

علوم و تکنولوژی محیط زیست، دوره بیست و یکم، شماره هشت، آبان ماه ۹۸

## بررسی منشا آلودگی به آرسنیک در خاک و محصولات کشاورزی توابع شهرستان هشترود، استان آذربایجان شرقی

آزیتا بهبهانی نیا<sup>\*۱</sup>

[behbahani@riau.ac.ir](mailto:behbahani@riau.ac.ir)

بابک نصیری<sup>۲</sup>

تاریخ پذیرش: ۹۴/۸/۱۵

تاریخ دریافت: ۹۴/۵/۲۴

### چکیده

زمینه و هدف: غلظت آرسنیک در خاک و آب می تواند در اثر فرایندهای طبیعی مانند رسوب خاکسترهای آتشفشانی، معدن کاوی، تخلیه های زمین گرمایی، اکسایش و انحلال کانی ها افزایش یابد. همچنین کاربرد علف کش ها و کودهای حیوانی در کشاورزی می تواند باعث افزایش غلظت آرسنیک محیط شود. در منطقه هشترود واقع در استان آذربایجان شرقی، شواهد مربوط به آلودگی آرسنیک گزارش شده است که احتمال دارد به علت آب، خاک و محصولات زراعی آلوده به آرسنیک باشد. هدف پژوهش حاضر شناسایی میزان آلودگی منابع آب، خاک و محصولات زراعی منطقه به آرسنیک می باشد

روش بررسی: نمونه برداری از منابع آب های سطحی، خاک، و گیاهان کشت شده در منطقه در چهار فصل صورت گرفت و غلظت آرسنیک در نمونه ها تعیین شد.

یافته ها: نتایج تجزیه نمونه های آب نشان داد که میانگین غلظت آرسنیک، ۰/۳۴۱ میلی گرم در لیتر و میانگین غلظت آرسنیک در خاک ۱۲۷/۹۵ میلی گرم در کیلو گرم و غلظت آرسنیک در محصولات کشاورزی از حد مجاز ۱ میلی گرم در کیلو گرم کمتر می باشد. بحث و نتیجه گیری: نتایج بدست آمده از مقایسه غلظت آرسنیک در نمونه ها با مقادیر استاندارد، بیانگر آلودگی آب و خاک منطقه به آرسنیک است که در بیشتر نمونه ها بالاتر از حد استاندارد می باشد. پایین بودن غلظت آرسنیک در گیاهان منطقه می تواند به علت قلیایی بودن خاک و بالا بودن میزان رس باشد. آرسنیک در این نوع خاک حلالیت پایینی داشته و بر روی ذرات رس خاک جذب می گردد و گیاهان کشت شده در این خاک ها، براحتی توانایی جذب این عنصر را از خاک ندارند.

واژه های کلیدی: آرسنیک، خاک، آب های سطحی، محصولات کشاورزی.

۱- استادیار گروه محیط زیست، واحد رودهن، دانشگاه آزاد اسلامی، رودهن، ایران \* (مسئول مکاتبات).

۲- استادیار دانشگاه علوم پزشکی تبریز، تبریز، ایران.

## **Investigation the origin of Arsenic contamination in soil and agricultural products of Hashtrud city, East Azarbaijan Province**

**Azita Behbahaninia** <sup>1\*</sup>

[behbahani@riau.ac.ir](mailto:behbahani@riau.ac.ir)

**Babak Nassiri** <sup>2</sup>

Admission Date: November 6, 2015

Date Received: August 15, 2015

### **Abstract**

**Background and Objective:** Arsenic concentrations in soil and water can be increased by natural processes such as sedimentation of volcanic ash, mining, geothermal debris, oxidation and dissolution of minerals. Also, application of herbicides and animal fertilizers in agriculture can increase the concentration of arsenic in the environment. In the Hashtrud area of East Azarbaijan province, evidence of arsenic contamination has been reported, possibly due to arsenic contaminated water, soil and crops. The purpose of this study was to identify the amount of pollution of water resources, soil and crops in the region to arsenic

**Method:** Sampling of surface water resources, soil, and plants cultivated in the area in four seasons and the concentration of arsenic was determined in samples.

**Findings:** Analysis of water samples showed the average concentration of arsenic 0.341 mg/lit. The mean concentration of arsenic in the soil in the area is 127.95 mg/kg. The concentration of arsenic is less than permissible 1mg/kg in agricultural products in both regions.

**Discussion and Conclusions:** The results of the comparison samples with standard values represent water and soil arsenic contamination in this area which in the most samples is higher than the standard. The low concentration of arsenic in the plants in the area can be due to the alkalinity of the soil and high clay content. Arsenic has a low solubility in this type of soil and is absorbed on soil clay particles and plants grown on these soils cannot easy to absorb arsenic from the soil.

**Keywords:** Arsenic, Soil, surface water, crop

---

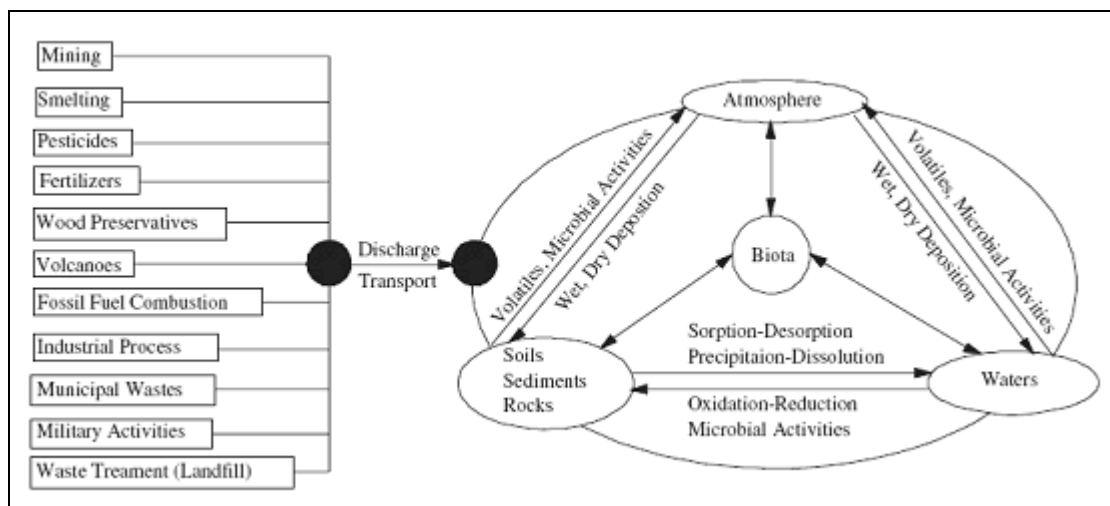
1- Assistant professor, Department of Environment, Roudehen branch, Islamic Azad University, Roudehen, Iran.  
\*(Corresponding Authours)

2- Assistant Professor Tabriz University of Medical Sciences, Tabriz, Iran.

مقدمه

خطرناک بیشتر آب آشامیدنی است. آب آشامیدنی آلوده، استفاده از آب آلوده به آرسنیک در تهیه غذا و آبیاری محصولات کشاورزی با آب آلوده باعث جذب ترکیبات آرسنیک در بدن انسان می شود (۳). مطالعات در جهان نشان می دهند که آتشفشان ها مهم ترین منبع طبیعی آرسنیک هستند. سالانه حدود ۱/۹ گیگا گرم آرسنیک بوسیله آتشفشان ها و فرایندهای مرتبط در اتمسفر پخش می شود (۴). کودها، آفت کش ها و فعالیت های معدن کاری از جمله منابع بشرزاد آرسنیک بشمار می روند. نمودار ساده شده چرخه آرسنیک در شکل ۱ نشان داده شده است.

یکی از عناصر بسیار سمی و سرطانزا که در بسیاری از نقاط جهان مشکلات زیست محیطی و بهداشتی زیادی را به وجود آورده است آرسنیک (As) است (۱). انسان از طریق غذا، آب و هوا در معرض آلودگی با آرسنیک قرار می گیرد. سطوح آرسنیک در غذا اغلب کم است به جز ماهی و صدف که می توانند جذب بالایی از آرسنیک را از آب داشته باشند. فرم های شیمیایی آلی آرسنیک برای انسان کمتر مضر هستند فرم های شیمیایی معدنی آرسنیک به مراتب سمی تر و اثرات مختلف بهداشتی نظیر سوزش معده و روده، کاهش تولید گلبولهای قرمز و سفید خون، اختلالات پوستی و ریوی ایجاد می کنند (۲). منبع اصلی در معرض قرار گرفتن فرم های غیر آلی و



شکل ۱- نمودار ساده شده چرخه آرسنیک (۵)

Figure 1. Simplified diagram of Arsenic cycle

و متعاقب آن رهاسازی آرسنیک انجام می گیرد. آرسنیک بر سطح اکسیدهای آهن جذب می شود و یا با اکسیدهای آهن پدیده هم رسوبی<sup>۱</sup> را باعث می شود. نتایج بررسی تحرک آرسنیک در آب های زیرزمینی منطقه ای در کشور سوئد (۷) نشان داد غلظت آرسنیک بین زیر حد تشخیص ( $0.5 \mu\text{g/L}$ ) و  $300 \mu\text{g/L}$  متغیر بوده است. غلظت آرسنیک چاهها با گروه سنگ بستر مخصوص خودشان ارتباط داشتند و داده های

در سطح بین المللی کارهای زیادی در زمینه بررسی وجود و منشاء آرسنیک در منبع آب و خاک و مطالعه بیماری های مرتبط با آرسنیک انجام شده است. در پژوهشی که بر روی میزان آرسنیک در آب های زیرزمینی حوزه آبخیز ویلامت در اورگون آمریکا توسط سازمان زمین شناسی آمریکا (۶) انجام گرفت، وجود آرسنیک در آب های زیرزمینی به وجود اکسیدهای آهن در منطقه ربط داده شد. شرایط احیا و غلظت بالای آهن محلول باعث انحلال اکسیدهای آهن می شود

1- Coprecipitated

های گرفته شده از ساکنین حوزه آبخیز این منطقه، میزان آرسنیک بالاتر از حد مجاز بوده به نحوی که بیشتر اهالی با معضل بیماری ناشی از افزایش این عنصر مواجه هستند. همچنین این آلودگی ممکن است کاهش کمی و کیفی محصولات کشاورزی و یا ایجاد عوارض خاصی در دامها را در پی داشته باشد، که به دلیل عدم آگاهی، علت آن تشخیص داده نشده باشد ولی مربوط به همین آلودگی با فلزات سنگین باشد. در رابطه با میزان آرسنیک و فلزات احتمالی همراه آن در خاکهای این حوزه و محصولات کشاورزی تا کنون تحقیقی انجام نشده است. در این راستا در مقاله حاضر میزان آرسنیک در خاک، آب و محصولات کشاورزی منطقه تعیین و وضعیت آلودگی به آرسنیک و منشا آن در منطقه بررسی می شود.

روش بررسی

#### موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه با وسعت ۹۵ کیلومتر مربع بین طول-های "۰۰'۴۸'۴۶" تا "۰۰'۵۵'۴۶" شرقی و عرضهای "۰۰'۲۵'۳۷" تا "۰۰'۳۰'۳۷" شمالی در ۲۰ کیلومتری غرب هشتروند در جنوب شرقی استان آذربایجان شرقی واقع شده است. این منطقه جزء شهرستان هشتروند محسوب می شود. روستاهای ذوالبین، سعادتلو، قوپوز و قزللو در محدوده مورد مطالعه قرار دارند.

#### نمونه برداری

عملیات نمونه برداری آب در فصل های مختلف و از آب های سطحی منطقه انجام گرفته است. ۱۸ ایستگاه نمونه برداری بر پایه بررسی های آب شناختی، زمین شناختی و ریخت شناختی انتخاب شدند. در هر ایستگاه ویژگی های دما، قابلیت هدایت الکتریکی، و اسیدیته آب در محل اندازه گیری شدند. نمونه های آب بعد از برداشته شدن و رساندن اسیدیته آنها به زیر ۲ با اسید نیتریک غلیظ، به آزمایشگاه ارسال شدند. در آزمایشگاه درصد سدیم، کلسیم و منیزیم و نیز فلز آرسنیک نمونه ها اندازه گیری شد. با توجه به اینکه از رودخانه قرنقوجای جهت آبیاری محصولات استفاده می شود از آب این رودخانه نیز در بهار،

آماری برای غلظت آرسنیک در هر گروه محاسبه شدند. آنالیزهای آماری نشان دادند که آب زیرزمینی با میزان آرسنیک بالا و سنگ آتشفشانی قلیایی همبستگی دارند، در حالیکه غلظت پایین آرسنیک با سنگ های رسوبی ارتباط دارد. در پژوهشی میزان و گسترش آلودگی As را در خاکها و رسوبات حومه یک مرکز صنعتی در برزیل بررسی شد (۸). با توجه به نتایج به دست آمده، این احتمال داده شد که ماهیان رودخانه و چهارپایان منطقه، ممکن است به وسیله آرسنیک آلوده شده و بدین وسیله سلامتی ساکنین منطقه به مخاطره بیفتد. نتایج بررسی توزیع و رفتار آرسنیک را در خاکها و آب های مجاور معدن طلا-آرسنیک (۹) نشان داد در آب های منطقه مقادیر pH حدود ۸ و غلظت آرسنیک از ۶۰ تا ۴۰۰۰ ppm تغییر می کند. ناحیه آلوده شده در شعاع ۵۰۰ m و اثرات زیست محیطی آن به جز برای چرای احشام نسبتاً محدود می شود. آرسنیک در خاکها و رسوبات نسبت به آبها سریعتر کاهش می یابد. افزایش غلظت آرسنیک توسط pH قلیایی غالب در آب های سطحی و زیرزمینی و نیز حضور فازهای جامد ثانویه (اکسی-هیدروکسیدهای آهن و آلومینیوم، رسها و کانی های کربناته) مورد توجه است. توزیع آرسنیک در خاکها و رسوبات توسط چرخش آب های کم عمق و سطحی غنی از آرسنیک توسط خزش ثقلی مواد باطله یا انتقال به صورت اجزاء معلق در آب بیشتر تحت تأثیر قرار می گیرد. در ایران نیز در استان های کردستان و آذربایجان شرقی (شهرستان هشتروند) مقادیر بالای عنصر آرسنیک گزارش شده است (۱۰، ۱۱، ۱۲، ۱۳). در استان کردستان، امجدی پهنه بندی میزان و نحوه انتشار آرسنیک در منابع آب های بیجار و قروه استان کردستان و ارائه راهکارهای اجرائی لازم جهت بهره برداری صحیح از آب های منطقه را بررسی نمود (۱۴). با توجه به مطالعات منطقه ای انجام شده در خصوص میزان آرسنیک در آب های زیرزمینی، مشخص شد که در بعضی از نواحی و روستاها غلظت این آلاینده بسیار بیش از حد استاندارد بود که متعاقباً اثرات بهداشتی شدیدی را برای افراد بومی منطقه داشته است. با توجه به گزارش شبکه بهداشت روستای گوپوز از توابع شهرستان هشتروند، در نمونه-

جدول ۱- غلظت آرسنیک در نمونه های آب رودخانه  
قرنقوچای در فصول مختلف سال (غلظت ها بر حسب  
میلی گرم بر لیتر)

Table 1. The concentration of arsenic in water  
samples, Gharangoochay River in different seasons  
(Concentration in milligrams per liter)

تابستان	پاییز	زمستان	بهار
۲/۰۰	۰/۸۰	۰/۴۵	۱/۳۰
۱/۸۰	۱/۰۱	۰/۳۹	۱/۶۷
۲/۳۸	۰/۷۵	۰/۲۷	۱/۷۶
۲/۱۰	۰/۶۲	۰/۰۱	۱/۵۰
۲/۲۰	۰/۹۷	۰/۱۹	۱/۹۰
۱/۶۵	۱/۳۰	۰/۰۸	۱/۸۳

نتایج مربوط به گیاهان در جدول ۲ نشان داده شده است. در مجموع از چهار گروه گیاه کشت شده رایج در منطقه شامل نخود، گندم، یونجه، و گلرنگ نمونه برداری انجام گرفت. چون در روستای قوپوز آب آلوده به آرسنیک برای کشاورزی استفاده می شود، یک دسته از نمونه های گیاهی از گیاهان کشت شده این منطقه گرفته شد. نمونه برداری از دسته دیگر گیاهان کشت شده در روستای سعادتلو که در نزدیکی روستای قبلی قرار داشت انجام گرفت که از آب غیر آلوده برای کشاورزی استفاده قرار می کردند. برای هر دسته از گیاهان و برای هر منطقه، پنج نمونه مرکب از مزارع گوناگون گرفته شد.

جدول ۲- غلظت آرسنیک در نمونه های گیاهی منطقه  
مطالعه شده (میلی گرم بر کیلوگرم ماده ی خشک گیاهی)

Table 2- The concentration of arsenic in plant  
samples in study area (mg/ kg dry matter)

نوع نمونه گیاهی	منطقه نمونه برداری	دامنه غلظت آرسنیک
نخود	روستای گوپوز	۰/۰۳-۰/۰۶
	روستای سعادتلو	<۰/۰۱
گندم	روستای گوپوز	۰/۰۳-۰/۱۲
	روستای سعادتلو	۰/۰۱-۰/۰۳

تابستان، پاییز و زمستان سال ۹۴ نمونه برداری شد و غلظت آرسنیک در نمونه ها به وسیله دستگاه جذب اتمی مجهز به سیستم تولید هیدروژن، تعیین گردید. برای نمونه برداری گیاهان، گیاهانی که بیشترین سطح زیر کشت را دارند انتخاب شدند از گروه حبوبات، نخود و از گروه غلات، گندم و از گیاهان علوفه ای، یونجه و از نباتات روغنی، گلرنگ انتخاب شد. نمونه برداری از گیاهان در روستای قوپوز و روستای سعادتلو در تابستان ۱۳۹۴ انجام گرفت. از خاک منطقه مورد مطالعه در اطراف روستای قوپوز و قزلار نمونه برداری شد و میزان آرسنیک و برخی خصوصیات خاک نظیر بافت خاک، pH، EC، درصد کربن آلی و درصد گچ و درصد اکسیدهای آهن در نمونه ها تعیین شد (۱۵ و ۱۶). برای تعیین میزان همبستگی بین غلظت آرسنیک و ویژگی های فیزیکی، شیمیایی خاک از ضریب همبستگی روش اسپیرمن استفاده شد. علاوه بر ۱۶ نمونه خاک (۱۵-۰ سانتی متری) که مطابق با شبکه طراحی شده نمونه برداری شدند، ۳ نمونه در اطراف روستای قوپوز (HS17, HS18, HS19) و ۲ نمونه (HS20) در نزدیکی روستای قزلار برداشت شد. نمونه ها بعد از هوا خشک و کوبیده شدن، از غربال دو میلی متری عبور داده شده و در آزمایشگاه ویژگی های درصد رس، اسیدیته، هدایت الکتریکی، درصد کربن آلی، درصد گچ و ظرفیت تبادل کاتیونی و میزان آرسنیک آن ها اندازه گیری شد (۱۵ و ۱۶).

#### یافته ها

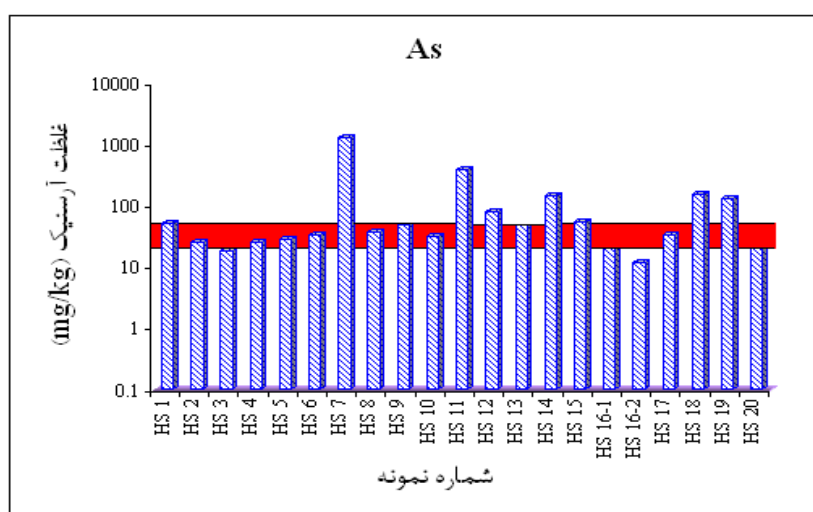
میانگین اسیدیته نمونه های آب ۸/۳ (قلیایی)، هدایت الکتریکی ۰/۲ تا ۲/۸ دسی زیمنس بر متر و با توجه به مقادیر عناصر سدیم، کلسیم و منیزیم بدست آمده، نسبت جذب سدیم، ۱۴/۱ بدست آمد. براساس نمودار ویلکوس (برای تعیین کیفیت آب)، نمونه های آب منطقه در ۵ رده  $C_2S_1$ ،  $C_3S_1$ ،  $C_3S_2$ ،  $C_4S_2$  و  $C_4S_3$  یا به عبارتی در محدوده کمی شور، تقریباً مناسب تا خیلی شور و مضر برای کشاورزی قرار می گیرند. نتایج تجزیه نمونه های آب در جدول ۱ نشان می دهد که غلظت بیشینه آرسنیک ۲/۳۸۰ میلی گرم در لیتر، غلظت کمینه آن ۰/۰۱ و متوسط این غلظت، ۰/۳۴۱ میلی گرم در لیتر بود.

دسی زیمنس بر متر، درصد کربن آلی ۰/۷۳، درصد گچ ۲۰/۰، ظرفیت تبادل کاتیونی ۱۶/۱ سانتی مول بر کیلو گرم درصد رس ۶۵ و درصد اکسید آهن ۲/۱ می باشد. در شکل ۲ نشان داده شده است که میانگین فراوانی آرسنیک در محدوده مطالعاتی ۱۲۷/۹۵ میلی گرم در کیلوگرم است. بیشینه مقدار (میلی گرم در کیلوگرم ۱۲۸۷) این عنصر مربوط به نمونه HS7 و کمترین (مقدار میلی گرم در کیلوگرم ۱۲) هم مربوط به نمونه HS16-2 است.

یونجه	روستای گوپوز	۰/۳۱-۰/۸۰
	روستای سعادتلو	۰/۰۲-۰/۰۹
گلرنگ	روستای گوپوز	۰/۰۸-۰/۲۴
	روستای سعادتلو	<۰/۰۱

همانگونه که در جدول ۲ دیده می شود غلظت آرسنیک در هر دو نوع منطقه (منطقه ای که از آب آلوده استفاده می کنند و منطقه شاهد) پایین می باشد.

یافته های تعیین ویژگی های فیزیکی و شیمیایی خاک نشان دادند که میانگین اسیدیته خاک ها ۸/۲، هدایت الکتریکی ۳/۵



شکل ۲- غلظت آرسنیک در نمونه های خاک منطقه مطالعاتی (حد بحرانی (۲۰-۵۰ mg/kg) آرسنیک بوسیله نوار قرمز نشان داده شده است (Pendias و Kabata-Pendias ۱۹۸۴)

Figure 2. Concentration of as in the samples of soil in study area (critical level is ,20-50 mg/kg, Pendias 1984, red band)

به منظور درک بهتر روابط و همبستگی بین عنصر آرسنیک و ویژگی های فیزیکی و شیمیایی نمونه های خاک بدست آمد (جدول ۳).

جدول ۳- ماتریس ضرایب همبستگی بین آرسنیک و ویژگی های فیزیکی و شیمیایی خاک به روش اسپیرمن

Table 3. Matrix of correlation coefficients between As and soil physical and chemical characteristics by Spearman method

Var	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	EC	PH	CEC	%CaSO <sub>4</sub>	%Clay	%OC
As	۰/۵۶۱	۰/۱۵۲	۰/۱۹۵	۰/۰۲۲	۰/۱۴۵	۰/۴۱۳	۰/۱۴۳

#### بحث و نتیجه گیری

جهت مطالعه میزان آلودگی نمونه های آب به آرسنیک، مقادیر عناصر مختلف در نمونه ها با استانداردهای موجود مقایسه شد

یافته های این جدول نشان می دهند که درصد اکسیدهای آهن، تنها ویژگی است که با میزان آرسنیک نمونه های خاک همبستگی مثبت دارد.

بیشتر دارند و خاک‌های گروه C نیاز به پالایش دارند). همچنین ۸ نمونه (۳۸/۱ درصد) تمرکز آرسنیک بیش از ۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم داشته و جزء خاک‌های C محسوب می‌شوند. غلظت آرسنیک در یک نمونه خاک ۱۲۸۷ میلی‌گرم در کیلوگرم می‌باشد، که در محدوده بسیار آلوده قرار می‌گیرد و نسبت به غلظت استاندارد (۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم) حدود ۲۶ برابر افزایش نشان می‌دهد. این نمونه در نزدیکی روستای قوپوز و منابع آب آلوده به این عنصر قرار دارد. با توجه به غلظت زیاد این عنصر در محیط‌های خاکی منطقه می‌توان آلوده بودن آن‌ها را به این عنصر بسیار سمی از منبع مواد معدنی و سنگ‌های منطقه مورد توجه قرار داده و امکان ورود بیش از حد استاندارد آن را به چرخه غذایی دام‌ها و انسان‌ها بررسی نمود. با توجه به آتشفشانی بودن منطقه مطالعاتی و گسترش زیاد خاکسترهای آتشفشانی در منطقه می‌توان منشأ آلودگی را در ارتباط با این ترکیبات دانست. چشمه‌های آبگرم موجود در مناطق مجاور شاهی بر انجام فعالیت‌های هیدروترمال در گذشته می‌باشد. وجود توده آتشفشانی مرتبط با سهند که دهانه‌های پراکنده آن تا نزدیکی منطقه مورد مطالعه گسترش یافته است می‌تواند تأییدی بر مطالب ذکر شده باشد. مطالعات انجام شده در مناطق مجاور محدوده مطالعاتی نیز نقش فعالیت‌های آتشفشانی را در افزایش میزان آرسنیک در این مناطق تأیید می‌کنند. در مناطق مجاور، افزایش آرسنیک در حدی بوده که کانی‌های آرسنیک دار (اورپیمنت و رآلگار) در این مناطق تشکیل شده اند. مطالعات انجام شده در آرژانتین (21) نیز نقش خاکسترها در آلودگی آب به آرسنیک را تأیید می‌کند. با توجه به این که در محدوده مطالعاتی هیچگونه فعالیت آلوده‌کننده صنعتی و شهری دیده نمی‌شود، تنها منبع آنتروپوژنیک (بشرزاد) که می‌توان برای این آلودگی فرض کرد استفاده از کود و سموم شیمیایی حاوی آرسنیک است، اما از طرفی چون کشاورزی بطور عمده بصورت دیم صورت می‌گیرد و کود و سموم مصرف زیادی ندارد و این سموم حتی در مناطق غیرآلوده مجاور محدوده مطالعاتی نیز استفاده می‌شوند، بنابراین عامل اصلی آلودگی محسوب نمی‌شوند.

شدت آلودگی آن‌ها تعیین شد. با توجه به اینکه منابع آب مورد مطالعه در منطقه برای شرب و کشاورزی مورد استفاده قرار می‌گیرند، داده‌های بدست آمده با استانداردهای EPA، WHO و ایران برای عنصر آرسنیک مقایسه شدند. نتایج بدست آمده از مقایسه غلظت عناصر در نمونه‌های مورد مطالعه با مقادیر استاندارد بیانگر آلودگی آب‌های منطقه به عنصر آرسنیک است که در اکثر نمونه‌ها بالاتر از حد استاندارد هستند. پایین بودن غلظت آرسنیک در گیاهان منطقه می‌تواند به علت قلیایی بودن خاک‌های منطقه و بالا بودن میزان رس آن‌ها باشد (۱۲) شرایط ذکر شده باعث می‌شود آرسنیک در این خاک‌ها حلالیت پایینی داشته باشد و بر روی ذرات رس خاک بطور قوی جذب گردد و به این ترتیب گیاهان کشت شده در این خاک‌ها، براحتی توانایی جذب این عنصر را از خاک نداشته باشند. زندسلیمی و همکاران (17) و زنگ و همکاران (18) نیز در خاک‌های آلوده به آرسنیک مورد بررسی شان که حاوی مقادیر بالایی رس و آهک ( $pH > 7$ ) بودند به یافته‌های مشابهی دست یافتند. حد مجاز آرسنیک در محصولات کشاورزی ۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم است که در تمام نمونه‌ها غلظت آرسنیک کمتر از حد مجاز به دست آمد. در تحقیقی که توسط پیر صاحب و همکاران (19) بر روی میزان آرسنیک در محصولات کشاورزی و آب شرب روستای قروه و بیجار انجام شد نیز میزان آرسنیک در نمونه‌های آب در تمامی موارد بیش از استاندارد ملی ایران به دست آمد و برای محصولات کشاورزی کمتر از حد مجاز یک میلی‌گرم بر کیلوگرم به دست آمد. یافته‌های حاصل از اندازه‌گیری میزان آرسنیک نمونه‌های خاک نشان می‌دهند که میزان عنصر آرسنیک در ۱۱ نمونه (۵۲/۳۸ درصد) از خاک‌های منطقه نسبت به حد استاندارد (20) در محدوده بحرانی و ۸ نمونه (۳۸/۱ درصد) نیز بالاتر از این محدوده (۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم) واقع شده و حالت آلودگی نشان می‌دهد (شکل ۲). براساس استانداردهای دیگر (۱۸ و ۱۹)، تعداد ۶ نمونه از خاک‌های منطقه (۲۸/۵۷ درصد) با مقدار آرسنیک بین ۳۰ تا ۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم در محدوده B تا C قرار می‌گیرند (گروه B از خاک‌ها نیاز به بررسی

- Switzerland, *Journal of Geochemical Exploration* 93, 121–134.
10. Porfeizi, H. 2006. Epidemiological study of the relationship between heavy metals and the occurrence of common diseases in Mayan and Qawpos villages in East Azarbaijan province. East Azarbaijan Province Science and Technology Park. Tabriz University (In Persion)
  11. Darvishzadeh, A. 2006. Geology of Iran Amirkabir publish. (In Persion)
  12. Ghorbani, M. (1997). Geology of Iran. Geology survey of Iran. (In Persion)
  13. Mosafieri, M, Mesdaghinia, A. 2005. Removal of arsenic from drinking water using modified activated alumina. *Journal of water and wastewater*. vol. 55, 2-14(In Persion)
  14. Amjadi.M. 2005. The zoning plan on the amount and method of release of arsenic in the Bijar and Qorveh water resources of Kurdistan province and the provision of necessary solutions for proper utilization of the waters of the region, Master's Thesis, University of Tehran (In Persion)
  15. Page, A. L., 1978. *Methods of soil analysis, Part 1*. 2ed, Agronomy Monog. 9, ASA, Madison, WI.
  16. Black, C. A., 1978. *Methods of soil analysis, Part 2*. 2ed, Agronomy Monog. 9, ASA, Madison, WI.
  17. Zandsalimi, S.N., Karimi, A., Kohandel, 2011. Arsenic in soil, vegetation and water of a contaminated region, *Int. Journal Environ Science and Technology*. 8 (2), 331-338.
  18. Zhang, W.H., Cai, Y., Tu, C., Ma, L.Q. 2002. Arsenic speciation and distribution in an arsenic hyper accumulating plant. *Science Total Environment*. 300, 167–177.

## Reference

1. Matschullat, J., 2000. Arsenic in the geosphere. A review. *Sci. Total Environ*. 249(1-3), 297– 312.
2. Eisler, R., 1994. “A review of arsenic hazards to plants and animals with emphasis of fishery and wildlife resources” chapter 11, in *Arsenic in the environment part II*, Edited by: Nriagu, J.O., John Wiley and Sons, Inc.
3. Smedley, P.2004. Arsenic occurrence in groundwater in South and East Asia – Scale, causes and mitigation. Technical Report, Vol. II, The World Bank, Report no. 31303.
4. Nriagu, J.O., 1989. “A global assessment of natural sources of atmospheric trace metals”. *Nature*. Vol. 338, pp. 47–49.
5. Suiling Wang, Catherine N. Mulligan. 2006. Occurrence of arsenic contamination in Canada: Sources, behavior and distribution, *Science of the Total Environment*., Vol. 366, pp. 701– 721.
6. U.S. geological Survey. 2001. As in grand water of Willamtte basin, Oregon.
7. Marcus S., 2007. Mobilisation of geogenic arsenic into groundwater in Västerbotten County, Sweden, thesis of Uppsala University.
8. Magalhaes, V.F. 2000. As concentration and distribution in Engenho Inlet, Sepetiba Bay, Brazil, *Water, Air and Soil pollution*. Vol. 18, pp. 83-91.
9. Hans-Rudolf Pfeifer, Anne Häussermann, Jean-Claude Lavanchy, Werner Halter, 2007, Distribution and behavior of arsenic in soils and waters in the vicinity of the former gold-arsenic mine of Salanfe, Western



21. Prosun Bhattacharya, Mattias Claesson, Jochen Bundschuh, Ondra Sracek, Jens Fagerberg, Gunnar Jacks, Raul A. Martin, Angel del R. Storniolo, Juan M. Thir, 2006. Distribution and mobility of arsenic in the Río Dulce alluvial aquifers in Santiago del Estero Province, Argentina, Science of the Total Environment 358, 97– 120
19. Pirsahab, M. 2012. Determination of arsenic in agricultural products, animal products and drinking water of rural areas of Bijar and Gharve, Kurdistan Province, Journal of Health food. 2,4(8), 33-42(In Persian)
20. Netherlands Ministry of Housing, 1991. Environmental quality standards for soils and water, Ministry of Housing, Physical planning and environment