال در ایستگاه آستانه، اهمیت اساسی در توسعه بخش مرکزی گیلان دارد [۹].

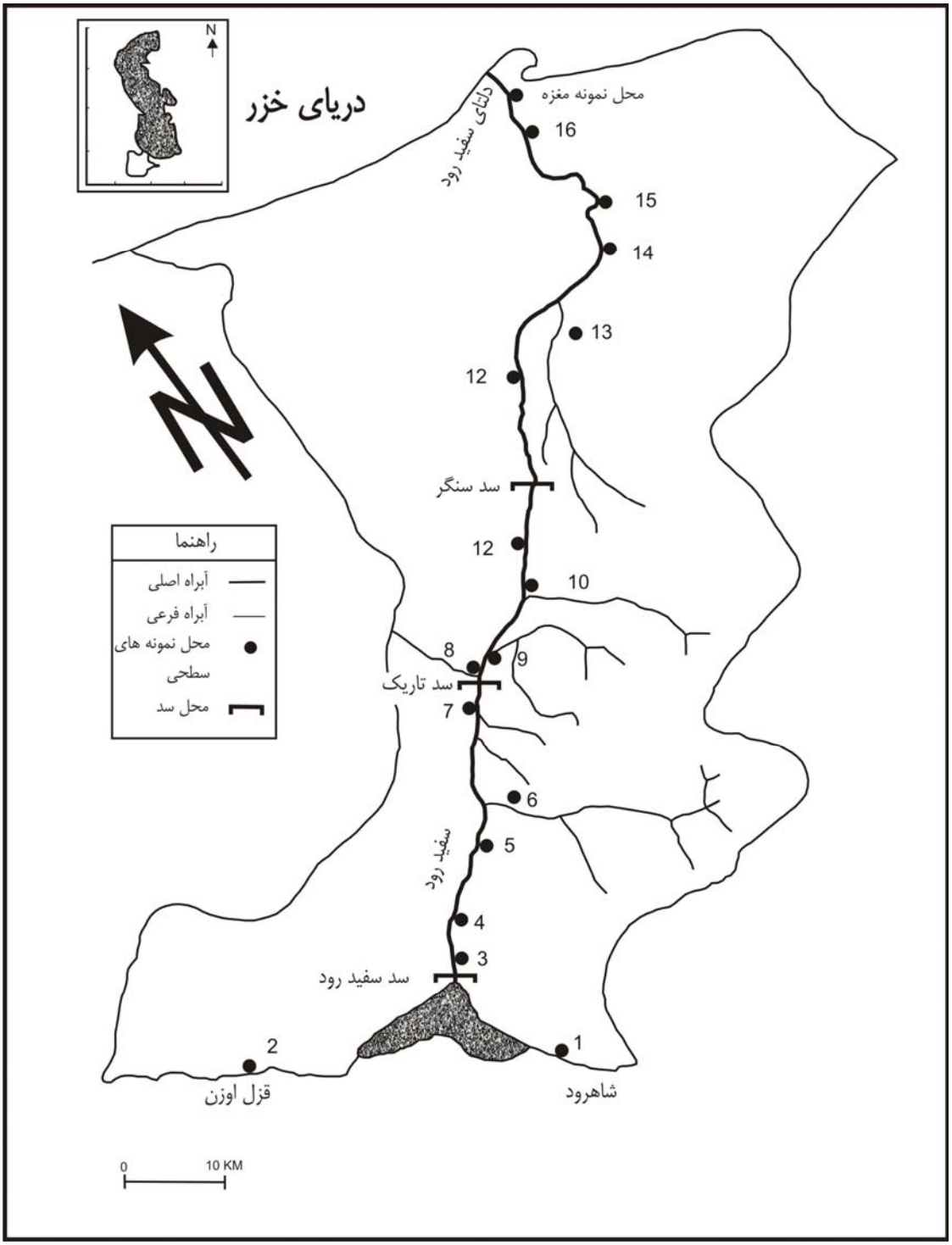
جلگه مرکزی گیلان، ناحیه رشت – انزلی– لاهیجان، حاصل فعالیت دلتای سفیدرود است. سفیدرود یکی از رودخانه‌های عمده برای تخمریزی ماهیان می‌باشد که با ساخت سدهای متعدد روی آن از دهۀ چهل خورشیدی و بهره‌برداری از منابع آبی آن، بشدت بر تکثیر طبیعی آبزیان اثر گذاشته است. از سویی دیگر، توسعه فعالیتهای انسانی در چند دهۀ اخیر در حوضهٔ آبریز سفیدرود سبب شده است که حجم متنابهی از آلاینده‌ها وارد رودخانۀ سفیدرود شده و از این طریق وارد دریای خزر گردد. بخش اعظم بار رسوبی و آلاینده‌های فلزی همراه آن در ناحیه دلتایی را سبب می‌شود، ناحیه‌ای که از نظر اکولوژیک برای آبزیان بسیار حیاتی است. بررسی فلزات سنگین در رسوبات ناحیه دلتایی سفیدرود نشان می‌دهد که میانگین غلظت Pb, Ni, Cu, Cr, Cd, Zn بترتیب ۱۶/۰، ۸۵، ۳۵، ۵۰، ۲۰ و $۸۳\mu g/g$ رسوب می باشد [۱۰]. این مطالعه روی مجموعه رسوب انجام شده اما میزان دسترسی فلزات برای آبزیان در آن لحاظ نشده است. از آنجاکه آلاینده‌های فلزی عمدتاً در رسوبات ریزدانه تجمع می‌یابند، بنابراین بررسی آنها در این رسوبات می‌تواند تخمینی از تمرکز فلزات سنگین را ارایه دهد. با بررسی رسوبات قدیمیتر سفیدرود، زمانی که اثر عوامل انسانی ناچیز باشد، سهم عوامل طبیعی و انسانی در تمرکز فلزات سنگین تفکیک می‌گردد. فلزات سنگین چه با منشأ طبیعی و چه با منشأ انسانی در صورتی آلاینده محسوب می‌شوند که در دسترس موجودات زنده باشند. از این رو مطالعه میزان حلالیت فلزات سنگین موجود در رسوبات سفیدرود، شاخص مناسبی برای میزان آلایندگی آنها به دست می‌دهد.

۲- اختصاصات رودخانۀ سفیدرود

سفیدرود از بهم پیوستن دو شاخۀ اصلی قزل اوزن و شاهرود در منجیل تشکیل می‌شود و پس از پیوستن شاخه‌های کوچکتر به آن در استان گیلان، از ناحیه کیاشهر وارد دریای خزر می‌شود (شکل۱). طول رودخانۀ سفیدرود از شاخۀ بزرگ آن (قزل اوزن) حدود ۸۰۰km است که از کوههای قروه در کردستان سرچشمه می‌گیرد [۸]. شاهرود نیز از بخش مرکزی البرز از طالقان و الموت منشأ می‌گیرد. بخش عمدۀ حوضۀ آبریز سفیدرود در نواحی کوهستانی با پوشش گیاهی تنک واقع است و تنها در استان گیلان از ناحیۀ رودبار پوشش جنگلی و مرطوب شروع می‌شود. حوضۀ آبریز سفیدرود از سریهای متنوع رسوبی و سنگهای آذرین و دگرگونی پوشیده شده است که از هوازدگی و فرسایش آنها بار رسوبی سفیدرود شکل می‌گیرد. از این رو، تنوع زمین شناختی حوضۀ آبریز نقش اصلی را در تنوع رسوبی دلتای آن بازی می‌کند.

گرچه از دیرباز فعالیتهای انسانی در حوضۀ آبریز سفیدرود وجود داشته است، اما تنها در چند دهۀ اخیر با تشدید این فعالیتها و گسترش بهره‌برداری از صنایع، اثر این عوامل بر بار رسوبی و در نهایت آلودگی رسوبات رودخانه و دلتای آن اهمیت پیدا کرده است. جمعیت ساکن در حوضۀ آبریز سفیدرود حدود ۲ میلیون نفر است که عمدتاً به فعالیت کشاورزی مشغولند. فاضلابهای حاصل از فعالیتهای انسانی اعم از شهری، صنعتی و کشاورزی در نهایت از طریق آبهای سطحی و زیرزمینی وارد سفیدرود و در پایان وارد دریای خزر می‌شوند. سدهای متعددی روی سفید رود ساخته شده است (منجلیل، تاریک، گلرود، سنگر) که برای مقاصد ذخیره آب یا انحراف مسیر آب می‌باشند [۱۱]. رسوب‌گذاری در دریاچه سدها و رسوب‌زدایی از آنها سبب تغییر رژیم انتقال رسوب از طغیان بهاری به فصل پاییز شده است [۹].

Archive of SID
www.SID.ir



شکل ۱ موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه و محلهای نمونه‌برداری

www.SID.ir

در طول رودخانهٔ سفیدرود نیز برداشت شن و ماسه برای کارهای ساختمانی صورت می‌گیرد که یکی از عوامل اثرگذار بر رسوب سفیدرود است. انتقال آب سفیدرود برای بهره‌برداری کشاورزی سبب توزیع ذرات ریزدانه در شالیزارها می‌شود.

با وجود این هنوز دبی آب و رسوب انتقالی به دلتای سفیدرود قابل توجه است. به‌طوری که پس از سدسازی و حتی با افزایش تراز آب دریای خزر فرایند رسوبی تجمع در دلتای سفیدرود ادامه یافته است.

۳- مواد و روش‌کار

برای بررسی آلودگی فلزی رسوبات سفیدرود، از رسوبات سطحی (۱۶ نمونه) و از رسوبات عمقی (۱ نمونه) نمونه‌برداری شد (شکل ۱). سپس نمونه‌ها با استفاده از الکهای استاندارد دانه‌بندی شده و ذرات کمتر از ۶۳μ آنها برای آزمایشهای شیمیایی جدا گردید.

مواد آلی رسوبات، به‌وسیلهٔ حرارت دادن نمونه‌ها در ۵۵۰ درجهٔ سلسیوس و کربنات کلسیم با حرارت دادن نمونه‌ها در ۹۶۰ درجه به مدت یک ساعت اندازه‌گیری شدند [۱۲].

برای اندازه‌گیری فلزات سنگین کل، نیم‌گرم از هر نمونه با مخلوطی از اسیدهای HCIO۴، HNO۳، HF در ظرف تفلونی به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۲۰۰ درجه سلسیوس هضم گردیدند[۱۳]. آنگاه فلزات سنگین موجود در محلول به‌وسیلهٔ دستگاه جذب اتمی اندازه‌گیری شد.

فلزات سنگین قابل دسترس موجودات[1] نیز به‌وسیلهٔ فروشست[2] یک گرم از هر نمونه در اسید کلریدریک نیم نرمال به مدت ۱۶ ساعت استخراج شده و محلول حاوی فلزات سنگین به‌وسیلهٔ دستگاه جذب اتمی مورد مطالعه قرار گرفت [۱۴].

۴- نتایج

۴-۱- مشخصات رسوب

مطالعه دانه‌بندی رسوبات نشان می‌دهد که رسوبات از نوع سیلتی‌اند و مقدار رس موجود در آنها به‌طور متوسط حدود ۲٪ می‌باشد. میانگین مقدار مادهٔ آلی و کربنات کلسیم رسوبات بترتیب ۴ و ۱۲٪ است (جدول۱).

۴-۲- فلزات سنگین کل

میزان کل فلزات سنگین در بخش ریزدانهٔ (رس) رسوب برای هر عنصر متفاوت است. غلظت کرم از ۷۲ تا ۱۸۰ ppm تغییر می‌کنند. مقدار کرم در نمونه عمقی (۶۸ppm) از میانگین مقادیر سطحی کمتر است. حداکثر غلظت کادمیم ۱۵ppm است در حالی‌که مقدار نیکل حداکثر ۱۰۰ ppm، مس ۶۴، روی ۴۰۰ و سرب ۱۸۰ppm می‌باشد. در همهٔ مواد غلظت عناصر مورد مطالعه در نمونه عمقی کمتر از مقادیر آنها در نمونهٔ سطحی است (جدول ۱).

۴-۳- همبستگي

محاسبهٔ ضرایب همبستگی بین غلظت فلزات سنگین و میزان کربنات کلسیم، سیلت، رس و مادهٔ آلی رسوب نشان می‌دهد که این همبستگی با رسوبات ریزدانه قویتر است. این ارتباط با مواد ریزدانه در مورد فلزات کادمیم، مس، نیکل، سرب و روی بارزتر است (جدول ۲).

1. Bioavailable
2. leaching

Archive of SID
www.SID.ir

جدول ۱ میزان غلظت سنگین کل (ppm) در رسوبات ریزدانه (کمتر از ۶۳ میکرون) در شانزده نمونه سطحی و یک نمونه عمقی و مشخصات رسوبی نمونه‌ها؛ شامل دانه‌بندی، میزان مادهٔ آلی و کربنات کلسیم (٪)

شماره نمونه	%Silt	%Clay	%O.M	$CaCO_3$	Cr	Cd	Ni	Cu	Zn	Pb
۱	۹۷/۹۷	۲/۰۶	۴/۱	۱۴	۷۲	۲	۵۶	۴۴	۱۰۰	۵۰
۲	۹۷/۷۶	۲/۲۴	۴	۱۳	۹۰	۲/۳	۳۶	۶۰	۴۰۰	۱۰۰
۳	۹۷/۱	۲/۹	۷/۱۴	۱۳	۱۸۰	۰	۳۶	۵۶	۲۲۰	۱۰۵
۴	۹۷/۸۵	۲/۱۵	۳/۲	۱۲	۱۳۴	۲	۳۴	۶۰	۲۰۶	۱۸۰
۵	۸۰	۲۰	۵/۱۵	۱۴	۸۸	۳/۲	۷۶	۷۲	۱۸۸	۱۰۸
۶	۸۵	۱۵	۴	۱۰	۱۸۰	¼	۷۲	۴۴	۱۶۴	۹۳
۷	۸۴/۹	۱۵/۱	۴/۲	۱۱	۱۳۴	۲/۳	۵۴	۶۴	۱۹۳	۱۷۰
۸	۹۳/۱	۶/۹	۳/۱	۷	۹۰	۶/۵	۹۰	۵۰	۲۰۵	۱۷۰
۹	۸۷	۱۳	۴/۱۶	۸	۱۱۲	۴/۶	۱۰۰	۲۰۲	۱۵۶	۱۹۰
۱۰	۹۴/۳	۵/۷	۴	۲۶	۱۸۰	۵/۷	۷۲	۳۶	۱۲۶	۱۰۸
۱۱	۹۷/۵۳	۲/۴۷	۳/۰۱	۱۷	۱۵۶	۱/۹	۸۴	۴۰	۱۶۲	۱۰۰
۱۲	۹۷/۷	۲/۳	۳/۱	۱۴	۱۱۶	۰	۵۶	۴۴	۱۳۶	۱۱۰
۱۳	۹۳/۹	۶/۱	۴/۲۱	۷	۱۲۸	۰/۵	۷۶	۵۲	۱۴۰	۱۱۰
۱۴	۱۰۰	۰	۳/۲۸	۱۲	۱۶۴	۰	۳۶	۴۰	۱۸۰	۱۰۸
۱۵	۹۷/۵	۲/۵	۴/۱	۱۳	۱۸۰	۱/۵	۲۰	۴۴	۲۳۰	۱۰۰
۱۶	۹۹/۷۳	۰/۲۷	۳/۱	۱۵	۱۱۲	۰	۷۲	۴۴	۱۳۲	۱۰۵
Background	۱۲/۸	۲/۸	۳/۲	۱۴	۶۸	۲/۳	۴۰	۴۰	۱۲۲	۷۶

جدول ۲ ضرایب همبستگی محاسبه شده بین فلزات سنگین و مشخصات رسوبی نمونه‌ها

فلزات سنگین و مشخصات رسوبی	%Silt	%Clay	%O.M	$CaCO_3$	Cr	Cd	Ni	Cu	Zn	Pb
%Silt	۱	−۱	−۰/۴۲	۰/۳۴	۰/۰۴	−۰/۲۷	−۰/۳۲	−۰/۴۵	−۰/۲۳	−۰/۴۹
%Clay		۱	۰/۴۲	−۰/۳۴	−۰/۰۴	۰/۲۷	۰/۳۲	۰/۴۵	۰/۲۳	۰/۴۸
%O.M			۱	−۰/۰۲	−۰/۰۷	۰/۱۹	۰/۱۲	۰/۴۶	−۰/۲۳	۰/۴۳
$CaCO_3$				۱	۰/۶۱	۰/۱۷	−۰/۱۷	−۰/۳۶	−۰/۵۲	−۰/۴۴
Cr					۱	−۰/۲۵	−۰/۳۸	−۰/۴	−۰/۳۲	−۰/۷
Cd						۱	۰/۶۳	۰/۳	۰/۱۹	۰/۵۶
Ni							۱	۰/۵۳	−۰/۰۶	۰/۴
Cu								۱	−۰/۰۰۷	۰/۷
Zn									۱	۰/۴۹
Pb										۱

Archive of SID

www.SID.ir

۴-۴- ميزان غني شدگي فلزات سنگين

نسبت غلظت فلزات سنگین در نمونه‌های سطحی بـه غلظـت آنها در بخش زمینه، میزان غنی شدگی آنهـا را در اثـر عوامـل انسانی به‌دست می‌دهد.

$$I_{geo} = Log_{۲}Cn / ۱٫۵B_n$$

که در آن C_n غلظت فلزات سنگین در رسوبات ریزدانـه سطحی و B_n مقادیر مشابه در رسوبات عمقی است. بـالاترین درجه آن ۶ است که ۱۰۰ برابر غنی‌شدگی نسبت بـه زمینـه را نشان می‌دهد. ضریب غنی‌شدگی رسـوبات سـفیدرود مقـادیر منفی و نزدیک به یک را نشان می‌دهد که بیـانگر اثـر حوضـهٔ آبریز در تمرکز فلزات سنگین در رسوبات است (جدول ۳).

۴-۵- فلزات سنگين قابل دسترس براي آبزيان

آن بخش از فلزات سنگین که در شرایطی نزدیک بـه شـرایط طبیعی حل می‌شوند، می‌توانند در دسـترس موجـودات قـرار گیرند.

حداکثر غلظت بخش حل شـده کـرم ppm ۱۰ اسـت و این مقدار برای دیگر عناصر از جملـه کـادمیم، مـس، روی و سرب بترتیب ۴، ۴۰، ۴۰، ۱۲۵، ۳۲ppm مـی‌باشـد. بیـشترین مقدار حلالیت مربوط به فلزات کادمیم است، به‌طـوری‌کـه در برخی نمونه‌ها تا ۸۷٪ کل کـادمیم در اسـید ضـعیف محلـول می‌شود و می‌تواند در دسترس آبزیان قرار گیرد (جدول ۴).

جدول ۳ اندیس غنی‌شدگی زمین (Geoaccumulation) برای نمونه‌های پایین‌دست رودخانه سفیدرود*

شماره نمونه	Igeo Cr	Cd	Ni	Cu	Zn	Pb
۱	-۰/۵	-۴/۱۱	-۰/۱	-۰/۴۵	-۰/۸۷	-۱/۱۹
۲	-۰/۱۸	-۳/۹۱	-۰/۷۴	۰	۱/۱۳	-۰/۱۹
۳	۰/۸۲	۰	-۰/۷۴	-۰/۱	۰/۲۷	-۰/۱۲
۴	۰/۳۹	-۴/۱۱	-۰/۸۲	۰	۰/۱۷	۰/۶۶
۵	-۰/۲۱	-۳/۴۳	۰/۳۴	۰/۲۶	۰/۰۴	-۰/۰۸
۶	۰/۸۲	-۴/۶۲	۰/۲۶	-۰/۴۵	-۰/۱۶	-۰/۲۹
۷	۰/۳۹	-۳/۹۱	-۰/۱۵	۰/۰۹	۰/۰۸	۰/۵۸
۸	-۰/۱۸	-۲/۴۱	۰/۵۸	-۰/۲۶	۰/۱۶	۰/۵۸
۹	۰/۱۳	-۲/۹۱	۰/۷۴	۱/۷۵	-۰/۲۳	۰/۷۴
۱۰	۰/۸۲	-۲/۶	۰/۲۶	-۰/۷۴	-۰/۵۴	-۰/۰۸
۱۱	۰/۶۱	-¼	۰/۴۶	-۰/۵۸	-۰/۱۸	-۰/۱۹
۱۲	۰/۱۹	۰	-۰/۱	-۰/۴۵	-۰/۴۳	-۰/۰۵
۱۳	۰/۳۳	-۵	۰/۳۴	-۰/۲۱	-۰/۳۹	-۰/۰۵
۱۴	۰/۶۹	۰	-۰/۷۴	-۰/۵۸	-۰/۰۲	-۰/۰۸
۱۵	۰/۸۲	-۴/۵۲	-۱/۵۸	-۰/۴۵	۰/۳۳	-۰/۱۹
۱۶	۰/۱۳	۰	۰/۲۶	-۰/۴۵	-۰/۴۷	-۰/۱۲

* ضریب غنی شدگی برای نمونه‌های سطحی (لگاریتم نسبت مقادیر فلزات سنگین در هر یک از نمونه‌های سطحی به مقدار مشابه آن در نمونه عمقی (Background))

Archive of SID

www.SID.ir

جدول۴ درصد فلزات سنگین قابل دسترس برای موجودات (Bioavailable) در نمونه‌های مطالعه شده (درصد نسبت به کل فلزات سنگین)

شماره نمونه	%Cr	%Cd	%Ni	%Cu	%Zn	%Pb
۱	۹/۷	۸۱/۵	۱/۳	۲/۵	۱/۷	۳۲/۶
۲	۲/۷	۸۶	۱/۳	۱/۱	۷/۴	۳۲/۱
۳	۰	۰	¾	۱/۷	۰/۳	۸
۴	۴/۱	۱۵	۲۴/۴	۳۵	۳۰/۵	۲۷/۷
۵	۰	۵۱/۸	۱/۱	۱/۳	۰/۷	۷/۷
۶	---	---	---	---	---	---
۷	۱۱	۸۷	۷۴	۶۳	۲۵/۹	۵
۸	۱۱	۶۹	۱۶/۶	۴۰	۶۱	۴/۹
۹	۸/۹	۴۳	۱۵	۱۴/۸	۴۱/۶	۱۳/۴
۱۰	۴/۴	۷۰	۱۰	۵۱	۵۵/۵	۲۵
۱۱	۰	۱۷	۱/۱	۳/۵	۰/۳	۵۵
۱۲	۰	۰	۰/۷	۲	۰/۵	۳/۴
۱۳	۰	۹۰	۰/۵	۱۱/۳	۴/۹	۵/۶
۱۴	۰	۰	۲/۷	۳/۵	۰/۵	۶/۱
۱۵	---	---	---	---	---	---
۱۶	۰/۶	۰	۰/۳	۱/۴	۰/۷	۶/۱

۵- بحث

رسوبات محل تجمع بسیاری از مواد فیزیکی و زیستی‌اند و طیف گسترده‌ای از مواد شیمیایی را در خود جذب می‌کنند. یکی از دلایلی که سبب اهمیت بررسی مواد متشکلهٔ رسوبات می‌شود این است که بسیاری از گونه‌های زیستی بخش اعظم دوره زندگی خود را در محیط رسوبی یا روی آن می‌گذرانند. از این رو مواد موجود در رسوبات از طریق چرخهٔ زیستی وارد بدن موجودات دیگر و همچنین انسان می‌شود [۱۵].

دلتای سفیدرود نیز مواد حاصل از فرسایش حوضهٔ آبریز (بار رسوبی طبیعی) و بار رسوبی ناشی از فعالیتهای انسانی را دریافت می‌کند. آلاینده‌های فلزی که به رودخانه منتقل می‌شود، عمدتاً در رسوبات ریزدانه تجمع می‌یابد. روشهای مختلفی برای اندازه‌گیری آلاینده‌های فلزی موجود در رسوبات وجود دارد که عمدتاً شیمیایی، زیستی و زیستی – شیمیایی می‌باشند [۱۶]. روشهای شیمیایی مبتنی بر اندازه‌گیری میزان فلزات سنگین در محیطی مشابه محیطی طبیعی است. میزان فلزات سنگین موجود در رسوبات سفیدرود قابل توجه است، اما این مقادیر به خودی خود به معنی آلودگی نمی‌توانند باشند. رسوبات دلتای سفیدرود سرشار از کانیهای سنگینند که آنها خود حاصل تمرکز فلزات سنگین می‌باشند.

ارتباط همبستگی ضعیف بین برخی فلزات، بویژه کرم، با ذرات ریزدانه نیز بیانگر آن است که این عناصر عمدتاً در ساختار کانیهای سنگین حضور دارند و این کانیها نیز معمولاً در حد ماسه ریز ظاهر می‌شوند [۱۷].

برای تفکیک سهم عوامل طبیعی از عوامل انسانی در تمرکز فلزات سنگین رسوبات سفیدرود از اندیس غنی شدگی زمین[1] استفاده شد. این اندیس بیانگر آلودگی محیط در مقادیر بالا (۵ و۶) و محیط فاقد آلودگی در مقادیر پایین (نزدیک به ۱) است [۱۸]. اندیس غنی‌شدگی برای رسوبات سفیدرود عمدتاً

1. Geoaccumulation Index

Archive of SID

www.SID.ir

در محدودهٔ مقادیر منفی و نزدیک به یک قرار دارند از این رو می‌توان نتیجه گرفت که غلظت فلزات سنگین در رسوبات ناشی از فرسایش سنگهای حوضهٔ آبریز و آورد رودخانه‌ای است. صرفنظر از این که منشأ فلزات سنگین طبیعی یا انسانی باشد، مقدار کل فلزات سنگین همیشه شاخص مناسبی برای آلایندگی محسوب نمی‌شود. اما میزان حلالیت فلزات سنگین موجود در رسوبات در دلتایی اسید ضعیف می‌تواند شاخصی برای دسترسی موجودات[1] به این فلزات باشد [۱۹]. مطالعه میزان غلظت فلزات سنگین در مناطق دلتایی موضوع پژوهشهای بسیاری است[۲۰-۲۴]. این مطالعات حاکی از اهمیت مناطق دلتایی در چرخهٔ زیستی می باشد. دلتاهای خزر نیز طی دهه‌های اخیر دستخوش تغییرات زیادی به دلیل فعالیتهای انسانی شده‌اند که از جمله کاهش میزان آب و رسوب و کاهش مساحت آنهاست[۲۵]. گسترش فعالیتهای انسانی در حوضه آبریز و در ناحیه ساحلی به‌علاوه سبب افزایش بار آلودگی رودخانه‌های ورودی به خزر شده است [۲۶]. رودخانه‌های بخش باختری و شمالی خزر نقش اصلی را در ورود آلاینده‌های فلزی به خزر ایفا می‌کنند[۲۷، ۲۸، ۲۹]. رسوبات دلتای سفیدرود در مقایسه با دیگر دلتاهای خزر از نظر غلظت فلزات سنگین در حد متوسط قرار دارد [۳۰]. در عین حال بخش عمده فلزات سنگین در رسوبات ساحلی ایران حاصل فرسایش سنگهای حوضه آبریز است [۳۱]. میزان حلالیت فلزات سنگین موجود در رسوبات سفیدرود در برخی موارد به ۵۰ تا ۸۰٪ (بترتیب برای مس و کادمیم) می‌رسد که بیانگر اثر بیشتر فعالیتهای انسانی برای این عناصر است. با وجود این مقادیر فلزات سنگین محلول بسیار ناچیز و خارج از مرز آلودگی است. حوضهٔ سفیدرود گرچه بسیار گسترده است اما هنوز در این حوضه صنعت چندان گسترش نیافته است. حتی پساب بسیاری از صنایع مستقر در نزدیک سفیدرود، همانند صنایع ناحیه رشت - انزلی وارد سفیدرود نمی‌شوند.

۶- منابع

[1] Izquierdo C., Usero J., Gracia I.; Speciation of heavy metals in sediments from salt marshes on the southern Atlantic Coast of Spain. Marine Pollution Bulletin; 1997; 34(2): 123-128.

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

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

[4] Martin J. M., Windom H. L.; Present and future role of ocean margins in regulating marine biogeochemical cycles of trace elements. In Ocean marginal Processes in Global Change, eds. R. F. C. Montora, J. M. Martin and R.Wollast; 1991; pp. 45-68, Willey, Uk.

[5] Zwolsman J. J., van Eck G. T., Burger G.; Spatial and temporal distribution of trace metals in sediments from the Scherdt Estuary, South–west Netherlands, Estuarine, Coastal and Shelf Science;1996; 43, 5579.

[6] Langston W. J.; Toxic effects of metals and the incidence of metal pollution in marine ecosystems, in the Marine Environment, eds, R.W. Furness and P.S. Rainbow; 1990; pp.101-122, CRC Press Enc.

[7] Venugopal B., Luckey T. D.; Toxicology of non–radioactive heavy metals and their salts, In: Luckey, T.D., Venugopal B, (eds), Heavy Metal Toxicity, Safety and hormology, Stuttgart, Thieme; 1975; pp.4-73.

[۸] افشین؛ رودخانه‌های ایران، وزارت نیرو، جاماب، جلد دوم،۱۳۷۳، صص. ۱۸-۲۱.

1. Bioavailability

Archive of SID
www.SID.ir

[9] Krasnozhon G. F., Lahijani H., Voropaev G. V.; Evolution of the delta of the Sefidrud River, Iranian Caspian Sea Coast, from space imagery, GIScience and Remote Sensing; 1999; 36 (4): 256-264.

[10] Mora S., Sheikholeslami M. R., wyse E., Azemard S., Cassi R.; An assessment of metal contamination in coastal sediments of? Caspian Sea, Marine Pall. Bull.; 2004; 48, 61-77.

[۱۱] لاهیجانی ح.؛ سهم کشورها در آزمایش و پالایش دریای خزر؛ وزارت نیرو؛ مدیریت منابع آب؛۱۳۸۰، ۱۲۵ص.

[12] Walter E., Dean J. R.; Determination of carbonate and organic matter in calcareous sedimentary rocks by loss on ignition: Comparison with other methods, J.Sed. Petrol.; 1972; 242-248.

[13] Ujeavic I., Odzak N., Baric A.; Trace metal accumulation in different grain size fractions of sediments from heavily contaminated by urban and industrial wastewaters, Wat Res.; 2000; 34(II): 3055-3061.

[14] Luoma S. N.; Processes affecting metal concentrations in estuarine and coastal marine sediments, marine Poll. Bull.; 1990; 38 (11): 1026-1037.

[15] Adams W. J., Kimerle R. A., Barnett J. W.(Jr); Sediment quality and aquatic life assessment, Envirn, Su: Technol.; 1992; 26(10): 1865-1875.

[16] Muller G.; Schwermentalle…., in: Calmano W., Forstner U., (eds.); Sediment and Toxic substances.; Springer.1979; 336 p.

[۱۷] کامرانپوری ع.؛ مشخصات رسوب‌شناسی سفیدرود از سد منجیل تا دلتای سفیدرود با نگرش بر آلودگیهای زیست محیطی؛ دانشنامه کارشناسی ارشد؛ دانشگاه تهران؛ ۱۳۸۱، ۱۴۲ ص.

[18] Calmano W., Ahlf W., Forstner U.; Sediment quality assessment, in Calmano W., Forstner U., (eds.); Sediment and Toxic. Springer. 1996; pp. 1-35.

[19] Chester R., Voutsinou F.G.; The initial assessment of trace metal Pollution in coastal sediments, Mar. Poll Bull.; 1981; 40(11): 968-980.

[20] Ip, C. C. M., Li, X. D., Zhang G., Farmer J. G., Wai O. W. H., Li, Y. S.; Over one hundred years of trace metal fluxes in the sediments of the Pearl River Estuary, South China, Environmental Pollution; 2004; 132(1): 157-172 .

[21] Frederic R. Siegel; Environmental geochemistry in development planning: an example from the Nile delta, Egypt, Journal of Geochemical Exploration; 1995; 55(1-3): 265-273.

[22] Reinhold H. C., van Heel, Dudok and den Besten P. J.; The relation between macroinvertebrate assemblages in the Rhine–Meuse delta (The Netherlands) and sediment quality, Aquatic Ecosystem Health and Management; April,1999; 2(1):19-38.

[23] Santschi P. H., Presley B. J., Wade T. L., Garcia B., -Romero and Baskaran M.; Historical contamination of PAHs, PCBs, DDTs, and heavy metals in Mississippi River Delta, Galveston Bay and Tampa Bay sediment cores, Marine Environmental Research; 2001; 52(1): 51-79.

[24] Woitke P., Wellmitz J., Helm D., Kube P., Lepom P., Litheraty P.; Analysis and assessment of heavy metal pollution in suspended solids and sediments of the river Danube, Chemosphere; 2003; 51(8):633-642.

[25] Mikhailov V. N.; River mouths of Russia and adjacent countries, GEOC, Moscow, 1997; 444p.

[26] Voropaev G. V.; Studies of Ocean and Seas: The Caspian Sea, Moscow, Water Problem Inst.; 1994; 117p.

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

Archive of SID
www.SID.ir

[28] Arif M., Gul A K.; Ecologic problems of the Caspian Sea and perspectives on Possible Splutions in, Glantz, M. H., Zonn, I. S., Scientific, Environmental, and Political Issues in the Circum-Caspian Region, NATO ASI Series, 2. Environment; 1996; Vol. 29.

[29] Zonn I. S.; The Caspian Sea, Illusion and Reality, Moscow; 1999; pp. 315-361.

[30] Yergaliyev, Tlepkazy, Lychagin, Michail; River deltas of the Caspian Sea: Fate of pollutants in the changing environment. Linking ecological processes and environmental impacts across scales: Coastal ecology and energy development in the Caspian Sea and Gulf of Mexico Ecological Society of America; 2005.

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

Archive of SID

www.SID.ir