

## ارزیابی میزان غلظت جیوه در آب خور موسی در استان خوزستان

صدیقه بابادی<sup>۱\*</sup>، علیرضا صفاهیه<sup>۲</sup>، سید محمدباقر نبوی<sup>۳</sup>، کمال غانمی<sup>۴</sup> و محمدتقی رونق<sup>۵</sup>

### چکیده

خورموسی یکی از با ارزش ترین اکوسیستم های آبی در استان خوزستان است. بررسی های پیشین انجام شده روی رسوبات و آبزیان این منطقه بیانگر آلودگی این خور به فلز جیوه بوده و میزان آن را بالاتر از استانداردهای جهانی اعلام کرده اند. هدف از این بررسی ارزیابی غلظت جیوه در آب خور موسی است. بدین منظور، پنج خور زنگی، جعفری، پتروشیمی، غزاله و مجیدیه در منطقه خور موسی بررسی شد. نمونه های آب در آبان ماه سال ۱۳۸۸ جمع آوری شد. جیوه محلول در آب با روش استاندارد آفا در نظر گرفته شد و مقدار آن به کمک دستگاه جذب اتمی و روش بخار سرد اندازه گیری شد. غلظت جیوه در نمونه های آب در محدوده ۳/۶۶ تا ۱۲/۰۰ میکروگرم در لیتر قرار داشت. بالاترین غلظت جیوه در خورهای غزاله و مجیدیه مشاهده شد و کمترین مقدار آن در خور زنگی یافت شد. نتایج حاصل از این بررسی نشان داد که غلظت جیوه در آب خور موسی بیش از حداکثر سطح مجاز و همچنین سطح خطرناک جیوه در آب دریا است که یک بحران زیست محیطی برای این منطقه محسوب می شود.

**واژه های کلیدی:** آب، آلودگی، جیوه، خور موسی.

**ارجاع:** بابادی ص. صفاهیه ع. ر. نبوی س. م. ب. غانمی ک. و رونق م. ت. ۱۳۹۵. ارزیابی میزان غلظت جیوه در آب خور موسی در استان خوزستان. مجله پژوهش آب ایران. ۲۰: ۱۷۵-۱۷۹.

۱- کارشناس ارشد آلودگی دریا، گروه زیست دریا، دانشکده علوم دریایی و اقیانوسی، دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر.  
۲- استادیار، گروه زیست دریا، دانشکده علوم دریایی و اقیانوسی، دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر.  
۳- استادیار گروه زیست دریا، دانشکده علوم دریایی و اقیانوسی، دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر.  
۴- استادیار گروه شیمی دریا، دانشکده علوم دریایی و اقیانوسی، دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر.  
۵- استادیار گروه زیست دریا، دانشکده علوم دریایی و اقیانوسی، دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر.

\* نویسنده مسئول: [Sbabadi65@hotmail.com](mailto:Sbabadi65@hotmail.com)

## مقدمه

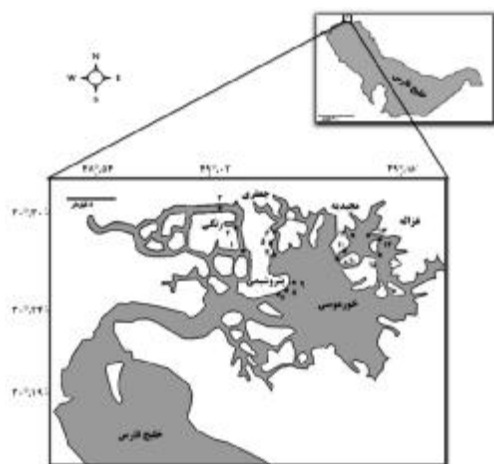
خور موسی در شمال غربی خلیج فارس قرار دارد. این خور محل صید بسیاری از ماهیان تجاری بوده و از نظر وجود صنایع مختلف، و ارزش اکولوژیک خوریات آن مهم است. ظرفیت این خور مانند سایر منابع آبی، برای پذیرش تغییرات محدود بوده و در صورتی که میزان تخریب از بازسازی طبیعی بیشتر شود، سلامت منطقه تهدید می‌شود. در بررسی‌های پیشین گزارش شده که واحد کلر آلکالی پتروشیمی کیمیا مقدار زیادی جیوه را در این خور تخلیه می‌کند (گودرزی و همکاران، ۱۳۸۵ و عصار، ۱۳۸۸).

جیوه یکی از ترکیبات بسیار سمی است. این عنصر به اسیدهای نوکلئیک، و گروه‌های فسفات و اسیدهای آمینه سیستئین و هیستیدین زنجیره پروتئین‌ها متصل شده و سبب تغییر ساختار آن‌ها می‌شود. جیوه به آسانی از میان سد خون- مغز عبور کرده و به دلیل خاصیت چربی دوستی‌اش در بافت‌های عصبی جمع می‌شود. سیستم عصبی یکی از آسیب پذیرترین بخش‌های بدن است (بونینگ، ۲۰۰۰). اولین نشانه‌ای که در روبرو شدن با مقادیر کم جیوه رخ می‌دهد مورمور شدن و کرختی است. این نشانه ممکن است تا ناهماهنگی حرکتی، اختلال در سخن گفتن، از دست دادن قدرت شنوایی و بینایی، سرگیجه، استفراغ و رعشه پیشرفت کند. جیوه می‌تواند سبب بروز بیماری‌های قلبی، آسیب کلیه‌ها، دستگاه گوارش و کبد، و حتی مرگ شود. در مسمومیت‌های پیش از تولد نیز مقادیر بالای جیوه سبب عقب ماندگی ذهنی، اختلال در فراگیری تکلم و کمبود حافظه می‌شود که همگی ناشی از آسیب شدید سیستم عصبی است (کلارکسون، ۲۰۰۲).

به دلیل حضور جیوه در خور موسی و سمیت بالای آن نیاز است تا غلظت آن در این محیط بررسی شود. یکی از روش‌های مهم پایش، آنالیز شیمیایی آلاینده‌ها است و آنالیز آب یکی از مستقیم‌ترین روش‌ها برای آشکار کردن میزان آلودگی محیطی است (زو و همکاران، ۲۰۰۸). هدف از این مطالعه آگاهی از شدت آلودگی منطقه خور موسی به جیوه از طریق اندازه‌گیری غلظت این ماده شیمیایی در آب است.

## مواد و روش‌ها

در آبان ماه سال ۱۳۸۸، از ۵ خور زنگی، جعفری، پتروشیمی، غزاله و مجیدیه نمونه‌برداری شد. در هر خور ۳ ایستگاه و از هر ایستگاه ۲ نمونه آب برداشت شد. موقعیت جغرافیایی ایستگاه‌ها و مختصات آن‌ها به ترتیب در شکل ۱ و جدول ۱ ارائه شده است.



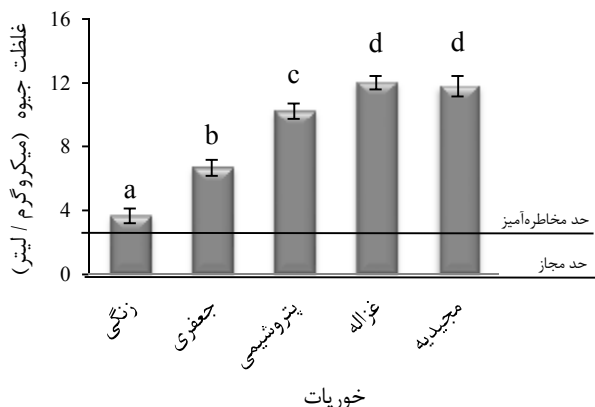
شکل ۱- موقعیت جغرافیایی ایستگاه‌های مورد بررسی

جدول ۱- مشخصات ایستگاه‌های نمونه‌برداری

نام خور	شماره	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی
زنگی	۱	۴۹° ۰۴ ۰۰/۰۶"E	۳۰° ۲۷ ۵۸/۱۰"N
	۲	۴۹° ۰۳ ۴۸/۴۳"E	۳۰° ۲۹ ۱۲/۸۰"N
	۳	۴۹° ۰۲ ۲۳/۱۹"E	۳۰° ۳۰ ۱۸/۹۴"N
جعفری	۴	۴۹° ۰۶ ۳۳/۸۹"E	۳۰° ۲۷ ۱۸/۷۸"N
	۵	۴۹° ۰۶ ۲۰/۹۵"E	۳۰° ۲۷ ۵۹/۶۰"N
	۶	۴۹° ۰۶ ۲۵/۵۷"E	۳۰° ۲۸ ۳۵/۹۲"N
پتروشیمی	۷	۴۹° ۰۷ ۰۲/۸۹"E	۳۰° ۲۵ ۳۶/۶۶"N
	۸	۴۹° ۰۷ ۰۷/۵۷"E	۳۰° ۲۵ ۴۵/۶۷"N
	۹	۴۹° ۰۷ ۱۵/۹۰"E	۳۰° ۲۶ ۰۲/۸۱"N
مجیدیه	۱۰	۴۹° ۱۰ ۰۹/۸۹"E	۳۰° ۲۷ ۰۰/۸۰"N
	۱۱	۴۹° ۱۰ ۳۳/۰۶"E	۳۰° ۲۷ ۳۶/۰۵"N
	۱۲	۴۹° ۱۱ ۱۶/۸۴"E	۳۰° ۲۸ ۰۱/۲۴"N
غزاله	۱۳	۴۹° ۱۱ ۳۴/۹۷"E	۳۰° ۲۸ ۰۰/۱۰"N
	۱۴	۴۹° ۱۲ ۳۰/۱۶"E	۳۰° ۲۷ ۳۴/۸۷"N
	۱۵	۴۹° ۱۳ ۰۳/۰۶"E	۳۰° ۲۶ ۵۱/۴۱"N

بطری‌های نمونه‌برداری برای ۲۴ ساعت در اسید نیتریک ۵٪ قرار گرفته و با آب دوبار تقطیر شست‌شده شدند. در

مجیدیه، و کمترین مقدار آن به زنگی تعلق داشت. به طور کلی الگوی پراکنش جیوه در خوریات به صورت: مجیدیه - غزاله < پتروشیمی < جعفری < زنگی به دست آمد.



شکل ۲- غلظت جیوه در آبخوریات موسی

حروف متفاوت نشان دهنده اختلاف معنی دار است.

منشأ اصلی جیوه خور موسی پساب کلرآلکالی است. جیوه تخلیه شده با این واحد، جیوه کلرید بوده که تمایل زیادی به ته‌نشینی در رسوبات دارد. از آنجایی که بار رسوبی در این خور بالاست انتظار می‌رود بخش عمده جیوه به ذرات معلق متصل شده و در اطراف محل تخلیه ته‌نشین شود. بررسی گودرزی و همکاران (۱۳۸۵) تأیید کننده این مسئله است. این پژوهش‌گران غلظت جیوه رسوبات کانال خروجی پساب کلرآلکالی پتروشیمی کیمیا و ۱۴ ایستگاه در اطراف این کانال را اندازه‌گیری و گزارش کردند که رسوبات کانال خروجی (با غلظت جیوه ۱۰۱ میکروگرم بر گرم) در مقایسه با سایر ایستگاه‌ها بیشترین غلظت را دارا بوده و با افزایش فاصله از محل خروج پساب به تدریج از مقدار آن کاسته می‌شود. بالا بودن مقدار جیوه در رسوبات خور پتروشیمی شاید این تصور را ایجاد کند که غلظت جیوه در نمونه‌های آب از این خور نیز باید از سایر خوریات که در فاصله‌های دورتری از خروجی پتروشیمی قرار دارند، بیشتر باشد؛ اما همان‌طور که از قبل نیز ذکر شد با وجود بالا بودن غلظت جیوه در خور پتروشیمی، مقدار آن از غزاله و مجیدیه کمتر به دست آمد. با وجود اینکه جیوه رسوبات از آب منشأ می‌گیرد عامل‌های زیادی در انتقال جیوه از آب به رسوب و بالعکس دخالت دارد، از جمله وجود جریانات، مواد معلق، دما، pH، فعالیت‌های باکتریایی و فعالیت‌های انسانی از قبیل لایروبی (پوررحیم و

محل نیز بطری‌ها ۳ بار با آب منطقه شسته شد و با ۱/۵ لیتر آب از عمق ۱۰ سانتی‌متری زیر سطح پر شد. برای اندازه‌گیری جیوه محلول، نمونه‌ها از صافی ۰/۴۵ میکرون عبور داده شد و ۳ میلی‌لیتر محلول ۲۰٪ پتاسیم دی کرومات حل شده در نیتریک اسید (۱:۱) به آن‌ها اضافه شد. برای آنالیز نمونه‌ها، ۱۰۰ میلی‌لیتر از هر نمونه برداشت شد و ۵ میلی‌لیتر سولفوریک اسید، ۲/۵ میلی‌لیتر نیتریک اسید و ۲۵ میلی‌لیتر محلول ۵٪ پتاسیم پرمنگنات به آن‌ها اضافه شد. نمونه‌ها ۱۵ دقیقه در دمای اتاق باقی مانده، سپس ۸ میلی‌لیتر محلول ۵٪ پتاسیم پرسولفات به هر یک افزوده شد. پس از پوشاندن ارلن‌ها با شیشه ساعت، نمونه‌ها به مدت ۲ ساعت در حمام آبی (۹۵°C) حرارت دیدند. پس از سرد شدن نمونه‌ها، رنگ ارغوانی آن‌ها با افزودن ۲۵ میلی‌لیتر محلول سدیم کلراید-هیدروکسیل آمین هیدروکلراید رفع و غلظت آن‌ها با دستگاه جذب اتمی (بخار سرد) تعیین شد (آفا، ۲۰۰۵).

برای محاسبه غلظت، از روش رسم منحنی درجه‌بندی استفاده شد. استانداردها دارای غلظت‌های ۰، ۱، ۳، ۵ و ۷ میکروگرم بر لیتر بودند. این محلول‌ها دارای مقادیر مشخصی از محلول ذخیره و ترکیبات شیمیایی موجود در نمونه‌های حقیقی بودند و تمامی مراحل هضم را نیز طی کردند. البته از آنجایی که محلول‌های استاندارد دارای مقادیر کمتری از یون کلر هستند فقط ۱۵ میلی‌لیتر محلول پتاسیم پرمنگنات به اضافه شد (آفا، ۲۰۰۵).

آنالیزهای آماری با نرم‌افزار SPSS انجام شد. نرمال بودن داده‌ها با آزمون Shapiro-Wilk و مقایسه خورهای مختلف از طریق آنالیز واریانس یک طرفه و پس از آزمون توکی بررسی شد. مقدار p کمتر یا مساوی ۰/۰۵ به عنوان سطح معنی‌داری در نظر گرفته شد.

## نتایج و بحث

غلظت جیوه در خورهای زنگی، جعفری، پتروشیمی، غزاله و مجیدیه به ترتیب  $3/66 \pm 0/45$ ،  $6/67 \pm 0/50$ ،  $11/78 \pm 0/63$ ،  $12/00 \pm 0/42$ ،  $10/22 \pm 0/49$  میکروگرم بر لیتر به دست آمد (شکل ۲). همان‌طور که شکل ۲ نشان می‌دهد بجز عدم وجود اختلاف معنی‌دار در غلظت جیوه ۲ خور غزاله و مجیدیه ( $P > 0.05$ )، اختلاف میان سایر خوریات معنی‌دار بود ( $P < 0.05$ ). بالاترین غلظت جیوه به خورهای غزاله و

نیز هست. شاید با تجهیزات مدرن امروزی بسیار سخت است (جوما و المدنی، ۲۰۰۸). این سختی‌ها سبب شده بررسی‌های انجام شده در این زمینه بسیار کم باشد. جدول ۲ مقایسه نتایج این بررسی با سایر بررسی‌ها و استانداردها را نشان می‌دهد. فقط بررسی گزارش شده از خور موسی، بررسی عصار (۱۳۸۸) بوده که به بررسی غلظت جیوه در آب خورهای جعفری، غزاله و زنگی پرداخته است. این پژوهش بیشترین غلظت را در جعفری گزارش کرده و دلیل آن را نزدیکی به واحد کلرآلکالی بیان کرده است. شاید دلیل مشاهده این غلظت بالا، ورود تازه پساب به خور پتروشیمی در زمان نمونه‌برداری این پژوهشگر بوده است، زیرا با توجه به تمایل فلزات سنگین به تجمع در رسوبات، به طور معمول مشاهده مقادیر بالای جیوه در ستون آب، به ویژه در مجاورت منبع آلاینده، ناشی از ورودی‌های اخیر است (جوما و المدنی، ۲۰۰۸). نتایج این بررسی کمتر از مشاهدات عصار (۱۳۸۸) است که می‌تواند ناشی از اقدامات زیست‌محیطی انجام شده و کاهش جیوه در پساب کلرآلکالی نسبت به سال‌های گذشته باشد. البته عصار میزان جیوه کل را اندازه‌گیری کرده، در حالیکه داده‌های حاضر مقدار جیوه محلول است که خود دلیلی دیگر برای این اختلاف است. در کل مقدار جیوه به دست آمده در این بررسی از سایر بررسی‌ها (جدول ۲) بیشتر است که دلیل آن، وجود منبع آلوده‌کننده در منطقه و نیمه‌بسته بودن منطقه مورد بررسی است. مقایسه با استانداردهای جهانی نیز نشان می‌دهد که مقدار جیوه از تمامی استانداردها و حتی اندازه خطرناک جیوه در آب بیشتر است.

همکاران، ۱۳۸۸). علاوه بر این، سیال بودن آب و عدم ثبات غلظت جیوه در آن مانع از آن می‌شود که بتوان غلظت جیوه آب و رسوبات را به هم مرتبط دانست و به طور اصولی جز در مناطق بسته چنین ارتباطی منطقی به نظر نمی‌رسد. از طرفی با توجه به اینکه جریان آب در این منطقه ناشی از نوسانات جزر و مدی در خلیج فارس است، احتمال انتقال آب و مواد آلاینده به سمت خورهای انتهایی دور از انتظار نیست. با نگاهی کلی می‌توان فهمید که غلظت جیوه در آب از سوی دهانه خور موسی به سمت بخش‌های انتهایی رو به افزایش است. در تأیید این مطلب نیز می‌توان به خور نیمه‌بسته ویگو در اسپانیا اشاره کرد که بالاترین مقدار فلزات سنگین در آب در بخش‌های انتهایی و بسته آن یافت شد (پرزلویز و همکاران، ۲۰۰۳). یکی دیگر از منابع جیوه، آلودگی‌های نفتی و احتراق سوخت‌های فسیلی است. نفت خام و گاز طبیعی به طور معمول دارای ۰/۵ نانوگرم بر گرم تا ۱۰ میکروگرم بر گرم جیوه هستند (ویلهم و بلوم، ۲۰۰۰). وجود اسکله صادرات نفت در خور مجیدیه و ریزش‌های نفتی در این منطقه دلیل دیگری بر افزایش غلظت جیوه در این خور است. بالا بودن مقدار جیوه در خور غزاله را نیز شاید بتوان به خور مجیدیه نسبت داد، زیرا ایستگاه‌های نمونه‌برداری در این دو خور تا حدی به هم نزدیک بوده و با توجه به سیال بودن آب احتمال این امر وجود دارد.

اندازه‌گیری صحیح غلظت آلاینده‌ها در آب زیاد تحت تأثیر دقت نمونه‌برداری و روش نگهداری نمونه‌ها است. علاوه بر این به دلیل بالا بودن غلظت یون‌های محلول، آنالیز آب شور که به طور عموم دارای غلظت‌های پایینی از آلاینده‌ها

جدول ۲- مقایسه غلظت جیوه آب به دست آمده از بررسی با سایر بررسی‌ها و استانداردهای جهانی

منبع	غلظت جیوه (μg/l)	منطقه / استاندارد
این بررسی	۳/۶۶-۱۲/۰۰	خور موسی
عصار، ۱۳۸۸	۹/۳۶-۲۴/۲۲	خور موسی
بابائی و خداپرست، ۱۳۸۸	۵/۰۰-۳۱/۰۰	تالاب انزلی
جوما و المدنی، ۲۰۰۸	۰/۱۳-۰/۳۸	خلیج فارس (بحرین)
کریش و الموفتاح، ۱۹۹۹	۰/۰۲-۰/۲۰	خلیج فارس (قطر)
بابائی و خداپرست، ۱۳۸۸	۰/۳۰	استاندارد بریتانیا
بابائی و خداپرست، ۱۳۸۸	۰/۱۰	استاندارد USEPA
جوما و المدنی، ۲۰۰۸	۱/۰۰	استاندارد مالزی
جوما و المدنی، ۲۰۰۸	۰/۹۴	مقدار توصیه شده US
بابائی و خداپرست، ۱۳۸۸	۰/۲۰	حد مجاز
بابائی و خداپرست، ۱۳۸۸	۲/۰۰	حد مخاطره‌آمیز

6. Boening D. W. 2000. Ecological effects, transport, and fate of mercury: A general review. *Chemosphere*. 40 (12): 1335-1351.
7. Clarkson T. W. 2002. The three modern faces of mercury. *Environmental Health Perspectives*. 10(1): 11-23.
8. Fakour H. Esmaili-Sari A. and Zayeri F. 2010. Mercury exposure assessment in Iranian women's hair of a port town with respect to fish consumption and amalgam fillings. *Science of the Total Environment*. 408 (7): 1538-1543.
9. Juma H. A. and Al-Madani I. M. 2008. Concentration of heavy metals in the territorial sea water of the Kingdom of Bahrain, Persian Gulf. *Persian Gulf Journal of Science Research*. 26(2): 19-32.
10. Kreish T. W. and Al-Muftah A. R. 1999. Total mercury levels in the costal environment of Qatar (Persian Gulf). *Qatar University Science Journal*. 19 (9): 274-284.
11. Pérez-López M. Alonso J. Nóvoa-Valiñas M. C. and Melgar M. J. 2003. Assessment of Heavy Metal Contamination of Seawater and Marine Limpet, *Patella vulgata* L., from Northwest Spain. *Journal of Environmental Science and Health: Part A-Toxic/Hazardous Substances & Environmental Engineering* 38(12): 2845-2856.
12. Wilhelm S. M. and Bloom N. 2000. Mercury in petroleum. *Fuel Processing Technology*. 63(1): 1-27.
13. Zhou Q. Zhang J. Fu J. and Jiang G. 2008. Biomonitoring: An appealing tool for assessment of metal pollution in the aquatic ecosystem. *AnalyticaChimicaActa*. 606 (2): 135-150.

متأسفانه پژوهش‌های کمی در مورد جذب جیوه توسط ساکنین این منطقه انجام شده است. از جمله، پژوهش فکور و همکاران (۲۰۱۰) که میزان جیوه را در موی ساکنین این منطقه بالاتر از حد طبیعی گزارش کرده که زنگ خطری برای ساکنین محسوب می‌شود و لزوم توجه بیشتر به سلامت منطقه را نشان می‌دهد.

### نتیجه‌گیری

میانگین غلظت جیوه در آب در محدوده ۱۲/۰۰-۳/۶۶ میکروگرم بر لیتر بود. مقایسه نتایج با استانداردهای جهانی نشان داد که سطح جیوه در تمامی خوریات از کل استانداردها اندازه خطرناک بیشتر است. بیشترین غلظت در مجیدیه و غزاله مشاهده شد که دلیل آن را می‌توان به قرارگیری در بخش انتهایی خور موسی، تبادلات کمتر با آب‌های آزاد، انتقال آلاینده‌ها با جریان‌ات جزر و مدی به سمت بالادست و وجود آلودگی‌های نفتی نسبت داد.

### منابع

۱. بابائی ه. و خداپرست س.ح. ۱۳۸۸. بررسی میزان غلظت کل هیدروکربن‌های نفتی و فلزات سنگین ( Zn, Pb, Fe, Hg, Cu, Cd, Cr) در خروجی تالاب انزلی. *مجله تالاب*. ۱(۱): ۳۴-۴۵.
۲. پوررحیم ز. دهرآزما ب. قاسمی ح. ا. مرتضوی م. ص. و تقی‌پور ب. ۱۳۸۸. بررسی ویژگی‌های رسوب شناختی و آلودگی رسوبات سطحی بنادر سیریک و جاسک به آرسنیک و جیوه. *پژوهش‌های چینه‌نگاری و رسوب‌شناسی*. ۲۵ (۳۷): ۴۷-۶۴.
۳. عصار م. ۱۳۸۸. بررسی تجمع زیستی جیوه و متیل جیوه در ماهی شبه شوریده در خوریات ماهشهر. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر. ۹۷ ص.
۴. گودرزی م. اسماعیلی ساری ع. ساداتی‌پور م. و پوری ق. ۱۳۸۵. اندازه‌گیری میزان جیوه ناشی از صنایع کلرالکالی در رسوبات منطقه بندر امام. *هفتمین کنگره بین‌المللی مهندسی عمران*. ۹ ص.
5. APHA. 2005. Standard methods for the examination of water and wastewater. Washington, DC: American Public Health Association. 352-355.

