سنجش میزان تجمع فلزات سنگین آب و رسوب قبل و بعد از پرورش ماهی دریایی (*Cyprinus carpio*) در محیط محصور درخلیج گرگان (شرق کانال خوزینی)

- **کامران عقیلی***: مرکز تحقیقات ذخایر آبزیان آب‌های داخلی، موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش وترویج کشاورزی، گرگان، ایران
- **عباسعلی آقایی‌مقدم:** مرکز تحقیقات ذخایر آبزیان آب‌های داخلی، موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش وترویج کشاورزی، گرگان، ایران

تاریخ دریافت: آذر ١٣٩٦ تاریخ پذیرش: اسفند ١٣٩٦

چکیده

این تحقیق به‌منظور بررسی فلزات سنگین در آب و رسوب منطقه شرق کانال خوزینی قبل و بعد از پرورش ماهی در حصار توری در خلیج گرگان درسال ۱۳۹۱ الی ۱۳۹۲ انجام گردید. بدین‌منظور سه ایستگاه منطقه فعال پرورش ماهی در حصار توری، ایستگاه فعالیت پرورش ماهی خاویاری و ایستگاه شرقی به فاصله ۵۰۰ متری قسمت شرقی از محل حصار توری انتخاب گردید. نمونه‌برداری از آب و رسوب یک‌بار قبل از ماهی‌دارنمودن حصار توری درمردادماه ۱۳۹۱ و یک‌بار در انتهای دوره پرورش درخردادماه ۱۳۹۲ انجام گردید. اندازه‌گیری فلزات سنگین در آب و رسوب شامل نیکل، سرب، آهن، کادمیوم، کروم، جیوه، روی، ارسنیک بروش اسپکتروفتومتری جذب اتمی انجام پذیرفت. نتایج نشان داد دامنه مقادیرسرب، روی و کروم در ابتدای دوره پرورش درمردادماه ۱۳۹۱دررسوبات به‌ترتیب ٦/٦٥٢-٧/٧٨٠ و ١/٤٣٠-١/٢٨٢ و ٤/٥٥٤-٨/١٨٠ و بیش‌ترین میزان فلزات سنگین مربوط به فلزآهن درمحل اجرای پروژه به‌مقدار(ppb) ۱۳۰ بود. درپایان دوره پرورش درخردادماه ۱۳۹۲دامنه مقادیرسرب، روی و کروم به‌ترتیب ٠/٠٠٤٦٢-٠/٠٠٤٠٣ و ٠/٠١٢١-٠/٠٠٣٨ و ٠/٠٠٤٦٥-٠/٠٠٥٤٦ میلی‌گرم بر کیلوگرم و مقدار آهن به میزان (ppb) ٢٠٤ در محل اجرای پروژه بیش‌ترین مقدار را نشان داد. کم‌ترین مقدار مربوط به جیوه به میزان کم‌تر از (ppb) ۱ در هر سه ایستگاه نمونه‌برداری در هر دو دوره نمونه‌برداری بود. مقادیر به‌دست آمده در تحقیق با مقادیر استاندارد سازمان بهداشت جهانی مقایسه شد و نشان داد که درخصوص آلودگی آب میزان آلودگی فلزات روی، کروم و سرب کم‌تر و در رسوب خلیج، غیر از آهن، سطح آلودگی فلزات سنگین اندازه‌گیری شده کم‌تر از میزان استانداردهای جهانی رسوب در پوسته زمین ورسوبات جهانی بود.

کلمات کلیدی: فلزات سنگین، آب و رسوب، روش اسپکتروفتومتری، ماهی خاویاری

* پست الکترونیکی نویسنده مسئول:K_aghili33@yahoo.com

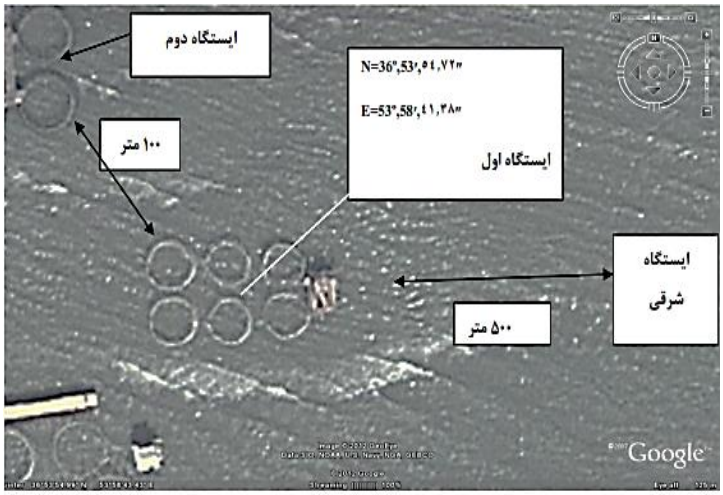
مقدمه

امروزه یکی از مشکلات شهرهای ساحلی، احداث شهرک‌های صنعتی در جوار رودخانه‌ها یا سواحل می‌باشد که می‌تواند با انتقال پساب به دریا باعث آلودگی محیط آبی شده و اثرات زیانباری را بر انواع ذخایر آبزی واردآورد و خود به‌طور غیرمستقیم، حفظ بهداشت و سلامت جامعه را تحت تاثیر قرار دهند. موجودات دریایی، به‌طورکلی آلودگی‌ها را از محیط دریافت می‌کنند، بنابراین در سنجش میزان آلاینده‌ها در محیط به‌طور وسیعی از آن‌ها استفاده می‌شود (USEPA، ۱۹۸۶). در بسیاری از کشورها، دگرگونی در پیشرفت صنعتی باعث افزایش تخلیه فاضلاب‌های شیمیایی به‌درون اکوسیستم‌ها می‌شود. تخلیه فلزات سنگین به‌داخل محیط دریایی می‌تواند به‌دلیل سمیت و تجمع آن‌ها به تنوع زیستی موجودات و اکوسیستم آسیب وارد نماید (Matta و همکاران، ۱۹۹۹). ورود فلزات سنگین به منابع آبی‌ازراه‌های مختلف، می‌تواند باعث مشکلات محیط زیستی و سلامتی موجودات زنده نظیر سرطان، مسمومیت‌های حاد و مزمن و غیره شود. در محیط دریا، رسوبات، محل انباشت فلزات سنگین می‌باشند. از این‌رو بر استفاده از آن‌ها جهت بررسی بهتر وضعیت آلودگی فلزات سنگین در محیط‌های آبی تاکید شده است (Philips و Rainbow، ۱۹۹۲). تغییرات غلظت فلزات سنگین در محیط‌های آبی اثرات زیستی قابل توجهی را موجودات آبزی به‌ویژه انواع ماهی‌ها پدید می‌آورد. با عنایت به تسلسل زنجیره‌های غذایی در عالم موجودات زنده و ثبات و پایداری فلزات سنگین در بدن موجودات زنده و انتقال آن به حلقه‌های بعدی زنجیره‌های غذایی تاثیر فلزات سنگین در حیات موجودات آبزی بسیار حائز اهمیت است (امینی‌رنجبر و حسین‌زاده‌صحافی، ۱۳۷۳). وقتی آبزیان در معرض آب‌های آلوده به سطوح مختلف فلزات قرار می‌گیرند، عواملی مانند شوری، مواد آلی محلول، PH، سختی و مقدار بار رسوب، همه وجود اشکال شیمیایی فلزات را در سیستم‌های آبی تحت تاثیر قرار می‌دهند. بیش‌تر فلزات به شکل یونی جذب می‌شوند و جذب آن تحت تاثیر عوامل محیطی متنوعی مانند pH و دما می‌باشند. فلزات از طریق پوست، آبشش و هم‌چنین از طریق مواد غذایی یا آب آلوده وارد بدن ماهیان می‌شوند. انتقال فلزات در ماهیان به‌وسیله خون به محل‌هایی که یون‌ها اغلب با پروتئین‌ها تشکیل پیوند می‌دهند، انجام می‌گیرد، بنابراین، فلزات به اندام‌ها و بافت‌های ماهیان انتقال می‌یابند و در نتیجه در دامنه متفاوتی در اندام‌ها و بافت‌های مختلف تجمع می‌یابند. از آن‌جایی‌که ماهیان توانایی تنظیم غلظت فلز در بدن را تا یک حد مشخصی دارند تمامی فلز جذب شده از محیط در بدن ماهی تجمع پیدا نمی‌کند. دفع فلزات می‌تواند از طریق آبشش‌ها، صفرا (از طریق فضولات)، کلیه و پوست انجام شود (Heath، ۱۹۸۷). نظربه این‌که مکان‌های تخم‌ریزی و پرورش بسیاری از گونه‌های دریایی، از جمله میگو و ماهی‌های با ارزش تجاری در خوریات و مناطق ساحلی می‌باشد این مناطق مستقیماً تحت تاثیر هجوم آلودگی‌های شیمیایی وارده به اکوسیستم دریایی هستند (Gibson، ۱۹۹۴). فلزات سنگین ازجمله نیکل و دیگر عناصر که منشا نفتی دارند پس از ایجاد آلودگی در محیط ایجادسمیت حادمی‌نمایند. عناصر سنگین به‌خصوص سرب، نیکل، روی، وانادیوم وکادمیوم وارد شده دردریا درPHهای مشخصی با مواد آلی و یا ذرات کلوییدی تشکیل کمپلکس می‌دهد و از نکات قابل توجه سمیت متناوب عناصر سنگین می‌باشد (UNEP، ۱۹۹۹). مهم‌ترین فلزات در سم‌شناسی ماهی شامل آلومینیوم، کروم، آهن، نیکل، مس، روی، آرسنیک، کادمیوم، جیوه و سرب می‌باشند (رضوانی گیل‌کلائی، ۱۳۸۶). فلزات سنگین در مقابل تجزیه مقاوم بوده و مدت زیادی در محیط باقی می‌مانند (اسماعیلی‌ساری، ۱۳۸۱). میزان ذخایر آبزیان و به‌ویژه میگو تحت تاثیر شرایط محیطی حاکم بر خوریات و نوزادگاه‌هاست و اثرات مخرب ورود آلاینده‌ها به اکوسیستم دریا می‌تواند منجر به وارد آمدن خسارت جبران ناپذیری به ذخایر این گونه از آبزیان گردد(مرتضوی، ۱۳۷۹). به‌منظور ارزیابی کیفی آلودگی فلزات در رسوب و میزان غلظت این فلزات با مقادیر تعیین شده از راهنمای کیفیت‌رسوب‌دریایی National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) آمریکا، راهنمای کیفیت رسوب دریایی کانادا Interim Marine Sediment Quality Guideline (ISQG) و استاندارد محیط‌زیست کانادا استفاده می‌شود. این استانداردها با هدف محافظت از اکوسیستم‌های آبی و تعیین سطح سلامت رسوب از نظر میزان مواد مغذی، ترکیبات آلی و غلظت فلزات موجود تهیه شده‌اند، از متداول‌ترین استانداردهای کیفیت رسوب در سطح جهان می‌باشند. راهنمای کیفیت رسوب دریایی NOAA دو سطح خطر Effect Rang Low (EFL) و Effect Range Medium (ERM) را برای آلودگی فلزات در رسوبات تعیین نموده است. ERL حدی است که کم‌تر از ۱۰ درصد جوامع بیولوژیک در خطر و ERM حدی است که کم‌تر از ۵۰ درصد جوامع بیولوژیک در خطر می‌باشند. ISQG نیز سطحی را برای میزان غلظت فلزات سنگین در رسوبات دریایی معرفی نموده است. هم‌چنین استاندارد کیفیت محیط زیست کانادا سطح Probable Effects level (PEL) را به‌عنوان سطح تاثیر احتمالی، تعیین کرده است

(De Mora و Sheikholeslami، ۲۰۰۲). صنایع، عمده‌ترین منابع آلاینده مربوط به فلزات سنگین هستند. کارخانجاتی از قبیل آبکاری، باطری‌سازی و تولید قطعات الکترونیک از مهم‌ترین آن‌ها می‌باشند. آلودگی ناشی از سرب عمدتاً مربوط به سوخت‌های فسیلی می‌باشد که به‌دنبال آلودگی هوا، آلودگی خاک و آب ایجاد می‌شود. افزایش غلظت مواد مضر در آب و رسوب در محیط‌های دریایی، افزایش حجم این مواد را در بافت بدن موجودات دریایی در پی دارد. این روند در صورت تداوم، سبب بروز تغییرات زیستی در آبزیان و ماهیان شده و از طریق زنجیره غذایی، باعث تشدید عوامل بیماری‌زا در انسان می‌شود. فلزات سنگین در رسوبات کف اکوسیستم‌هایی مثل بنادر یا مناطق ساحلی صنعتی که با ورود مزمنی از فلزات روبرو هستند، دارای بیش‌ترین مقدار می‌باشند. این ویژگی‌ها در محیط‌های واجد رسوبات، به‌علت اثرات سمی و قابلیت تجمع زیستی فلزات در نمونه‌های بیولوژیکی موجود در رسوبات، منجر به اثرات اکولوژیکی زیادی می‌شوند. در مطالعات نیدلمن (۱۹۹۰) اثرات طولانی مدت مواجهه با مقادیر کم‌تر سرب روی کودکان به‌خوبی شناخته شده که سبب اثر نامطلوب سرب بر عملکرد ذهنی و نیز مشکلات رفتاری در کودکان می‌شود. در ستون آب ، فلزات سنگین ابتدا توسط فیتوپلانکتون‌ها، باکتری‌ها، قارچ‌ها و ارگانیسم‌های کوچک‌تر دیگر جذب می‌شوند . سپس به‌ترتیب آن‌ها توسط موجودات بزرگ‌تر خورده شده و در نهایت وارد بدن انسان می‌شوند (Babaei Siah Gol، ۲۰۰۱). اثرات سوء ناشی از مصرف ماهیان آلوده به فلزات سنگین در انسان اولین‌بار در سال ۱۹۵۳ در خلیج میناتای ژاپن اتفاق افتاد که در طی آن بیش از ۴۳ هزار نفر از ساکنان محلی در اثر مصرف ماهی‌های آلوده به فاضلاب یک کارخانه صنعتی جان خود را از دست دادند و بیش از ۷۰۰ نفر دیگر هم معلولیت‌های دائمی پیدا کردند (Cleark، ۲۰۰۱). از مهم‌ترین اثرات سوء ناشی از مصرف مواد غذایی آلوده به فلزات سنگین ازجمله کادمیوم، ایجاد بیماری ایتا ایتا و تخریب بافت بیضه می‌باشد. سرب باعث ایجاد اختلالات سیستم عصبی محیطی و کروم موجب بیماری درمادیت‌های پوستی و تحریک غشای مخاطی می‌گردد (پورخباز، ۱۳۹۲). با توجه به ورود آلاینده‌ها به رودخانه‌های گرگانرود و قره‌سواز طرفی و فاضلاب شهری بندرترکمن و بندرگز به خلیج گرگان این تحقیق به‌منظور سنجش میزان تجمع فلزات سنگین درآب و رسوب قبل و بعد از فعالیت پرورش ماهی کپور وحشی (*Cyprinus carpio*) در این خلیج (شرق کانال خوزینی) انجام گردید.

مواد و روش‌ها

جهت اجرای پروژه درخلیج گرگان، منطقه‌ای در شرق کانال خوزینی به فاصله ۵ کیلومتری از سواحل غربی جزیره آشوراده انتخاب گردید (شکل‌های ۱ و ۲). جهت انجام این تحقیق سه ایستگاه S1 (مکان اجرای پروژه پرورش کپور در محیط محصور)، S2 = ایستگاه شرقی در فاصله پانصد متری شرق حصارتوری، S3 = سایت فعال آبزی‌پروری ماهیان خاویاری انتخاب گردید. نمونه‌برداری از آب و رسوب این ۳ ایستگاه با سه تکرار در هر ایستگاه انجام شد. جهت نمونه‌برداری از آب از دستگاه روتنر (Hydro Bios) وجهت نمونه‌برداری از رسوب از دستگاه گرب با دهانه ۲۸۸ سانتی‌مترمربعی (وان وین) استفاده گردید. نمونه‌ها به آزمایشگاه معتمد سازمان حفاظت محیط زیست ارسال گردید. فاکتورهای اندازه‌گیری فلزات در آب و رسوب شامل نیکل، سرب، آهن، کادمیوم، کروم، جیوه،روی و ارسنیک به‌روش اسپکتروفتومتری جذب اتمی انجام گردید. نمونه‌برداری قبل از اجرای طرح پرورش و مولدسازی کپور دریا در محیط محصور در مرداد ۱۳۹۱ و بعد از پایان اجرای پروژه در خردادماه ۱۳۹۲انجام گردید.



شکل ۱: عکس ماهواره‌ای از ایستگاه‌های نمونه‌برداری درخلیج گرگان شامل ایستگاه اول (۶ حصار توری)، ایستگاه دوم (سایت فعال پرورش ماهیان خاویاری) و ایستگاه سوم در فاصله ۵۰۰ متری شرق ایستگاه اول

جهت‌مقایسه فلزات‌سنگین قبل و بعد از پرورش از آزمون t-test مستقل و جهت نرمال بودن داده‌ها از آزمون شیکروویلک و با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۱۶ انجام گردید.مقادیر به‌دست آمده در تحقیق با مقادیر استاندارد سازمان بهداشت جهانی مقایسه شد.

شکل ۲: نمای دور عکس ماهواره‌ای ایستگاه‌های نمونه‌برداری در خلیج گرگان شامل ایستگاه اول(۶حصار توری)، ایستگاه دوم (سایت فعال پرورش ماهیان خاویاری) و ایستگاه سوم در فاصله ۵۰۰ متری شرق ایستگاه اول

نتایج

نتایج بررسی فلزات سنگین و نمونه‌برداری از آب و رسوب از ۳ ایستگاه (S1= مکان اجرای پروژه، S2= ایستگاه شرقی در فاصله پانصد متری غرب پن، S3= سایت فعال آبزی‌پروری) بود در جداول ۱ الی ۵ آورده شده است.

جدول ۱: نتایج آنالیز فلزات سنگین در نمونه آب قبل از شروع دوره پرورش (میکروگرم/لیتر) (مردادماه۱۳۹۱) ومقایسه آن با میزان فلزات سنگین در رودخانه‌های جهانی (Lepp، ۱۹۸۰)

ایستگاه	نیکل	سرب	آهن	روی	کروم
S1	۱۲	<۵	۱۳۰	۴۱	<۵
S2	۱۹	<۵	۱۱۱	۳۳	<۵
S3	۱۱	<۵	۱۲۰	۲۱	۵۲
انحراف معیار	۴/۳۵	۰	۹/۵	۱۰/۰۶	۲۷/۱۳
میانگین	۱۴	۵	۱۲۰/۳۳	۳۱/۶۶	۲۰/۶۶
پوسته زمین	۲۰۰۰۰	۱۴۰۰۰	۳۵۰۰	۷۵۰۰۰	۳۵۰۰۰
رسوبات جهانی	۵۲۰۰۰	۱۹۰۰۰	۴۱۰۰	۹۵۰۰۰	۹۰۰۰۰
میانگین عناصر در آب روخانه‌های جهانی	-	۳۰۰۰	-	۲۰۰۰۰	۱۰۰۰

جدول ۲: نتایج آنالیز فلزات سنگین در نمونه آب در پایان دوره پرورش (میکروگرم/لیتر) (خرداد ۱۳۹۲) ومقایسه آن با میزان فلزات سنگین در رودخانه‌های جهانی (Lepp، ۱۹۸۰)

ایستگاه	نیکل	سرب	آهن	روی	کروم
S1	<۵	<۵	۲۰۴	<۵	<۵
S2	<۵	<۵	۶۰	<۵	<۵
S3	<۵	<۵	۵۱	<۵	<۵
انحراف معیار	۰	۰	۸۵/۸۵	۰	۰
میانگین	۵	۵	۱۰۵	۵	۵
پوسته زمین	۲۰۰۰۰	۱۴۰۰۰	۳۵۰۰	۷۵۰۰۰	۳۵۰۰۰
رسوبات جهانی	۵۲۰۰۰	۱۹۰۰۰	۴۱۰۰	۹۵۰۰۰	۹۰۰۰۰
میانگین عناصر در آب روخانه‌های جهانی		۳۰۰۰		۲۰۰۰۰	۱۰۰۰

جدول ۳: نتایج آنالیز نمونه رسوب قبل از شروع دوره پرورش (میکروگرم/کیلوگرم) (مردادماه۱۳۹۱) و مقایسه آن با میزان فلزات سنگین در پوسته زمین و رسوبات جهانی (Levinson، ۱۹۸۰)

ایستگاه	نیکل	سرب	آهن	روی	کروم
S1	۵۵۵۰	۶۹۱۶	۵۱۰۸	۱۳۷۲	۸۱۸۰
S2	۴۶۲۵	۷۷۸۰	۱۰۳۸۴	۱۴۳۰	۴۵۵۴
S3	۴۸۴۴	۶۶۵۲	۳۶۰۰۰	۱۲۸۲	۸۱۰۰
انحراف معیار	۴۸۳/۴	۵۹۰	۱۶۵۲۴/۴	۷۳/۵۱	۲۰۷۰/۷۶
میانگین	۵۰۰۶/۳۳	۷۱۱۶	۱۷۱۶۴	۱۳۶۲	۶۹۴۴/۶۶
پوسته زمین	۲۰۰۰۰	۱۴۰۰۰	۳۵۰۰	۷۵۰۰۰	۳۵۰۰۰
رسوبات جهانی	۵۲۰۰۰	۱۹۰۰۰	۴۱۰۰	۹۵۰۰۰	۹۰۰۰۰

جدول ۴: نتایج آنالیز نمونه رسوب در پایان دوره پرورش (میکروگرم/کیلوگرم) (خرداد ۱۳۹۲) و مقایسه آن با میزان فلزات سنگین در پوسته زمین و رسوبات جهانی (Levinson، ۱۹۸۰)، رودخانه‌های جهانی (Lepp، ۱۹۸۰)

ایستگاه	نیکل	سرب	آهن	روی	کروم
S1	۱۲/۱	۴/۶۲	۷۶۴۴	۱۳/۸	۵/۴۶
S2	۸/۴	۴/۱۵	۶۳۱۴	۱۲/۱۲	۴/۶۷
S3	۸/۷۱	۴/۰۳	۶۰۴۵	۱۲/۱	۴/۶۵
انحراف معیار	۲/۰۵	۰/۳۱	۸۵۶/۱۶	۰/۹۷	۰/۴۶
میانگین	۹/۷۳	۴/۲۶	۶۶۶۷/۶۶	۱۲/۶۷	۴/۹۲
پوسته زمین	۲۰۰۰۰	۱۴۰۰۰	۳۵۰۰	۷۵۰۰۰	۳۵۰۰۰
رسوبات جهانی	۵۲۰۰۰	۱۹۰۰۰	۴۱۰۰	۹۵۰۰۰	۹۰۰۰۰

جدول ۵: نتایج آزمون دانه‌بندی رسوبات در ۳ ایستگاه (S1 = مکان اجرای پروژه، S2 = ایستگاه شرقی در فاصله پانصد متری شرق حصارتوری، S3 = سایت فعال آبزی‌پروری)

ردیف	نوع دانه‌بندی	ایستگاه S1	ایستگاه S2	ایستگاه S3
۱	Gravel	٪۰	٪۰	٪۳/۳
۲	Sand	٪۹۸/۱	٪۹۹/۴	٪۹۶/۳
۳	Silt&Clay	٪۱/۹	٪۰/۶	٪۰/۵
۴	Specific gravity	٪۲/۶۴	٪۲/۶۵	٪۲/۶۵
۵	Silt	٪۱/۲	٪۰/۳	٪۰/۲
۶	Clay	٪۰/۷	٪۰/۳	٪۰/۲
۷	Moisture	-	-	-

در مقایسه مقادیر فلزات سنگین در آب فلزات نیکل، سرب، آهن و کروم تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد ($p>0/05$) و تنها مقدار روی قبل و بعد از پرورش تفاوت معنی‌داری داشت ($p<0/05$). در مقایسه مقادیر فلزات سنگین در رسوب، فلزات نیکل، سرب، روی و کروم تفاوت معنی‌داری مشاهده داشت ($p<0/05$) و تنها مقدار آهن قبل و بعد از پرورش تفاوت معنی‌داری نداشت ($p>0/05$). براساس نتایج حاصله در ایستگاه S1 (مکان اجرای پروژه) ماسه به رنگ قهوه‌ای تیره، فاقد قطعات درشت صدف دوکفه‌ای، کاملاً جور شده با نفوذپذیری بالا و مقدار کمی مواد آلی بود. در ایستگاه S2 (ایستگاه شرقی در فاصله پانصدمتری شرق حصارتوری) ماسه یکنواخت به رنگ کاملاً تیره، مواد آلی و لجن، قطعات و صدف دوکفه‌ای به‌طور جزئی دیده می‌شود که این خاک کاملاً جور شده و نفوذ پذیری آن بالا می‌باشد. هم‌چنین در ایستگاه S3 (سایت فعال آبزی‌پروری) نمونه ماسه، ریزدانه و سیلت یکنواخت به رنگ تیره و حاوی مقدار زیادی پوسته صدف دوکفه‌ای بوده که اندازه‌های آن‌ها در ابعاد گراول و ماسه درشت دانه به‌همراه اندکی مواد آلی بود.

بحث

مطالعه مستمر میزان فلزات سنگین در محیط‌های آبی به‌دلیل ارتباط با سلامت‌انسان و آبزیان ازاهمیت‌ویژه‌ای‌برخوردار‌است. آلودگی یکی از مهم‌ترین مسائل در حفاظت دریاها و حفظ تعادل اکولوژیک آب‌هاست. لازمه بررسی میزان آلودگی در یک منطقه، شناخت کیفیت شیمیایی آب و هم‌چنین منابع آلاینده می‌باشد. حضور فلزات سنگین بیش از استانداردهای تعریف شده در محیط باعث بروز مشکلات و عوارض زیست محیطی برای ساکنان آن محل و اکوسیستم می‌گردد. اثرات فلزات سنگین روی انسان مختلف بوده و عمده‌ترین آن مربوط به بروز اختلالات عصبی است. به‌همین دلیل مطالعه پیوسته آن اهمیت ویژه‌ای دارد (اسماعیلی‌ساری، ۱۳۸۱). درتوضیح علت اختلاف زیاد در مقادیر فلزات قبل و بعد از پرورش در آب می‌توان گفت به‌دلیل ورود آب شیرین از طریق رودخانه‌های منتهی به خلیج در فصل بهار (خرداد ماه)، مقادیر فلزات سنگین در آب کم‌تر از مقدار آن در فصل تابستان (مرداد ماه) بوده است. که این موضوع در مورد رسوب هم صدق می‌کند. بندانی و همکاران (۱۳۸۶) در مطالعه فلزات سنگین در آب و رسوب سواحل استان گلستان، بیش‌ترین مقدار فلزات سنگین موجود در آب معادل ppb ۲۱۴/۸۳ مربوط به فلز سرب در تالاب گمیشان (فصل زمستان) و کم‌ترین مقدار آن معادل ppb ۲۸/۸۳ مربوط به فلز کروم در ساحل شرقی (فصل زمستان) و هم‌چنین بیش‌ترین مقدار فلزات سنگین موجود در رسوب معادل ppb ۳۰۰۰/۷ مربوط به فلز کادمیوم در خلیج گرگان (فصل بهار) گزارش نمودند. در تحقیق حاضر براساس نتایج به‌دست آمده در خلیج گرگان در مرداد ماه۱۳۹۱، آنالیز آب قبل از شروع دوره پرورش نشان داد که بیش‌ترین میزان فلزات سنگین مربوط به فلز آهن در محل اجرای پروژه به‌مقدار ppb ۱۳۰ و کم‌ترین مقدار مربوط به جیوه به‌میزان کم‌تر از ppb ۱ در هر سه ایستگاه نمونه‌برداری بود. در پایان دوره در خردادماه سال ۱۳۹۲، مقدار آهن به‌میزان ppb ۲۰۴ در محل اجرای پروژه بیش‌ترین و جیوه به‌میزان کم‌تر از ppb۱، کم‌ترین مقدار را به‌خود اختصاص دادند. با توجه به داده‌های آنالیز فلزات سنگین می‌توان نتیجه گرفت که در نمونه آب قبل از شروع دوره پرورش در بین ۳ ایستگاه نمونه‌برداری این اعداد متغیر بوده و این درحالی است که بعد از پایان دوره پرورش به‌غیر از آهن در سایر موارد تقریباً با هم برابر بوده است.

نتایج آنالیز رسوب در تحقیق حاضر در خلیج گرگان قبل از دوره پرورش نشان داد که بیش‌ترین مقدار مربوط به آهن به‌مقدار ppb ۳۶۰۰۰ (ایستگاه پروش ماهیان خاویاری) و کم‌ترین آن مربوط به کادمیوم به‌میزان ppb ۲۳۶ درایستگاه شرقی‌بوده است. درپایان دوره، بیش‌ترین مقدارفلزات‌سنگین‌مربوط به آهن در مکان اجرای پروژه به‌میزان ppb ۷۶۴۴ و کم‌ترین آن متعلق به جیوه به‌میزان کم‌تر از ppb ۰/۱ در هر سه ایستگاه‌بود. پری‌زنگنه و لاکان (۱۳۸۶) در بررسی غلظت فلزات سنگین در رسوبات سطحی سواحل دریای خزر در ایران نشان دادندکه این غلظت‌ها در ایستگاه‌های نمونه‌برداری یکنواخت نبوده و اختلاف زیادی در میانگین آن‌ها وجود داشت. بررسی غلظت کادمیوم، سرب، نیکل و

روی نیز نشان داد که غلظت بالای فلزات سنگین در ایستگاه گامیش تپه مستقیماً از دفع فاضلاب صنایع مختلف به‌خصوص صنایع چرم به دریا ناشی می‌شود. بندرترکمن نیز به‌عنوان یکی از منابع آلاینده آب دریا در این محل به‌شمار می‌رود که نتایج حاصل از اجرای این پروژه نیز عدم یکنواختی غلظت‌ها در رسوبات را در سه منطقه نمونه‌برداری و در دو فصل بهار و تابستان تایید می‌نماید. درویش‌بسطامی و همکاران (۱۳۹۱) در تحقیقی بر ارتباط بین غلظت برخی فلزات سنگین در رسوبات و جمعیت ماکرو بنتوزها در خلیج گرگان، مقادیر سرب، روی، کروم به‌ترتیب ۱۸/۳-۴/۱ و ۷۵-۱۳ و ۵۲-۱۳ (میلی‌گرم بر کیلوگرم) ومیانگین‌سرب ۱۶±۵/۱۱/۳۳،روی ۲۳/۲۳±۴۲ وکروم ۱۵/۷۱±۳۱/۶۹ محاسبه نمودند. نتایج تحقیق آن‌ها نشان داد که بین همه شاخص‌های بیولوژیک اندازه‌گیری شده با غلظت فلزات در رسوب همبستگی منفی وجود داشت که نشان‌دهنده تاثیر منفی غلظت فلزات بر جوامع ماکرو بنتوزی بود. باقری و عظیمی(۱۳۹۴) در مطالعه پراکنش فلزات سنگین در رسوبات سطحی سواحل سی‌سنگان درجنوب دریای خزر، میزان غلظت‌فلزات نیکل، سرب، روی، کادمیوم و آرسنیک را به‌ترتیب ۲۷/۵۴، ۱۶/۱۸، ۸۰/۳۱، ۱/۲۳ و ۰/۰۱۹ میکروگرم بر گرم وزن خشک در رسوبات‌سطحی‌سواحل‌سی‌سنگان‌اندازه‌گیری‌وتوالی‌میانگین‌غلظت‌های فلزات سنگین در رسوبات سطحی سی‌سنگان را به‌ترتیب از بیش‌ترین مقدار به کم‌ترین مقدارشامل روی، نیکل، سرب، کادمیوم، ارسنیک و جیوه تعیین نمود و این درحالی است که توالی غلظت در ایستگاه‌های نمونه‌برداری در این تحقیق در قبل از دوره پرورش در مرداد ماه ۱۳۹۱ به‌ترتیب از غلظت بالا به پایین آهن، سرب، کروم، آرسنیک، جیوه، روی و کادمیوم و در پایان دوره پرورش در خردادماه سال ۱۳۹۲ بعدبه‌ترتیب از غلظت بالا به پایین آهن، آرسنیک، روی، نیکل، کروم، سرب، کادمیوم و جیوه اندازه‌گیری گردید. آرسنیک می‌تواند حاصل استفاده از کودها و قارچ‌کش‌های استفاده شده در مزارع برنج باشد. جیوه در رسوبات سواحل غرب مازندران نسبت به شرق بیش‌تر است که می‌تواند حاصل تردد کشتی‌ها و نفت‌کش‌ها، فعالیت‌های مختلف استانی نظیر گردشگری، کارخانجات و غیره باشد. بندانی و همکاران (۱۳۹۵) در تحقیقی که روی فلزات سنگین در آب و رسوب سواحل استان گلستان انجام دادند نشان دادند که سطح آلودگی سرب، کادمیوم، روی و کروم درآب و رسوب در منطقه مورد مطالعه کم‌تر از میزان استاندارد جهانی بود. حسن‌پور و همکاران(۱۳۹۱)درتحقیقی که بر میزان فلزات سنگین در آب و رسوب و بافت پرندگان وحشی در حوضه جنوب‌شرق دریای خزر انجام دادند نیز بیش‌ترین غلظت را در آب و رسوب متعلق به فلز روی گزارش دادند. این درحالی است که در این تحقیق در خلیج گرگان بیش‌ترین غلظت درآب و رسوب در ابتدا و انتهای دوره پرورش مربوط به آهن بود.اشجع‌اردلان‌وهمکاران(۱۳۸۵)مقایسه‌فلزات‌سنگین، سرب، مس، روی، جیوه و کادمیم را در آب، رسوبات و بافت نرم دوکفه‌ای آنودنت (*Anodonta cygnea*) در فصل پاییز و بهار در تالاب انزلی مورد مطالعه قرار دادند. براساس یافته‌هایشان غلظت فلز سنگین روی در دو فصل پاییز و بهار به‌ترتیب ۱۶/۴۰ و ۲۳/۵۰ میکروگرم بر گرم وزن تر و پس از آن عنصر مس با ۰/۵۸ و ۰/۷۷ میکروگرم بر گرم وزن تر بیش‌ترین مقدار را نسبت به دیگر فلزات داشتند. میزان غلظت فلزات سنگین در آب نشان داد که عنصر روی در دو فصل پاییز و بهار به‌ترتیب با میزان ۰/۱۱ و ۰/۰۰۵ میلی‌گرم در لیتر می‌باشد. میزان تجمع این فلز در رسوب در دو فصل پاییز و بهار به‌ترتیب با مقدار ۸۲/۵ و ۸۷/۵ میکروگرم بر گرم وزن خشک بیش‌ترین مقدار را داشت. میزان فلز روی در رسوب قبل و بعد از دوره پرورش در این تحقیق به‌ترتیب ۱/۳۶ و ۰/۰۱۲۷ اندازه‌گیری شد. غلظت فلزات سرب، کادمیوم و نیکل همگی می‌توانندمرتبط با فعالیت‌های‌حمل و نقلی و ترددکشتی‌ها و شناورهای مختلف تجاری و صیادی و فعالیت‌های صنعتی باشد (Ainolahi و همکاران، ۲۰۰۹؛ DE Moraو Sheikholeslami، ۲۰۰۲).باقری‌وهمکاران (۱۳۹۱) درتحقیقی که روی سنجش و ارزیابی آلودگی فلزات سنگین در رسوبات رودخانه گرگانرود انجام دادند، بیان نمودند که با توجه به فعالیت‌های صنعتی و فعالیت‌های انسانی، روند غلظت فلزات به‌صورت افزایشی‌است‌به‌طوری‌که غلظت فلزات سنگین در محل ورودی رودخانه گرگانرودبه‌ترتیب برابر است باآهن(۰/۷۹)>نیکل(۱/۰۱)>کرم(۱/۵۳) که نشان از افزایش چشمگیر غلظت فلزات سنگین درورودخانه گرگانرود دارد. بنابراین، این منطقه براساس طبقه‌بندی مولر، در رده متوسط آلودگی طبقه‌بندی می‌گردد. این درحالی است که رجایی و همکاران (۱۳۹۱) در تحقیقی که بر غلظت فلزات سنگین در آب و رسوب خلیج گرگان در مصب گرگانرود انجام دادند نشان دادند بیش‌ترین میزان فلزات سنگین در رسوبات مربوط به فلز روی بود. که این تفاوت در میزان غلظت فلزات سنگین در تحقیقات متفاوت نشان می‌دهد که در هر دوره براساس نوع منبع آلاینده (صنعتی، خانگی و کشاورزی) میزان هریک از فلزات سنگین می‌تواند متغیر باشد. به‌طوری‌که در تحقیق باقری و همکاران (۱۳۹۱) میزان آلودگی به فلز آهن بسیار کم ولی در تحقیق حاضر بیش‌ترین میزان آلودگی به این فلز مربوط می‌شد. صنایع، عمده‌ترین منابع آلاینده مربوط به فلزات سنگین هستند. کارخانجاتی از قبیل آبکاری، باطری‌سازی و تولید قطعات

الکترونیک از مهم‌ترین آن‌ها می‌باشند. آلودگی ناشی از سرب عمدتاً مربوط به سوخت‌های فسیلی می‌باشد که به‌دنبال آلودگی هوا ، آلودگی خاک و آب ایجاد می‌شود. اکثر قریب به اتفاق واحدهای تولیدکننده فاضلاب صنعتی حاوی فلزات سنگین فاقد سیستم تصفیه هستند و روزانه مقادیر فراوانی فاضلاب صنعتی را وارد محیط زیست یا شبکه فاضلاب شهری می‌کنند که باعث آلودگی منابع آبی می‌شوند. عناصر فلزات سنگین مانند سرب، روی و مس در صورت ورود به رودخانه یا دریا به‌تدریج در عمق آب رسوب می‌کنند. از آن‌جاکه این رسوبات برای همیشه در محیط باقی می‌ماند و امکان تصفیه رسوبات از آب دریا غیرممکن است، طبیعی است که با افزایش غلظت این مواد، تغییرات تدریجی در محیط زیست دریایی نیز رخ خواهد داد. فلزات سنگین در یک مقیاس وسیع، از منابع طبیعی و تولیدات انسان ساخت وارد محیط زیست می‌شوند و میزان ورود این فلزات سنگین به‌داخل محیط‌زیست بیش‌تر از میزانی است که به‌وسیله فرآیندهای طبیعی برداشت می‌شوند. بنابراین تجمع فلزات سنگین در محیط زیست مورد توجه است. سیستم‌های آبی به‌طور طبیعی دریافت‌کننده نهایی این فلزات هستند. فلزات سنگین در رسوبات کف اکوسیستم‌هایی مثل بنادر یا مناطق ساحلی صنعتی که با ورود مزمنی از فلزات روبرو هستند، دارای بیش‌ترین مقدار می‌باشند. این ویژگی‌ها در محیط‌های واجد رسوبات، به‌علت اثرات سمی و قابلیت تجمع زیستی فلزات در نمونه‌های بیولوژیکی موجود در رسوبات، منجر به‌اثرات اکولوژیکی زیادی می‌شوند (Jalali Moshki و Aghazade، ۲۰۰۶) با توجه به این نتایج می‌توان گفت ریزش رودخانه گرگانرود به خلیج گرگان سبب انتقال آلودگی به این خلیج شده و منبع اصلی آلودگی در آن می‌باشد. بندانی و همکاران(۱۳۹۵) در تحقیقی بر فلزات سنگین سرب، کادمیوم، کروم و روی در آب و رسوب سواحل استان گلستان، سطح آلودگی سرب، کادمیوم، روی و کروم در آب و رسوب کم‌تر از میزان استانداردهای جهانی گزارش نمودند. با توجه به جداول ۱ الی ۴ درمقایسه سطح آلودگی آب خلیج در سه ایستگاه نمونه‌برداری و میزان استانداردهای جهانی آلودگی آب می‌توان گفت که خوشبخانه میزان آلودگی فلزات روی، کروم و سرب کم‌تر از سطوح استاندارد جهانی بود. درخصوص میزان فلزات سنگین موجود در رسوب خلیج در مناطق نمونه‌برداری غیر از آهن، سطح آلودگی فلزات سنگین اندازه‌گیری شده کم‌تر از میزان استانداردهای جهانی رسوب در پوسته زمین ورسوبات جهانی بود. درخصوص آهن، ورود فاضلاب شهری وروستایی، آلودگی‌های کشاورزی و خانگی، تردد شناورهای مختلف و امکان انتقال فاضلاب شهرک‌های صنعتی حاصل از فعالیت کارخانجات از طریق رودخانه گرگانرود و یا ریزش‌های جوی به‌داخل خلیج گرگان می‌تواند از دلایل میزان بالای آهن در رسوبات باشدکه مطالعات باقری و همکاران (۱۳۹۱) موید این مطلب می‌باشد. در تحقیق این محققین بر ارزیابی پراکنش آلودگی فلزات سنگین در خلیج گرگان، بیان نمودند که پیش‌روی ورودی فلزات سنگین از طریق دهانه رودخانه‌های (گرگانرود، نکارود و قره سو) می‌باشد. درپایان پیشنهاد می‌گردد که در خروجی فاضلاب شهرک‌های صنعتی، سیستم فیلتراسیون پیشرفته و هوشمند به‌کار گرفته شود و هم‌چنین درخصوص فاضلاب شهری و روستایی سیستم جداسازی و کنترل فاضلاب انجام شده و از ورود شیرابه به سفره‌های زیرزمینی و راهیابی به‌رودخانه‌ها جلوگیری به‌عمل آید. کنترل فاضلاب‌های کشاورزی به‌دلیل استفاده از سموم و کودهای شیمیایی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. زیرا با شستشوی این مواد، راهیابی آن‌ها به آب‌های سطحی و زیرزمینی آسان بوده و به‌راحتی موجب گسترش آلودگی و انتقال آن به دریا، خلیج و تالاب خواهد شد.

منابع

۱. **اسماعیلی‌ساری،ع.، ۱۳۸۱.** آلاینده‌ها، بهداشت و استاندارد در محیط زیست. انتشارات نقش مهر. ۷۶۷ صفحه.

۲. **اشجع‌اردلان، آ.؛ ربانی، م. و معینی، س.، ۱۳۸۵.** مقایسه فلزات سنگین (Hg, Zn, Cu, Pb, Cd) درآب، رسوب و بافت نرم دوکفه‌ای آنودنت تالاب انزلی (*Anodonta cygnea*) در دو فصل پاییز و بهار. فصلنامه پژوهش و سازندگی. شماره ۷۸، صفحات ۱۱ تا ۲۲.

۳. **امینی‌رنجبر، غ. و حسین‌زاده‌صحافی، ه.، ۱۳۷۳ .** تعیین میزان جیوه دریک گونه از کوسه ماهیان خلیج فارس (*Calcharhinus dussumieri*). مجله علمی شیلات ایران. شماره ۲، صفحات ۵ تا ۱۶.

۴. **باقری، ح. و عظیمی، ع.، ۱۳۹۴.** مطالعه پراکنش فلزات سنگین در رسوبات سطحی سواحل سی‌سنگان – جنوب دریای خزر. مجله اقیانوس‌شناسی. سال ۶، شماره ۲۱، صفحات ۲۷ تا ۳۶.

۵. **باقری، ح.؛ درویش‌بسطامی. ک.؛ شارمد، ت. و باقری، ز.، ۱۳۹۱.** ارزیابی پراکنش آلودگی فلزات سنگین در خلیج گرگان. اقیانوس‌شناسی. سال ۳، شماره ۱۱، صفحات ۶۵ تا ۷۲.

۶. **باقری، ح.؛ شارمد، ت.؛ خیرآبادی، و.؛ درویش‌بسطامی، ک. و باقری، ز.، ۱۳۹۱.** سنجش و ارزیابی آلودگی فلزات سنگین دررسوبات رودخانه گرگانرود. مجله اقیانوس‌شناسی. سال ۲، شماره ۵، صفحات ۳۵ تا ۳۹.

۷. **بندانی، غ.؛ خوشباوررستمی، ح.؛ شکرزاده‌لموکی، م. و نظری، ح.، ۱۳۹۵.** بررسی فلزات سنگین (کادمیوم، سرب، کرم و روی) در آب ورسوبات سواحل گلستان. مجله بهره‌برداری و پرورش آبزیان. دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان. جلد ۵، شماره ۱، صفحات ۲۵ تا ۴۵.

۸. **بندانی، غ.، ۱۳۸۶.** بررسی و مقایسه سطح فلزات سنگین در رسوب، آب و ماهیان پرمصرف حاشیه جنوبی دریای خزر در استان گلستان. طرح تحقیقاتی. مرکز تحقیقات ذخایر آبزیان آب‌های داخلی گرگان.

۹. **پری‌زنگنه، ع. و لاکان، ک.، ۱۳۸۶.** بررسی غلظت فلزات سنگین در رسوبات سطحی سواحل دریای خزر در ایران. مجله آب و فاضلاب. شماره ۶۳، صفحات ۲ تا ۱۲.

۱۰. **پورخباز، ع.ر.، ۱۳۹۲.** تعیین فلزات سنگین و منابع انتشار آن‌ها در ذخیره‌گاه زیست‌کره حرا. طرح پژوهشی، سازمان حفاظت و محیط زیست، اداره کل حفاظت و محیط‌زیست استان هرمزگان. ۹۷ صفحه.

۱۱. **حسن‌پور، م.؛ پورخباز، ا. و قربانی، ر.، ۱۳۹۱.** اندازه‌گیری فلزات سنگین در آب، رسوب و بافت پرندگان وحشی در شمال‌شرقی دریای خزر. مجله علوم پزشکی دانشگاه مازندران. سال ۲۲، شماره ۱، صفحات ۱۸۴ تا ۱۹۴.

۱۲. **درویش‌بسطامی، ک.؛ طاهری، م.؛ باقری، ح.؛ یزدانی‌فشیمی، م.؛ سلطانی، ف. و حق‌پرست، س.، ۱۳۹۱.** ارتباط بین غلظت برخی فلزات سنگین در رسوبات و جمعیت ماکرو بیتوزها در خلیج گرگان. محیط‌زیست جانوری. سال ۴، شماره ۴، صفحات ۹۱ تا ۱۰۱.

۱۳. **رجایی، ق.؛ حسن‌پور، م. و مهدی‌نژاد، م.ح.، ۱۳۹۱.** غلظت فلزات سنگین در آب و رسوب خلیج گرگان در مصب گرگانرود. مجله تحقیقات نظام سلامت. سال ۸، شماره ۵، صفحات ۷۴۸ تا ۷۵۶.

۱۴. **رضوانی‌گیل‌کلائی، س.، ۱۳۸۶.** بررسی آثار هیستوپاتولوژیک ناشی از برخی آلاینده‌های زیست محیطی دریای خزر روی ماهیان استخوانی شکارچی آزاد و سوف دریای خزر. گزارش نهایی. موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور. ۸۶ صفحه.

۱۵. **مرتضوی، م.ص.، ۱۳۷۹.** مطالعه آلاینده‌های معدنی در میگوی موزی و میگوی سفید. گزارش نهایی. مرکز تحقیقات شیلاتی دریای عمان. ۲۸ صفحه.

۱۶. **مطالعات نیدلمن. ۱۹۹۰.** به نقل از پایگاه ملی داده‌های علم زمین کشور.

۱۷. **Ainolahi, F.; Safahieh, A.; Dadolahi, A. and Pakzad, S., 2009.** Heavy metal concentrations in rock oyster *Saccustrea cucullata* from Iranian coasts of the Oman Sea. Trakia Journal of Sciences. Vol. 8, No. 1, pp: 79-86.

۱۸. **Babaei Siah Gol, H., 2001.** Investigation of heavy metals in water of the western rivers of Guilan Province (Shafaroud, Korgon River, Havigh). The final report of the project, Guilan Fisheries Research Center. 54 p.

۱۹. **Cleark, R.B., 2001.** Marine pollution. Oxford University Press. Madison. 1052 p.

۲۰. **De Mora, S. and Sheikholeslami, M.R., 2002.** ASTP: Contaminant screening program. Final Report: Interpretation of the Caspian Sea Sediment Data. Caspian Environment Program.

۲۱. **Gibson, R.N., 1994.** Impact of habitat quality and quantity on the recruitment of juvenile flat fishes. Netherlands Journal of Sea Research. Vol. 32, pp: 191-206.

۲۲. **Heath, A.G., 1987.** Water pollution and fish physiology. CRC press, Inc, Florida, USA. 245 p.

۲۳. **Jalali, B. and Aghazade Moshki, M., 2006.** Fish toxicity of heavy metals inwater and its importance in public health. Tehran, Man Ketab Publisher. 140 p.

۲۴. **Lepp, N.W., 1980.** Metals in the environment. Vol. 2. Applied Science Publishers, London and New Jersey. 257 p.

۲۵. **Levinson, A.A., 1980.** Introduction to exploration geochemistry. Applied Pub, Ltd. 924 p.

۲۶. **Matta, J.; Milad, M.; Manager, R. and Tosteson, T., 1999.** Heavy metals, lipid peroxidation and cigateratoxicity in the liver of the Caribbean barracuda (*Sphyraena barracuda*). Biological Trace Element Research. Vol. 70, pp: 69-79.

۲۷. **Philips, D.J.H. and Rainbow, P.S., 1992.** Bio-monitoring of trace aquatic contaminants. London and New York: Elsevier Applied Science. 371 p.

۲۸. **UNEP. 1999.** Guidelines for monitoring chemical contaminants in the sea using marine organisms.

۲۹. **USEPA. 1986.** Carcinogen Assessment Group; Ambient water quality Criteria for Arsenic and Asbestos Environmental Protection Agency, Washington DC: Off: Drinking Water, USEPA.