Medical Journal
of
Tabriz University of Medical Sciences and Health Services

Original Article

Determination of arsenic in recreational hot water springs in sarein- ardabil region considering possible dermal exposure

Mohammad Mosaferi[1*], Samira Sheykholeslami[2], Saeid Dastgiri[3], Mohammad Shakerkhatibi[4]

[1]Tabriz Health Management Research Center, Department of Environmental Health Engineering, School of Health, Tabriz University of Medical Sciences, Tabriz, Iran
[2]School of Health, Tabriz University of Medical Sciences, Tabriz, Iran
[3]Department of Health and Community Medicine, School of Medicine, Tabriz University of Medical Sciences, Tabriz, Iran
[4]Department of Environmental Health Engineering, School of Health, Tabriz University of Medical Sciences, Tabriz, Iran
*Corresponding author; E-mail: mosaferim@tbzmed.ac.ir

Received: 11 October 2014 Accepted: 10 January 2015 First Published online: 10 April 2017
Med J Tabriz Uni Med Sciences Health Services. 2017 June;39(2):70-76

Abstract

Background: Recreational and therapeutic use of geothermal waters may result in dermal uptake of inorganic arsenic. Due to the abundance of hot water springs in Sarein Ardabil region, in the present study hydrogeochemical quality of hot water springs with frequent use were evaluated.

Methods: Water samples were taken according to the standard methods and were analyzed for EC, cations, anions, alkalinity and pH. Arsenic concentration was determined using Atomic Absorption Graphite Furnace (GFAA) method. Principal Component Analysis (PCA) was performed for determination of effective factors in water quality.

Results: Most of studied waters tended to acidic properties and different concentration of arsenic from 6-240 µg/l were observed in them. The highest values of arsenic were observed in Ghahveh Sooei, Sari soo, Besh Bajilar, General, Gavmish Göli and Pehenloo hot water springs, respectively. Totally, the measured arsenic values in bicarbonate-magnesium hot water springs were higher than chloride-sodium ones. According to the statistical analysis, there was a strong significant correlation between the arsenic concentration and the measured values of magnesium, total hardness and pH however, a reverse significant correlation was observed between arsenic concentrations and sulfate values.

Conclusions: Currently, dermal exposure to arsenic through hot water springs in the studied area is not a major health risk. However, the arsenic contaminated effluent from the hot water springs have potential for contamination of surface water and groundwater resources and must be managed in a manner to prevent pollution of drinking water resources.

Keywords: Arsenic, Adsorption, Exposure dose, Geothermal, Skin, Water

How to cite this article: Mosaferi M, Sheykholeslami S, Dastgiri S, Shakerkhatibi M. [Determination of arsenic in recreational hot water springs in sarein- ardabil region considering possible dermal exposure]. Med J Tabriz Uni Med Sciences Health Services. 2017 June;39(2):70-76. Persian.

© 2017 The Author(s). This is an Open Access article published by Tabriz University of Medical Sciences under the terms of the Creative Commons Attribution License (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Archive of SID

www.SID.ir

مقاله پژوهشی

تعیین آرسنیک چشمه های آبگرم تفریحی منطقه سرعین- اردبیل با در نظر گرفتن احتمال مواجهه پوستی

محمد مسافری[۱*]، سمیرا شیخ الاسلامی[۲]، سعید دستگیری[۳]، محمد شاکر خطیبی[۴]

[۱]مرکز تحقیقات مدیریت خدمات سلامت تبریز، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تبریز، تبریز، ایران
[۲]دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تبریز، تبریز، ایران
[۳]گروه پزشکی اجتماعی، دانشکده پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی تبریز، تبریز، ایران
[۴]گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تبریز، تبریز، ایران
[*] نویسنده رابط؛ ایمیل: mosaferim@tbzmed.ac.ir

دریافت: ۱۳۹۳/۷/۱۹ پذیرش: ۱۳۹۳/۱۰/۲۰ انتشار برخط: ۱۳۹۶/۱/۲۱
مجله پزشکی دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی ـ درمانی تبریز. خردادو تیر ۱۳۹۶؛ ۳۹(۲): ۷۰-۷۶

چکیده

زمینه: استفاده تفریحی و درمانی از آبهای گرم می‌تواند منجر به جذب پوستی آرسنیک معدنی گردد. با توجه به فراوانی آبهای گرم در منطقه سرعین اردبیل، در تحقیق حاضر کیفیت هیدروژئوشیمیایی آبهای گرم پراستفاده این منطقه مورد بررسی قرار گرفت.

روش کار: نمونه آبهای گرم مهم در منطقه سرعین مطابق با روش‌های استاندارد تهیه و از نظر پارامترهای هدایت الکتریکی، کاتیون‌ها، آنیون‌ها، قلیاییت و PH مورد آزمایش قرار گرفتند. مقدار آرسنیک با روش Graphite Furnace Atomic Absorption (GFAA) تعیین گردید. آنالیز آماری PCA برای تعیین عوامل موثر در کیفیت آب انجام شد.

یافته‌ها: اغلب آبهای بررسی شده دارای خاصیت متمایل به اسیدی بوده و غلظتهای متفاوتی از آرسنیک از ۶ تا ۲۴۰ میکروگرم در لیتر در آنها مشاهده گردید. بالاترین مقادیر آرسنیک به ترتیب در آب گرم قهوه سوئی، ساریسو، بش باجیلار، ژنرال، جامیش گولی و پهنلو مشاهده شد. در مجموع، مقدار آرسنیک اندازه‌گیری شده در آبهای بیکربناته منیزیک نسبت به آبهای کلرور سدیک بالاتر بود. بر اساس نتایج آنالیز آماری، بین آرسنیک آبهای گرم و مقادیر منیزیم، سختی کل و pH ارتباط معنی‌دار مستقیم قوی و بین آرسنیک و سولفات ارتباط معنی‌دار معکوس وجود داشت.

نتیجه‌گیری: مواجهه‌ی پوستی با آرسنیک از طریق آبهای گرم منطقه‌ی مورد مطالعه فعلا خطر بهداشتی مهمی به شمار نمی‌رود. با این حال پسابهای خروجی آبهای گرم حاوی آرسنیک دارای پتانسیل آلایندگی منابع آب سطحی و زیرزمینی بوده و باید به گونه‌ای مدیریت شوند که از آلودگی آبهای آشامیدنی ممانعت به عمل آید.

کلید واژه‌ها: آرسنیک، آب، دوز مواجهه، جذب، پوست، ژئوترمال

نحوه استناد به این مقاله: مسافری م، شیخ الاسلامی س، دستگیری س، شاکر خطیبی م. تعیین آرسنیک چشمه‌های آبگرم تفریحی منطقه سرعین-اردبیل با در نظر گرفتن احتمال مواجهه پوستی. مجله پزشکی دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی ـ درمانی تبریز. ۱۳۹۶؛ ۳۹(۲): ۷۰-۷۶

حق تألیف برای مؤلفان محفوظ است.
این مقاله با دسترسی آزاد توسط دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی ـ درمانی تبریز تحت مجوز کریتیو کامنز (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0) منتشر شده که طبق مفاد آن هرگونه استفاده تنها در صورتی مجاز است که به اثر اصلی به نحو مقتضی استناد و ارجاع داده شده باشد.

Archive of SID

www.SID.ir

مقدمه

آرسنیک جزء عناصر طبیعی پوسته زمین بوده و رتبه بیستم را از نظر فراوانی در پوسته زمین به خود اختصاص داده است. با توجه به وجود آن در هر محیطی، مواجهه انسان با این ماده اجتناب‌ناپذیر است به طوریکه، مواجهه مزمن با غلظتهای پایین آرسنیک با اثرات نامطلوب بهداشتی در انسانها همراه بوده است. اولین گزارشها در این خصوص به اواخر قرن نوزدهم برمی‌گردد که ظهور اثرات پوستی مشتمل بر تغییرات در رنگدانه‌های پوست (هایپرپیگمنتاسیون، هایپرکراتوزیس و سرطانهای پوست) با مصرف آرسنیک همراه با داروها و آب آشامیدنی مرتبط بوده است (۲-۱). پوست انسان کاملا به آرسنیک حساس بوده و زخم‌های پوستی از شایع‌ترین اثرات مزمن غیر بدخیم مواجهه با آرسنیک به شمار می‌روند. احتمال تاثیر آرسنیک به عنوان یکی از فاکتورهای آسیب‌شناسی سرطان پوست برای اولین بار در سال ۱۸۸۸ توسط Hutchinson مورد بررسی قرار گرفته است (۳). همچنین، نتایج حاصل از تحقیقات Hill و همکاران در سال ۱۹۴۸ و Zaldivar در سال ۱۹۷۴ نشانگر ارتباط بین بیماریهای پوستی از جمله سرطان پوست با مواجهه آرسنیک از طریق مصرف داروئی، آب آشامیدنی و تماس حرفه‌ای بوده است. در این میان، نقش مواجهه با آرسنیک از طریق آب آشامیدنی در ابتلا به سرطان پوست و دیگر بیماریهای پوستی بیشتر از سایر راههای مواجهه گزارش شده است (۴). تغییرات Neoplastic پوست شامل بیماری Bowen و کارسینومای سلولهای Squamous و Basal از دیگر عوارض مواجهه به آرسنیک گزارش شده است (۳). حضور آرسنیک در چشمه‌های آب گرم از مناطقی در آرژانتین، ژاپن، نیوزیلند، شیلی، فرانسه، دومنیکا و ایالات متحده گزارش شده است (۶-۵). بر اساس نتایج مطالعات، حضور آرسنیک در چشمه‌های آب گرم واقع در ایالات متحده آمریکا گزارش شده است که می‌توان به چشمه‌های آب گرم واقع در حوضه آبریز دریاچه هانی کالیفرنیا با غلظت آرسنیک بیش از ۲۶۰۰ µg/l، چشمه‌های آب گرم کوزو کالیفرنیا با غلظت بیش از ۷۵۰۰ µg/l، چشمه‌های آب گرم واقع در دره امپریال کالیفرنیا با غلظت بیش از ۱۵۰۰۰ µg/l، چشمه واقع در دره لانژ کالیفرنیا با غلظت بیش از ۲۵۰۰ µg/l و چشمه استریمبوت نوادا با غلظت بیش از ۲۷۰۰ µg/l اشاره نمود. به علاوه، غلظت آرسنیک در چشمه‌های آب گرم واقع در پارک ملی یلواستون، آبهای گرم واقع در پارک لاسن کالیفرنیا و چشمه های آب گرم واقع در جزیره اومناک آلاسکا به ترتیب در محدوده ۷۸۰۰µg/l-۱، بیش از ۲۷۰۰۰ µg/l و ۳۸۰۰µg/l اندازه‌گیری شده است. در چشمه‌های آب گرم واقع در ۵ منطقه زمین گرمایی در کیوشو ژاپن نیز مقادیر آرسنیک بین ۴۶۰۰-۵۰۰ µg/l گزارش شده است. همچنین، روند افزایشی غلظت آرسنیک در آب‌های واقع در مناطق زمین گرمایی نیوزلند به اثبات رسیده است (۶). در منطقه شمال-غرب ایران به ویژه استان اردبیل چشمه‌های آب گرم متعددی وجود دارد که دارای مصارف تفریحی و درمانی بوده و سالانه شمار قابل توجهی از افراد از این چشمه‌ها استفاده می‌کنند. همچنین برای بسیاری از افراد محلی، این آبها برای استحمام مستمر در طول سال استفاده می‌شوند که همین موضوع می‌تواند احتمال جذب پوستی آرسنیک را افزایش دهد. نظر به اینکه تا به حال اطلاعات معتبری در خصوص مواجهه با آرسنیک از طریق آب چشمه‌های آبگرم در کشور منتشر نشده است این مطالعه با هدف بررسی کیفیت چشمه‌های آب گرم تفریحی و تعیین سطوح مواجهه احتمالی با آرسنیک از طریق این چشمه‌ها در منطقه سرعین اردبیل انجام شده است.

روش کار

مطالعه‌ی حاضر از نوع توصیفی- تحلیلی می‌باشد که در طی آن نمونه‌های آبگرم از چشمه‌های بش باجیلار (Besh Bajilar)، ساری سو (Sari soo)، پهنلو (Pehenloo)، ژنرال (General)، گوز سوئی (GÖzsooei)، قهوه سوئی (Ghahveh Sooei)، و جامیش گولی (Gavmish GÖli) تهیه و از نظر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی بر اساس روش‌های استاندارد آزمایش‌های آب و فاضلاب (چاپ بیست و یکم) مورد آنالیز قرار گرفتند (۸). نمونه‌برداری با استفاده از ظروف پلی‌اتیلنی که قبلا با اسید شستشو شده و سه بار با آب مقطر آب‌کشی شده بود، انجام شد. به هنگام تهیه نمونه هر ظرف سه بار با آب مورد نظر آبکشی و نهایتا مقدار ۱/۵ لیتر نمونه آب گرم از محل ورودی آب گرم به حوض شنا که افراد با آب در تماس هستند تهیه و بلافاصله به آزمایشگاه منتقل گردید.

مقدار آرسنیک نمونه‌های آب توسط دستگاه جذب اتمی مجهز به کوره گرافیتی (GFAA) مدل Buck Scientific اندازه‌گیری شد. اندازه‌گیری‌ها بعد از تهیه منحنی کالیبراسیون و تعیین مقادیرعددی R^2 انجام پذیرفت. پارامترهای فیزیکوشیمیایی مشتمل بر سختی، قلیاییت، هدایت الکتریکی، کدورت، PH، کاتیونها (کلسیم، منیزیم، سدیم، پتاسیم) و آنیونها (کلرور، سولفات، بیکربنات، نیترات، نیتریت) برای تمامی نمونه‌ها تعیین شد. تمامی نمونه‌ها در فصل تابستان که استفاده بیشتری از چشمه‌های آب گرم به عمل می‌آید، برداشته شد. برای تحلیل داده‌ها از ماتریس همبستگی و روش استخراج Principal Component Analysis (PCA) همراه با آنالیز چرخش واریانس استفاده شد (۹).

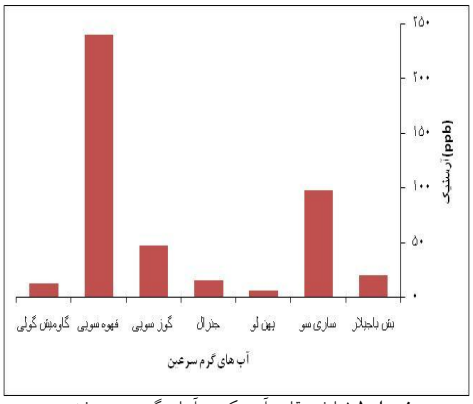
یافته‌ها

توصیف کیفی نمونه‌های آبگرم مطالعه شده بر اساس مقادیر حداقل، حداکثر و میانگین در جدول ۱ ارائه شده است. بر اساس نتایج بدست آمده، نمونه‌های آبگرم بررسی شده اغلب دارای املاح بالا بوده و در ردیف آبهای سخت و خیلی سخت قرار می گیرند. نتایج آنالیز شیمیایی نمونه‌ها نشان‌دهنده مقادیر بالای غلظت سدیم، منیزیم، کلرور و سولفات در اغلب نمونه‌ها می‌باشد. با ملاحظه اطلاعات ارائه شده در جدول ۱، اغلب نمونه‌های آب

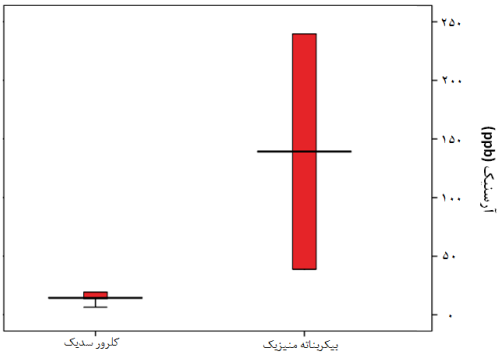
Archive of SID

www.SID.ir

بررسی شده دارای خاصیت متمایل به اسیدی بوده و غلظتهای متفاوتی از آرسنیک در آنها اندازه‌گیری شده است (µg/l ۲۴۰-۶). مقادیر غلظت آرسنیک در چشمه‌های آب گرم مورد مطالعه در شکل ۱ نشان داده شده است. بر این اساس، بالاترین مقادیر آرسنیک به ترتیب در آب گرم قهوه سوئی، ساریسو، بش باجیلار، ژنرال، جامیش گولی و پهنلو مشاهده شده است. در شکل ۲، مقادیر غلظت آرسنیک بر اساس تیپ شیمیایی در آبهای گرم بررسی شده ارائه شده است. بر این اساس، آبهای گرم بررسی شده دارای تیپ بیکربناته منیزیک و کلرور سدیک بوده و مقادیر میانگین آرسنیک در آبهای بیکربناته منیزیک نسبت به کلرور سدیک بالاتر بوده است. ماتریس همبستگی اجزای پارامترهای کیفی آبهای گرم بررسی شده در جدول ۲ ارائه شده است. بر اساس نتایج ارائه شده در جدول ۲، بین مقادیر غلظت آرسنیک در نمونه‌های آبگرم و مقادیر منیزیم، سختی کل و pH قویترین رابطه معنی‌دار مستقیم و همچنین بین مقادیر غلظت آرسنیک و سولفات ارتباط معنی‌دار معکوس وجود دارد. همچنین، نتایج آنالیز PCA نشان داد که ۹۱/۰۴٪ تغییرات واریانس توسط سه عامل کنترل می گردد. با انجام چرخش واریماکس مشخص گردید که پارامترهای موثر در عامل اول شامل هدایت الکتریکی یا میزان املاح آب، قلیاییت، کلرور، سدیم و نیترات، پارامترهای موثر در عامل دوم شامل pH، سختی کل، منیزیم، سولفات و آرسنیک و پارامترهای موثر در عامل سوم نیز کلسیم می باشد.



نمودار ۱: نمایش مقادیر آرسنیک در آبهای گرم بررسی شده



نمودار ۲: نمایش مقادیر آرسنیک بر اساس تیپ شیمیایی در آبهای گرم بررسی شده

جدول ۱: توصیف کیفی آبهای گرم مطالعه شده

پارامتر	حداقل	حداکثر	میانگین	انحراف معیار
هدایت الکتریک (میکروزیمنس بر سانتی متر)	۹۴۷	۱۵۳۵	۱۴۲۵	۲۱۲
سختی کل (میلیگرم در لیتر کربنات کلسیم)	۳۰۰	۵۶۰	۳۶۷	۸۹
pH	۶/۱	۷/۳	۶/۶	۰/۳
قلیاییت (میلیگرم در لیتر کربنات کلسیم)	۲۰۰	۴۰۰	۳۲۹	۸۹
کلسیم (میلیگرم در لیتر)	۴۸	۸۰	۶۱	۱۴
منیزیم (میلیگرم در لیتر)	۴۲	۸۶	۵۱	۱۶
سدیم (میلیگرم در لیتر)	۶۳	۱۹۵	۱۴۷	۵۱
پتاسیم (میلیگرم در لیتر)	۱۵	۴۲	۳۴	۹
کلرور (میلیگرم در لیتر)	۱۰۳	۳۵۰	۲۶۸	۹۴
سولفات (میلیگرم در لیتر)	۶۵	۱۴۴	۱۰۸	۲۶
نیترات (میلیگرم در لیتر)	۰	۴۶	۱۰	۱۶
آرسنیک (میکروگرم در لیتر)	۶	۲۴۰	۶۱	۸۴

جدول ۲: ماتریس همبستگی اجزای پارامترهای کیفی آبهای گرم بررسی شده

	pH	هدایت الکتریکی	سختی کل	کلسیم	منیزیم	قلیائیت	کلرور	سدیم	پتاسیم	نیترات	سولفات	آرسنیک
pH	۱											
هدایت الکتریکی	۰/۰۳	۱										
سختی کل	۰/۷۹۴	۰/۱۸۷	۱									
کلسیم	۰/۴۶۷	-۰/۰۵۲	۰/۷۶۳	۱								
منیزیم	۰/۸۲۰	۰/۲۷۷	۰/۹۴۴	۰/۵۰۶	۱							
قلیائیت	۰/۵۰۹	۰/۶۲۶	۰/۲۷۱	-۰/۰۱۵	۰/۳۷۰	۱						
کلرور	-۰/۴۲۴	۰/۷۸۰	-۰/۴۳۲	-۰/۵۶۳	-۰/۲۸۷	۰/۱۵۲۱	۱					
سدیم	-۰/۳۵	۰/۷۴۷	-۰/۴۳۵	-۰/۶۳۸	-۰/۲۵۳	۰/۵۶	۰/۹۸۸	۱				
پتاسیم	-۰/۱۳۶	۰/۹۲۷	۰/۲۲۹	۰/۱۶۵	۰/۲۲۲	۰/۳۸۵	۰/۶۱۸	۰/۵۵	۱			
نیترات	-۰/۰۷	-۰/۹۴۸	-۰/۳۳۷	-۰/۱۸۱	-۰/۳۵۷	-۰/۶۵	-۰/۶۶۴	-۰/۶۱۱	۰/۸۹۷	۱		
سولفات	-۰/۵۳۲	-۰/۲۸۳	-۰/۶۳۹	-۰/۱۱۴	-۰/۷۴۹	-۰/۱۳۴	۰/۱۲۱	۰/۰۵۵	-۰/۲۳۶	۰/۲۶۲	۱	
آرسنیک	۰/۷۷۵	۰/۱۴۶	۰/۸۹۴	۰/۴۴۴	۰/۹۶۵	۰/۲۷۲	-۰/۳۵۹	-۰/۳۲۵	۰/۰۶	-۰/۲۲۷	-۰/۷۲۴	۱

Archive of SID

www.SID.ir

بحث

آژانس بین المللی تحقیق روی سرطان International Agency for Research on Cancer (IARC)، آرسنیک را جزء ترکیبات گروه ۱ (سرطانزا برای انسان) تقسیم‌بندی کرده است (۱۰و۵). چشمه های آب گرم بررسی شده در مطالعه‌ی حاضر جزء چشمه های پر مصرف بوده و سالیانه تعداد قابل توجهی از گردشگران و افراد محلی از آنها استفاده به عمل می‌آورند. نتایج مطالعه‌ی حاضر نشان داد که آرسنیک در تمامی نمونه‌های آبگرم بررسی شده همانند سایر مناطق دنیا وجود دارد و مقدار آن از ۶ تا ۲۴۰ µg/l متفاوت می‌باشد. به عبارت دیگر در مقایسه با استاندارد آب آشامیدنی، مقدار آرسنیک برخی از نمونه‌های آبگرم بررسی شده تا ۲۴ برابر بیشتر است. آلودگی آب به آرسنیک از طرق مختلف از جمله فعالیتهای زمین گرمایی، پسابهای صنعتی، زهاب معادن و فعالیتهای کشاورزی رخ می‌دهد. در منطقه مورد مطالعه، عامل اصلی وجود آرسنیک در آبهای گرم، منبع طبیعی فعالیتهای زمین گرمایی می‌باشد. در مقایسه با نتایج مطالعات منتشر شده در دنیا به ویژه در خصوص ایالات متحده، مشخص می‌گردد که مقادیر اندازه‌گیری شده‌ی آرسنیک در مطالعه حاضر به طور معنی‌داری پایین‌تر از سایر مناطق دنیا می‌باشد. دلایلی که می‌توان برای این تفاوت در نظر گرفت می‌تواند ناشی از ساختار زمین شناسی و یا عمل رقیق‌سازی باشد. به عبارت دیگر ساختار زمین شناسی منطقه مورد مطالعه به گونه‌ای است که مقدار آرسنیک کمتری را وارد آب می‌نماید. با این حال، علت دوم بیشتر می‌تواند مد نظر قرار گیرد که علاوه بر مقدار آرسنیک به مقادیر سایر آنیون‌ها و کاتیون‌ها نیز تاثیر گذاشته است. در چشمه‌های آب گرم بررسی شده به علت بالا بودن درجه حرارت آب و عدم تحمل افراد استفاده کننده و یا پایین بودن دبی، معمولا آب گرم اصلی با یک منبع آب دیگر که درجه حرارت پایین‌تری دارد مخلوط می‌گردد. از این‌رو در صورتیکه مقدار آرسنیک آب مکمل پایین باشد، غلظت آرسنیک در مخلوط آب گرم مورد استفاده کمتر خواهد بود. در مطالعه‌ی حاضر امکان نمونه‌گیری از چشمه آبگرم اصلی وجود نداشت و نمونه‌های آنالیز شده از استخر یا حوضی تهیه می‌شد که افراد از آن برای شنا و شستشو استفاده می‌کردند که می‌تواند یکی از نقاط ضعف تحقیق حاضر در نظر گرفته شود. در مطالعه‌ی وایت (۱۹۶۳) در چشمه های آبگرم ایسلند غلظت آرسنیک بین ۱۲۰-۵۰ میکروگرم بر لیتر گزارش گردیده که مشابه با مطالعه ی حاضر است (۶). از چشمه‌های آبگرم استریمبوت نوادا نیز غلظت آرسنیک تا ۴۰ میکروگرم بر لیترگزارش شده است (۹). همچنین تحقیقات نشان داده که غلظت‌های آرسنیک در آبهای رودخانه مناطق زمین گرمایی عموما در محدوده ۷۰-۱۰ میکروگرم بر لیتر است. نیمیک در سال ۱۹۹۸ غلظتهای بالاتر از ۳۷۰ میکروگرم بر لیتر را در آب رودخانه مادیسون در اثر فعالیت های زمین گرمایی منطقه یلوگان گزارش کرد (۸). مهمترین مسیرهای مواجهه با آرسنیک شامل بلع و تنفس ترکیبات آرسنیک است و مواجهه پوستی اهمیت کمتری نسبت به دو مسیر قبلی دارد. به عبارت دیگر، دریافت آرسنیک از طریق آب و غذا مسیر اصلی مواجهه در جمعیت عادی به شمار می‌رود. با این حال، در کارخانه های ذوب فلزات از جمله مس و طلا و فعالیت‌های معدن کاری، مواجهه تنفسی با ذرات حاوی آرسنیک اهمیت بیشتری دارد بطوریکه، سرطان ریه در بین کارگران این صنایع شایع می‌باشد (۱). بر اساس یک برآورد انجام شده، مصرف آب آلوده به آرسنیک در بنگلادش باعث ۹۱۰۰ مورد مرگ و ۱۲۵۰۰۰ سال عمر از دست رفته disability-adjusted life years (DALYs)* در سال ۲۰۰۱ شده است (۵). به منظور برآورد مواجهه ی افراد با آرسنیک اندیس های مختلفی توسط محققین استفاده می‌شود که از آن جمله می توان به غلظت آرسنیک در آب بر حسب میلی‌گرم در لیتر، دوز دریافتی روزانه بر حسب میکروگرم به ازای هر کیلوگرم وزن بدن یا دوز تجمعی سالانه اشاره نمود (۱۳و۱۴). با استفاده از این اندیس‌ها جذب آرسنیک از طریق آب و غذا و دفع آن از بدن در مطالعات مختلفی مورد توجه قرار گرفته است (۵). در خصوص مواجهه‌ی پوستی، اثرات مزمن آرسنیک هنوز بخوبی شناخته شده نیست (۱). ناراحتیهای پوستی در مطالعات اپیدمیولوژیکی متعدد جاییکه مردم آبی با مقدار آرسنیک ۰/۰۱ تا ۰/۱ میلی‌گرم آرسنیک به ازای هر کیلوگرم وزن بدن در روز یا بیشتر از این مقدار مصرف می‌کنند مشاهده شده است (۱۶ و۱۷). بر اساس منابع موجود جذب پوستی آرسنیک غیر آلی در مقایسه با جذب دهانی عموما خیلی پایین است. در آزمایشات به عمل آمده توسط محققین بر روی حیوانات در آزمایشگاه، جذب اسید آرسنیک از آب با بارگذاری ۵ میکرو لیتر بازای هر سانتی متر مربع از سطح پوست در دوز پایین ۰/۰۰۰۰۲۴ میکروگرم بازای هر سانتی متر مربع پوست، ۶٪ بوده که در دوز بالا ۲/۱ میکروگرم بازای هر سانتی متر مربع به ۲٪ رسیده است. مشخص گردیده که جذب آرسنیک اسید از راه پوست پایین است. همچنین در آزمایش انجام شده بر روی پوست انسان نیز مقدار جذب در دوز پایین ۲٪ در مدت ۲۴ ساعت مواجهه بوده است (۱). با توجه به موارد ذکر شده، انتظار نمی‌رود در دوزهای مواجهه‌ی با آرسنیک موجود در آبهای گرم تفریحی و زمان مواجهه حداکثر ۲ ساعته، جذب آرسنیک از طریق پوست قابل توجه باشد. معمولا گردشگران از هر آب گرم به‌طور متوسط یک یا دو بار استفاده می‌نمایند که در هر بار زمان مجاز شنا حداکثر ۲ ساعت می‌باشد. با این حال برای افراد بومی که مواجهه-ی بیشتری می‌توانند داشته باشد موضوع قابل بررسی است. مقدار نظارتی (WHO/FAO) دریافت هفتگی قابل تحمل آرسنیک provisional tolerable weekly intake (PTWI) ۲/۱ میکروگرم

Archive of SID

www.SID.ir

بازای هر کیلوگرم از وزن بدن در روز است (۱۸). البته بر اساس کمیته مشترک WHO/FAO مشخص شده که دوز ۲ تا ۷ میکروگرم بازای هر کیلوگرم وزن بدن در روز باعث افزایش ۰/۵٪ بروز سرطان ریه می‌گردد. مقدار رهنمود نظارتی برای آب آشامیدنی ۱۰ میکروگرم در لیتر بوده و برای هوا حد سالم قابل تعیین نمی‌باشد. اشاره شده که جذب آرسنیک از طریق پوستی حداقل بوده و آب آلوده به آرسنیک هنوز می‌تواند برای شستشو، استحمام و لباسشویی استفاده شود. با این حال باید در نظر داشت که آبهای آلوده به آرسنیک از چشمه‌های آب گرم پس از مصرف وارد محیط شده و می‌توانند با نفوذ به آبهای سطحی و زیرزمینی باعث ایجاد آلودگی و مواجهه افراد گردند (۵). در ارتباط با ویژگیهای ژئوهیدورشیمیایی آبها تحقیقات مختلفی در دنیا انجام شده است (۲۰و۱۹). در تحقیق حاضر مشخص گردید که در مورد آرسنیک آبهای گرم بررسی شده احتمالا عوامل دیگری غیر از زمین شناسی منطقه نیز می‌توانند مطرح باشند که البته این امر به احتمال زیاد ناشی از اختلاط آبهای گرم با سایر آبهای سرد جهت تعدیل دمایی و تاثیر کیفیت آن آبها بر کیفیت شیمیایی آبهای گرم و ویژگی‌های هیدروژئوشیمیایی مربوطه می‌باشد.

نتیجه‌گیری

در حال حاضر مواجهه‌ی پوستی با آرسنیک از طریق آبهای گرم نمی تواند به عنوان یک خطر بهداشتی مهم در نظر گرفته شود. با این حال پسابهای خروجی از چشمه‌های آب گرم که دارای غلظت بالایی از آرسنیک هستند دارای پتانسیل آلوده ساختن منابع آب سطحی و زیر زمینی بوده و باید به گونه‌ای مدیریت شوند که از آلودگی آبهای آشامیدنی ممانعت به عمل آید. انجام تحقیقات بیشتر در این زمینه و پایش‌های سالیانه کیفیت پساب خروجی قابل توصیه است.

تقدیر و تشکر

تحقیق حاضر با استفاده از حمایت مالی معاونت تحقیقات و فن‌آوری دانشگاه علوم پزشکی تبریز به انجام رسید که نویسندگان مقاله تشکر و قدردانی خود را اعلام می‌دارند. از همکاری آقای محمد علی عابدپور بابت مساعدت در آنالیزهای آزمایشگاهی تشکر می‌گردد.

References

1. Henke Kevin R. *Arsenic Environmental Chemistry, Health Threats and Waste Treatment*; John Wiley & Sons, Ltd. 2009
2. World Health Organization. *Arsenic and arsenic compounds Environment Health Criteria*. 2nd ed. Geneva. 2001.
3. Chen CJ, Hsueh YM, Chiou HY, Hsu YH, Chen SY, Horng SF, et al. Human carcinogenicity and atherogenicity induced by chronic exposure to inorganic arsenic, Chapter 6 in: Arsenic in the Environment, part II: Human health and ecosystem effects, Edited by Jerome O. Nriagu, John Wiley & Sons INC. 1994.
4. Abernathy C. *Exposure and Health Effects*, Office of Water , Office of Science and Technology, Health and Ecological Criteria Division, USEPA ,Washington, DC, USA ,Revised/Edited by Ann Morgan, chapter 3 in: United Nations Synthesis Report on Arsenic in Drinking Water 2001
5. World Health Organization. *Exposure to arsenic: a major public health concern*; 2010.
6. Smedley P, Kinniburg D. *A review of the source, behavior and distribution of arsenic in natural waters*. Appl. Geochem 2002; **17**(5): 517-568. doi: 10.1016/S0883-2927(02)00018-5
7. Sracek O, Bhattacharya P, Jacks G, Gustafsson JP, Brömssen MV. *Behavior of arsenic and geochemical modeling of arsenic enrichment in aqueous environments. Applied Geochemistry* 2004; **19**(2): 169-180. doi: 10.1016/j.apgeochem.2003.09.005
8. Clesceri L, Greenberg A, Eaton A, *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. American Public Health Association, 1998.
9. Mustapha A. *An overview of the application of principal component analysis and factor analysis (PCA/FA) in water resource management*. 2013
10. International Agency for Research on Cancer. *Arsenic and arsenic compounds (Group 1) In IARC monographs on the valuation of the carcinogenic risks to humans* 2003; Supplement 7.
11. Prabhu RN, Philip L. *Development of portable filter for arsenic removal from drinking water*. *Int J Water* 2001; 1(2): 217-227. doi: 10.1504/IJW.2001.002064
12. Richard J, Han H. *Safe water technology for arsenic removal*. Chapter 6, 2001: 1-22.
13. Takahiko Y, Yamauchi H, Fan Sun G. *Chronic health effects in people exposed to arsenic via the drinking water*: *dose–response relationships in review*. *Toxicology and Applied Pharmacology* 2004; **198**(3): 243-252. doi: 10.1016/j.taap.2003.10.022
14. Choong TSY, Chuah TG, Robiah Y, Gregory Koay FL, Azni I. *Arsenic toxicity, health hazards and removal techniques from water: an overview*. *Desalination* 2007; **217**(1-3): 139-166. doi: 10.1016/j.desal.2007.01.015
15. Phan K, Sthiannopkao S, Kim KW, Wong Sao MHV, Hashim JH, Mohamed Yasin MS, et.al. *Health risk assessment of inorganic arsenic intake of Cambodia residents through groundwater drinking pathway*. Water Res 2010; 44(19): 5777-5788. doi: 10.1016/j.watres.2010.06.021

Archive of SID

www.SID.ir

16. Saha1 JC, Dikshit AK, Bandyopadhyay M, Saha KC. A review of arsenic poisoning and its effects on human health. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology* 1999; **29**(3): 281-313. doi: 10.1080/10643389991259227
17. Tareq SM, Islam SMN, Rahmam MM, Chowdhury DA. Arsenic Pollution in Groundwater of Southeast Asia: an Overview on Mobilization Process and Health Effects. *Bangladesh J Environ Res* 2010; **8**: 47-67.
18. Uchino T, Roychowdhury T, Ando M, Tokunaga H. *Intake of arsenic from water, food composites and excretion through urine, hair from a studied population in West Bengal*, India Food and Chemical Toxicology 2006; **44**(1): 455-461. doi: 10.1016/j.fct.2005.08.018
19. Yidana SM, Ophori D, & Banoeng-Yakubo B. *A multivariate statistical analysis of surface water chemistry data—The Ankobra Basin, Ghana*. Journal of environmental management 2008; **86**(1): 80-87. doi: 10.1016/j.jenvman.2006.11.023
20. Iscen CF, Emiroglu Ö, Ilhan S, Arslan N, Yilmaz V, Ahiska S. *Application of multivariate statistical techniques in the assessment of surface water quality in Uluabat Lake, Turkey*. Environmental Monitoring and Assessment 2008; **144**(1): 269-276. doi: 10.1007/s10661-007-9989-3

Archive of SID

www.SID.ir