(DOI): 10.22034/AEJ.2020.129573

بررسی میزان نیکل، مس و آهن در رسوبات و میگو *Macrobrachium nipponense* در تالاب بین‌المللی آلاگل

- **محمد رحمانی***: گروه علوم محیط زیست، دانشکده علوم پایه، دانشگاه مازندران، بابلسر، ایران

تاریخ دریافت: آبان ١٣٩٨ تاریخ پذیرش: بهمن ١٣٩٨

چکیده

آلاینده‌های فلزی از طریق فرآیندهای مختلف طبیعی و انسان‌زاد به محیط‌های آبی و نیز جانداران آبزی وارد می‌شوند. فلزات نیکل، مس و آهن به‌علت خاصیت تجمع زیستی و پراکنش زیاد از آلاینده‌های مهم محیط‌های آبی محسوب می‌شوند. از این‌رو در مطالعه حاضر به بررسی میزان فلزات نیکل، مس و آهن در رسوبات و میگو *Macrobrachium nipponense* پرداخته شد. نمونه‌های رسوب و میگو در سال ١٣٩٠ از تالاب بین المللی آلاگل برداشت و به‌روش هضم اسیدی آماده‌سازی شدند. میزان فلزات نیکل، مس و آهن با استفاده از دستگاه جذب اتمی تعیین و با استفاده از شاخص‌های موجود ریسک ناشی از حضور این عناصر در رسوبات و میگو بررسی شد. میزان نیکل (٩٤/١٦±٢/١) و مس (٦٧/٧٢±١٤/٣) در میگو *M. nipponense* از میزان مجاز در فرآورده‌های غذایی تعیین شده توسط WHO تجاوز کرد اما شاخص سیبل خطر هدف عدم وجودخطر برای مصرف‌کنندگان آن را نشان داد. میزان فلزات نیکل(٨/٠١±١٠/٢٦)، مس(٨/١٢±١٦/٤) و آهن (٤٣/٨٥±١٠٧/٢٢) در رسوبات پایین‌تر از تعدادی از استانداردهای کیفیت رسوبات بود و هم‌چنین میزان شاخص‌های ارزیابی ریسک رسوبات نشان از آلودگی بسیار پایین رسوبات به عناصر مورد مطالعه داشت. به‌طورکلی مطالعه حاضر نشان داد که میزان فلزات نیکل، مس و آهن در منطقه مورد مطالعه در محدوده امنی قرار دارد و میزان آلودگی آن‌ها کم‌تر از حد خطرساز و آلوده‌کننده است.

کلمات کلیدی: ارزیابی ریسک، فلزات سنگین، میگو، تالاب آلاگل

* پست الکترونیکی نویسنده مسئول: m.rahmani@umz.ac.ir

(DOI): 10.22034/AEJ.2020.129573

مقدمه

رشد جمعیت و صنعتی شدن موجب افزایش سطح خطرات محیط زیستی شده است که یکی از شاخص‌ترین اثرات آن‌ها بر محیط افزایش سطح الاینده‌ها ازجمله فلزات سنگین در رسوبات می‌باشد (Melegy و همکاران، ۲۰۱۰). فلزات سنگین از منابع طبیعی و نیز از منابع انسان‌زاد ازجمله معدن‌کاوی، فعالیت‌های صنعتی و کشاورزی و کاربرد لجن فاضلاب به محیط وارد می‌شوند (Žaltauskaitė و Sodiene، ۲۰۱۴). این فلزات به‌علت عدم تجزیه‌پذیری زیستی و ورود و تجمع زیستی در زنجیره‌ها و شبکه‌های غذایی به‌عنوان تهدیدی برای سلامت موجودات زنده محسوب می‌شوند. فلزات سنگین با توجه به نقشی که در فرآیندهای زیستی دارند به‌عنوان ریزمغذی‌ها (ازجمله آهن، روی، مس، منگنز، کبالت و مولیبدنیم) و یا عوامل سمی (ازجمله جیوه، نقره، کادمیوم، سرب و آرسنیک) مورد توجه می‌باشند (Anderson و Morel، ۱۹۸۷). در محیط‌های آبی آبزیان قادرند این فلزات را در بدن خود تجمع دهند. زمانی‌که غلظت فلزات سنگین در بدن موجودات از حد معینی فراتر رود ممکن است موجب تغییر در روند طبیعی بوم‌سامانه‌های آبی و عملکرد درست آن‌ها شود (Kenish، ۱۹۹۷). البته در صورت انباشت فلزات سنگین در بدن آبزیان ممکن است این آلاینده‌ها در زنجیره‌های غذایی به سطوح تغذیه‌ای بالاتر منتقل شوند و سلامتی انسان را از طریق مصرف آبزیان آلوده به خطر اندازند (Dixon، ۱۹۹۶). این عناصر اثرات مختلفی مانند کاهش رشد، تغییر رفتار، تغییرات ژنتیکی و مرگ و میر در موجودات را باعث شده و این اثرات نیز می‌تواند موجب زوال زیستی گردند. ازجمله این فلزات می‌توان به نیکل، مس و آهن اشاره کرد که به‌علت استفاده فراوان و گسترده، دارای پراکنش و اهمیت زیادی در اکوسیستم‌ها می‌باشند. غلظت‌های بالای نیکل، مس و آهن برای موجودات زنده سمی و غیرضروری می‌باشد به‌طوری که موجب آسیب‌های شدید در آن‌ها می‌شود، که ازجمله آن‌ها می‌توان به تخریب DNA و اختلال در عملکرد آنزیم‌ها اشاره کرد (Bigorgne و همکاران، ۲۰۱۰). رسوبات در محیط‌های آبی برای فلزات سنگین به‌عنوان یک مخزن طبیعی عمل می‌کنند و منبع آلودگی به‌شمار می‌روند (Rauf و همکاران، ۲۰۰۹). تغییر فاکتورهای فیزیکی و شیمیایی آب می‌تواند موجب تسریع و یا کند نمودن فعل و انفعالات فیزیکی و شیمیایی و در نتیجه تبادل فلزات بین آب و رسوبات گردد (Burdige، ۱۹۹۳؛ Di Toro و همکاران، ۱۹۹۲). از آن‌جاکه در سطح رسوب جانداران بیش‌تری نسبت به عمق آن زیست می‌کنند فلزات سنگین در این ناحیه بیش‌تر از سایر قسمت‌ها در دسترس موجودات آبزی قرار می‌گیرد (Kesavan و همکاران، ۲۰۱۳). شاخص‌های ارزیابی آلودگی معیاری برای مدیریت محیط زیست و شناسایی و کاهش عوامل بالقوه آسیب‌رسان محیط زیستی می‌باشند (Lemly و Richardson، ۱۹۹۷). سنجش وضعیت آلودگی رسوبات محیط‌های آبی، شناسایی دقیق منابع آلودگی و اعمال راهکارهای مدیریتی با توجه به نتایج ارزیابی‌های صورت گرفته به‌منظور کاهش میزان ورود آلاینده‌ها به محیط‌های آبی، از اهمیت بیش‌تری در مقایسه با روش‌های پاک‌سازی برخوردار است. از این‌رو مطالعات بسیاری بر سنجش وضعیت آلودگی رسوبات محیط‌های آبی در ایران و سایر نقاط مختلف جهان صورت گرفته است که از جمله آن‌ها می‌توان به نتایج مطالعه Gao و Chen (۲۰۱۲) و Pejman و همکاران (۲۰۱۶) اشاره کرد. کارکردهای تالاب‌ها که همراه تولید کالا و خدمات بی‌شماری برای انسان است، این اکوسیستم‌ها را غیرقابل جانشین ساخته است (Heatheringtonو Bishop، ۲۰۱۲). نقش تالاب‌ها در حفظ سطح آب برای کشاورزی، تولیدات شیلاتی، تولید چوب، ذخیره آب و کاهش بلایای طبیعی به‌ویژه سیلاب به‌خوبی اثبات گردیده است. این در حالی است که این ساختارهای آبی علاوه بر ارزش بسیار زیاد زیبایی‌شناسی و جذب گردشگران و اهمیت پژوهشی و آموزشی، زیستگاه‌های بسیار حیاتی برای انواع مختلف گونه‌های جانوری و گیاهی به‌ویژه آبزیان و انواع پرندگان فراهم می‌سازند (Donato و همکاران، ۲۰۱۱). با این وجود این اکوسیستم‌های طبیعی به‌شدت در معرض تهدید قرار دارند. به‌طوری‌که صدمات ناشی از دخالت‌های مستقیم و غیرمستقیم انسانی آن‌ها را تا مرز بحران پیش برده است. از این‌رو هدف مطالعه حاضر بررسی میزان عناصر نیکل، مس و آهن در رسوبات و میگو *Macrobrachium nipponense* و ارزیابی خطرات ناشی از آن با استفاده از شاخص‌های ریسک در تالاب بین‌المللی آلاگل می‌باشد.

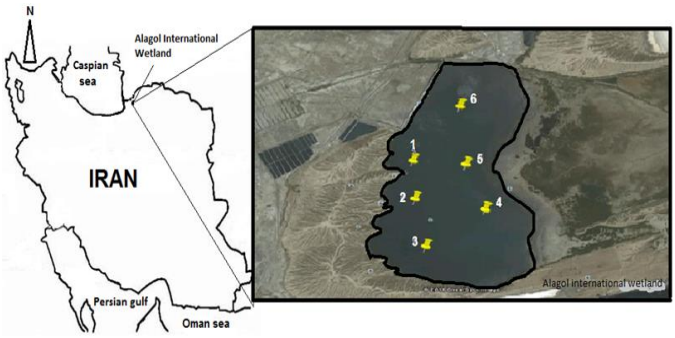
مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه: مجموعه تالاب‌های آلاگل، آلماگل و آجی‌گل (N ″۵۹ ′۲۰ °۳۷؛ E ″۰۲ ′۳۵ °۵۴) که در شمال‌شرق کشور قرار دارد، به‌عنوان یک منطقه تالابی تحت نام تالاب بین‌المللی آلاگل در سال ۱۳۵۴ در لیست تالاب‌های بین‌المللی کنوانسیون رامسر قرار گرفت. نمونه‌های برداشت‌شده در این تحقیق از بخش آلاگل این تالاب صورت پذیرفت. براساس عمق آب، گسترش رسوبات کف، خروجی و ورودی تالاب و رشد گیاهان آبزی، شش ایستگاه تعیین شد و نمونه‌برداری از رسوبات و میگو کف انجام شد (شکل ۱). در نهایت با توجه به عدم وجود اختلاف معنی‌دار بین میزان عناصر مورد مطالعه در شش ایستگاه رسوب مورد مطالعه، از میزان عناصر نیکل، مس و آهن ایستگاه‌های مورد مطالعه میانگین گرفته شد و به‌عنوان یک ایستگاه مورد آنالیزهای ریسک قرار گرفت.

نمونه‌برداری و آماده‌سازی نمونه‌ها: نمونه‌های رسوب با استفاده از نمونه‌بردار در شش ایستگاه از کف تالاب برداشت شد.ند در هر ایستگاه، سه نمونه تصادفی برداشت و با یکدیگر مخلوط

(DOI): 10.22034/AEJ.2020.129573

شدند. نمونه‌های رسوب در پاکت‌های پلی اتیلنی در مجاورت یخ به آزمایشگاه انتقال داده شدند. سپس نمونه‌ها به‌منظور خشک شدن در آون و در دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۲۴ ساعت قرار گرفتند و از الک ۶۳ میکرومتر به‌منظور جداسازی ذرات بزرگ‌تر عبور داده شدند. میزان ۰/۵ گرم از رسوبات در ۵ میلی‌لیتر مخلوط اسیدنیتریک و اسیدکلریدریک (۱:۳) قرار داده شدند و تا تبخیر شدن اکثر اسید حرارت داده شدند. سپس به نمونه‌های خنک شده ۳ میلی‌لیتر اسید پرکلریک اضافه شد و در حرارت ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد تا زمان شفاف شدن رنگ محلول قرار گرفتند. نمونه‌ها در دمای اتاق خنک شده و با استفاده از کاغذ واتمن ۴۱ فیلتر شدند. درنهایت نمونه‌ها با استفاده از اسیدکلریدریک ۱ نرمال به حجم ۵۰ میلی‌لیتر رسانده شدند (Tessier و همکاران، ۱۹۷۹).



شکل۱: ایستگاه‌های نمونه‌برداری رسوبات و میگو در تالاب بین‌المللی آلاگل

تعداد ۱۶ عدد میگو با استفاده از تله فانل از تالاب آلاگل صید و با استفاده از فلاسک یخ به آزمایشگاه منتقل شدند. میگوها تا زمان آماده‌سازی درون پاکت‌های پلی‌اتیلنی در دمای منفی ۲۰ درجه سانتی گراد نگه‌داری شدند. به‌منظور تعیین میزان عناصر نیکل، مس و آهن، محتویات شکمی آن‌ها با استفاده از تیغه اسکالپل خارج شد و بافت عضله آن در دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۲۴ ساعت قرار داده شد. نمونه‌های خشک شده به‌صورت پودر در آمدند. در نهایت میزان یک گرم از نمونه‌های پودر شده با استفاده از اسیدنیتریک غلیظ در دمای ۶۰ درجه آون هضم اسیدی شدند. به‌منظور اندازه‌گیری میزان عناصر نیکل، مس و آهن از دستگاه جذب اتمی مدل(GFS97, Thermo Electron, Cambridge, UK) استفاده شد.

سیبل خطر هدف (Target Hazard Quotients/ THQ):

به‌منظور محاسبه سیبل خطر هدف از روش پیشنهادی آژانس حفاظت محیط‌زیست آمریکا استفاده شد (Enviromental Protection Agency، ۲۰۰۰). از این‌رو مواردی که در ادامه آورده شده است به‌عنوان پیش فرض درنظر گرفته شد: میزان عناصر نیکل، مس و آهن وارد شده، برابر با میزان جذب شده آن‌ها در بدن می‌باشد (USEPA، ۱۹۸۹)؛ پخت و پز اثری را بر آلاینده‌ها ندارد (Cooper و همکاران، ۱۹۹۱)؛ متوسط عمر ایرانیان ۷۲ سال و متوسط وزن افراد بالغ ۷۰ کیلوگرم در نظر گرفته شد (MHMEI، ۲۰۱۵). میزان RfDo برای عناصر نیکل، مس و آهن به‌ترتیب ۰/۰۲، ۰/۰۴ و ۰/۷ درنظر گرفته شد (IRIS، ۲۰۱۳). مدل به‌کار رفته برای تخمین سیبل خطر هدف به‌شرح زیر بوده است:

$$THQ = (EF \times ED \times MS \times C)/(RfDo \times BW \times AT) \times 10^{-3} \quad (1)$$

در این مدل THQسیبل خطر هدف، EF بسامد در معرض قرارگیری (۳۶۵ روز در سال)، ED میزان در معرض قرارگیری (۷۲ سال)، MS نرخ خوردن غذا (گرم‌در روز)، C میزان فلز در ماده غذایی مورد مطالعه (میلی‌گرم بر کیلوگرم)، RfDo دز مرجع از راه دهان (برای عناصر نیکل، مس و آهن به‌ترتیب ۰/۰۲، ۰/۰۴ و ۰/۷ میلی‌گرم بر کیلوگرم در روز درنظر گرفته شد)، BW میانگین وزن افراد بالغ (۷۰ کیلوگرم) (۴۰)، AT زمان درمعرض قرارگیری برای ترکیبات غیرسرطان‌زا (۳۶۵ روز در سال × تعداد سال‌های در معرض قرار گیری (۷۲ سال) است.

شاخص‌های ریسک رسوبات

شاخص زمین انباشت شیمیایی (I_{geo}): شاخص زمین انباشت شیمیایی با استفاده از رابطه ۲ ارائه شده توسط Muller (۱۹۸۶) محاسبه شد:

$$I_{geo} = \log_2 [C_n/1.5B_n] \quad (2)$$

که در این رابطه C_n غلظت فلز n یافت شده در رسوبات و B_n میزان زمینه ژئوشیمیایی فلز n می‌باشد. غلظت‌زمینه یک عنصر میزانی است که به‌عنوان آلودگی درنظر گرفته نمی‌شود (Siegel، ۲۰۰۲). ضریب ۱/۵ در رابطه مولر به‌دلیل وجود تغییرات بالقوه در میزان پایه به‌کار رفته است (Eby، ۲۰۰۴). در مطالعه حاضر غلظت (میکروگرم/گرم) زمینه برای عناصر نیکل، مس و آهن به‌ترتیب ۶۸، ۴۵ و ۴۷۲۰۰ در نظر گرفته‌شده است(Turekian و Wedepohl، ۱۹۶۱). شاخص زیست انباشت شیمیایی مطابق طبقه‌بندی Muller(۱۹۸۶)به۷ دسته تقسیم می‌شود: غیرآلوده ($I_{geo} \leq 0$)، غیرآلوده تا آلودگی متوسط ($0 < I_{geo} < 1$)، آلودگی متوسط ($1 < I_{geo} < 2$)، آلودگی متوسط تا شدید ($2 < I_{geo} < 3$)، آلودگی شدید($3 < I_{geo} < 4$)،آلودگی به‌شدت‌زیاد($4 < I_{geo} < 5$)وفوق‌العاده آلوده ($5 < I_{geo}$). شامل ۷ طبقه می‌باشد. به‌طوری‌که بزرگ‌ترین طبقه آن آلودگی ۱۰۰ برابر بیش از میزان زمینه‌را منعکس می‌کند (Forstner و همکاران، ۱۹۹۰).

شاخص شدت آلودگی (Contamination Severity Index):

شاخص شدت آلودگی ارائه شده توسط Pejman و همکاران (۲۰۱۵) که به بررسی اثرات مضر روی موجودات زنده می‌پردازد مطابق رابطه ۳ محاسبه شد:

(DOI): 10.22034/AEJ.2020.129573

$$CSI = \sum_{i=1}^{n} w_i \left[\left(\frac{C_i}{ERL_i}\right)^{1} + \left(\frac{C_i}{ERM_i}\right)^{2} \right] \quad (3)$$

که در این رابطه W_i وزن عناصر نیکل و مس، C_i غلظت عناصر نیکل و مس، ERL_i دامنه تاثیر کم، ERM_i دامنه تاثیر متوسط و n تعداد فلزات می‌باشد. وزن عناصر نیکل و مس در مطالعه حاضر به‌ترتیب ۰/۲۱۵ و ۰/۰۷۵ درنظر گرفته شد (Pejman و همکاران، ۲۰۱۵). این شاخص به ۹ طبقه تقسیم می‌شود: غیرآلوده (SCI≤۰/۵)، شدت بسیار کم آلودگی (۰/۵<SCI<۱)، شدت کم آلودگی (۱≤SCI<۱/۵)، شدت کم تا متوسط آلودگی (۱/۵≤SCI<۲)، شدت متوسط آلودگی (۲≤SCI<۲/۵)، شدت متوسط تا زیاد آلودگی (۲/۵≤SCI<۳)، شدت زیاد آلودگی (۳≤SCI<۴)، شدت بسیار زیاد آلودگی (۴≤SCI<۵) و شدت فوق‌العاده زیاد آلودگی (SCI≥۵).

شاخص سیبل میانگین دامنه اثر (Mean effects range-median Qutient/MERMQ): سیبل میانگین دامنه اثر یک شاخص مناسب می‌باشد که می‌تواند برای تشخیص و اولویت‌بندی مناطقی که باتوجه به کیفیت رسوبات پتانسیل خطر را دارند به‌کار رود (Violintzis و همکاران، ۲۰۰۹). این شاخص مطابق رابطه ۴ محاسبه شده است (Long و MacDonald، ۱۹۹۸؛ Long و همکاران، ۲۰۰۰):

$$MERMQ = \frac{\sum_{i=1}^{n} C_i/ERM_i}{n} \quad (4)$$

که در این رابطه C_i میزان فلز i در رسوبات، ERM_i میزان متوسط دامنه اثر برای فلز i که توسط Long و همکاران (۱۹۹۵) گزارش شده است و n تعداد فلزات مورد مطالعه می‌باشد. شدت خطر مطابق این شاخص به ۴ طبقه تقسیم می‌شود: (۱) اولویت کم (MERMQ≤۰/۱) با احتمال سمی شدن ۹ درصد؛ (۲) اولویت کم تا متوسط (۰/۱≤MERMQ<۰/۵) با احتمال سمی شدن ۲۱ درصد؛ (۳) اولویت متوسط تا زیاد (۰/۵≤MERMQ<۱/۵) با احتمال سمی شدن ۴۹ درصد؛ اولویت زیاد (MERMQ>۱/۵) با احتمال سمی شدن ۷۶ درصد (Long و همکاران، ۲۰۰۰؛ Gao و Chen، ۲۰۱۲).

شاخص درجه آلودگی (Degree of contamination): فاکتور درجه آلودگی (C_d) به‌وسیله Hakanson (۱۹۸۰) به‌منظور یک ارزیابی کلی آلودگی رسوبات ارائه شد. این فاکتور مطابق رابطه‌های ۵ و ۶ محاسبه می‌شود:

$$C_d = \sum_{i=1}^{8} c_f^i \quad (5)$$

$$C^i_f = C^i_s / C^i_n \quad (6)$$

در این رابطه C^i_s مقدار اندازه‌گیری شده غلظت فلز n و C^i_n مقدار زمینه ژئوشیمیایی فلز مورد نظر می‌باشد. این شاخص به ۴ طبقه تقسیم می‌شود: کم (C^i_f <۱)، متوسط (۱≤ C^i_f<۳)، آلودگی متوسط (۳≤ C^i_f<۶) و خیلی آلوده (C^i_f<۱).

نتایج

میزان فلزات نیکل، مس و آهن در رسوبات تالاب بین‌المللی آلاگل و نیز میگو *M. nipponense* و مقایسه آن‌ها با استانداردهای موجود درجداول ۱ و ۲ نشان داده شده است.در این مطالعه میزان سیبل خطرهدف به‌منظور برآورد خطرمصرف‌غذایی میگو *M. nipponense* از نظر عناصر نیکل، مس و آهن کم‌تر از یک به‌دست آمد (جدول ۳).

جدول۱ : میزان عناصر نیکل، مس و آهن در رسوبات تالاب بین‌المللی آلاگل و مقایسه آن‌ها با استانداردهای مجاز (CCME، ۱۹۹۹؛NOAA، ۲۰۱۲)

عناصر	مطالعه حاضر	ISQG	PEL	ERL	ERM
نیکل	۱۰/۰۸±۲۶/۰۱	۱۸/۷	۱۰۸	۲۰/۹	۵۱/۶
مس	۱۶/۸±۴/۱۲	-	-	۳۴	۲۷۰
آهن	۱۰۷/۲۲±۴۳/۸۵	-	-	-	-

ISQG: Interim sediment quality guideline; PEL: Probable effects level; ERL: Effects Range Low; ERM; Effects Range Median

جدول ۲: مقایسه میزان فلزات نیکل، مس و آهن در میگوی *M. nipponense* با استاندارد تعیین شده توسط WHO (میکروگرم بر گرم وزن تر)

عناصر	مطالعه حاضر	WHO
نیکل	۲/۹۴±۱/۱۶	۰/۳
مس	۱۴/۶۷±۳/۷۲	۱۰
آهن	۱۸/۶۹±۴۴/۱۸	-

جدول ۳: تخمین THQ برای فلزات نیکل، مس و آهن در اثر مصرف میگوی *M. nipponense* در تالاب بین‌المللی آلاگل

گونه	نیکل	مس	آهن
M. nipponense	۰/۰۶	۰/۱۶	۰/۰۱

نتایج حاصل از محاسبه شاخص زمین انباشت شیمیایی (I_{geo})، شاخص شدت آلودگی (CSI)، میانگین سیبل دامنه متوسط تاثیرات (MERMQ) و درجه آلودگی (mC_d)، در رسوبات تالاب بین‌المللی آلاگل در جدول ۴ نشان داده شده است.

جدول ۴: نتایج حاصل از تخمین شاخص‌های Igeo، CSI، MERMQ و Cd برای عناصر نیکل، مس و آهن

شاخص	Igeo	CSI	MERMQ	Cd
		۰/۲	۰/۱۳	۰/۵۲
نیکل	-۳/۳۴			
مس	-۲			
آهن	۰/۶			

(DOI): 10.22034/AEJ.2020.129573

بحث

راهنماهای کیفیت رسوبات (SQGs) به‌منظور پیش بینی اثرات زیستی رسوبات آلوده بسیار مفید هستند (Zhao و همکاران، ۲۰۱۴). راهنماهای کیفیت رسوبات میزان‌های قابل تحمل آلودگی در رسوبات به‌منظور حفاظت میکروارگانیسم‌های موجود در رسوبات و اطراف آن‌ها را فراهم می‌کنند به‌طوری‌که اولین قدم در ارزیابی کیفیت رسوبات مقایسه میزان آلاینده‌های آن‌ها با این استانداردها می‌باشد (Violintzis و همکاران، ۲۰۰۹). راهنمای Long و همکاران (۱۹۹۵) که براساس پایگاه‌داده‌های اثرات بیولوژیک رسوبات آلوده می‌باشد اثرات را به دامنه کوتاه تاثیرات (ERL) و دامنه متوسط تاثیرات (ERM) تقسیم‌بندی می‌کند که مطابق آن سه دامنه غلظت مواد شیمیایی، کم‌تر از ERL، ERL-ERM و بیش‌تر از ERM که در آن‌ها به‌ترتیب: به‌ندرت، گه‌گاه و به‌صورت متناوب اثرات زیان‌بار دیده می‌شود، تعریف می‌گردد. غلظت‌های پایین‌تر از ERL به‌عنوان غیرسمی، که در کم‌تر از ۱۰ درصد مطالعاتی که از آن‌ها به‌عنوان پایگاه داده استفاده شده اثرات سمی دیده شده و بالاتر از ERM به‌عنوان سمی طبقه‌بندی می‌شود، که در بیش از ۷۵ درصد مطالعاتی که از آن‌ها به‌عنوان پایگاه داده استفاده شده اثرات سمی دیده شده است (Zhang و همکاران، ۲۰۱۶). مقایسه میانگین به‌دست آمده از میزان عناصر نیکل، مس و آهن در رسوبات تالاب بین‌المللی آلاگل با ERL و ERM نشان می‌دهد که میزان این عناصر از میزان‌های ERL و ERM فراتر نرفته‌اند. محیط زیست کانادا اقدام به برقراری دو استاندارد با عنوان‌های راهنمای موقت کیفیت رسوبات (Interim sediment quality guideline/ ISQG) و سطح احتمالی تاثیرات (Probable effects level/ PEL) برای کیفیت رسوبات کرده است (جدول ۱). مقایسه میانگین به‌دست آمده از میزان عناصر نیکل، مس و آهن در رسوبات تالاب بین‌المللی آلاگل با این استانداردها نشان می‌دهد که این میزان‌های به‌دست آمده از میزان مجاز PEL تجاوز نکرده‌اند. نتایج حاصل از شاخص‌های مختلف ریسک رسوبات با یک‌دیگر هماهنگ بودند. در تحلیل‌های محیط زیستی از شاخص زمین انباشت شیمیایی به‌منظور مشخص کردن سطح آلودگی و میزان تاثیر عوامل انسان‌زاد از عوامل طبیعی استفاده می‌شود. این شاخص می‌تواند بیانگر شدت تاثیر عوامل انسان‌زاد باشد (Anagnostou، ۱۹۹۷). البته به‌علت این‌که در شاخص زمین انباشت شیمیایی از لگاریتم استفاده می‌شود و هم‌چنین میزان زمینه عناصر در عدد ۱/۵ ضرب می‌شود نمی‌توان به آسانی خروجی آن را با دیگر شاخص‌های غنی شدگی فلزات مقایسه کرد (Abrahim و Parker، ۲۰۰۸). مطابق این شاخص، میانگین غلظت عناصر نیکل، مس و آهن در رسوبات تالاب بین‌المللی آلاگل در محدوده غیرآلوده قرار گرفت. میزان شاخص سیبل میانگین دامنه اثر ۰/۱۳ به‌دست آمد که شدت خطر در رسوبات تالاب بین‌المللی الاگل را با ۲۱ درصد احتمال سمی شدن نشان می‌دهد. فاکتور درجه آلودگی میزان آلودگی را در سطح کم نشان داد. هم‌چنین از نظر شاخص شدت آلودگی می‌توان منطقه مورد مطالعه را به‌عنوان غیرآلوده دسته‌بندی کرد. با توجه به این‌که در محاسبات شاخص‌ها یکی از فاکتورهای بسیار مهم میزان زمینه ژئوشیمیایی می‌باشد پیشنهاد می‌گردد که در مطالعات آتی، نمونه‌هایی در ایستگاه‌های شاهد از رسوبات عمقی‌تر نیز در منطقه مورد مطالعه برداشت شود تا به‌عنوان میزان زمینه ژئوشیمیایی آن منطقه استفاده گردد. با توجه به اهمیت گونه‌های آبزی در سبد غذایی مردم، تعیین میزان عناصر مختلف ازجمله نیکل، مس و آهن و مقایسه آن‌ها در این گونه‌ها با استانداردهای ملی و بین‌المللی مختلف اجتناب‌ناپذیر می‌باشد. مقایسه میانگین غلظت فلزات نیکل و مس به‌دست آمده میگو *M. nipponense* با استانداردهای بین‌المللی موجود حاکی از آن بوده است که غلظت فلزات نیکل و مس در این گونه از میزان استاندارد تعیین شده توسط WHO تجاوز کرده بود (جدول ۲). هر ساله میزان زیادی از آلاینده‌ها از راه‌های مختلف از قبیل فاضلاب‌های کشاورزی، شهری و صنعتی وارد محیط‌های تالابی می‌شوند (Elsagh، ۲۰۰۹). به‌عنوان مثال کودهای شیمیایی پرمصرف بخش کشاورزی همانند سولفات پتاسیم، سوپر فسفات تریپل و پتاس در کنار تامین عناصر ضروری مورد نیاز گیاهان زارعی، عناصر سمی دیگری را نیز به محیط وارد می‌کنند (Atafar و همکاران، ۲۰۰۹؛ Cheraghi و همکاران، ۲۰۱۲). این کودهای شیمیایی به‌طور گسترده‌ای توسط کشاورزان به منظور بالا بردن راندمان تولید، در بسیاری موارد بدون درنظر گرفتن نیاز واقعی زمین استفاده می‌شوند (Atafar و همکاران، ۲۰۰۹)، در نتیجه موجب افزایش میزان این فلزات سمی در خاک و محیط می‌شوند. قسمت بسیار زیادی از این آلاینده‌ها در رسوبات بستر تالاب به‌عنوان مقصد نهایی، ته‌نشست پیدا می‌کنند. با توجه به این‌که گونه مورد مطالعه از بستر تغذیه می‌کند، به‌نظر می‌رسد رسوبات از مهم‌ترین منابع عناصر بررسی شده در گونه مورد مطالعه باشد. خطر ناشی از آلاینده‌ها در اثر مصرف موجودات آبزی اغلب به‌وسیله سیبل خطر هدف تخمین زده می‌شود، که بیانگر نسبت بین میزان جذب آلاینده‌ها و دز مرجع آن‌ها می‌باشد. میزان سیبل خطر هدف کم‌تر از یک، بیانگر عدم وجود خطر، و میزان بزرگ‌تر از یک نشان‌دهنده وجود خطر برای مصرف‌کنندگان است. در مطالعه حاضر میزان سیبل خطر هدف محاسبه شده در اثر مصرف میگو *M. nipponense* کم‌تر از یک به‌دست آمد که حاکی از آن است که میزان جذب عناصر نیکل، مس و آهن توسط افراد مصرف‌کننده در اثر مصرف میگو *M. nipponense* کم‌تر از میزانی بوده است که برای سلامتی آن‌ها اثرات مضری را در طول عمر داشته باشد

(DOI): 10.22034/AEJ.2020.129573

(USEPA، ۲۰۰۰). به‌طورکلی مطالعه حاضر نشان داد که میزان فلزات نیکل، مس و آهن در منطقه مورد مطالعه در محدوده امنی قرار داردو میزان آلودگی آن‌هاکم‌تر از حدخطرساز و آلوده‌کننده‌بوده است.

منابع

۱. **Abrahim, G.M.S. and Parker, R.J., 2008.** Assessment of heavy metal enrichment factors and the degree of contamination in marine sediments from Tamaki Estuary, Aukland, New Zealand. Environmental Monitoring and Assessment. Vol. 136, pp: 227-238.

۲. **Anagnostou, Ch.; Kaberi, H. and Karageorgis, A., 1997.** Environmental impact on the surface sediments of the bay and gulf of Thessaloniki (Greece) according to the geoacumulation index classification. International Conference on water Pollution. pp: 269-275.

۳. **Atafar, Z.; Mesdaghinia, A.; Nouri, J.; Homaee, M.; Yunesian, M.; Ahmadimoghaddam, M. and Mahvi, A.H., 2010.** Effect of fertilizer application on soil heavy metal concentration. Environmental Monitoring and Assessment. Vol. 160, pp: 83-89.

۴. **Burdige, D.J., 1993.** The biogeochemistry of manganese and iron reduction in marine sediments. Earth-Science Reviews. Vol. 35, pp: 249-28.

۵. **CCME. 1999.** Canadian sediment quality guidelines for the protection of aquatic life: mercury, zinc, lead, copper, chrome and cadmium. Canadian Environmental Quality Guidelines, Canadian council of Ministers of the Environment, Winnipeg.

۶. **Cheraghi, M.; Lorestani, B. and Merrikhpour, H., 2012.** Investigation of the effects of phosphate fertilizer application on the heavy metal content in agricultural soils with different cultivation patterns. Biological Trace Element Research. Vol. 145, pp: 87-92.

۷. **Di Toro, D.M.; Mahony, J.D.; Hansen, D.J.; Scott, K.J.; Carlson, A.R. and Ankley, G.T., 1992.** Acid volatile sulfide predicts the acute toxicity of cadmium and nickel in sediments. Environmental Science and Technology. Vol. 26, pp: 96-101.

۸. **Donato, D.C.; Kauffman, J.B.; Murdiyarso, D.; Kurnianto, S.; Stidham, M. and Kanninen, M., 2011.** Mangroves among the most carbon-rich forests in the tropics. Nature Geoscience. Vol. 4, pp: 239-297.

۹. **Eby, G.N., 2005.** Principle of environmental. Calculation & uses of mean sediment quality geochemistry. Thompson. 515 p.

۱۰. **EC. 2001.** Commission Regulation No. 466/2001 of 8 March, Official journal of European Communities 1. 77/1.

۱۱. **Elsagh, A., 2009.** Determination of some heavy metals in *Rutilus frisii kutum* and *Cyprinus carpio* fillet from south Caspian Sea. Veterinary Journal. Vol. 89, pp:33-44.

۱۲. **Enviromental Protection Agency. 2000.** U.S. Guidance for assessing chemical contaminant data for use advisories, volume 2: Risk assessment and fish consumption limites. 3th ed. Washington, D.C: U.S. Available from: http://www.epa.gov/waterscience/fish/guidance.html.

۱۳. **Förstner, U., 2004.** Sediment dynamics and pollutant mobility in rivers: An interdisciplinary approach, Lakes & Reservoirs: Research and Management. Vol. 9, pp: 25-40.

۱۴. **Gao, X. and Chen, C.T., 2012.** Heavy metal pollution status in surface sediments of the coastal Bohai Bay. Water research. Vol. 46, pp: 1901-1911.

۱۵. **Hakanson, L., 1980.** An ecological risk index for aquatic pollution control, a sedimen tological approach. Water Research. Vol. 14, pp: 975-1001.

۱۶. **Heatherington, C. and Bishop, M.J., 2012.** Spatial variation in the structure of mangrove forests with respect to seawalls. Marine and Freshwater Research. Vol. 63, pp: 926-933.

۱۷. **Bigorgne, E.; Cossu-Leguille, C.; Bonnard, M. and Nahmani, J., 2010.** Genotoxic effects of nickel, trivalent and hexavalent chromium on the Eisenia fetida earthworm. Chemosphere. Vol. 80, pp: 1109-1112.

۱۸. **USEPA IRIS. 2013.** United States, Environmental Protection Agency, Integrated Risk Information System. http://www.epa.gov/iris/substS.

۱۹. **Kesavan, K.; Murugan, A.; Venkatesan, V. and Kumar, V., 2013.** Heavy metal accumulation in molluscs and sediment from uppanar estuary, southeast coast of india. International Journal of Marine Sciences. Vol. 29, pp: 15-21.

۲۰. **Lemly, A.D. and Richardson, C.J., 1997.** Guidelines for risk assessment in wetlands. Environmental Monitoring and Assessment. Vol. 47, pp: 117-134.

۲۱. **Long, E.R. and MacDonald, D.D., 1998.** Recommended uses of empirically derived, sediment quality guidelines for marine and estuarine ecosystems. Human and Ecological Risk Assessment. Vol. 4, pp: 1019-1039.

۲۲. **Long, E.R.; Ingersoll, C. and Mac Donald, D.D., 2006.** Calculation and uses of mean sediment quality guideline quotients, a critical review. Environmental Science and Technology. Vol. 40, pp: 1726-1736.

۲۳. **Long, E.R.; Mac Donald, D.D.; Severn, C.G. and Hong, C.B., 2000.** Classifying the probabilities of acute toxicity in marine sediments with empirically-derived sediment quality guidelines. Environmental Toxicology and Chemistry. Vol. 19, pp: 2598-2601.

۲۴. **Long, E.R.; MacDonald, D.D.; Smith, S.L. and Calder, F.D., 1995.** Incidence of adverse bio- logical effects within ranges of chemical concentrations in marine and estuarine sediments. Environmental Management. Vol. 19, pp: 81-97.

۲۵. **Melegy, A.; Cveckova, V.; Krcmova, K. and Rapant, S., 2010.** Environmental risk assessment of some potentially toxic elements in EI-Tabbian region (Cairo, Egypt). Environmental Earth Sciences. Vol. 61, pp: 429-439.

۲۶. **Müller, G., 1969.** Index of geoaccumulation in the sediments of the Rhine River. Geojournal. Vol. 2, pp: 108-118.

۲۷. **NOAA. 2012.** Screening Quick Reference Tables. National Oceanic and Atmospheric Administration. (Available from:) bhttp://archive.orr.noaa.gov/book_shelf/122_NEW-SQuiRTs.

۲۸. **Pejman, A.; Bidhendi, G.N.; Ardestani, M.; Saeedi, M. and Baghvand, A., 2017.** Fractionation of heavy metals in sediments and assessment of their availability risk: A case study in the northwestern of Persian Gulf. Marine pollution bulletin. Vol. 114, pp: 881-887.

۲۹. **Pejman, A.; Nabi Nasab, Gh.; Ardestani, M.; Saeedi, M. and Baghvand, A., 2015.** A new index for assessing heavy metals contamination in sediments: A case study. Ecological Indicators. Vol. 58, pp: 365-373.

۳۰. **Rauf, A.; Javed, M. and Ubaidullah, M., 2009.** Heavy metal levels in three major carps (*Catla catla*, *Labeo rohita* and *Cirrhina mrigala*) from the river ravi. pakistan. Pakistan Veterinary Journal. Vol. 29, pp: 24-2.

۳۱. **Siegel, F.R.; Slaboda, M.L. and Stanley, D.J., 1994.** Metal pollution loading, Manzalah Lagoon. Nile Delta, Egypt: Implications for aquaculture. Environmental Geology. Vol. 23, pp: 89-98.

۳۲. **Tessier, A.; Campell, P.G.C. and Bisson, M., 1979.** Sequential extraction procedure for the speciation of partition of particulate trace metals. Anal chemistry. Vol. 51, pp: 844-851.

۳۳. **Turekian, K.K. and Wedepohl, D.H., 1961.** Distribution of the elements in some major units of the earth's crust. Bulletin Geological Society of America. Vol. 72, pp: 175-192.

۳۴. **USEPA. 2000.** Guidance for Assessing Chemical Contaminant Data for Use in Fish Advisories, Risk Assessment and Fish Consumption Limit. Washington, DC, USA: Office of Science and Technology and Office of Water.

۳۵. **Violintzis, C.; Arditsoglou, A. and Voutsa, D., 2009.** Elemental composition of suspended particulate matter and sediments in the coastal environment of Thermaikos Bay, Greece: delineating the impact of inland waters and waste waters. J of hazardous materials. Vol. 166, pp: 1250-1260.

۳۶. **WHO. 1989.** Heavy Metals Environmental Aspects. Environmental Health Criteria. World Health Organization, Geneva, Switzerland.

۳۷. **WHO. 2000.** Safety evaluation of certain food additives and contaminants. WHO food additives series no. 44. Cambridge: Cambridge University Press

۳۸. **Žaltauskaitė, J. and Sodienė, I., 2014.** Effects of cadmium and lead on the life-cycle parameters of juvenile earthworm *Eisenia fetida*. Ecotoxicology and environmental safety. Vol. 103, pp: 9-16.

۳۹. **Zhang, Z.; Wang, J.J.; Ali, A. and DeLaune, R.D., 2016.** Heavy metals and metalloid contamination in Louisiana Lake Pontchartrain Estuary along I-10 Bridge. Transportation Research Part D. Vol. 44: pp: 66-77.

۴۰. **Zhao, S.; Feng, C.; Wang, D.; Tian, C. and Shen, Z., 2014.** Relationship of metal enrichment with adverse biological effect in the Yangtze Estuary sediments: role of metal background values. Environmental Science and Pollution Research. Vol. 21, pp: 464-472.

(DOI): 10.22034/AEJ.2020.129573

Scientific Research Journal of Animal Environment Vol. 12, No. 4, Winter 2020

Nickel, Copper and Iron concentrations in sediments and Shrimp *Macrobrachium nipponense*, in Alagol international wetland

- **Mohammad Rahmani*:** Department of Environmental Sciences, Faculty of Science, Mazandaran University, Babolsar, Iran

Received: October 2019 Accepted: January 2020

Key words: Risk indices, Heavy metals, Shrimp

Abstract

Metal pollutants enter to the aquatic environment and organisms through various natural and anthropogenic processes. Nickel (Ni), Copper (Cu) and Iron (Fe) are of the important contamination in the aquatic environment due to its high dispersal and bioconcentration. Therefore, this study investigates the concentration of Ni, Cu and Fe in the sediments and *Macrobrachium nipponense*. Sediment and shrimp samples were collected from Alagol international wetland and prepared according to acid digestion method. Nickel, Cu and Fe concentrations were determined using atomic absorption spectrophotometry and their associated risk in sediment and shrimp were assessed according to existing index. The concentration of Ni and Fe in *M. nipponense* exceeded from FAO guideline but target hazard quotient didn't show any risk for consumers. Nickel, Cu and Fe levels in sediments were lower than some sediment quality guidelines. Sediment risk indices showed low level of contamination. In general, our study showed that Ni, Cu and Fe were in safe levels and their contaminations were lower than dangerous levels.

* Corresponding Author's email: m.rahmani@umz.ac.ir