

علوم و تکنولوژی محیط زیست ، دوره دهم، شماره سه، پاییز ۸۷

بررسی آلودگی آب های سطحی منطقه کوهسرخ کاشمر به آرسنیک

یاسمن بابایی^۱

محمد رضا علوی مقدم^۲

فرشته قاسم زاده^۳

محمد حسین ارباب زوار^۴

تاریخ دریافت: ۸۵/۱۱/۱۴

تاریخ پذیرش: ۸۶/۲/۲۲

چکیده

آرسنیک به عنوان یکی از سمی ترین و خطرناک ترین مواد موجود در آب های طبیعی شناخته می شود و در درازمدت اثرات سوء بر سلامت انسان دارد. آلودگی منابع آب به آرسنیک در نقاط بسیاری از جهان و حتی در مناطقی از کشور خودمان مشاهده شده است. هدف از انجام این تحقیق بررسی غلظت آرسنیک محلول در آب سرشاخه های رودخانه چلیو می باشد. از این آب به منظور کشاورزی و شرب استفاده می شود. به این منظور ۹ ایستگاه به فواصل تقریباً مساوی در محل تعیین و به طور فصلی در یک دوره یک ساله از آن ها نمونه برداری شد. علاوه بر آرسنیک بعضی پارامترهای کیفی آب همچون pH و سختی نیز اندازه گیری شد. نتایج حاصل حاکی از غلظت بالای این عنصر در آب منطقه می باشد به طوری که بالاترین غلظت ها در فصل زمستان (۱۵۰ میکرو گرم بر لیتر) اندازه گیری شد. علاوه بر این مشاهده شد هیچ ارتباط معنی داری بین غلظت آرسنیک در آب و عواملی مانند DO ، pH و سختی آب وجود ندارد

واژه های کلیدی: آلودگی آب، آرسنیک، رودخانه چلیو، کاشمر

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی عمران- محیط زیست، دانشگاه صنعتی امیرکبیر

۲- استادیار، دانشکده مهندسی عمران و محیط زیست، دانشگاه صنعتی امیرکبیر

۳- دانشیار، دانشکده علوم (گروه زیست شناسی)، دانشگاه فردوسی مشهد

۴- استاد، دانشکده علوم (گروه شیمی)، دانشگاه فردوسی مشهد

مقدمه

(۱۳)، به طوری که غلظت آرسنیک در خاک آلوده ناحیه مورد مطالعه در مقایسه با خاک غیر آلوده خیلی زیاد و از ۲۱۰ تا $10^4 * 26$ ppm متغیر است (۱۲). هدف اصلی از انجام این تحقیق، بررسی غلظت آرسنیک محلول در آب منطقه در فصول مختلف می باشد. علاوه بر آن، به منظور سنجش وجود ارتباط معنی دار بین غلظت آرسنیک در آب منطقه و عواملی همچون pH، DO، سختی، هدایت الکتریکی، کل جامدات محلول و درجه حرارت آب، این عوامل نیز اندازه گیری شد.

مواد و روش ها

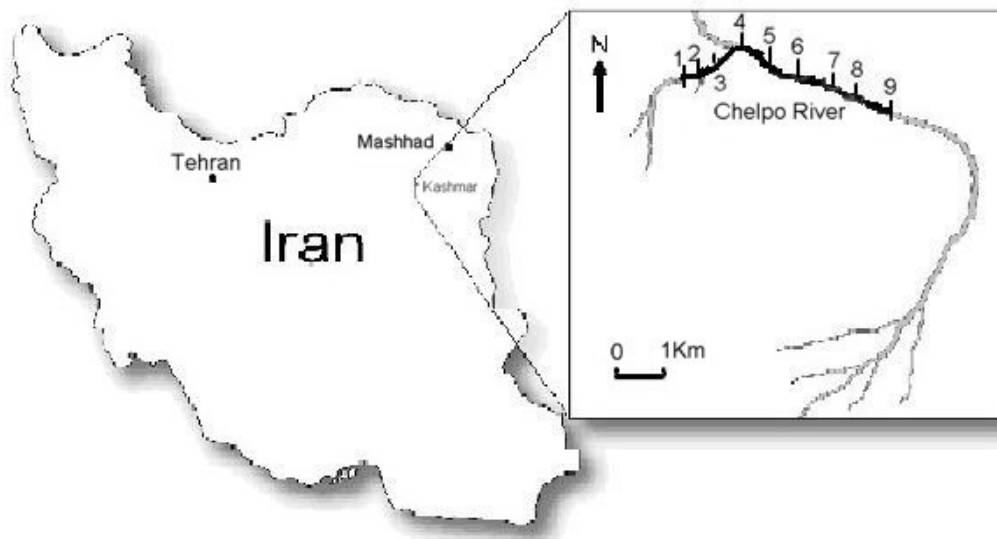
- تعیین ایستگاه در محل

برای اندازه گیری و سنجش میزان آرسنیک در آب منطقه، ۹ ایستگاه به فواصل تقریباً مساوی از رودخانه چلیو و سرشاخه های آن تعیین شد به گونه ای که ایستگاه های ۲، ۱ و ۳ به محل آلودگی نزدیک تر بودند. نمونه برداری ها از ساعت ۱۰ صبح تا ۲ بعد از ظهر و در فواصل ۳ ماهه انجام می شد (اولین نمونه برداری در آبان ماه ۱۳۸۴ و آخرین نمونه برداری در تیر ماه ۱۳۸۵). در تمام فصول از تمام ایستگاه ها نمونه برداری شد به غیر از ایستگاه ۲ و ۱ در فصل تابستان که به علت خشک سالی فاقد آب بود. در هر مرحله نمونه برداری با استفاده از pH متر (WPA model CD-100)، اکسیژن محلول و درجه حرارت آب با استفاده از DO متر (OX100 WPA model) در محل اندازه گیری شد. علاوه بر این، سختی با استفاده از روش تیتراسیون با اتیلن دی آمین استیک اسید (EDTA)، هدایت الکتریکی و کل جامدات محلول نیز در آزمایشگاه با استفاده از TDS متر تنظیم اندازه تعیین شد (۱۴). در شکل ۱ محل ایستگاه های نمونه برداری نشان داده شده است.

آرسنیک از شبه فلزات کمیاب در پوسته جامد زمین بوده و از لحاظ فراوانی دارای بیستمین رتبه در پوسته زمین، چهاردهمین در آب دریا و دوازدهمین در بدن انسان است (۱ و ۲). این عنصر در بیش از ۲۴۵ ماده معدنی یافت می شود. این مواد معدنی بیشتر در برگیرنده گوگرد، مس، سرب، نیکل، کبالت و سایر فلزات می باشد (۲). مقدار آرسنیک در لیتوسفر حدوداً ۱/۵ ppm تا ۲ ppm برآورد شده است (۳). هوازگی سنگ ها، سولفید آرسنیک را به تری اکسید آرسنیک تبدیل کرده و موجب وارد شدن آرسنیک به چرخه آب ها می شود (۲). غلظت آرسنیک در آب های طبیعی بسیار متفاوت بوده و کمتر از ۰/۵ تا بیشتر از $5000 \mu\text{g/L}$ متغیر می باشد (۴). طبق تحقیقات انجام شده مصرف آب آلوده به آرسنیک در دراز مدت سلامت انسان ها را به خطر انداخته و موجب بروز انواع سرطان ها (کلیه، کبد، پوست، طحال و...) و ضایعات پوستی (کراتوزیس و پیگمانتاسیون) می شود (۵، ۶، ۷ و ۸). مقدار مجاز آرسنیک در آب آشامیدنی طبق استاندارد سازمان بهداشت جهانی ۱۰ میکروگرم بر لیتر و طبق استاندارد ملی ایران ۵۰ میکروگرم بر لیتر می باشد (۹، ۱۰).

آلودگی آب منطقه کوه سرخ کاشمر (رودخانه چلیو) به آرسنیک در مطالعاتی که در سال های گذشته توسط محققان صورت گرفته، به اثبات رسیده است (۱۱ و ۱۲). رودخانه چلیو تنها منبع آب در منطقه می باشد. از این آب عمدتاً برای کشاورزی و مصارف خانگی استفاده می شود. علاوه بر این، چون اکثر مردان بیرون از روستا و بر روی زمین کار می کنند آب آلوده رودخانه را مستقیماً برای نوشیدن و دم کردن چای مورد استفاده قرار می دهند و بنابراین مستقیماً در معرض آلودگی هستند.

منشا این آلودگی هوازگی و تغییرات حاصل در کانی های حاوی آرسنیک در منطقه می باشد. مهم ترین کانی های حاوی آرسنیک در منطقه رالگار و اریمنت می باشد که موجب انتشار آلودگی به آب سطحی و زیرزمینی ناحیه شده



شکل ۱- مسیر ایستگاه های نمونه برداری

- روش نمونه برداری

برای جمع آوری نمونه های آب از ظرف های پلی اتیلنی که قبلا در آزمایشگاه به خوبی با اسید استیک ۱۰٪ شسته شده بود، استفاده شد. در هر مرحله نمونه برداری با فرو بردن ظرف ها در آب رودخانه (حداقل ۱۵cm زیر سطح آب) ۳ نمونه آب از هر ایستگاه برداشته شد. سپس نمونه ها درون یخچال نگه داری و به سرعت به آزمایشگاه انتقال یافت.

- اندازه گیری آرسنیک

جهت آنالیز گونه های مختلف آرسنیک آلی و معدنی در ماتریکس های گوناگون (آب، مواد غذایی، نشان رد بیولوژیکی از جمله خون، ناخن و مو) روش های مختلف مورد استفاده قرار می گیرد که این روش ها در حال تغییر و توسعه نیز می باشد. در این تحقیق با توجه به امکانات موجود دستگاه جذب اتمی مورد استفاده قرار گرفت (Shimadzu model AA-670G). دقت این دستگاه برای اندازه گیری آرسنیک تا ۰/۲ میکروگرم بر لیتر می باشد. به منظور اندازه گیری مقدار آرسنیک، نمونه های آب ابتدا با استفاده از کاغذ صافی، صاف و سپس مقدار آرسنیک آن ها توسط دستگاه با استفاده از روش ۳۱۱۴.B کتاب استاندارد متد اندازه گیری شد (۱۴).

- آنالیز آماری اطلاعات به دست آمده

در این مرحله اطلاعات حاصل از اندازه گیری پارامترهای مورد نظر در آب ایستگاه ها وارد بانک اطلاعاتی SPSS شده و آنالیزها و آزمون های آماری لازم انجام شد.

نتایج و بحث

- نتایج حاصل از اندازه گیری آرسنیک در آب محل

نتایج حاصل از آنالیز آب در جدول ۱ ارائه شده است. با توجه به مقادیر موجود در جدول، بالاترین غلظت ها در فصل زمستان مشاهده شده است. از ۹ ایستگاه بررسی شده، ۷ ایستگاه در فصل زمستان دارای آلودگی به آرسنیک بالای حد رهنمودی سازمان جهانی بهداشت (۱۰ میکروگرم بر لیتر) است. به طور کلی تعداد قابل توجه ایستگاه های آلوده نشانگر ساختار ویژه زمین شناسی و گستردگی آلودگی به آرسنیک و همچنین غلظت بالای آرسنیک در خاک منطقه ای است که روستاها در آن قرار دارند. غلظت های مشاهده شده در ایستگاه های آلوده تر در فصل زمستان در مقایسه با استاندارد ملی ۳ برابر و در مقایسه با رهنمود WHO در حدود ۱۵ برابر می باشد.

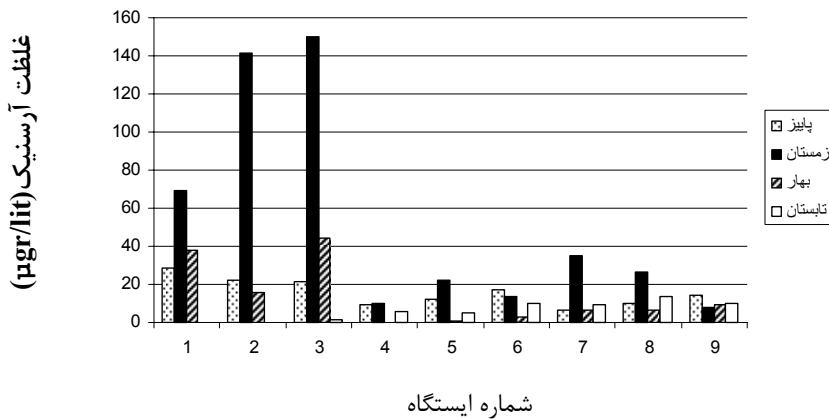
جدول ۱- غلظت آرسنیک در آب ایستگاه های رودخانه چلیو در فصول مختلف (μgrL^{-1})

شماره ایستگاه	پاییز	زمستان	بهار	تابستان
۱	۲۸/۸	۶۹/۶	۳۷/۹	-
۲	۲۱/۹	۱۴۱/۲	۱۵/۸	-
۳	۲۱/۳	۱۵۰	۴۴/۱	۱/۲
۴	۹/۴	۹/۸	<۰/۲	۵/۶
۵	۱۱/۹	۲۲/۵	۰/۶	۴/۸
۶	۱۶/۹	۱۳/۷	۲/۸	۱۰
۷	۶/۳	۳۵/۳	۶/۲	۹/۶
۸	۱۰	۲۶/۵	۶/۲	۱۳/۷
۹	۱۴/۴	۷/۸	۹	۱۰
میانگین	۱۵/۶۵	۵۲/۹۳	۱۳/۶۲	۷/۸۴
انحراف معیار	۷/۲۴	۵۵/۷۴	۱۶/۳	۴/۱۸

در شکل ۲ غلظت آرسنیک در آب ایستگاه ها در فصول مختلف نمایش داده شده است. تقریباً در تمام ایستگاه ها غلظت آرسنیک در فصل زمستان بیشتر از سایر فصول است در صورتی که در ایستگاه ۹ غلظت در سایر فصول بیشتر است. به طور کلی نوسانات فصلی غلظت آرسنیک تقریباً شدید است. احتمال دارد این نوسانات متأثر از میزان بارش و نفوذ آب از لایه های زمین و فعالیت موجودات زنده در جذب آرسنیک باشد. بالاترین غلظت های آرسنیک در تمام فصول در سه ایستگاه اول مشاهده می شود که علت این امر نزدیکی بیشتر به لایه های آرسنیک دار است.

لایه های آرسنیک دار در قسمت های بالایی پوسته زمین بوده و آب با عبور از این مناطق آرسنیک را در خود حل می کند. هر چه از منبع آلودگی دورتر می شویم با تغییر شرایط، مقداری از آرسنیک محلول به شکل نامحلول در می آید و رسوب می کند. همچنین فعالیت موجودات در تغییر شکل آرسنیک و جذب آن می تواند دخالت داشته باشد و بدین ترتیب غلظت آرسنیک در ایستگاه های پایین تر کاهش یافته است. البته این موضوع را باید خاطر نشان ساخت که در برخی استگاه ها به عنوان مثال ایستگاه های ۷ و ۸ در فصل زمستان با

ورود آبراهه ها از مناطق دیگر غلظت آرسنیک آب افزایش یافته است. علاوه بر این که در برخی ایستگاه ها مانند ایستگاه ۴ در فصل زمستان رشد و نمو برخی از گیاهان مانند جلبک "کارا" که توانایی آن در جذب آرسنیک به اثبات رسیده، موجب کاهش مقدار آرسنیک شده است (۱۵). در صورتی که در ایستگاه های بعدی با ورود آبراهه ها مقدار آرسنیک افزایش یافته است. در فصل تابستان نیز به علت خشک سالی حاد در منطقه و عدم ریزش باران و در نتیجه عدم حل و وارد شدن آرسنیک از لایه ها مقدار این عنصر در آب کاهش یافته است. تفاوت غلظت آرسنیک در منابع آب در تحقیقات دیگران نیز مشاهده شده است (۱۶). تحقیق جین (Geen) و همکاران در کشور بنگلادش در مورد ۶۰۰۰ چاه نشان داد که غلظت آرسنیک شدیداً در طول زمان و حتی در فواصل کم فرق می نماید. مشخص شده که چاه های موجود در یک روستا می تواند به طور گسترده ای دارای غلظت های متفاوتی از آرسنیک باشد (۱۷). هر چند آب های مطالعه شده در تحقیق حاضر سطحی است ولی منشا آلودگی همان لایه های آلوده خاک است.



شکل ۲- تفاوت غلظت آرسنیک در آب ایستگاه ها رودخانه چلپو در فصول مختلف

مورد TDS نیز که تابعی از هدایت الکتریکی است شرایط مشابهی وجود دارد.

از نظر سختی، آب های مطالعه شده در دامنه آب های نیمه سخت تا خیلی سخت طبقه بندی می شود. بر اساس نتایج به دست آمده حداقل و حداکثر سختی به ترتیب ۱۲۵ و ۲۴۵۰ mg/L با میانگین ۵۶۰/۰۳ mg/L و انحراف معیار ۵۴۰/۱ واحد بر اساس کربنات کلسیم می باشد. که البته این تغییرات را می توان مربوط به تغییرات بارش در فصول مختلف و حل شدن املاح از لایه های بالاتر در آب دانست.

۲-۳- بررسی پارامترهای مهم کیفی آب و ارتباط آن با غلظت آرسنیک

خلاصه اطلاعات کیفی آب ایستگاه ها در جدول ۲ آورده شده است. از نظر پارامترهای عمومی کیفیت آب، وضعیت ایستگاه ها در فصول مختلف متفاوت است. آب های مطالعه شده دارای pH قلیایی بوده و محدوده pH بین ۷/۵۷ و ۸/۹۱ است و تغییرات چندانی در pH آب ایستگاه ها در فصول مختلف مشاهده نمی شود. بنابراین به نظر نمی رسد که تغییرات فاحش شیمیایی در محیط اتفاق افتاده باشد. به عکس از نظر هدایت الکتریکی که در ارتباط با کل جامدات محلول می باشد شرایط ایستگاه ها در فصول مختلف، متفاوت است. در

جدول ۲- خلاصه اطلاعات کیفی آب ایستگاه های رودخانه چلپو

پارامتر	حداقل	حداکثر	میانگین	انحراف معیار
pH	۷/۵۷	۸/۹۱	۸/۳	۰/۳۶
هدایت الکتریکی (µs)	۵۴۸	۵۷۱۰	۱۸۷۴/۶۵	۱۲۲۶/۵۱۷
کل جامدات محلول (mg/lit)	۲۵۹	۲۴۳۰	۹۱۱/۷۴	۵۵۲/۶۳۳
سختی کل (mg/lit as CaCO ₃)	۱۲۵	۲۴۵۰	۵۶۰/۰۳	۵۴۰/۱۰۸
DO (mg/lit)	۴/۵	۱۱/۹	۸/۵۵	۱/۷۵
درجه حرارت آب °C	۴	۲۶	۱۵/۹۶	۶/۸۷

هدایت الکتریکی، کل جامدات محلول، سختی کل و DO وجود ندارد.

در جدول ۳ ارتباط آماری بین غلظت آرسنیک در آب با سایر پارامترهای کیفی سنجیده شده است. بر اساس اطلاعات این جدول، ارتباط معنی داری بین آرسنیک با pH،

جدول ۳- نتایج آزمون آماری رگرسیون بین غلظت آرسنیک با سایر پارامترهای کیفی

ردیف	متغیر ثابت (مستقل)	ضریب همبستگی	Sig.
۱	هدایت الکتریکی	۰/۱۲۶	۰/۴۷۹
۲	کل جامدات	۰/۱۳۳	۰/۴۵۴
۳	سختی کل	۰/۰۷۱	۰/۶۹۱
۴	pH	-۰/۱۱۸	۰/۵۰۸
۵	DO	۰/۴	۰/۰۱۹
۶	T	-۰/۴۳	۰/۰۱۱

نتیجه گیری

روش هایی که به طور معمول برای برطرف سازی آرسنیک از آب به کار می رود شامل تعویض یونی، اسمز معکوس، روش های استفاده از غشاهای ترسیب شیمیایی و... می باشد، البته این روش ها غالباً پرهزینه بوده و قابلیت استفاده برای تصفیه مقادیر زیادی از آب به خصوص در مناطق روستایی را ندارد. با توجه به این که قابلیت بعضی از گیاهان در جذب آرسنیک از آب به اثبات رسیده است به کارگیری روش های جدید همچون روش های جذب زیستی می تواند راه حلی مناسب برای این گونه مناطق باشد.

منابع

1. Naqvi, S. M., (1994), " Toxicity and metabolism of arsenic in vertebrates, chapter 4: Arsenic in the environment, part II: Human Health and Ecosystem Effects ", Edited by Jerome O.Nriagu.
2. Mandal, B. K., Suzuki, K. T., (2002), "Arsenic round the world: a review ", Talanta, 58, 201-235.
3. World Health Organization (1996), "Guidelines for drinking water quality", 2nd Ed., VOL.2, 156-167.
4. Smedley, P.L. and Kinniburgh, D.G. (2001), " A review of the source ,

نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که غلظت آرسنیک در بیشتر ایستگاه های تعیین شده در طول مسیر رودخانه چلیو واقع در منطقه کوهسرخ کاشمر بالاتر از حد رهنمودی سازمان بهداشت جهانی (۱۰ میکروگرم بر لیتر) است. بالاترین غلظت ها در فصل زمستان مشاهده شد به طوری که در این فصل در ایستگاه سوم، بالاترین غلظت آرسنیک محلول در آب (۱۵۰ میکروگرم بر لیتر) مشاهده شد. نتایج به دست آمده نشان می دهد که به طور کلی نوسانات فصلی مربوط به غلظت آرسنیک تقریباً شدید بوده که احتمالاً متاثر از میزان بارش و نفوذ آب از لایه های زمین است. از نظر سایر پارامترهای عمومی کیفیت آب نیز، وضعیت ایستگاه ها در فصول مختلف متفاوت است. آب های مطالعه شده دارای pH قلیایی بوده و از نظر سختی در دامنه آب های نیمه سخت تا خیلی سخت طبقه بندی می شود. علاوه بر این که ارتباط معنی داری بین غلظت آرسنیک در آب محل و این پارامترها یافت نشد.

بنابراین با توجه به این که این آب برای کشاورزی و دامداری مورد مصرف قرار می گیرد و در پاره ای از موارد به منظور شرب نیز استفاده می شود، لزوم به کارگیری روشی مناسب و کارآمد برای حذف آرسنیک از آب و بهبود خواص آن ضروری به نظر می رسد.

- Geoffrey, M. (2006), " Arsenic and Antimony in Drinking water in Kohsorkh Area, Northeast Iran Possible Risks for the public Health ", *Journal of Applied Sciences* , 6(13): 2705-2714.
۱۳. مظلومی، ع.، (۱۳۷۱)، " مطالعه زمین شناسی و ژئوشیمی نواحی طلادار و کوهسرخ در شمال کاشمر " پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده علوم، دانشگاه شهید بهشتی.
14. Greenberg, A.E., Clesceri, L.S., Eaton, A.D., (1992), " Standard methods for the examination of water and wastewater", 18th, American Public Health Association.
۱۵. بابایی، ی.، علوی مقدم، م.ر.، قاسم زاده، ف.، ارباب زوار، م.ح.، " مطالعه آزمایشگاهی حذف آرسنیک از آب آلوده توسط جلبک ماکروسکوپی " کارا، " مجله علوم و تکنولوژی محیط زیست (زیر چاپ)
۱۶. مسافری، م.، (۱۳۸۴)، " بررسی عوارض بهداشتی ناشی از آرسنیک در آب استان کردستان و روش های حذف آن از آب آشامیدنی "، پایان نامه دکتری در رشته بهداشت محیط، دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی تهران، دانشکده بهداشت و انسیتو تحقیقات بهداشتی گروه مهندسی بهداشت محیط.
17. Geen, V., (2003), "Spatial variability of arsenic in 6000 tube wells in a 25 km² area in Bangladesh ", *Water Resources Research*, 39, 1140.
- behaviour and distribution of arsenic in natural waters " , *Applied Geochemistry* , 17, pp517-568.
5. Ng, J.C., Wang, J., Shraim, A. (2003) , " A global health problem caused by arsenic from natural sources " , *Chemosphere*, 52, 1353-1359.
6. Eisler , R .(2000) , " Handbook of chemical risk assessment / Arsenic (chapter 28) " , Vol :3 ,pp.1501- 1566.
7. Smith, A.H., Hopenhayn-Rich, C., Bates, M. N., Goeden, H. M., Hertz-Picciotto, I., Dagga, H. M., Woo, R., Kosett, M. J., and Smith, M. T. (1992)., " Cancer Risks from Arsenic in drinking water " *J. Environmental Health Properties*, 97, 259-267.
8. National Research Council. (2001), "Arsenic in drinking water", 2001update, National Academy Press, Washington, D.C.
9. World Health Organization, (1999). "Arsenic in drinking water", Fact sheet No. 210, <www.who.int/inf-fslen/fact210.htm>(Jun.15,2001)
۱۰. موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی (۱۳۷۵). استاندارد ملی آب آشامیدنی، تهران.
۱۱. قاسم زاده، ف و زوار.م.ح.، "آلودگی آنتیمونی و آرسنیک در آب های سطحی چلپو در منطقه کوه سرخ کاشمر (استان خراسان) و راهکارهای پالایش آن "، مجله علوم دانشگاه تهران(زیر چاپ)
12. Ghassemzadeh, F. and Arbab-Zavar, M.H. and Hosein, M. and