۲۳-۲۱ -اردیبهشت ۱۳۸۹
کرمانشاه-شرکت آب منطقه ای کرمانشاه
مجموعه مقالات نخستین کنفرانس ملی
پژوهشهای کاربردی منابع آب ایران
INCWR 2010

آلودگی آرسنیک در آبهای زیرزمینی و اثرات آن بر سلامتی انسان

صلاح الدین ابراهیم پور*
دانشجوی کارشناسی ارشد زمین شناسی محیط زیست، دانشگاه فردوسی مشهد
حسین محمد زاده
عضو هیات علمی گروه زمین شناسی دانشگاه فردوسی مشهد
ناصر ناصری
دانشجوی کارشناسی ارشد زمین شناسی محیط زیست، دانشگاه فردوسی مشهد

چکیده

تمام عناصر به صورت طبیعی با غلظت های گوناگون در محیط وجود دارند که در میان آنها عناصر سمی و خطرناک نیز دیده می شوند. این به این معناست که محیط های طبیعی در مقیاس جهانی تا حدودی به وسیله عناصر سمی آلوده هستند. یکی از مهم ترین خطراتی که اکوسیستم های طبیعی و انسانی را تهدید می کند آلودگی منابع آب وخاک توسط فلزات سنگین و سمی است. آرسنیک (As) با عدد اتمی ۳۳ سومین عنصر گروه پنجم جدول تناوبی می باشد و از نظر فراوانی در پوسته بیستمین ودر داخل آب چهاردهمین و در بدن انسان دوازدهمین عنصر فراوان است.کشف آلودگی آب های زیرزمینی به عنصر آرسنیک As در کشورهای مختلف از جمله آرژانتین، شیلی،چین، بنگلادش، آمریکا، هندوستان،.. و اکنون در پاکستان و ایران نشان می دهد که این مسئله یک مشکل جهانی است و تمامی آبهایی که برای آشامیدن به کار می روند باید از نظر آرسنیک آزمایش شوند. آرسنیک در مناطقی که بیشتر از حد مجاز است باعث انواعی از سرطان ها شده است. در سالهای اخیر در ایران هم نتایج مطالعات پراکنده حاکی از این واقعیت است که آبهای زیرزمینی مناطق وسیعی از ایران آلوده به آرسنیک است . از جمله می توان به بخش هایی از استان های کردستان، آذربایجان غربی، آذربایجان شرقی، خراسان رضوی و سیستان و بلوچستان اشاره کرد. در این مقاله مناطقی از جهان و ایران که آب های زیرزمینی آن در معرض آلودگی آرسنیک است معرفی و انواعی از بیماریهای ناشی از این عنصر معرفی و همچنین به راهکار ها و روش حذف آن اشاره شده اند.

واژگان کلیدی: آرسنیک(As) ،آب های زیرزمینی، آلودگی، بیماری

* Sallahadin.e @gmail.com

مقدمه

تمام عناصر به صورت طبیعی با غلظت های گوناگون در محیط وجود دارند که در میان آنها عناصر سمی و خطرناک نیز دیده می شوند. این به این معناست که محیط های طبیعی در مقیاس جهانی تا حدودی به وسیله عناصر سمی آلوده هستند که شناسایی اثرات زیست محیطی این عناصر در محیط نیازمند روش های دقیق وتجزیه ی شیمیایی می باشد (رزازی و همکاران ،۱۳۸۸). آلودگی های عنصری می تواند منشاء طبیعی و غیر طبیعی داشته باشند. که هر دو باید مورد مطالعه قرار گیرند. مطالعه ی آلودگی هایی که منشا طبیعی دارند از این نظر قابل توجه اند که اگر در سطح قرار داشته باشند باعث آلوده کردن خاک، آب و هوا می شوند و در نهایت محیط زیست و اکوسیستم را دچارمشکل می کنند. یکی از مهم ترین خطراتی که اکوسیستم های طبیعی و انسانی را تهدید می کند آلودگی منابع آب وخاک توسط فلزات سنگین و سمی است که وجود آنها سبب ایجاد تغییرات بنیادی در اکوسیستم ها و با ورود به چرخه ی زیستی می تواند اثرات مخرب زیست محیطی را به دنبال داشته باشد.

آرسنیک (As) با عدد اتمی ۳۳ سومین عنصر گروه پنجم جدول تناوبی می باشد و از نظر فراوانی در پوسته بیستمین ودر داخل آب چهاردهمین و در بدن انسان دوازدهمین عنصر فراوان می باشد (Mandal and Suzuki, 2002). نام آن از کلمه ی یونانی Arsenikon گرفته شده است (Cutter, 1992). غلظت As در داخل پوسته ی زمین متفاوت و مقدار آن $mgkg^{-1}$ ۰/۵- ۲/۵ است. سنگ هایی که کانی سولفیدی، رسی و فسفاته زیاد داشته باشند تمرکزAs آنها بالا می باشد.

As ماده ای شکننده و با جرم اتمی ۷۴/۹ و وزن مخصوص ۵/۷۳ و نقطه ذوب ۸۱۷ درجه می باشد. درمحیط با ظرفیت های(۵+،۳+،۳-،۰) دیده می شود (Gutter, 1992). این عنصر یک ماده ی تجمعی، و باز دارنده ی تعدادی از آنزیم ها می باشد (مختاری و همکاران۱۳۸۷). As درمحیط به صورت ترکیبات اسیدآرسنوس، اسید آرسنیک، آرسنیت، آرسنات، متیل آرسنیک اسید و دی متیل آرسنیک دیده می شود. As به صورت آلی هم دیده می شود که به آن آرسنوبتائین گویند که بیشتر در بدن جانوران دریایی ذخیره می شود. در داخل آب فرم غیر آلی As فراوانتر و خطرناک تر می باشد (bodek et al., 1998). بیشترین فراوانی آرسنیک در *pH* های ۶/۵ تا ۸/۵ بوده و در هر دو شرایط اکسیدی و احیایی دیده می شوند (ATSDR, 2005). بیشترین مقدار آرسنیک داخل آب از آزاد شدن آرسنیک سنگها و رسوبات است.

از نظر مقدار آرسنیک کانی های سولفیدی در رده ی اول می باشند (Ahuja, 2008). مقدار آرسنیک در داخل سنگ های آذرین متفاوت می باشد ولی میانگین آن $mgkg^{-1}$ ۵ می باشد. مقدار آن در سنگ های دگرگونی و رسوبی بستگی به نوع سنگ منشاء دارد. میانگین آرسنیک در سنگ های دگرگونی در حدود $mgkg^{-1}$۶ می باشد (Brian et al., 1998). و در سنگ های رسوبی بین $mgkg^{-1}$ ۵ -۱۰می باشد خصوصا شیل ها و زغال ها مقدار زیادی آرسنیک دارند.

آرسنیک در آبهای زیرزمینی

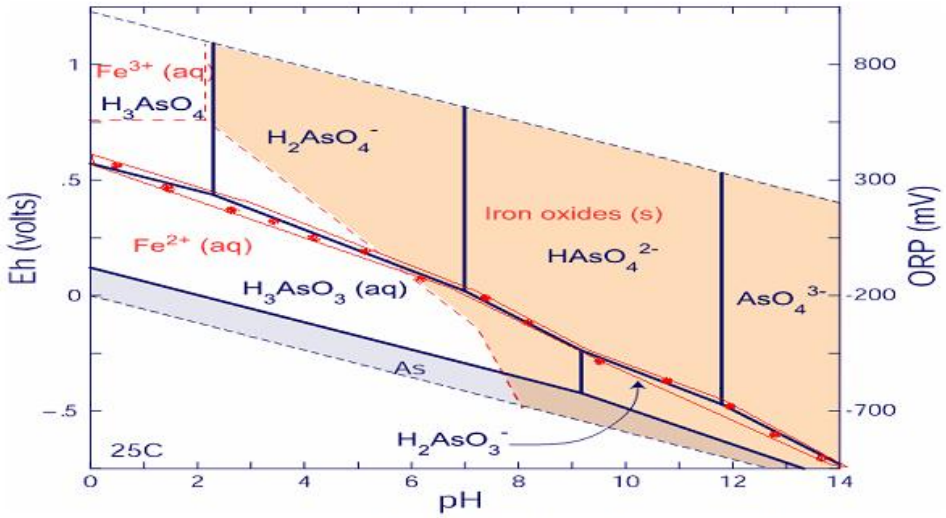
آلودگی آب ها به وسیله As با منشاء طبیعی در بیش از ۷۰ کشور دنیا گزارش شده است که در حدود ۱۵۰ میلیون نفر فقط در جنوب غرب آسیا در معرض آلودگی شدید آب به وسیله As هستند (Ravenscroft et al., 2009). As در داخل آب خطر بزرگی برای انسان محسوب می شود (Lubin et al., 2007). چرا که از بین نمی رود بلکه از یک فرمی به فرم دیگر تبدیل می شود. سفره ها اغلب مقدار زیادی مواد را در خود حل می کنند. در نتیجه آب های زیرزمینی به طور طبیعی آسیب پذیر می باشند. آرسنیک به راحتی در داخل آب حل می شود. و نسبت به عناصر دیگر بسیار متحرک تر می باشد. آب های و سطحی زیرزمینی مناسب ترین شرایط را برای جابه جایی و حرکت آرسنیک دارند. اگر سازند در برگیرنده ی سفره، دارای آرسنیک باشد به راحتی باعث آلودگیآب های زیرزمینی می گردد. مقدار آرسنیک در داخل آب های زیرزمینی بیشتر کشورها کمتر از μgl^{-1} ۱۰ می باشد و با توجه به تحقیقات انجام شده در سطح جهانی، بین μgl^{-1} ۵۰۰-/۵ تغییر می کند (Smadley and kinniburgh 2002) .

بیشتر آب ها دارای As با ظرفیت های (۳+ و ۵ +) می باشند. آرسنیک ظرفیت ۳- هم در شرایط بسیار احیایی می باشد ولی با فراوانی دیده می شود که بسیار سمی است (Soner and Sema, 2000). آرسنیک As^{+3} هم سمی تر از As^{+5} می باشد ولی از همه سمی تر گاز آرسن است. آب ها در شرایط احیایی دارای As^{+3} ودر شرایط اکسیدی دارای As^{+5} می باشند (Smadley and kinniburgh, 2002). دو فرم غالب در داخل آب های سطحی و زیرزمینی آرسنات (AsO_4^{-3}) و آرسنیت(AsO_3^{-3})که آرسنات دارای As^{+5} و آرسنیت دارای As^{+3} می باشند. که هر دو برای انسان و حیوان سمی می باشند و از طرف سازمان بهداشت جهانی (WHO) و حفاظت محیط زیست آمریکا (EPA)، سرطان زا شناخته شده اند. فرم هایی که As^{+5} در آب ایجاد می کند عبارت اند از: AsO_4^{-3}، $HAsO_4^{-2}$، H_2AsO^{-4} و As^{+3}هم فرم های $As(OH)$، $As(OH)^{-4}$، AsO_3^{-3} , $AsO_2,(OH)^{-2}$ را تشکیل می دهد.

آرسنیک محلول در آب های زیرزمینی در فصل های مختلف متفاوت می باشد به عواملی از قبیل دما، $Eh-pH$ ، سطح ایستابی، جنس و در نتیجه سازند های در برگیرنده ی بستگی دارد. در Eh و pH های مختلف فرم های مختلف آرسنیک دیده می شوند که در شکل نشان داده شده است.

از آنجا که در داخل سفره های مختلف آرسنیک با فرم و ظرفیت های مختلفی دیده می شود برای از بین بردن یا کاهش آن باید راه های گوناگونی انتخاب کرد و باید توجه داشت که هر فرم آرسنیک یک درجه سمیت دارا می باشد (Ahuja, 2008). اگر در داخل آب به جز آنیون های آرسنیک دار، آنیون های دیگری هم وجود داشته باشند برای جذب رقابت می کنند و حذف As سخت تر خواهد شد (بهمنی، ۱۳۸۸).

از نظر توزیع جغرافیایی سفره های آلوده به As دنیا را به چهار دسته تقسیم می کنند که عبارتند ازحوضه های آبرفت و دلتا ها (بنگلادش، هند، نپال، تایوان، چین، ویتنام، مجارستان)؛ حوضه های بسته مناطق خشک و نیمه خشک (مکزیک، آرژانتین، آمریکا)؛ معدن کاری در مناطقی که حاوی کانی های سولفیدی می باشد (آمریکا، چین، غنا)؛ منبع ژئوترمال در دنیا (شیلی، آمریکا،فرانسه، ژاپن).

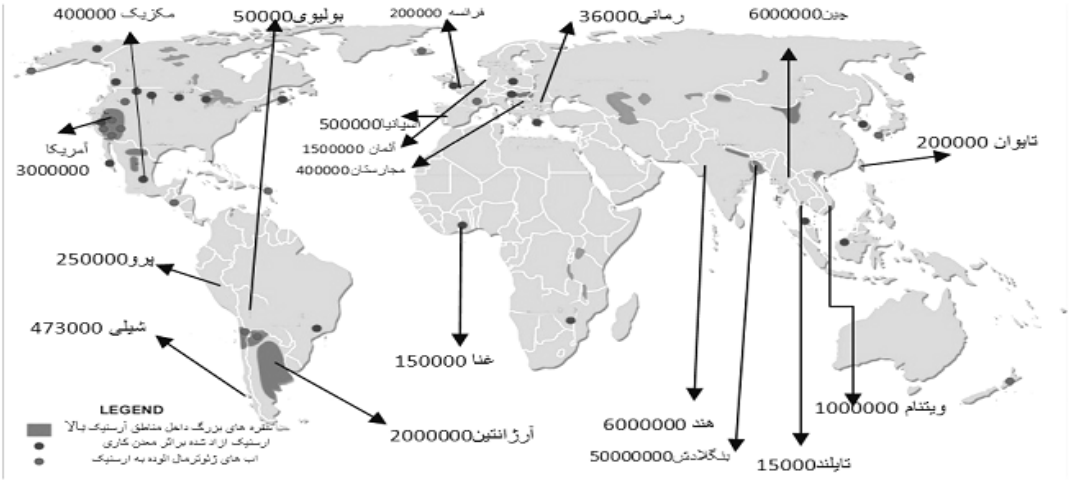


شکل ۱: پایداری گونه های مختلف ارسنیک بر حسب $Eh - pH$

مناطق آلوده ی جهان

کشورهای بنگلادش، آرژانتین، شیلی، چین، مجارستان، هندوستان، مکزیک، تایوان، ویتنام، آمریکا، رمانی، پاکستان، قسمت هایی از ایران و برخی نقاط دیگر جهان آلوده به آرسنیک می باشند. در شکل برخی از کشور های جهان را به همراه تعداد مردم در معرض آرسنیک زیاد را نشان می دهد. در این شکل همچنین مناطق آلوده با منشاهای ژئوترمال، معدن کاری و سفره هایی که به طور طبیعی دارای آرسنیک زیاد می باشند آمده است. بر طبق اعلام (EPA)، نزدیک ۳۵۰۰۰۰ نفر در آمریکا از آبی با غلظت ارسنیک بیش از μgl^{-1} ۵۰ و ۵۰ میلیون نفر از آبی با غلظت بیش از μgl^{-1} ۲۵ است استفاده می کنند.

در بنگلادش وهند هم بیش ۱۰۰ میلیون نفر در معرض آلودگی آرسنیک بیش از μgl^{-1} ۱۰ قرار دارند. بر طبق گزارش (WHO) بیش از ۵۰۰ میلیون نفردر دنیا از آبی استفاده می کنند که آرسنیک آن بیش از μgl^{-1} ۱۰ است. غلظت آرسنیک در ۹۰۰۰۰ نمونه ی آب آنالیز شده در غرب بنگال(هند)، نشان می دهد که ۳۴ درصد نمونه ها دارای آرسنیک بالاتر از حد استاندارد آن کشور (μgl^{-1} ۵۰) و ۵۵ درصد نمونه ها دارای آرسنیک بالا تر از حد استاندارد WHO (μgl^{-1} ۱۰) می باشند (Chakaraborte et al., 2001). از ۲۷۰۰۰ نمونه ی آب آنالیز شده در بنگلادش هم ۵۹ درصد آنها بیش از حد استاندارد آن کشور(μgl^{-1} ۵۰) As دارند . در آمریکا از آنالیز ۱۷۰۰۰ نمونه ی آب درحدود ۴۰ درصد بیش از μgl^{-1} ۱ و در حدود ۵ درصد هم بیش از μgl^{-1} ۲۰ آرسنیک دارند (Welch et al., 2000).



شکل۲: در این شکل تعداد مردم در معرض آرسنیک زیاد در تعدادی از کشور های جهان نشان داده شده است . همچنین مناطق آلوده با منشا ء های ژئوترمال، معدن کاری و سفره هایی که به طور طبیعی دارای آرسنیک زیاد آمده است.

مناطق آلوده ایران

در ایران هم مناطق مختلفی **که** آلوده به آرسنیک هستند و تمرکز آرسنیک در داخل آب و سازند های مختلف بیشتر از حد نرمال بوده گزارش شده است. آلودگی سفره های ایران اغلب از نوع آلودگی با منشاء طبیعی بوده اند و از مهمترین مناطق گزارش شده می توان به قسمت هایی از استان های آذربایجان غربی درتکاب، آذربایجان شرقی در هشترود (مسافری و همکاران، ۱۳۸۷) استان کردستان درقروه و بیجار (Mosafri et al., 2008)، استان خراسان رضوی در کاشمر (پرورش و همکاران،۱۳۸۶)، سیستان و بلوچستان در خاش (احمدی و همکاران، ۱۳۸۶) و استان فارس سفره های اطراف دریاچه ی مهارلو (بهمنی و رئیسی ، ۱۳۸۸) اشاره کرد. . شکل(۳)

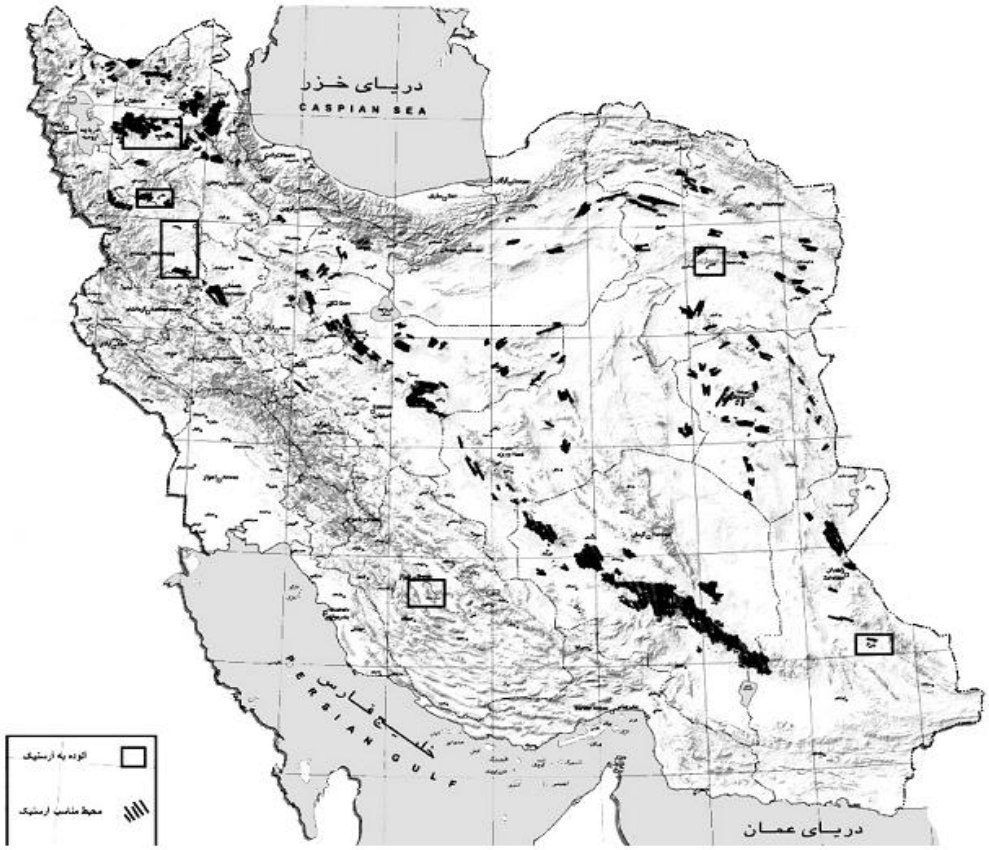
دلیل بیماری زا بودن آرسنیک

آرسنیک با ظرفیت (۳+) که آرسنیت ها را می سازد وقتی که با گروه های سولفیدی موجود در پروتئین ها وآنزیم ها واکنش می دهد می تواند بسیار سمی باشد (Gebel, 2000; Graeme and Pollack, 1998). و همچنین به طور مدادم با اکسیژن داخل سلول واکنش داده و سلول را تخریب می کند (Ahmad et al., 2000; Wang et al., 1996; Chen et al., 1998; Nies, 1999). آرسنیک در داخل سلول ها باعث تغییر شکل

ژن ها و در نهایت شکل (DNA) را تغییر می دهد (Powis et al., 2000). آرسنیت در داخل بدن باعث اختلال در فعالیت بیش از ۲۰۰ آنزیم مهم می شود (Abernathy et al., 1999). یکی دیگر از ترکیبات آرسنیک، آرسنات می باشد و از آنجا که ساختار آرسنات بسیار شبیه فسفر می باشد جانشین فسفر موجود در ترکیب فسفات بدن می شود و یکی از جاهایی که جانشین فسفر می شود استخوان ها است (Arena and Drew, 1986).

جدول(۱) ۱ آمده است بیشترین آلودگی در روستای قوپوز واقع در هشترود با غلظت بالا تر از ۵۰۰ µgl-1 و نزدیک به ۲۰۰۰ µgl-1 که تقریبا ۴۰ برابر استاندارد ایران (۵۰µgl-1) گزارش شده است (مسافری و همکاران ، ۱۳۸۷). در بررسی های انجام گرفته در شهرستان هشترود معلوم شده که آب آشامیدنی ۵۰ روستا آلوده به آرسنیک می باشند که ۹ روستا مقدار آن آب بیشتر از استاندارد ایران (۵۰µgl-1) بوده و در مجموع ۱۱۰۸۷ نفر در هنگام تحقیق یعنی۲۱/۹۶% از جمعیت روستا های این شهرستان در معرض مواجه با غلظت های زیاد آرسنیک بوده اند (مسافری و همکاران، ۱۳۸۷).

همچنین در مطالعاتی که صورت گرفته نشاندهنده آلودگی آب منطقه چلپو واقع در ۶۵ کیلومتری شمال کاشمر در استان خراسان رضوی به آرسنیک است، منشا این آلودگی هوازدگی و تغییرات حاصل در کانی های سولفیدی حاوی آرسنیک رالگار و اورپیمنت در منطقه می باشد (بابایی و همکاران، ۱۳۸۶). مقدار آرسنیک $37\mu gl^{-1}$ تا۳۷۶ اندازه گیری شده است (بابایی و همکاران، ۱۳۸۶). آب های آشامیدنی محمود آباد، چلپو، کلاته چوبک، قنات تولا، ریوش و چاه علی آباد در شهرستان کاشمر آلوده به آرسنیک هستند. در این مناطق مردم به دلیل کمبود آب بیشتر از آب زیرزمینی استفاده می کنند. علاوه بر آرسنیک، در آب این مناطق جیوه هم بیشتر از حد مجاز می باشد. طبق تحقیقی که بر روی ۷۱۰ نفر از اهالی هشت روستای کردستان در شهرستان قروه انجام شده حدود ۷۰ نفر با مشکلات پوستی ناشی از آب آرسنیک دار مواجه هستند (Mosafri et al., 2008).



شکل (۱): مستطیل ها مناطق شناسایی شده ی آلوده به آرسنیک و قسمت های هاشور زده شده مناطق دارای پتانسیل وجود آرسنیک را نشان می دهند. (به نقل از سازمان زمین شناسی کشور)

دلیل بیماری زا بودن آرسنیک

آرسنیک با ظرفیت (۳+) که آرسنیت ها را می سازد وقتی که با گروه های سولفیدی موجود در پروتئین ها وآنزیم ها واکنش می دهد می تواند بسیار سمی باشد (Gebel, 2000; Graeme and Pollack, 1998). و همچنین به طور مدادم با اکسیژن داخل سلول واکنش داده و سلول را تخریب می کند (Ahmad et al., 2000; Wang et al., 1996; Chen et al., 1998; Nies, 1999). آرسنیک در داخل سلول ها باعث تغییر شکل ژن ها و در نهایت شکل (DNA) را تغییر می دهد (Powis et al., 2000). آرسنیت در داخل بدن باعث اختلال در فعالیت بیش از ۲۰۰ آنزیم مهم می شود (Abernathy et al., 1999). یکی دیگر از ترکیبات آرسنیک، آرسنات می باشد و از آنجا که ساختار آرسنات بسیار شبیه فسفر می باشد جانشین فسفر موجود در ترکیب فسفات بدن می شود و یکی از جاهایی که جانشین فسفر می شود استخوان ها است (Arena and Drew, 1986).

جدول(۱): تعدادی از روستاهای آلوده کشور

نام روستا	استان-شهرستان	مقدار آرسنیک (میکروگرم برلیتر)	منبع
قوپوز	آذربایجان شرقی-هشترود	۱۵۰۰	مسافری ۱۳۸۷
آغچه کندی	آذربایجان شرقی-هشترود	۳۵۳	مسافری ۱۳۸۷
قیزلو	آذربایجان شرقی-هشترود	۲۰۰	مسافری ۱۳۸۷
نظر کهریزی	آذربایجان شرقی-هشترود	۱۸۱	مسافری ۱۳۸۷
ذولبین	آذربایجان شرقی-هشترود	۳۰۳	مسافری ۱۳۸۷
گندک	کردستان- بیجار	۴۹۰	Mosafri2008
باشوکی	کردستان- بیجار	۱۹۲	Mosafri2008
بابانظر	کردستان- بیجار	۲۰۲	Mosafri2008
قشلاق لو	کردستان- بیجار	۱۰۰	Mosafri2008
قشلاق نوروز	کردستان- بیجار	۱۰۵	Mosafri2008
ابراهیم آباد	کردستان- بیجار	۱۳۵	Mosafri2008
اکبر آباد	سیستان وبلوچستان-خاش	۸۴۰	احمدی ۱۳۸۸
ناصری	سیستان وبلوچستان-خاش	۱۵	احمدی ۱۳۸۸
بیت آباد	سیستان وبلوچستان-خاش	۱۰۳	احمدی ۱۳۸۸

آرسنات به راحتی در داخل سلول هیدرولیز می شود و بعد از مدتی فسفات لازم برای تبدیل آدنوزین دی فسفات (ADP) به آدنوزین تری فسفات (ATP) که انرژی رایج داخل سلول است وجود ندارد و بعد از مدتی سلول خالی از انرژی خواهد شد و باعث مرگ سلول می شود (Winship, 1984). یکی دیگر از ترکیباتی که آرسنیک ایجاد می کند گاز آرسن می باشد که سمی ترین ترکیب آرسنیک است (Leonard, 1991) که باعث از بین بردن گلوبول های قرمز خون و در نهایت فرد دچار کم خونی می شود (Fowler, 1977). همچنین اثر آن بر روی آنزیم ها و پروتئین ها هم دیده شده است. آرسنیک گاهی باعث جلوگیری از فعالیت DNA شده و این بدن را برای ایجاد سرطان های گوناگون آماده می کند (Brochmoller et al., 2000). همچنین بر روی سلول ها ی دفاعی بدن (سلول های T) اثر و باعث ضعیف شدن بدن در برابر بیماری ها می شود.

اثرات آرسنیک بر سلامتی انسان و سایر موجودات

با افزایش جمعیت امروزه آب زیرزمینی اصلی ترین منبع آب آشامیدن در سطح جهانی می باشد و اگر مواظب نباشیم این عنصر می تواند جوامع زیادی را تهدید کند. فعالیت های انسانی، بیولوژیکی، واکنش های

ژئوشیمیایی نقش مهمی در آزاد کردن آرسنیک به داخل آب دارند. در مناطقی که حتی غلظت آرسنیک زیاد نباشد ولی به دلیل اینکه ساکنین منطقه برای مدت زیادی در معرض این ماده هستند دچار مشکلات و انواع بیماری می شوند. برای مثال در روستا های کردستان غلظت آرسنیک در آب بعضی از روستا ها کمتر از روستا های دیگر می باشد. ولی به دلیل اینکه ساکنین آنها مدت بیشتری در معرض آن بوده اند بیشتر دچار بیماری شده اند (Mosafri et al., 2008).

مطالعات اپیدمولوژیکی زیادی در مورد اثرات آرسنیک بر روی انسان انجام شده است. مطالعات نشان می دهد که آرسنیک چه خورده شود و چه تنفس و یا با پوست تماس پیدا کند باعث مشکلات زیادی می شود (Ferreccio et al., 1996). طبیعی است بیشترین تاثیر را مردم محلی که آب های مناطق آنها آلوده اند می گذارد (Liu et al., 2002). اگر مقدار آرسنیک موجود در داخل آب بیشتر از μgl^{-1} ۵۰ باشد خطر ابتلا به سرطان از هر ۱۰۰ نفر، یک نفر می باشد (Morales et al., 2000). اغلب اثرات خود را روی قسمت هایی از بدن که وارد آن یا در آن ذخیره می شود می گذارد از جمله می توان به سیستم گوارشی، سیستم گردش خون، کبد، ریه، قلب، کلیه ها و پوست اشاره کرد (Squibb and Fowler, 1983). از میان قسمت هایی از بدن که گفته شد بیشترین اثر را روی پوست افراد در معرض آرسنیک می گذارد. و یکی از اولین اثرات سمی آن که شناخته شده اثر بر روی پوست بوده که پزشکان ۱۸۰۰ سال پیش آن را ثبت کرده اند (Schwartz, 1997). از بیماری هایی که بر روی پوست ایجاد می کند می توان به شاخی شدن ، ایجاد لکه های سیاه، ریزش موی روی پوست و ایجاد تومور های سرطانی بر روی پوست اشاره کرد. در شکل ۴ تومور های سرطانی ناشی از آرسنیک بر روی پوست را نشان می دهد. تومور های سرطانی می توانند در تمام سطح بدن بوجود آیند ولی بیشتر در قسمت هایی از بدن که نور به آن برخورد نمی کند بیشتر دیده می شوند. در شکل ۴ لکه های سیاه را که بر اثر مصرف زیاد آرسنیک در کف دست بوجود آمده را نشان می دهد.

در جنوب تایوان که آلوده به این ماده می باشد نرخ بیماری های شاخی شدن پوست و لکه دار شدن پوست به ترتیب برابر۷٪ و۱۸٪ می باشد که این بیماری ها بعد از ۳ تا۳۰ سال در معرض آرسنیک نمایان می شوند (Maloney, 1996). در کبد هم می تواند مشکل ایجاد کند از جمله می توان به سرطان کبد اشاره کرد در بنگال غربی(هند) ۷۰٪ افرادی که بیماری کبدی دارند آب آلوده به آرسنیک را مصرف می کنند (Kevin, 2009). آرسنیک سمی باعث آسیب رساندن به نرون های عصبی می شود و این خود باعث اختلالات روانی در فرد شده که این بیماری در بین کارگران ذوب فلزات آرسنیک دار و کودکان کشورهای آلوده مانند بنگلادش و تایوان زیاد دیده می شود (Wasserman et al., 2004).

شکل۴: سرطان پوست بر اثر در معرض قرار گرفتن آرسنیک (چپ) ولکه های سیاه بر روی کف دست(راست)

اگر افراد به مدت طولانی در معرض آرسنیک قرار گیرند مبتلا به بیماری فشار خون می شوند (Chen et al., 2007). در مناطق آلوده به آرسنیک، افرادی که فشار خون دارند ۶ برابر مناطق دیگر است (Kwok et al., 2007). در صورتی که در زمان بارداری مادر آلوده به این ماده باشد این ماده همراه خون از طریق جفت وارد بدن جنین و بر روی رشد آن اثر می گذارد (Vahter, 2008; Wang et al 2006)، و باعث نقصان نوزاد یا در آینده باعث اختلالات روانی در زمان نوجوانی در فرزند می شود (Rodriguez et al., 2002). بیماری ارسنیکوزیس بیماری دیگر است که در اثر مسومیت شدید با آرسنیک ایجاد می شود. این بیماری باعث اختلال گردش خون در دست و پا شده که نتیجه ی آن قانقاریای دردناک است و در اکثر موارد منجر به قطع عضو می شود.

اگر انسان در سنین خیلی کم به مدت زیاد درمعرض آن قرار گیرد باعث پایین آمدن بهره هوشی می گردد. دلیل اصلی اینکه آرسنیک باعث بیماری می شود این است که اگر به صورت آرسنات وارد بدن شود به دلیل شباهت خیلی نزدیک آن به ترکیبات فسفات دار در داخل سلول به جای فسفات موجود در ترکیب آدنوزین تری فسفات ATP قرار می گیرد و از تولید انرژی در داخل سلول جلوگیری می کند. و اگر آرسنیک به صورت آرسنیت وارد بدن شود به دلیل تمایل قوی بر روی آنزیم ها، اثر می گذارد (Ahuja, 2008). درکشور بنگلادش در سال ۲۰۰۰ تحقیقی که انجام شد نشان داد ۲۰۰-۲۷۰ هزار نفر بر اثر سرطان های ناشی از مصارف آب چاه های آرسنیک دار جان خود را از دست داده اند. علائم و نشانه های ناشی از آرسنیک در بین گروه های مختلف مردم ومناطق مختلف متفاوت می باشد وگفتن نشانه های کلی As مشکل است. چون در هر منطقه ترکیبات خاصی از آرسنیک وجود دارد. تنفس در مکان هایی که آرسنیک زیاد است باعث زخم در گلو وسوزش وخراش در شش ها، سرطان شش ها، نارحتی های تنفسی و اگر مقدار آرسنیک غذای مصرفی زیاد باشد باعث مرگ می شود. حتی اگر مقدار مصرفی روزانه ی آرسنیک آن که از طریق دهان وارد بدن می شود کم باشد باعث ایجاد میخچه و زگیل در دست و پا، لکه های سیاه روی پوست، شاخی شدن پوست، غیر نرمال کردن تپش قلب، کاهش ایجاد گلوبول های سفید وقرمز خون می گردد. آغشته شدن پوست به آرسنیک باعث تورم وقرمزی پوست می گردد. همچنین آرسنیک به صورت ترکیبات اسیدی باعث ناراحتی روده و معده می شود. به طورکلی آرسنیک یک عنصر سرطان زا است که باعث ایجاد سرطان های شش ها، مثانه، پوست، جگر وکبد می دگردد.

مطالعات آزمایشگاهی اثرات آرسنیک بر روی موجودات زنده را ثابت و نتایج حاصل منجر به نگرش جدیدی نسبت به آرسنیک شده است (ATDSR,1998). مطالعات انجام گرفته بر روی موش ها نشان داد نه تنها آرسنیک بر روی موش ها تاثیر می گذارد بلکه باعث تغییر ژنتیک آنها می شود (Ng et al., 1998 ; Ng et al., 2001). اختلالات زیادی در بدن موش هایی که در معرض آرسنیک قرار گرفتند بوجود آمد از جمله زیاد شدن تومورهای وخیمی در بدن آنها بخصوص در شش های آنها دیده شد. حتی در موش هایی که در مکان های آلوده به طور آزاد زندگی می کردند اثراتی دیده شده است.

روش های حذف یا کاهش آرسنیک

شناسایی آب های آلوده به آرسنیک مشکل ولی حل و برطرف کردن آن مشکلی پیچیده تری می باشد. بخصوص در کشورهایی که وسعت زیادی از آن ها آلوده به آرسنیک هستند و باید آب آشامیدنی که آرسنیک کم دارند را برای مردم فراهم نمایند. کشورهای مختلف با توجه به اقتصاد خود از روش های مختلفی استفاده می کنند که از جمله می توان به روش های زیر اشاره کرد: الف) شناسایی و استفاده ازمنبع آب های جایگزین با غلظت آرسنیک پایین؛ (مثل: جمع آوری آب باران؛ آوردن آب از مکان دیگر؛ و یا استفاده از لایه های آب دار با غلظت کم آرسنیک ؛ حذف وتصفیه آرسنیک از آب، که هم در آزمایشگاه و هم در سر زمین جواب داده است. بیشترین روش های حذف به وسیله ی فرایند های فیزیکوشیمیایی صورت می گیرد وتکنولوژی هایی که برای تصفیه ی آرسنیک به کار می روند عبارت اند از: ایجاد شرایط کاملا اکسیدی؛ روش های جذب؛ روش های حذف بیولوژیکی؛ روش های اسمز یا غشایی؛ و روشهای حذف بیولوژیکی.

نتیجه گیری

آرسنیک عنصری طبیعی است که در همه جای زمین حضور دارد و در محیط پخش می باشد. آب کشورهای زیادی در دنیا آلوده به این عنصر می باشد در حال حاضر میلیون ها نفر در کشورهای مختلف در معرض خطرات این عنصر می باشند. مناطقی از کشور ایران هم با توجه به گزارشات آلوده و مقدار آرسنیک آن بیشتر از حد مجاز می باشد. که می توان به هشترود در آذربایجان شرقی و قروه و بیجار در کردستان اشاره کرد. آرسنیک As^{+3} سمی تر از As^{+5} می باشد ولی از همه سمی تر گاز آرسن است.. این ماده ی سمی می تواند با گروه های مختلفی از پروتئین ها و آنزیم ها واکنش دهد. آرسنیک یک عنصر سرطان زا و خوردن، استنشاق وتماس با آن باعث ایجاد اختلالاتی در بدن می شود. روش های زیادی برای حذف آرسنیک وجود دارد که می توان روش اسمز یا غشایی، روش های جذب و پالایش گیاهی را نام برد.

باتوجه به اینکه بعضی از مناطق کشور بخصوص غرب کشور آلوده به آرسنیک می باشند بایستی دولتمردان و محققین بر روی این موضوع توجه ویژه نمایند. بایستی ضمن شناسایی آب های آلوده و تهیه ی نقشه های پهنه بندی آلودگی As در مناطق مختلف ایران (با استفاده از GIS)، در جهت تامین آب شرب سالم از

طریق تصفیه ی آب های آلوده و یا منابع جایگزین اقدام نمایند. شناسایی و درمان افرادی که به علت استفاده از آب حاوی آرسنیک دچار مشکل شده اند ضروری و ایجاد یک بانک اطلاعاتی در این رابطه لازم می باشد.

منابع

احمدی، ع.، اژدری مقدم، م. و فیروزکوهی، ز.، (۱۳۸۸). ژئوشیمی آرسنیک و گوگرد در دشت خاش، نخستین کنفرانس سراسری آب های زیرزمینی دانشگاه آزاد اسلامی بهبهان.صفحات ۲۰-۲۵

بابایی،ی.، قاسم زاده، ف. و مقدم، م.، (۱۳۸۶). حذف آرسنیک از آب توسط جلبک کارا،علوم تکنولوژی و محیط زیست ، دوره ۹، شماره ی ۲،صفحات۱۲-۱۸.

بهمنی، ف.، و رئیسی، ع.، (۱۳۸۸). تعیین آلودگی و مکانیزم انتقال آرسنیک در آبخوان مجاور مهارلو، مجموعه مقالات ششمین کنفرانس زمین شناسی مهندسی و محیط زیست، صفحات ۱۱۵۹-۱۱۸۵ .

پرورش، م.، شهری، ح.، سعادت، س. و کاظمی، غ .، (۱۳۸۶). بررسی آلاینده فلزی و شبه فلزی در آب کوهسرخ کاشمر، یازدهمین همایش انجمن زمین شناسی ایران، صفحات۳۱۱۶-۳۱۶۱

رزازی، خ.، مهرابی، ب. وپیروان، ح.، (۱۳۸۸). بررسی منابع آلاینده ی آرسنیک در محدوده ی بالادست سد سهند، مجموعه مقالات ششمین کنفرانس زمین شناسی مهندسی و محیط زیست، صفحات ۱۲۱۷-۱۲۲۷ .

مسافری ، م.، تقی پور، ح.، حسینی، ا.، برقعی، م.، کرد آباد، ز. وقدیر زاده، ا.، (۱۳۷۸) . بررسی میزان آرسنیک در منابع آب شرب: یک مطالعه ی موردی، مجله سلامت و محیط، فصلنامه ی علمی پژوهشی انجمن علمی بهداشت محیط ایران، دوره ی اول، شماره ی اول، پاییز۱۳۸۷، صفحات ۱۹ تا ۲۸ .

Abernathy, C., Lui, Y., Longfellow, D., Aposhian, H., Beck, B., Fowler, B., (1999)." Arsenic Health effects, mechanisms of actions and research issues". Environ Health Perspect;107:593– 7.

Ahmad, S., Kitchin, K., Cullen, W., (2000)." Arsenic species that cause release of iron from ferritin and generation of activated oxygen". Arch Biochem Biophys;382:195– 202.

Ahuja, F., (2008). "Arsenic contamination of groundwater". John Wily,382 page

Arena, J., Drew, R., (1986). "Poisoning: toxicology, symptoms, treatments". Fifth Edition. Springfield, IL7 Charles C. Thomas; [1128 pp.].

ATSDR (2005)."Toxicology profile series arsenic ،"http://www.atsdr.cdc.gov/ToxProfiles/.

ATSDR, (1998). "Toxicological profile for arsenic (update) draftdocument for public comment",. US Department of Health &Human Services, Public Health Service, Agency for ToxicSubstances and Disease Registry.

Bodek, L., Lyman, W.J., Reehl, W.F., Rosenblatt, D.H., (1998)." Environmental inorganic chemistry: Properties, processes and estimation methods". Pergamon Press, USA.

Brian, j., José, A., Robert, B.,(2004)." Essentials of medical geology impacts of the natural environment on public health". Elsevier Academic Press publications, 826 page.

Brochmoller, J., Cascorbi, I., Henning, S., Meisel, C., (2000). "Molecular genetics of cancer susceptibility". Pharmacology 61:212– 27.

Chakraborti, D., Basu, G. K., Biswas, B. K., Chowdhury,U. K., Rahman, M. M., Paul, **K., Chowdhury, T. R.,Chanda, C. R., Lodh, D., and Ray, S. L., (2001).** "Characterization of arsenic-bearing sediments in the Gangetic delta of west Bengal, India". In Arsenic Exposure and HealthEffects IV, (W. R. Chappell, C. O. Abernathy, and R. L.Calderon, Eds.), Elsevier, Amsterdam, 27–52.

Chen, C., Wang, S., Chiou, J., (2007) ."Arsenic and diabetes and hypertension in human populations: A review". Toxicology and Applied Pharmacology, 222(3), 298–304.

Chen, Y., Lin-Shiau, S., Lin, J., (1998)." Involvement of reactive oxygen species and caspase 3 activation in arsenite-induced apoptosis". J Cell Physiol177:324– 33.
Cutter, G.A., (1992)." Kinetic controls on metalloid speciation in sea water",. Marine Chem., 40 65–80
Ferreccio, C., Gonzalez, C., Solari, J., Noder, C., (1996)." Bronchopulmonary cancer in workers exposed to arsenic: a case control study". Reviews in Medicine [in Chil] 124, 119–123.
Fowler, B., (1977). Toxicology of environmental arsenic. In: Goyer RA, Mehlman MA, editors. Advances in modern toxicology: II. Toxicology of trace elements". Washington, DC7 Hemisphere Publishing; p.79–122.
Gebel, T., (2000) Confounding variables in the environmental toxicology of arsenic".Toxicology;144:155–62.
Graeme, H., Pollack, J.,(1998)." Selected topics: toxicology: Part I Arsenic and mercury". J Emerg Med ;16:45– 56.
Kabata-Pendias, A., Pendias, H., (2000)."Trace elements in soils and plants" . CRC Press, Boca Raton, FL.
Kevin, H., (2009)."Arsenic environmental chemistry, health threats and waste treatment". John Wiley,(575 PP).
Leonard, A., (; 1991)."Metals and their compounds inthe environment". Weinheim7 VCH. p. 751– 72.
Liu, J., Zheng, B.S., Aposhian, H.V., Zhou, Y.S., Chen, M.L.,Zhang, A.H., Waalkes, M.P., (2002)." Chronic arsenic poisoningfrom burning high-arsenic-containing coal in Guizhou,China",. Environmental Health Perspectives 110, 119–122.
Lubin, J.H., Beane Freeman, L.E., Cantor, K.P., (2007)." Inorganic arsenic in drinkingwater: an evolving public health concern". J. Natl. Cancer Inst. 99, 906–907.
Maloney, M., (1996)." Arsenic in dermatology". Dermatologic Surgery, 22(3), 301–4.
Mandal B.K., Suzuki, K.T., (2002). "Arsenic round the world: a review". Talanta 58201–235.
Morales, K.H., Ryan, L., Kuo, T.L., Wu, M.M., Chen, C.J., (2000). "Risk of internal cancers from arsenic in drinking water". Environmental Health Perspectives 108, 655–661.
Mosafri,M., Yunesian,M., Dastgiri,S., Mesdaghinia,A., Esmailnasab,N., (2008)." Prevalence of skin leisons and exposure to arsenic in drinking water in Iran". journal of science of the total environment ,360 69-76
Ng, J.C., Johnson, D., Imray, P., Chiswell, B., Moore, M.,(1998)." Speciation of arsenic metabolites in the urine ofoccupational workers and experimental rats using anoptimised hydride cold-trapping method". Analyst 123,929–933.
Ng, J.C., Qi, L., Wang, J., Xiao, X., Shahin, M., Moore, M.R.,Prakash, A.S.,(2001)." Mutations in C57BI/6J and metallothioneinknock-out mice induced by chronic exposure tosodium arsenate in drinking water". In:Chappell, W.R.,Abernathy, C.O., Calderon, R.L. (Eds.), Arsenic Exposureand Health Effects. Elsevier, pp. 231–242.
Nies, D., (1999)." Microbial heavy metal resistance". Appl Microbiol Biotechnol;51:730– 50.
Powis, G., Mustacich, D., Coon, A., (2000)." The role of the redox protein thioredoxin in cell growth and cancer". Free Radic Biol Med;29:312– 22.
Ravenscroft, P., Brammer, H., Richards, K.S. ,(2009)." Arsenic pollution: a global synthesis". Wiley-Blackwell, U.K
Rodr´ıguez, V., Carrizales, L., Mendoza, M., (2002)." Effects of sodium arsenite exposure on development and behavior in the rat". Neurotoxicology and Teratology, 24(6), 743–50.
Schwartz, R., (1997)." Arsenic and the skin". International Journal of Dermatology, 36(4), 241–50
Smedley, P.L., Kinniburgh, D.G., (2002)." A review of the source, behaviour and distributionof arsenic in natural waters". Appl. Geochem.
Soner, H., Sema, A., (2000). "Arsenic removal from aqueous solutions by adsorption on red mud". Department of Chemical Engineering, 23279
Squibb, K., Fowler, B., (1983)." The toxicity of arsenic and its compounds". Amsterdam7 Elsevier Science Publishers;. (233 pp).
Vahter, M., (2008)." Health effects of early life exposure to arsenic". Basic and Clinical Pharmacology and Toxicology,102(2), 204–11.
Wang, A., Holladay, S., Wolf, D., (2006)." Reproductive and developmental toxicity of arsenic in rodents: A Review". International Journal of Toxicology, 25(5), 319–31.
Wang, T., Kuo, C., Jan, K., Huang, H., (1996)." Arsenite induces apoptosis in Chinese hamster ovary cells by generation of reactive oxygen species". J Cell Physiol;169:256– 68.
Wasserman, G., Liu, X., Parvez, F., (2004)." Water arsenic exposure and children's intellectual function in Araihazar, Bangladesh". Environmental Health Perspectives, 112(13), 1329–33.

Welch, A. H., Westjohn, D. B., Helsel, D. R., and Wanty, R.B., (2000). "Arsenic in ground water of the united states:Occurrence and Geochemistry". Ground Water, 38, 589–604.
Winship, K., (1984)." Toxicity of inorganic arsenic salts". Adv Drug React Ac Pois Rev;3:129 –60