

Original Article

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

Mohammad Mosaferi^{1*}, Samira Sheykholeslami², Saeid Dastgiri³, Mohammad Shakerkhatibi⁴

¹Tabriz Health Management Research Center, Department of Environmental Health Engineering, School of Health, Tabriz University of Medical Sciences, Tabriz, Iran

²School of Health, Tabriz University of Medical Sciences, Tabriz, Iran

³Department of Health and Community Medicine, School of Medicine, Tabriz University of Medical Sciences, Tabriz, Iran

⁴Department 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.

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: mosafirim@tbzmed.ac.ir

دریافت: ۱۳۹۳/۷/۱۹ پذیرش: ۱۳۹۳/۱۰/۲۰ انتشار برخط: ۱۳۹۶/۱/۲۱
مجله پزشکی دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی - درمانی تبریز. خرداد و 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 پر استفاده 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، قلیائیت 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: مواجهه پوستی با آرسنیک از طریق آبهای گرم منطقه مورد مطالعه فعلاً خطر بهداشتی مهمی به شمار نمی‌رود. با این حال پسابهای خروجی آبهای گرم حاوی آرسنیک دارای پتانسیل آلودگی 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 - 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 - درمانی تبریز تحت مجوز کپی‌رایت 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.

مقدمه

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 قبلاً 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 نهایتاً 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 مقادیر عددی R^2 انجام پذیرفت. پارامترهای فیزیکوشیمیایی مشتمل بر سختی، قلیائیت، هدایت الکتریکی، کدورت، PH، کاتیون‌ها (کلسیم، منیزیم، سدیم، پتاسیم) و آنیون‌ها (کلور، 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 می‌گیرند. نتایج آنالیز شیمیایی نمونه‌ها نشان‌دهنده مقادیر بالای غلظت سدیم، منیزیم، کلور و سولفات در اغلب نمونه‌ها می‌باشد. با ملاحظه اطلاعات ارائه شده در جدول ۱، اغلب نمونه‌های آب

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 (۱-۲). پوست انسان کاملاً 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، دومینیکا و ایالات متحده گزارش شده است (۵-۶). 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 $2600 \mu\text{g/l}$ ، چشمه‌های آب گرم کوزو کالیفرنیا با غلظت بیش از $7500 \mu\text{g/l}$ ، چشمه‌های آب گرم واقع در دره امپریال کالیفرنیا با غلظت بیش از $15000 \mu\text{g/l}$ ، چشمه واقع در دره لانز کالیفرنیا با غلظت بیش از $2500 \mu\text{g/l}$ و چشمه استریمبوت نوادا با غلظت بیش از $2700 \mu\text{g/l}$ 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 $1-7800 \mu\text{g/l}$ ، بیش از $27000 \mu\text{g/l}$ و $38000 \mu\text{g/l}$ اندازه‌گیری شده است. در چشمه‌های آب گرم واقع در ۵ منطقه زمین گرمایی در کیوشو ژاپن نیز مقادیر آرسنیک بین $4600-5000 \mu\text{g/l}$ گزارش شده است. همچنین، روند افزایشی غلظت آرسنیک در آب‌های واقع در مناطق زمین گرمایی نیوزیلند 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

بحث

آژانس بین المللی تحقیق روی سرطان International Agency for Research on Cancer (IARC)، آرسنیک را جزء ترکیبات گروه ۱ (سرطانزا برای انسان) تقسیم بندی کرده است (۱۰ و ۵). چشمه های آب گرم بررسی شده در مطالعه حاضر جزء چشمه های پر مصرف بوده و سالانه تعداد قابل توجهی از گردشگران و افراد محلی از آنها استفاده به عمل می آورند. نتایج مطالعه حاضر نشان داد که آرسنیک در تمامی نمونه های آبگرم بررسی شده همانند سایر مناطق دنیا وجود دارد و مقدار آن از ۶ تا $240 \mu\text{g/l}$ متفاوت می باشد. به عبارت دیگر در مقایسه با استاندارد آب آشامیدنی، مقدار آرسنیک برخی از نمونه های 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 می دهد. در منطقه مورد مطالعه، عامل اصلی وجود آرسنیک در آبهای گرم، منبع طبیعی فعالیتهای زمین گرمایی می باشد. در مقایسه با نتایج مطالعات منتشر شده در دنیا به ویژه در خصوص ایالات متحده، مشخص می گردد که مقادیر اندازه گیری شده آرسنیک در مطالعه حاضر به طور معنی داری پایین تر از سایر مناطق دنیا می باشد. دلایلی که می توان برای این تفاوت در نظر گرفت می تواند ناشی از ساختار زمین شناسی و یا عمل رقیق سازی باشد. به عبارت دیگر ساختار زمین شناسی منطقه مورد مطالعه به گونه ای است که مقدار آرسنیک کمتری را وارد آب می نماید. با این حال، علت دوم بیشتر می تواند مد نظر قرار گیرد که علاوه بر مقدار آرسنیک به مقادیر سایر آنیون ها و کاتیون ها نیز تاثیر گذاشته است. در چشمه های 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 پایین تری دارد مخلوط می گردد. از این رو در صورتیکه مقدار آرسنیک آب مکمل پایین باشد، غلظت آرسنیک در مخلوط آب گرم مورد استفاده کمتر خواهد بود. در مطالعه حاضر امکان نمونه گیری از چشمه آبگرم اصلی وجود نداشت و نمونه های آنالیز شده از استخر یا حوضی تهیه می شد که افراد از آن برای شنا و شستشو استفاده می کردند که می تواند یکی از نقاط ضعف تحقیق حاضر در نظر گرفته شود. در مطالعه ای 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 چشمه های آبگرم استریمبوت نوادا نیز غلظت آرسنیک تا ۴۰ میکروگرم بر لیتر گزارش شده است (۹). همچنین تحقیقات نشان داده که غلظت های 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 می رود. با این حال، در کارخانه های ذوب فلزات از جمله مس و طلا و فعالیت های معدن کاری، مواجهه تنفسی با ذرات حاوی آرسنیک اهمیت بیشتری دارد بطوریکه، سرطان ریه در بین کارگران این صنایع شایع می باشد (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 می شود که از آن جمله می توان به غلظت آرسنیک در آب بر حسب میلی گرم در لیتر، دوز دریافتی روزانه بر حسب میکروگرم به ازای هر کیلوگرم وزن بدن یا دوز تجمعی سالانه اشاره نمود (۱۳ و ۱۴). با استفاده از این اندیس ها جذب آرسنیک از طریق آب و غذا و دفع آن از بدن در مطالعات مختلفی مورد توجه قرار گرفته است (۵). در خصوص مواجهه پوستی، اثرات مزمن آرسنیک هنوز بخوبی شناخته شده نیست (۱). ناراحتیهای پوستی در مطالعات اپیدمیولوژیکی متعدد جایکه مردم آبی با مقدار آرسنیک ۰/۰۱ تا ۰/۱ میلی گرم آرسنیک به ازای هر کیلوگرم وزن بدن در روز یا بیشتر از این مقدار مصرف می کنند مشاهده شده است (۱۶ و ۱۷). 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 ۰/۰۰۰۲۴ میکروگرم بازای هر سانتی متر مربع پوست، ۰/۶٪ بوده که در دوز بالا ۲/۱ میکروگرم بازای هر سانتی متر مربع به ۰/۲٪ 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 ۰/۲٪ در مدت ۲۴ ساعت مواجهه بوده است (۱). با توجه به موارد ذکر شده، انتظار نمی رود در دوزهای مواجهه ی 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 به طور متوسط یک یا دو بار استفاده می نمایند که در هر بار زمان مجاز شنا حداکثر ۲ ساعت می باشد. با این حال برای افراد بومی که مواجهه ی بیشتری می توانند داشته باشد موضوع قابل بررسی است. مقدار نظارتی (WHO/FAO) دریافت هفتگی قابل تحمل آرسنیک (PTWI) $2/1$ میکروگرم

نتیجه‌گیری

در حال حاضر مواجهه‌ی پوستی با آرسنیک از طریق آبهای گرم نمی‌تواند 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.

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 ژئوهیدروشیمیایی آنها تحقیقات مختلفی در دنیا انجام شده است (۲۰ و ۱۹). در تحقیق حاضر مشخص گردید که در مورد آرسنیک آبهای گرم بررسی شده احتمالاً 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.

References

- Henke Kevin R. *Arsenic Environmental Chemistry, Health Threats and Waste Treatment*; John Wiley & Sons, Ltd. 2009
- World Health Organization. *Arsenic and arsenic compounds Environment Health Criteria*. 2nd ed. Geneva. 2001.
- 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.
- 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*
- World Health Organization. *Exposure to arsenic: a major public health concern*; 2010.
- Smedley P, Kinniburgh 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
- 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
- Clesceri L, Greenberg A, Eaton A, *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. American Public Health Association, 1998.
- Mustapha A. *An overview of the application of principal component analysis and factor analysis (PCA/FA) in water resource management*. 2013
- 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.
- 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
- Richard J, Han H. *Safe water technology for arsenic removal*. Chapter 6, 2001: 1-22.
- 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
- 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
- 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

16. Saha 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